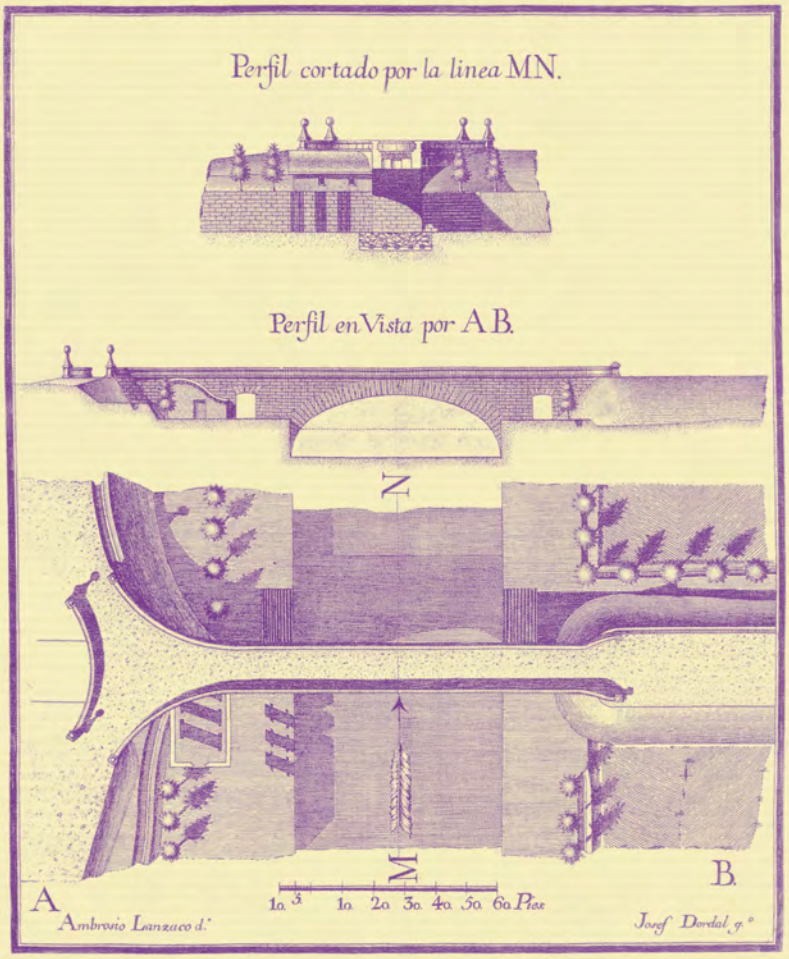
MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA
II

EL SIGLO DE LAS LUCES
De la ingeniería a la nueva navegación



REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA
INSTITUCIÓN «FERNANDO EL CATÓLICO»
PRENSAS UNIVERSITARIAS DE ZARAGOZA

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

EL SIGLO DE LAS LUCES

De la ingeniería a la nueva navegación

TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA

II

EL SIGLO DE LAS LUCES

De la ingeniería a la nueva navegación

Pedro Álvarez de Miranda
Arturo Ansón Navarro
Juan José Arenas de Pablo
Horacio Capel Sáez
Fernando Cobos Guerra
Irina Gouzevitch
Víctor Navarro Brotons
Guillermo Pérez-Sarrión
Manuel Sellés García
Manuel Silva Suárez
Julián Simón Calero
Hélène Vérin
Siro Villas Tinoco

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA
INSTITUCIÓN «FERNANDO EL CATÓLICO»
PRENSAS UNIVERSITARIAS DE ZARAGOZA

Publicación número 2.562
de la
Institución «Fernando el Católico»
(Excma. Diputación de Zaragoza)
Plaza de España, 2 • 50007 Zaragoza (España)
Tels.: [34] 976 288878/79 • Fax [34] 976 288869
ifc@dpz.es
http://ifc.dpz.es

FICHA CATALOGRÁFICA

El Siglo de las Luces. De la ingeniería a la nueva navegación / Manuel Silva Suárez, ed. — Zaragoza: Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias; Madrid: Real Academia de Ingeniería, 2005.

624 p.; il.; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España; II)
ISBN: 84-7820-815-1

1. Ingeniería-Historia-S. XVIII. I. SILVA SUÁREZ, Manuel, ed. II. Institución «Fernando el Católico», ed.

© Los autores, 2005.
© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias de Zaragoza, 2005.

Cubierta: Ambrosio Lanzaco (dib.) y Josef Dordal (grab.): «Planta y perfil del Puente y Almenara construido en el Canal Ymperial, llamado de Formigales». Lámina n.º 3 de la *Descripción de los Canales Imperial de Aragón, y Tauste. Dedicada a los augustos soberanos Don Carlos IV y Doña María Luisa de Borbón. Por el actual protector de ambos canales, el conde de Sástago,* Zaragoza, Impr. de Francisco Magallón, 1796.

Contracubierta: Ilustraciones de las láminas 3 y 4 en el tomo II del *Examen marítimo, Teórico Práctico o Tratado de Mecánica aplicado a la Construcción, Conocimiento y Manejo de los Navíos y demás embarcaciones*, de Jorge Juan y Santacilia, Madrid, Impr. de D. Francisco Manuel de Mena, 1771.

ISBN: 84-7820-814-3 (obra completa)
ISBN: 84-7820-815-1 (volumen II)
Depósito Legal: Z-3032-2005
Revisión técnica de la obra: Marisancho Menjón
Digitalización: María Regina Ramón, Cristian Mahulea, FOTOPRO S.A.
Maquetación: Littera
Impresión: ARPI Relieve, Zaragoza
IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

Presentación

DEL AGOTAMIENTO RENACENTISTA A UNA NUEVA ILUSIÓN

El sentido de modernidad del Siglo de las Luces queda sintéticamente expresado por Paul Hazard: «Somos los herederos directos del siglo XVIII»[1]. Esa posición no surge *ex nihilo*, sino como la culminación de un proceso que arranca con el Renacimiento, donde a una idea en parte nostálgico-erudita de recuperación de la Antigüedad clásica se superpone una clara ambición de superación del legado, una nueva confianza en la razón, sólida idea de progreso. La navegación, la ingeniería militar, el arte de las máquinas son, en el ámbito de la técnica, y entre otras muchas evidencias, pruebas de esa conciencia de superioridad renacentista sobre lo simplemente "recuperado".

Entre el Renacimiento y la Ilustración media un drástico cambio cultural, de raíz europea y trascendental significado: la revolución científica. Si bien es cierto que los ingenieros, artilleros, arquitectos o maestros de hacer cartas renacentistas apreciaban y utilizaban los rudimentarios conocimientos científicos disponibles, incluso como recursos intelectuales diferenciadores de la actividad de los artesanos, la "nueva ciencia" irá permitiendo a lo largo del siglo XVIII una "nueva técnica" algo más fundamentada en modelos formales. No obstante, hay que reconocer que aún durante este Siglo de las Luces la aplicación de los recientes saberes científicos será relativamente limitada.

Si en el ámbito renacentista se puede hablar con toda propiedad del «Imperio de la Geometría»[2], la expresión será aún válida doscientos años después, aunque la semilla y algunos frutos tempranos de un cambio sustancial en el entender y el saber hacer están presentes, disponiéndose de un mucho más rico abanico de conceptos y métodos. Pero la nueva técnica convive con los desarrollos de raíz artesanal, esencialmente empíricos, la *tecnología popular* al decir de Julio Caro Baroja[3], la *industria popular* que tratará de fomentar Campomanes. En este siglo, un mayor y mejor empleo de

---

1 Paul HAZARD: *El pensamiento europeo en el siglo XVIII*, Alianza Editorial, Madrid, 1985.

2 Alicia CÁMARA MUÑOZ: «La profesión de ingeniero: Los ingenieros del rey», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e Ingeniería en España (I): El Renacimiento,* Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004, pp. 125-164.

3 Julio CARO BAROJA: *Tecnología Popular*, Editora Nacional, Madrid, 1983.

materiales metálicos (hierro, bronce, latón) obtenidos gracias al conocimiento metalúrgico-químico acumulado, posibilitará el comienzo de la sustitución de la madera, de donde la fabricación de máquinas más perfeccionadas, geométricamente más estables, con mejores mecanizaciones y, por consiguiente, ingenios más precisos, eficientes y duraderos, con menores necesidades de mantenimiento. Esto impactará también en la construcción de instrumentos más complejos y precisos, lo que redundará en una mayor calidad de las producciones técnicas, por ejemplo en un mejor trazado de la «Geometría del Imperio», tarea en la que hay que destacar lo realizado por los marinos e ingenieros del ejército, principalmente.

El Renacimiento: plenitud y agotamiento. De la cima a la sima, e indicios de recuperación tardobarrocos

No se puede dudar de que la técnica fue un elemento estratégico en un Imperio donde no se ponía el Sol[4]. En ruptura con la tradición universitaria medieval, durante el Quinientos se produjo una incipiente secularización de las enseñanzas, visible en la fundación de las escuelas o cátedras de la sevillana Casa de la Contratación (la primera institución científico-técnica gubernamental de Europa, con funciones docentes y de desarrollo de un «arte») o la Real Academia Mathemática de Madrid. A diferencia de las universidades, y merced a la voluntad real, en ambas instituciones las clases se impartían en castellano, «para que tanto bien sea a todos más fácilmente aprendido y comunicado». Fue muy significada la resistencia de las universidades, ancladas en un infértil escolasticismo, a la introducción de las matemáticas, que en su doble visión de "puras y mixtas" recogían cuanto de mensurable y cuantificable se podía ir considerando. Sólo en algún caso, como Salamanca, por ejemplo, se incorporaron algunos cursos, aunque en condiciones de manifiesta marginalidad, lo cual no excluye que varios técnicos importantes del siglo se formaran inicialmente en ellas. Este "fracaso" de Felipe II por potenciar la docencia de las matemáticas, de la técnica superior, en la Universidad tendrá su repetición con Carlos III. La incapacidad formativa de las instituciones docentes hispanas se resuelve con procesos de inmigración de técnicos y científicos, trayéndolos desde el extranjero, expresión que habría que matizar porque en su mayoría eran provenientes de otros territorios de la misma Corona (Italia y Flandes, en su mayoría).

Pero junto a la renovación conceptual y metodológica iniciada, no se podrá comprender la crisis de la presencia de España en el desarrollo de las ciencias y las técnicas durante el Seiscientos sin recordar que, en el marco de la Contrarreforma, Felipe II dicta la pragmática aislacionista (1559) y potencia la Inquisición. La pragmática, ¡que estaría vigente más de siglo y medio!, prohibió «pasar los naturales de estos reynos a

[4] Baste para ello un recorrido por los diferentes capítulos del volumen previo de esta colección.

estudiar a universidades fuera de ellos»[5]. España quedaba ideológicamente aislada de Europa.

El aislacionismo contrarreformista, la potenciación de la Inquisición (especialmente contra los judíos conversos y con rasgos diferenciales[6]) y una profunda decadencia económica abocan a un penoso estado a las ciencias y las técnicas durante el siglo XVII. Al declive económico contribuyen los compromisos bélicos, excesivos para el potencial demográfico del país, una despoblación reflejo del poblamiento de las tierras de ultramar, y una mentalidad y una estructura productiva antieconómicas, ya que el concepto de industria, en sentido amplio, sigue marcado por el estigma de "villanía". La situación llega a ser tan preocupante que en el reinado de Carlos II se promulga (diciembre de 1682) una pragmática expresivamente intitulada «El mantener fábricas de texidos, con las calidades que se expresan, no se tenga por contrario á la nobleza y sus prerrogativas». En esencia, se declaran compatibles la nobleza y la posesión de industrias (textiles), siempre y cuando no se participase personalmente en las labores. Sin embargo, su eficacia fue muy limitada, y un siglo después habrá que insistir sobre ello[7].

El cultivo de los saberes científico-técnicos pasa de la cima renacentista a la sima a mediados del Seiscientos, a un nivel cuasi-basal, mantenido por unos pocos individuos aislados, en ausencia de instituciones con empuje y con la consiguiente pérdida de la incipiente secularización de la enseñanza[8]. Contribuye a ello una visión excesi-

---

[5] Excepciones matizadas a la regla fueron las universidades de Bolonia, Coimbra, Nápoles y Roma.

[6] «La represión española se distingue menos por su crueldad que por el poderío del aparato burocrático, policiaco y judicial de que dispone. Su organización centralizada cubre toda la Península con malla apretadísima; hasta posee antenas en el extranjero [...]. Esta poderosa institución, nutrida de confiscaciones y de multas, está en pleno crecimiento [...]. Como el Edicto de la fe ordenaba denunciar los delitos contra la fe común de que cada cual pudiera tener conocimiento, el pueblo español entero se encontró asociado, de grado o por fuerza, a la acción inquisitorial». (M. BATAILLON: *Erasmo y España*. Fondo de Cultura Económica, México, 1966, pp. 490-491. Véase, también, J. L. ABELLÁN: *Historia crítica del pensamiento español: Del Barroco a la Ilustración,* Espasa-Calpe, Madrid, 1981, pp. 27-28.)

[7] Planteado ya desde el Renacimiento, el tema es recurrente a lo largo del XVII y el XVIII. Así, en 1558 escribe Luis de Ortiz, contador de Burgos: «Lo primero que se deroguen las leyes del reino por las cuales están los oficiales mecánicos anichilados y despreciados, y se promulguen y hagan otras en favor de ellos, dándoles honras y oficios, como se hace en Flandes y en los otros Reinos, donde hay ordenadas repúblicas con esas libertades. Se ha de mandar que todos los que al presente son nacidos en estos Reinos, de diez años abajo y los otros que nacieran de aquí en adelante para siempre jamás aprendan letras, artes u oficios mecánicos, aunque sean hijos de Grandes y de caballeros» (Memorial del Contador Luis de Ortiz a Felipe II, reproducido por M. FERNÁNDEZ ÁLVAREZ: *Economía, sociedad y corona*, Ed. de Cultura Hispánica, Madrid, 1963, p. 383).

[8] Es paradigmático que la Real Academia Mathemática terminara integrándose en el Colegio Imperial de Madrid, regentado por la Compañía de Jesús. Sin duda, los jesuitas constituyen *la* corporación internacional que merece señalarse con respecto al desarrollo de las matemáticas en este país en los siglos XVII y XVIII, hasta su expulsión en 1767.

vamente utilitarista de los saberes (por ausencia de entornos especulativos modernos), paralela a una sobrecarga administrativa de los "sabios y conocedores", como ocurre en el entorno de la Casa de la Contratación. El fracaso de la herreriana Real Academia Mathemática de Madrid es prueba de la enorme fragilidad de las instituciones científico-técnicas y la dejación real.

Si en el Renacimiento el cenit de las contribuciones ibéricas se puede plasmar en la navegación, baste recordar que la pérdida de competitividad técnica ya se manifiesta en ese ámbito a finales del mismo siglo XVI. Tres hechos pueden servir para apreciarlo: 1) la proyección esférica-loxodrómica se introduce por G. Mercator en 1569; aunque Mercator no publicó la demostración, una primera explicación fue propuesta por E. Wright en *Certaine Errors in Navigation Detected and Corrected* (1599), que numéricamente calcula una tabla, conocida como de «partes meridionales», con las separaciones aproximadas de los paralelos[9]; 2) para medir con mayor precisión la velocidad del buque, más allá de la simple estimación del piloto, W. Bourne propone la corredera en *A Regiment for the Sea* (1574); 3) la medida de la altura de un astro, útil para calcular la latitud, se mejora de forma significativa merced al doble cuadrante de J. Davis, presentado en su *The Seamans Secrets* (1594), consiguiendo reducir los errores de medición de 1° a 1/4°, es decir, de unos 112 a unos 28 km; ello elimina en muchos casos las "incómodas" estimaciones que a veces daban al barco "navegando por tierra" y que contribuían a actitudes defensivas de los pilotos frente a la tripulación, dotando a su actividad de un cierto sentido ritual e iniciático.

Buena parte del siglo XVII hispano fue áurea en la creación literaria y artística. No es así en el ámbito científico y técnico, en el que se pueden distinguir, aproximadamente por tercios, tres períodos[10]: un movimiento inercial, con importantes rozamientos, que lleva a la sima (entre las excepciones en ese nadir, se puede mencionar la publicación de *El Arte de los Metales*, de Alonso Barba, en 1640, o la ingente actividad de los ingenieros fortificadores, en Europa, África, y muy especialmente en ultramar), y finalmente un incipiente resurgir. Los síntomas de renovación se perciben en un reducidísimo grupo que crea un caldo de cultivo sobre el que germinará la Ilustración: denominados "novatores", por ideológicamente innovadores, actúan prácticamente al margen de las universidades, en una sociedad presa de un misoneísmo asfixiante. El término *novator* tiene en la época un claro sentido peyorativo[11]. Su labor fue globalmente modesta, aunque posibilitaron en parte el desarrollo posterior de la

[9] En términos actuales, las separaciones han de ser proporcionales a las diferencias de la integral de la secante de la latitud. No existiendo aún el cálculo diferencial, la ecuación no fue publicada hasta 1696, por el conocido matemático y astrónomo Edmond Halley.

[10] Para una visión de conjunto y matizada sobre el siglo XVII, vid. J. M.ª LÓPEZ PIÑERO: *Ciencia y Técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII,* Labor, Barcelona, 1979.

[11] La actividad en el marco de las ciencias "físico-matemáticas" durante el XVII, con énfasis en los novatores, es el tema del capítulo de Víctor Navarro Brotons, que abre este volumen.

técnica y la ciencia ilustradas. Esas tímidas señales de recuperación no se circunscriben a cuestiones especulativas, sino que se pueden observar también en el mundo de la técnica y la economía. En el ámbito castrense se incluyen en ese resurgir la actividad de Sebastián Fernández de Medrano en la Academia de Mathemáticas de Bruselas, institución de la que fue director, y el texto anónimo *Escuela de Palas* (Milán, 1693), probablemente debido al marqués de Leganés o a José Chafrión. En el marco de la construcción naval se vislumbran indicios de renovación en las contribuciones de personajes como Antonio Garrote y Antonio de Gaztañeta. El sevillano Garrote escribe un manuscrito sobre «bajeles» en 1691, aún en la transición del galeón al navío, innovador tipo de buque de combate a distancia perfeccionado por ingleses y holandeses; en el marco de la marina borbónica, el diseño arquitectónico naval se precisará algo más bajo la dirección del guipuzcoano Gaztañeta, avezado marino que escribió varios tratados, y que define un dilatado, todavía empírico y algo discrecional período constructivo. Ni en el caso de Garrote ni en el de Gaztañeta se puede hablar de incorporación de los conocimientos disponibles de las matemáticas mixtas, sino de mejora constructiva y de los medios de representación gráfica. Sin pretender trazar un panorama de estos síntomas de renovación, valga mencionar que en el ámbito de la ingeniería civil (obras públicas y manufacturas), y dentro de la tradición hispana, el vizcaíno Pedro Bernardo Villarreal de Bérriz publica, ya en una "primera Ilustración", el tratado sobre *Máquinas Hidráulicas de Molinos y Herrerías y Govierno de los Árboles, y Montes de Vizcaya* (1736), con interesantes innovaciones técnicas, a quien Fernández Ordóñez denominó «el primer ingeniero genuino de presas»[12].

El Siglo de las Luces: reformas, resistencias y encrucijada

Pese a los indicios de renovación evocados, el legado del Seiscientos sobre la Corona española, de forma sintética y provocadora, y, por consiguiente, sin los debidos matices que se presentan a lo largo de este y del próximo volumen, se puede visualizar con el cadalsiano «un gran cadáver», o la capital de un imperio al imperativo «¡agua va!», que, de ser escuchada, era frecuentemente expresión de haber sido salpicado, ¡al menos!

En el siglo XVIII culmina la Revolución científica en Europa, progresándose trabajosamente en el establecimiento de una sólida conexión entre las ciencias y las técnicas. Además, a partir de 1750 comienza en Inglaterra un proceso de radical transformación técnica y social que ha preconfigurado el mundo contemporáneo, la Revolución industrial. Mientras tanto, en la Francia de 1751, aparece el primer volu-

12 J. A. FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ (dir.): *Catálogo de noventa presas y azudes anteriores a 1900,* C.O.I.C.C.P., Madrid, 1984, p. 14. Sobre el personaje: E. RUIZ de AZÚA: *D. Pedro Bernardo Villarreal de Berriz (1669-1740). Semblanza de un vasco precursor*. Fund. Juanelo Turriano/Castalia, Madrid, 1990.

men de la *Enciclopedia*, impulsada por Diderot y D'Alembert. El siglo XVIII fue también el protagonista de la Revolución francesa, arranque de la Edad Contemporánea, en que la ciencia vendrá a presentarse para algunos como una suerte de religión. Los hombres de ciencia toman el poder y reestructuran el Estado. En este sentido, puede recordarse la fundación de la *École Polytechnique* (1794), de impacto tan destacado, en la instrucción de los cuerpos técnicos superiores del Estado francés, del propio sistema de formación de ingenieros en la Europa continental, y en el desarrollo de la ciencia y la técnica.

El siglo XVIII hispano será el de las *Luces*, expresión de una *ilusión* –sentida por un minoritario pero poderoso colectivo– por retomar la senda, por salir del túnel. Pero luces y sombras, avances y retrocesos, éxitos y fracasos, se entremezclaron, al punto que de las cuatro acepciones que incluye el DRAE para *ilusión*, convienen aquí perfectamente la segunda y tercera:

> «2. Esperanza cuyo cumplimiento parece especialmente atractivo;
> 3. Viva complacencia en una persona, cosa, tarea, etc.»

En ellas predomina un sentido positivo, de satisfacción, de construcción en marcha, reflejo de esa vitalidad y riqueza de iniciativas que se instrumentalizaron, claramente perceptible a mediados del siglo. En 1748 el marqués de Ensenada insta a Fernando VI a acometer un fabuloso y vertebrador plan radial de caminos con el conocido: «Es preciso empezar, Señor, porque lo que no se empieza no se acaba». Pero este tipo de impulsos modernizadores choca a veces con la realidad subyacente. Otro gran primer secretario de Estado, el conde de Floridablanca, habrá de recordar la necesidad de modificar comportamientos tradicionales como los prejuicios respecto a los trabajos mecánicos: mediante real cédula de marzo de 1783, se concede «Habilitación para obtener empleos de República a los que exercen artes y oficios, con declaracion de ser honestos y honrados»; afirma que «su desempeño no envilece la familia ni la persona del que los exerce, ni la inhabilita para obtener los empleos municipales [...] y que tampoco han de perjudicar las artes y oficios para el goce y prerrogativas de la hidalguía»[13].

El balance global del período que aquí se acota con la guerra de la Independencia, desde múltiples perspectivas, las del desarrollo de las ciencias y las técnicas en particular, ha de afirmarse, sin duda, como positivo, aunque notoriamente mejorable por frágil, por carente del necesario arraigo. La polisemia de *ilusión* permite recoger esa insatisfacción en la primera acepción del DRAE:

---

[13] Vid. *Novísima Recopilación de las Leyes de España, mandada formar por el Señor Don Carlos IV,* Madrid, 1805. Como contrapunto, téngase en cuenta que por orden del conde de Gazola (15-X-1766), bajo el mismo reinado de Carlos III, los aspirantes a cadetes del Real Colegio de Artillería habían de acreditar que sus padres no ejercían profesiones "indignas", como oficios mecánicos o comerciantes al detall (P. A. PÉREZ RUIZ: *Biografía del Colegio-Academia de Artillería de Segovia,* Academia de Artillería, 1960, p. 105).

> «1. Concepto, imagen o representación sin verdadera realidad, sugeridos por la imaginación o causados por engaño de los sentidos».

En suma, contraste, claroscuro que a veces evoca este riquísimo y apasionante período de nuestra historia, proyectista y vital, denostado en tiempos, también fuente de discursos panegíricos[14], que, sin embargo, ofrece áureos resplandores en el desarrollo técnico y científico. Entre éstos, a nivel estructural, la institucionalización con definición de competencias técnicas y de estudios reglados para la formación de aspirantes a diversas profesiones, entre las que nos interesan especialmente las ingenierías, la artillería y la arquitectura, perfiles que ya presentan una primera delimitación en el Renacimiento. La ingeniería sufrirá un trascendente proceso de diversificación y segmentación institucional. Los ingenieros se estructurarán básicamente en cuerpos facultativos del Estado, es decir, en conjuntos de funcionarios, militares o civiles, que le sirven merced a conocimientos técnicos especializados en un cierto ramo. El siglo XVIII será testigo de la creación de los cuerpos de ingenieros del Ejército y Plazas (ingenieros militares, 1711), de la Marina (1770), Cosmógrafos de Estado (1796, de fugaz existencia pues será disuelto en 1804) y de Caminos y Canales (1799). No formalizada como tal cuerpo facultativo, el último cuarto del siglo contempla el surgimiento de la ingeniería de Minas (los «Geómetras Subterráneos», en 1777).

La generalización de la educación técnica reglada, con mínimos precedentes renacentistas como la de los pilotos de la Carrera de Indias, es una aportación mayor del Setecientos, singularmente en sus tres últimas décadas y en los primeros años del siglo siguiente. Y no sólo lo fue para los perfiles técnicos superiores sino en un ámbito mucho mayor, de lo que da muestras, por ejemplo, la actividad docente de las reales sociedades económicas de amigos del país o de las juntas y consulados de comercio. Son tiempos en los que «asistiremos [...] al nacimiento de la escuela técnica como lugar separado de los establecimientos en los que la formación profesional y el trabajo se llevaban a cabo conjunta y simultáneamente»[15]. Como afirma Jordi Nadal, refi-

---

[14] El análisis historiográfico permite observar interpretaciones decididamente positivas como la clásica de Jean SARRAILH: *La España ilustrada de la segunda mitad del siglo XVIII* (Fondo de Cultura Económica, México, 1957); otras son mucho más matizadas, como VV. AA.: *La Ilustración, claroscuro de un siglo maldito* (Historia 16, VIII, 1978). Sobre el reinado de Carlos III se da una valoración ponderada en Antonio DOMÍNGUEZ ORTIZ: *Carlos III y la España de la Ilustración* (Alianza Editorial, Madrid, 1988), quien afirma que «no fue un revolucionario sino un reformador prudente», destacando que en el Setecientos «las nuevas ideas sólo podían imponerse si contaban con el apoyo de poderosas corrientes subterráneas; la mera imposición desde arriba no era suficiente» (p. 228). Como contraste, abiertamente negativa es la visión de Francisco SÁNCHEZ BLANCO: *El Absolutismo y las Luces en el reinado de Carlos III* (Marcial Pons, Madrid, 2002), que ácidamente llega a tildar al monarca de «rey absoluto, con pocas luces y sordo a los signos de los tiempos».

[15] A. ESCOLANO BENITO: *Educación y Economía en la España Ilustrada,* Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 1988, p. 9.

riéndose a Carlos III, «el impulso dado a las nuevas enseñanzas constituye el mayor timbre de gloria de su reinado»[16].

Entre los efectos de ese programa de renovación, de integración en la modernidad, se puede anotar el nivel alcanzado en arquitectura naval, donde conviene reflejar la importancia del *Examen Marítimo* (1771) de Jorge Juan, y el desarrollo de nuevas técnicas de navegación; el descubrimiento del platino (por Antonio de Ulloa en Bolivia, descrito como un cuerpo simple en las *Observaciones astronómicas y físicas,* 1748; refinado por Francisco Chabaneau en Vergara en 1786), del wolframio o tungsteno (aislado por los hermanos Elhuyar en Vergara, 1783) y del vanadio (descubierto por Andrés del Río en México, aunque inicialmente se pensó que era una forma de cromo, 1801); el decidido empeño de vertebrar el país con una red de carreteras (con algunas de difícil ejecución, como las de Guadarrama, Sierra Morena o Reinosa-Santader) y de canales, destinada a crear un mercado nacional; y la participación a nivel conceptual, en tiempos de la gestación del maquinismo, al nacimiento de la cinemática industrial, con la fundamental contribución de J. M.ª de Lanz y A. de Betancourt, *Essai sur la composition des machines* (1808)[17].

Cierto es que también hubo fracasos técnicos, unas veces de planificación, en otros casos de diseño o ejecución. Por ejemplo, a la hora de fabricar cañones de hierro fundidos en sólido en Liérganes y La Cavada, o en el proyecto y construcción de pantanos como el de Puentes, que revienta en 1802, llevándose por delante más de seiscientas vidas. También se puede apuntar en ese lado negativo de la balanza la limitada modernidad de la ingeniería de puentes, estructural y morfológicamente más renacentista que ilustrada (paradigmáticamente representados por los que, por ejemplo, hacía Perronet en Francia); o el puro arbitrismo en diversos aspectos de los proyectos en torno al Canal de Castilla, o los fallos de gestión en el Canal Imperial de Aragón, hasta que providencialmente se hizo cargo Ramón de Pignatelli. Si bien España comienza a re-europeizarse tras decretarse por Felipe V la derogación de la pragmática aislacionista de 1559, la importación de técnicos extranjeros no fue siempre positiva. Aunque con éxitos importantes, Carlos Lemaur anima a Floridablanca y a Cabarrús, y transmite a sus hijos, también ingenieros militares, la loca pretensión de conectar Madrid con Sevilla mediante canales, lo que "afortunadamente" (porque el proyecto, así, queda olvidado) da lugar al desastre del pantano del Gasco: la insuficiente valoración de la orografía y de los regímenes de lluvia, de haberse concluido el proyecto, hubiera llevado a un enorme desembolso de muy negativo interés económico. En la política de fomento de las manufacturas, de las reales en particular, la tarea

16 J. NADAL: «Carlos III, un cambio de mentalidad», en *España, 200 años de tecnología,* Barcelona, 1988, p. 19.

17 El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Madrid, 1990) ha publicado el volumen *Ensayo sobre la composición de las máquinas,* donde se recogen sendos facsímiles de las primeras ediciones francesa e inglesa, así como su traducción al español.

de los técnicos extranjeros es fundamental; no obstante, entre otros muchos problemas que surgen está la débil capacidad de innovación que se observa en la mayoría de esas factorías, en general aisladas de entornos técnica y empresarialmente evolucionados, acomodadas a la subvención de la Hacienda, con lo que las industrias quedan obsoletas en poco tiempo, contribuyendo a su falta de competitividad.

El siglo XVIII, enmarcado entre dos conflagraciones internacionales con connotaciones de guerra civil en el solar hispano (las guerras de Sucesión y la de la Independencia), y pleno de enfrentamientos bélicos, es poliédrico, complejo, a veces contradictorio. Pero la siguiente etapa es el electrizante siglo XIX, que "comienza" a construirse sobre la base de la liberal Constitución elaborada por las Cortes de Cádiz (1812) y una feroz y aniquiladora reacción absolutista. Cabe, sin embargo, mencionar en el Siglo de las Luces el lapso pacífico de once años potenciado por Fernando VI, tras la Paz de Aquisgrán. Importa señalar esta incesante actividad bélica setecentista, porque la mayoría de los centros de excelencia en la enseñanza técnica y científica estuvo en la esfera militar, donde la indiscutible prioridad era el servicio castrense.

Se ha aludido a algunos aspectos del denominado reformismo borbónico, proyecto absolutista que se muestra un tanto permeable a ideas de filósofos ilustrados y que adopta formas paternalistas en el ejercicio del poder, que conviene anotar con unas rápidas menciones. Entre sus rasgos generales se encuentran la uniformización legislativa y la centralización administrativa, asistiéndose al nacimiento de la idea de Estado-nación. Se pretende a ultranza el mantenimiento del Antiguo Régimen, en flagrante contradicción con ideas proto-liberales en circulación, por lo que, ante los acontecimientos de la Revolución francesa, la reacción es lo que se da en denominar el "pánico de Floridablanca" (1791), lo que comprende el establecimiento de un "cordón sanitario" frente a la "peste" revolucionaria. Es en cierto modo una reacción "filipina": nuevo cierre de las fronteras para evitar el contagio ideológico, aunque la "porosidad" de los puertos, Cádiz y Barcelona en particular, fue muy superior a la pretendida por el poder. Se aborda la reforma agraria, intentándose modernizar las estructuras de propiedad (concentrada en manos de la Iglesia y la nobleza), aunque con limitadísima efectividad, pues la reacción se canalizó utilizando al Santo Oficio contra los reformadores; entre los grandes proyectos cabe reseñar la repoblación de Sierra Morena, gestión asumida personalmente por el superintendente Pablo de Olavide[18], que le terminará llevando ante la Inquisición, tribunal que, aunque atenuado, sirvió también para condenar o atemorizar a personajes como Melchor de Macanaz, Benito Bails, Enrique Cristóbal Storr y Luis Proust.

[18] Pablo de Olavide (1725-1802) funda trece poblaciones. Condenado por el Santo Oficio (1778) a ocho años de reclusión, consigue huir a Francia (1780). Bajo el seudónimo "conde de Pilos" reside en París, donde fue encarcelado como sospechoso en 1794, en el marco de los acontecimientos provocados por la Revolución francesa. Terminó escribiendo el *Evangelio en Triunfo* (1797).

Además de la uniformización y centralización borbónica, son rasgos generales, propios del gobierno absoluto hispano, un importante utilitarismo y el desarraigo en la construcción de infraestructuras para el desarrollo de las actividades científicas y técnicas, algo ya padecido en el Renacimiento. Por otro lado, conviene subrayar que el fracaso de las reformas hacendística y política se percibió en la política de los últimos años de Carlos III, antes de eclosionar el terror por la Revolución francesa. Es el fin de un ciclo en el que el Estado, al margen de la realidad socioeconómica, se erigió en valedor supremo del desarrollo técnico y científico, por lo que su crisis a finales del XVIII y comienzos del XIX se saldará con la casi desaparición del sistema tan trabajosamente construido. En cualquier caso, la Ilustración posibilitó una de las etapas más brillantes de nuestro pasado científico-técnico. Si el entronque con Europa se realiza razonablemente en el siglo XVIII, «época en la que, como en ninguna otra, se acercó a Europa la naciente ciencia española»[19], en el XIX habrá que volver a intentarlo.

Técnica, ciencia, utilidad y milicia

Se abría el volumen I de esta colección afirmando que el Renacimiento se desarrolla desde una nueva confianza en la razón, asistiéndose a un proceso de modernización dominado por la idea de progreso, que termina mostrando el orgullo por la superación de los saberes precedentes. Una de las grandes aportaciones de este período de transición y replanteamiento es la sustitución de la autoridad como criterio científico y técnico por la experiencia y capacidad de raciocinio personal. En este marco, y en el tránsito a la Ilustración, se producirá la Revolución científica, un aporte cultural de primer orden para el desarrollo de una "nueva técnica", mejor fundamentada y cuantificada. No obstante, durante el Siglo de las Luces el empleo de los recientes saberes científicos a la técnica será relativamente limitado, muy especialmente en sus dos primeros tercios. Como ocurriera en el Renacimiento, la navegación marítima (entonces, «arte de navegar») madurará ahora merced a la aplicación del nuevo conocimiento cosmográfico (método de las distancias lunares, por ejemplo) y al desarrollo de más precisos instrumentos (sextantes, cronómetros), así como al uso del renovado lenguaje matemático. Por el contrario, la metalurgia se desarrollará aún de forma primordialmente empírica, sin un sólido esquema conceptual director, aunque la naciente "química" aportará, muy al final del período, algunos elementos de mejora. Por su parte, el renacentista «arte de las máquinas» se transformará en el Setecientos en «machinaria», «mechánica» o «machinica»[20]; empleará las matemáticas de

[19] Ángel MARTÍN MUNICIO: «El español y la ciencia», en *II Congreso Internacional de la Lengua Española,* Valladolid, 2001.

[20] Según el *Diccionario de Autoridades* (1734) de la Real Academia Española. En el de Terreros y Pando (*op. cit.*, 1787) se recogen en forma ortográfica más moderna: *maquinaria* (y *maquinica*, que considera término bárbaro).

forma aún rudimentaria, avanzándose en cuestiones de dinámica y, ya a comienzos del Ochocientos, en la consideración de las máquinas –antes entidades "indivisibles"[21]– como conjuntos de mecanismos transformadores de movimientos (la geometría de los desplazamientos), lo que constituye el nacimiento de la Cinemática Industrial, una genuina ciencia de la ingeniería, no de la naturaleza[22].

Según el DRAE, *técnica* es saber «de procedimientos y recursos», y entre sus "recursos conceptuales" se puede anotar el conocimiento científico (saberes «por sus principios y causas»), que, parafraseando a Luis Proust, será "antorcha que iluminará a la técnica"[23], del mismo modo que la ciencia se apoya necesariamente en la técnica para su desarrollo.

Frente a la imagen falaz que a veces se propaga de una técnica siempre fosilizada en ausencia de "luz científica", limitada a la rutina procedimental "ciega", baste recordar la trascendencia de los avances durante el medioevo o el desarrollo del artefacto paradigmático de la Revolución industrial. Dicho muy expresivamente por Ashby, la máquina de vapor «fue realizada por cabezas duras y dedos inteligentes», por hombres que «carecían de una educación sistemática en ciencia o tecnología»[24]. Si la distancia cualitativa entre la ciencia pre-revolucionaria, tardo-medieval y primorenacentista de un lado, y la ilustrada (la "nueva ciencia"), de otro, supera a la establecida entre las técnicas de una y otra época[25], la Revolución industrial (revolución energética, maquinista y organizativa) es una etapa larvada o en desarrollo, según los países.

---

21 En realidad, el estudio de mecanismos se observa ya en trabajos de Leonardo da Vinci. Hacia 1696, el ingeniero sueco Christopher Polhammer, conocido como Polhem, concibe la idea de desarrollar "un alfabeto" para la construcción de máquinas, descomponiéndolas en sus elementos constitutivos.

22 El texto pionero es el mencionado de J. M.ª de LANZ y A. de BETANCOURT: *Essai sur la composition des machines* (Impr. Impériale, París, 1808).

23 «[...] era ya tiempo de iluminar el cahos de las fundiciones con la antorcha de la chîmia», en Luis PROUST: *Discurso que en la abertura del Laboratorio de Chîmia del Real Cuerpo de Artillería...*, Segovia, Antonio Espinosa, 1792, p. XLIV.

24 E. ASHBY: *La Tecnología y los Académicos,* Monte Ávila, Caracas, 1968, p. 79.

25 A modo de digresión, cabe señalar que la "nueva ciencia" se denominará simplemente ciencia, mientras que a la "nueva técnica" se la podrá acabar llamando *tecnología*, término de una clara significación etimológica pero de semántica aún no estabilizada por el uso, pudiéndose observar perspectivas que van desde lo puramente material (los artefactos), pasando por lo cognitivo, hasta lo social, esfera donde, debido a su sufijo –quizás la razón de su difuso empleo–, se le atribuye la transmisión de nociones de nobleza, modernidad o poder. Pero, como dice Álex Grijelmo, «el genio de la lengua es caprichoso» (*El genio del idioma*, Taurus, Madrid, 2004), por lo que quizás, en desenfadada acotación, entre "técnica-tecnología y ciencia" no se aplicó esa regla de tres léxica que una revista humorística en el tardo-franquismo hizo celebérrima con "bombín-bombón y cojín", dando lugar a un salaz resultado.

La nueva ciencia, hija de la filosofía[26] (el saber teórico) y también de la técnica (el saber hacer), cambia la forma de considerar la naturaleza, instaurándose un eficacísimo protocolo de actuación, el *método científico*. En éste es esencial la componente de experimentación y exigencia de repetitividad práctica, así como el uso intensivo de a veces delicados instrumentos (ingenios o artificios) de medición, y un procedimiento de aceptación de "verdades" (siempre relativas) por consenso entre los miembros de la comunidad. En paralelo, con similar raíz, se desarrolla un *método de la ingeniería*, expresión destilada del saber técnico en lo procedimental, que emplea sistemática pero no exclusivamente el conocimiento científico acumulado[27]. Del desarrollo del método de la ingeniería, menos estudiado, hay pruebas evidentes en el Setecientos. Valga mencionar, por ejemplo, el diseño y construcción de navíos, proceso en el que se comienza explicitando los requisitos de tamaño, velocidad, estabilidad, maniobrabilidad, robustez u operabilidad artillera. Dado el carácter contradictorio de varias de las cualidades exigidas, el problema es claramente multi-objetivo, pretendiéndose con los diseños –iluminados por la ciencia, la experiencia y las peculiaridades de estilo del diseñador y los condicionantes socio-económicos– diferentes compromisos "sub-óptimos"; ineludiblemente, la hora de la verdad llega de la mano de protocolos de comparación experimental en la mar entre los buques, los artefactos resultado de las concepciones alternativas. Aquí son los usuarios los que tienen la última palabra.

Aunque no exclusivamente, porque hay una técnica que emerge desde otros focos (el artesanado, por ejemplo), el método de trabajo de la ingeniería se perfila y codifica en organizaciones como el Real Cuerpo de Ingenieros Militares o el de Ingenieros de la Marina, desde las que se transmite. A través de sus innumerables encargos a lo largo y ancho del Imperio, se difundirán protocolos de trabajo racionalizados y normalizados para la organización y el desarrollo de las grandes obras[28]. Por ejemplo, el Canal Imperial de Aragón, donde confluyen direcciones técnicas civiles y castrenses, según el marqués de Villanueva del Pardo y Agustín de Betancourt, «la obra más grande en su género que jamás han emprendido los españoles y en nada cede a las

---

[26] Así, es frecuente que en el siglo XVIII se hable de «Filosofía Natural», no de «Ciencias Naturales». Cuando la Ley Moyano (9-IX-1857) instaure las facultades de Ciencias, el posterior *Reglamento de las universidades* (R. O. de 22-V-1859) le otorgará como color académico el azul turquí, demostración de su procedencia de las facultades de Filosofía, que poseen el azul celeste (M. SILVA SUÁREZ: *Uniformes y Emblemas de la Ingeniería Civil Española, 1835-1975*, Institución Fernando el Católico/CSIC, Zaragoza, 1999). El sustantivo *científico*, plenamente tardo-decimonónico, no se incorpora al DRAE hasta 1956 (XVII[a] edición).

[27] Javier ARACIL: «¿La ingeniería es ciencia aplicada?», en J. ARACIL (ed.): *Ingeniería y Pensamiento*, Fundación el Monte, Sevilla, en prensa.

[28] Las grandes obras siempre fueron inmensas escuelas. Por ejemplo, en el medioevo la construcción de catedrales concitaba el interés de agrupaciones gremiales, al punto de organizar excursiones de observación-espionaje a las obras en otras ciudades, algo particularmente cierto en el caso de templos paradigmáticos, como son las catedrales góticas.

más celebradas en otras naciones»[29]. En ella el canónigo Ramón de Pignatelli no sólo gestionó eficacísimamente la obra, organizando un gran equipo técnico perfectamente conjuntado, sino que llegó a proyectar como ingeniero. Su construcción supuso la elevación del nivel técnico de la región, y así lo reflejan el marqués de Villanueva y Betancourt:

> «Maestros de obras que antes se conducían por una vieja práctica [están ahora] guiados por una teoría luminosa, instruidos en los preceptos más recónditos de su arte y familiarizados con los mejores autores».

Si la ciencia "ilumina" a la ingeniería, ¿cuál es su papel? Dos acotaciones a declaraciones de Francisco Sabatini y Agustín de Betancourt, ingenieros del más alto nivel, ayudarán a clarificar elementos de la posición a finales de la Ilustración, planteamiento que, por otro lado, no ha de ser esencialmente diferente del que se pueda ofrecer en nuestros días. A comienzos de la década de 1780, el cuerpo de ingenieros militares está casi saturado y son pocas las vacantes para el ingreso. Si bien Silvestre Abarca, ingeniero director del ramo de fortificaciones, propone que la excelencia en «ciencia y dibujo» se erijan en *los* criterios sobre la calidad de un ingeniero o aspirante, Francisco Sabatini responde que[30]

> «aunque esta parte del curso es esencial al Ingeniero, es más útil y necesaria la inteligencia de las materias; porque podrá darse el caso de que el más ábil en ellas, tenga, o poca inclinación, o poca afición, al diseño, y esta falta no le ha de hacer desmerecer su ingreso, ni el cuerpo perder un individuo que haga progresos en la ciencia, aunque siempre es bueno se halle adornado de uno y otro».

Por otro lado, en la definición que hace Agustín de Betancourt sobre las cualidades y circunstancias que deben concurrir en un director de la Inspección de Caminos, tras enumerar conocimientos científicos, técnicos y metodológicos, afirma[31]:

> «En fin, permítasenos decirlo, tener una educación no vulgar, la qual no solamente hace recomendables los hombres en el trato con los demás, sino que también da discernimiento y aquel tacto fino que en ciertos casos suele servir aún más que la ciencia».

En suma, la ciencia y el dibujo no son suficientes, sino altamente convenientes. Además son determinantes la afición al diseño –la creatividad– y, dado que su actividad se realiza en estrecha interacción con agentes sociales diversos, una amplia cultura. En términos nada dieciochescos se puede interpretar que se aboga por capaci-

---

[29] Marqués de VILLANUEVA DEL PARDO y Agustín de BETANCOURT: *Noticia de la Acequia Imperial, o Canal Real de Aragón,* 1783. Recogida en VV. AA.: *Canal Imperial de Aragón,* Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1984. Este entusiasta comentario habría que atemperarlo al considerar el otro gran canal hispano del siglo, el de Castilla, aunque su diseño, ejecución y terminación respondan a situaciones muy diferentes.

[30] CAPEL, SÁNCHEZ y MONCADA, 1988, p. 192.

[31] A. RUMEU DE ARMAS, 1980, p. 60.

dades adicionales más allá de la mera formación científica y técnica, que complementen la dimensión puramente racional de la inteligencia en aspectos de inventiva y de relación interpersonal.

El nivel de los contenidos científicos de las profesiones técnicas superiores, la ingeniería en particular, es tema de discusión ya en fechas tan tempranas. Por ejemplo, en el ámbito del Real Colegio segoviano, abierto con la oración de Antonio Eximeno *Sobre la necesidad de la teoría para desempeñar en la práctica el servicio de S. M.,* se produjo en 1782 una fuerte disensión a este propósito entre Pedro Guannini, profesor de matemáticas y director de estudios, y el consejo de profesores, liderado por Tomás Morla, secretario a la sazón. La cuestión era «si el oficial de artillería, para cumplir con su misión, necesita ser profundo matemático y conocer bien las ciencias físico-químicas, o por el contrario basta con tener conocimientos elementales de todas esas ciencias»[32]. Morla, reputado artillero, autor de textos técnicos de gran interés, profesor de química aplicada a la artillería, lo expresa categóricamente: «Las teorías sublimes sólo sirven para alargar los estudios, hacerlos más penosos, y lo que es peor, causar un cierto hastío y tedio, que hacen confundir lo que es de utilidad remota con lo que es esencial para el cumplimiento de su obligación».

Y es que, sin considerar a los que muy gráficamente se alude como «titanes de la rutina»[33], el nivel científico de las formaciones técnicas superiores es siempre un tema controvertido, siendo a veces muy difícil establecer una frontera nítida entre los conocimientos potencialmente útiles y los que probablemente no lo serán nunca o, al menos, en los horizontes temporales personales. En cualquier caso, es cuestión en continuo debate a lo largo del mismo siglo XVIII.

Presidiendo esta última cuestión, en un ámbito mucho más general de la cultura se encuentra el principio de «utilidad» al que tan afecto fue el Setecientos. No es que la utilidad afectara sólo a la instrucción en la nueva técnica; se aplica en Europa al mismo desarrollo de las ciencias[34], que de este modo para ser apreciables han de ser «útiles»[35]. El objetivo y el método de la ciencia dieciochesca visan las aplicaciones prácticas, constituyendo en sí un freno ideológico a su propia expansión, algo compartido

---

32 P. A. PÉREZ RUIZ, *op. cit.*, pp. 115-116.

33 S. GARMA, D. FERRANT, V. NAVARRO (eds.): *Contra los titanes de la rutina*, Comunidad de Madrid/CSIC, Madrid, 1994.

34 J. A. MARAVALL: «El principio de la utilidad como límite de la investigación científica en el pensamiento ilustrado», en *Historia y pensamiento. Homenaje a Luis Díez del Corral*, Endema, Madrid, vol. II, pp. 223-236. También se puede consultar F. del PINO DÍAZ: «Utilidad y honor nacional en la política científica ilustrada», en J. PÉREZ e I. GONZÁLEZ (eds.): *Ciencia, Técnica y Estado*, Ministerio de Educación y Sociedad Española de Historia de las Ciencias, Madrid, 1990, pp. 31-43.

35 Reflexión que habría que complementar con la "ciencia espectáculo", valoración que al parecer primó en la sociedad madrileña ante las clases teórico-prácticas de química que imparte Luis Proust, o que se hace extensiva a demostraciones de las "capacidades" de la naciente rama de la electricidad.

por los "filósofos modernos", curiosamente en contra de lo expresado en diversas ocasiones por Roger Bacon[36], en la contraposición entre los *experimenta luminifera* y los *fructifera*.

Los ilustrados españoles saben que el conocimiento científico y su desarrollo es inferior en España frente al de países como Francia o Inglaterra, y, aunque existen contribuciones, la productividad dista de lo deseable. Sin embargo, se da una arrogante actitud al proclamarse explícitamente la intención de «remediar con el arte los defectos de la naturaleza»[37]. Pero la naturaleza impondrá sus leyes con frecuencia; en particular, puentes, diques o puertos serán derribados por los elementos, o comenzarán a aparecer problemas importantes en la conservación de entornos, por ejemplo debido a la deforestación provocada por los procesos metalúrgicos, lo que incitará a la dificultosa sustitución del carbón vegetal por el mineral.

*

En el ámbito castrense, disponer de una técnica, no sólo material sino también organizativa[38], más evolucionada que el adversario es factor que provee de ventaja competitiva crucial. La conquista del continente americano por las potencias europeas tras el descubrimiento colombino, la Corona de Castilla en particular, o, unos cuatro siglos más tarde, el desastre naval hispano en Santiago de Cuba (1898) –«la guerra se perdió en los laboratorios», se llegó lúcidamente a afirmar– son concluyentes a este respecto. Por ello no es de sorprender que la nueva técnica, perfeccionada en sus diversas facetas bajo el prisma de la nueva ciencia, se integre en la formación de los oficiales militares. En efecto, si la fortificación del Quinientos es una geometría euclidiana aplicada, en el Setecientos la geometría (también la analítica, basada en el álgebra, la trigonometría y los logaritmos) sigue desempeñando ese papel; y enriquecida con nociones de velocidad llega a definirse una cierta "cinemática militar", de clara aplicación en los movimientos de tropas. El fuego artillero renacentista, basado en proyectiles macizos, cuyo efecto destructor deriva del impacto mecánico, se concibe como tiros "rectos". A finales del XVII, el cálculo de las trayectorias de los proyectiles interesa especialmente, ya que las bombas explosivas acrecientan el interés por los

---

36 La ambición de utilidad es criticada por Bacon empleando bellamente la leyenda de la heroína mitológica Atalanta (especialmente en su *De Sapientia Veterum*, 1609), que ofreció su mano a quien la venciera en una carrera. En caso contrario, al candidato le esperaba la muerte. Ayudado por Afrodita, Melanión (o Hipómenes) le ganó al arrojarle en la prueba tres manzanas de oro que, distraída de su objetivo esencial, Atalanta no se resistió a coger. Vid. Miguel Ángel GRANADA: «Valoración Filosófica de la Técnica en el Renacimiento», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e Ingeniería en España: El Renacimiento,* 2004, p. 88.

37 Ordenanzas para el Real Cuerpo de Ingenieros Militares, 1739.

38 Donde se encuentran cuestiones de racionalización y normalización de procedimientos. Obsérvese, además, que términos como *estrategia*, *táctica*, *logística*, o aforismos como "divide y vencerás", han pasado al mundo de los negocios civiles desde el campo militar.

tiros por el segundo sector, o tiros "parabólicos". Es decir, la dinámica aplicada al diseño y operación de estas "máquinas" gana interés, como también ocurre en el diseño de buques con determinadas capacidades de maniobra, por ejemplo. Finalmente, en la tradición de los «maestros de hazer cartas» y cosmógrafos renacentistas, los ingenieros militares y los oficiales de la Marina del XVIII, siempre cartógrafos, han de formarse en la nueva cosmografía, así como en el manejo de innovadores instrumentos técnicos de medida, sus cada vez más precisos "ojos". De importancia crucial son asimismo los problemas de logística, necesitados de una aritmética contable adicionada de la consideración de recursos y costes para establecer programas de aprovisionamiento (siempre en el compromiso coste económico-rapidez de servicio)[39]. La barcelonesa Academia de Matemáticas del Ejército de Tierra adopta como lema (sin duda simbólico e innovador) *Nunc Minerva, postea Palas*, es decir, las operaciones bélicas en su conjunto, no sólo la fortificación, han de emplear los saberes científicos disponibles.

Ahora bien, interesados los mandos en resultados técnicos inmediatos, imbuidos de una mentalidad algo cortoplacista frente a la que desarrollará la más joven Academia del correspondiente cuerpo galo (Mézières, 1748), no se dejará espacio a la especulación. Ya en 1739, el *Reglamento, Ordenanza e Instrucción de S. M. para la subsistencia, régimen, y enseñanza de la Real Academia Militar de Matemáticas establecida en Barcelona* es explícito al respecto (art. 54), buscándose «la instrucción de las tropas sólo en las partes de las matemáticas concernientes al arte de la guerra, tomando de ellas sólo lo preciso a este intento, prefiriendo siempre lo útil a lo deleitoso». Las enseñanzas regladas que se pusieron en marcha tanto en el Ejército como en la Marina, rasgo innovador de este Siglo de las Luces, constituyeron una aproximación exitosa, incluso brillante a corto y medio plazo, pero su utilitarismo –particularmente en el Ejército– cercenó la adecuada renovación en algunos casos. Una vez más, es el complejo problema de determinar las direcciones e intensidades de la formación científica en ámbitos técnicos superiores.

Incluso avanzado el reinado de Carlos III, más que hacer descansar las enseñanzas científicas en el Ejército o la Marina, lo que se instrumenta es su propia modernización técnica. En paralelo, en la vía civil se tiene una universidad que, con excepciones, es manifiestamente escolástica, más medieval que contemporánea, siendo singular el papel de la Compañía de Jesús, auténtica multinacional impuesta en los nuevos saberes. El carácter vanamente especulativo de las enseñanzas de la mayoría de las instituciones civiles provoca desconfianza en los gobernantes, chocando con la urgencia que la Corona desea dar a la renovación técnica y científica. Es sintomático

[39] Esta problemática tardará un par de siglos en ser formalizada en la incorrectamente denominada *investigación operativa*, disciplina que adquiere carta de naturaleza durante la segunda guerra mundial, para establecer el óptimo empleo de los recursos disponibles, realizando una adecuada «*investigación de operaciones* 'militares'».

que el generalizado desdén universitario por las matemáticas (puras y mixtas) fuese compensado por un importante cultivo en academias militares, que incluso emplean el término en su denominación, como la varias veces mencionada Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona.

Dicho esto, hay que reconocer que, en 1718, las ordenanzas del joven Cuerpo de Ingenieros Militares le atribuyen funciones técnicas civiles (caminos, puentes, puertos, canales, hospitales). De ello se desprende una mayor confianza del monarca en el Ejército frente a las instituciones civiles. Entre las razones de esta opción puede recordarse que Felipe V es el gran impulsor del ejército moderno español. Crea estructuras permanentes (regimientos, la Real Armada...) y fomenta su actualización técnica. Para ello, y con el objeto de dignificar la milicia heredada del XVII, que no estaba singularmente prestigiada, impuso a la nobleza (básicamente, segundones o nobleza baja) en la oficialía (1704) como estamento estructurador de la institución. *Su* ejército nobiliarizado, "eslabón" entre la Corona y el pueblo, cumple con el doble papel de defensa y vertebración del territorio, así como de fomento en el nuevo Estado. La lealtad, fidelidad, obediencia debida y eficiente disponibilidad merced a consolidadas estructuras organizativas del Ejército y la Marina fueron decisivas para la mencionada atribución de competencias. Además, desde esta concepción monárquica, la financiación de las actividades encontraba cauces bien establecidos, lo que simplificaba su gestión administrativa.

Pero tanto, la gaditana Academia de Guardias Marinas, como la barcelonesa del Ejército de Tierra, y también las de Artillería creadas en 1751 en esas mismas ciudades, admiten a unos cuantos civiles en sus clases, de donde, aunque marginalmente, diríase que como subproducto se aprecia una clara opción educativa que trasciende lo meramente castrense. De los seis primeros alumnos de la Real Academia de Geometría Subterránea y Mineralogía de Almadén, tres fueron civiles seleccionados por Pedro de Lucuce (1777) en su Academia Militar de Barcelona. Curiosamente, los alumnos y profesores de la academia civil almadenense demandarán la asimilación militar, prueba del prestigio de la institución castrense, amén de algunas ventajas materiales y sociales que ello les proporcionaba, como es el uso de uniforme. Petición concedida por el monarca, los alumnos, inicialmente denominados «profesores mathemáticos», pasarán a ser conocidos como «cadetes».

La militarización de los saberes científicos exhibirá las limitaciones de la opción, pues, naturalmente, para un soldado lo primero son sus funciones castrenses, siendo más fáciles los ascensos en campañas militares o situaciones de mando. Así, el sistema docente e investigador sufrirá los múltiples conflictos bélicos que jalonan el siglo: los empleos en las academias, observatorios o laboratorios no eran los más adecuados para ascender en las carreras castrenses, de donde a veces se encuentran comprensibles reticencias para dedicarse a estas nobles funciones.

Fruto tardío de esta concepción militarizada de las funciones científico-técnicas es la creación como militar del Real Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado

(1796). Pensado como civil, sus integrantes serán notoriamente menos sensibles a cuestiones como indumentarias castrenses o «sueños bélicos y galantes», comprensibles preocupaciones prioritarias de los jóvenes guardias marinas, como apuntó M. Sellés en su tesis doctoral. Por otro lado, en explicación de Salvador Jiménez Coronado, director del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos, el esfuerzo intelectual requerido y las magras perspectivas de desarrollo profesional desmotivaban especialmente a los menos vocacionales alumnos de buena cuna.

Bajo Carlos III se produce la expulsión de los jesuitas (1767), lo que contribuye a secularizar la enseñanza. Las magníficas instalaciones de la Compañía son reutilizadas con frecuencia para potenciar el sistema educativo y de investigación civil. Baste reflejar que en Sevilla pasan a constituir la sede de la Universidad hispalense; las de Vergara contendrán el Real Seminario de Vergara, institución de enorme interés, con decidida ambición investigadora donde trabajan Luis Proust, Francisco Chabaneau y los hermanos Elhuyar; o el antiguo recinto del madrileño Colegio Imperial se dedica a los Reales Estudios de San Isidro. En el ámbito de la ciencia y la técnica, la lista de instituciones civiles creadas en este siglo en España comprende, entre otras muchas, el Real Jardín Botánico, el Gabinete de Historia Natural de Madrid, la Academia de Almadén o la Escuela de Caminos y Canales, así como diversas juntas (particulares) de comercio y reales sociedades económicas de amigos del país. Las primeras son parte del programa de "saberes superiores" centralizados; los dos últimos tipos de instituciones corresponden al más difícil programa de crear una cultura técnica moderna a lo largo y ancho del país, *in extenso*.

Una perspectiva del volumen

Este primer volumen dedicado al Siglo de las Luces está en gran parte centrado en la institucionalización, conocimientos, saber hacer y patrimonio legado por los grandes cuerpos técnicos del Ejército y la Marina, así como por los arquitectos "titulados". Se presenta organizado en doce capítulos que se pueden contemplar estructurados en tres partes. Los seis primeros abordan cuestiones generales, abocetando un marco para el conjunto. De este modo, Víctor Navarro Brotons establece el alcance de la tradición seiscentista hispana en el ámbito de las disciplinas físico-matemáticas. Apunta que crisis y decadencia durante el siglo XVII no ha de confundirse con ausencia de actividad científica y técnica, mostrando que un reducido grupo de «novatores» transmite las corrientes europeas más importantes en el país; su labor en el ámbito de las ciencias físico-matemáticas fue no sólo de asimilación, sino en gran parte una continuación y profundización de lo realizado previamente. El segundo capítulo, debido a Siro Villas Tinoco, incide en la articulación del sistema de ciencia y técnica que se va institucionalizando y el poder político. «Utilidad pública», «honor nacional» o «prestigio internacional» confluyen entre las motivaciones de un vasto programa de recuperación que termina situando a la ciencia y la técnica hispanas en condiciones "próxi-

mas" a las alcanzadas por las potencias europeas. Si bien hubo brillantes resultados a corto plazo, no se consiguió arraigar suficientemente la infraestructura científica y técnica creada. Irina Gouzevitch y Hélène Vérin presentan una perspectiva de conjunto sobre la ingeniería en Europa. Plantean reflexiones abiertas sobre el ámbito en el que debe inscribirse la ingeniería, ¿el físico-matemático o el socio-económico?, sobre el incipiente y a la vez emblemático uso como elemento diferenciador de los conocimientos científicos, o sobre su evolución espacial y temporal. Las estrategias de apropiación de los conocimientos, así como la puesta en marcha del oficio de ingeniero son analizados en un esfuerzo integrador dentro de la diversidad subyacente. En particular, resalta la natural emergencia y diversificación de tipos de organismos profesionales durante ese siglo. En España la ingeniería se institucionaliza en forma de cuerpos del Estado. Al proceso de creación, diferenciación y segmentación en cuerpos especiales, a la aparición de conflictos competenciales intercorporativos y a los mecanismos de enseñanza reglada que se ponen en marcha para los diversos ramos, así como para artilleros y arquitectos, se dedica el cuarto capítulo, que con el objeto de proporcionar visiones de conjunto de las múltiples creaciones institucionales tiene una mayor extensión. La predominancia de cuerpos militares se evidencia en el uso de uniformes castrenses, algo que, como se ha dicho, también emplearán los «geómetras subterráneos» (ingenieros de Minas), especialidad nacida en el ámbito civil, a la que se traslada esta práctica social centroeuropea.

Los dos últimos capítulos de esta primera parte, debidos a Pedro Álvarez de Miranda y Arturo Ansón Navarro, se centran en dos lenguajes: en el léxico "técnico" y en el lenguaje arquitectónico, es decir, en las dimensiones lingüística y estética, respectivamente. La lengua y su evolución dictada por el progreso científico y técnico es el objeto del primero. Se realizan reflexiones que abarcan desde las "voces facultativas" a los diccionarios de voces "técnicas", que ya aparecen a finales del siglo XVII como ampliación de los glosarios de «términos oscuros y dificultosos» renacentistas. Además, se aborda la peculiar dimensión lingüística que tiene la acuñación del adjetivo *técnico*. En el aspecto estético, la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando tiene entre sus funciones primordiales el imponer el denominado «buen gusto», lenguajes clasicistas, presididos por la racionalidad ilustrada, que encuentran su referente en la contenida elegancia de la Antigüedad –que aflora en estado puro en Herculano (1738), Pompeya (1748) y Estavia (1749)[40]– o del Renacimiento. Pero, lejos de existir un lenguaje único, Ansón subraya la diversidad y evolución de las concepciones estéticas en el ámbito arquitectónico en ese período. Si bien los ingenieros militares se desenvolvían con antelación en esas esferas estéticas, no se evitarán los conflictos de competencias entre ingenieros y arquitectos, profesiones en proceso de afirmación y diferenciación. Con el final del siglo se puede afirmar que arquitectura

[40] Descubiertas y tenazmente excavadas por el zaragozano Roque Joaquín de Alcubierre (1702-1780), ingeniero militar que llegaría a Mariscal de Campo en Nápoles.

civil e ingeniería militar forman ramas con intereses disjuntos, pero la «polémica ingenieros (civiles)-arquitectos» surgirá con fuerza.

La segunda parte del volumen, dedicada a la obra pública civil y militar, arranca con el séptimo capítulo. Horacio Capel Sáez pone de manifiesto parte del enorme espectro de actuaciones que el Real Cuerpo de Ingenieros de los Exércitos y Plazas desarrolla, desde la ordenación del territorio, pasando por la morfología urbana, hasta el diseño de edificios. Su implicación en infraestructuras que podríamos denominar de doble uso civil y militar, como caminos, puentes, canales o puertos, es fundamental en este siglo. Ello choca en cierto sentido con el concepto vitrubiano y civil de arquitecto que desea desarrollar la fernandina Academia de Bellas Artes. A veces diseñadores de catedrales, hospitales, palacios o viviendas, los ingenieros militares constituirán la corporación técnica más activa de la Corona en todo lo relacionado con el territorio, comprendiendo su defensa y control, su ordenación, e incluso el fomento económico. Pero la amplitud de funciones que les fueron asignadas hace insuficientes sus posibilidades de actuación, lo que facilita la participación de los arquitectos en las obras públicas, así como la creación de otros cuerpos de ingeniería. Como se afirma en el texto, entre otras cosas, «lo que se instaura en el siglo XVIII es una nueva división del trabajo entre arquitectos e ingenieros». El examen sectorial de las realizaciones civiles más importantes es el objeto del capítulo de Juan José Arenas. Considera caminos, puentes y construcciones hidráulicas (como presas, canales, abastecimiento de poblaciones o puertos). En su conjunto se observa con claridad un nuevo clima de atención a las realizaciones que tienen por objetivo vertebrar el territorio, pero a la vez un cierto desorden operativo. Desde un punto de vista meramente técnico, en la ingeniería de puentes se constata que estructuralmente los "nuevos" diseños son todavía renacentistas, afirmación que tiene sus excepciones (en el Canal Imperial de Aragón, por ejemplo). En el ámbito de una especialidad tan hispana como la ingeniería de presas se observa la coexistencia de desarrollos en el marco de tradiciones peninsulares y su evolución "natural" (en Extremadura, Aragón o el País Vasco, por ejemplo), con otros que suponen una cierta amnesia con respecto al sensato saber hacer heredado, como ocurrirá en Puentes (Lorca) o en el Gasco (Guadarrama). Uno de los rasgos más singulares de la política de obras públicas del Setecientos es la decidida apuesta por la construcción de canales, en particular los que contemplan la navegación; es decir, los realizados pensando en facilitar el transporte y la comunicación, en articular el territorio. Más que un análisis tipológico y constructivo de las obras, objeto del capítulo anterior, Guillermo Pérez Sarrión aborda la relación entre el objeto técnico y el entorno socio-económico, a través de tres construcciones importantes. A diferencia de la ciencia, la técnica no se puede circunscribir a un laboratorio: tiene su razón de ser en esa interacción con la realidad circundante, en el mencionado «remediar con el Arte los defectos de la Naturaleza», que proclaman altivamente las Ordenanzas del Cuerpo de Ingenieros Militares, o en la construcción del «paisaje artificial» que deseamos, al decir de Ortega y Gasset. Las dificultades orográficas del solar

peninsular, la irregularidad e insuficiencia de la pluviometría, así como la escasez de técnicos hidráulicos adecuadamente formados plantearán problemas a veces insuperables. Sólo uno de los dos grandes canales nacionales se terminará en la época; la navegación será marginal en ambos, siendo por el contrario fundamental la reforma agraria que posibilitará el Imperial de Aragón, hoy además suministrador decisivo del agua de boca a la ciudad de Zaragoza. La defensa del territorio necesita de enclaves fortificados a lo largo y ancho del mismo. Fernando Cobos aborda el tema en el décimo capítulo. Enlaza la herencia renacentista con las evoluciones del Seiscientos hasta llegar a la Ilustración, afirmando sonoramente que «el español será, posiblemente, el imperio que más fortificaciones haya construido en la historia de la humanidad y su arquitectura ha marcado el paisaje de sus dominios tanto o más de lo que lo hizo la romana con los suyos». En esencia, el capítulo plantea razones y métodos del diseño, observando la forma en que se incorporan planteamientos analíticos, con lo que se pretende superar lo ofrecido por la tradicional geometría euclidiana.

La tercera parte del volumen se dedica al ámbito de la Marina, sobre la que recaía el mantenimiento de la comunicación física del imperio. Desde una situación de radical insuficiencia, durante el siglo XVIII España consiguió afirmarse como tercera potencia marítima de Europa. Por un lado, Manuel Sellés aborda la navegación, donde por fin los problemas del cálculo de la longitud recibirán solución, merced a nuevos procedimientos e instrumentos. La resistencia a incorporar un mayor aparato analítico para los cálculos por parte de los pilotos llevó a tildar de «senistas» a los que abrazaban la innovación, del mismo modo que en el siglo XVI se denominaba «pilotos de salón» a los cosmógrafos. «Senistas» y «oficiales científicos» (frente los oficiales de «caza y braza») son síntomas de la resistencia social a la tecnificación en la Marina, algo que también ocurrirá en la Artillería, donde se hablará de oficiales «sublimes» (los que cursaban esos estudios de "postgrado"). «Senistas», oficiales «científicos» y «sublimes», como antes «novatores», ilustran la resistencia en la transición a los nuevos tiempos. Si la cartografía renacentista tiene sabor "salino" en sus orígenes, la cartografía marina dieciochesca será también de crucial importancia, en particular debido al importante programa hidrográfico desplegado. El esfuerzo técnico desarrollado por la Marina a instancia del poder político fue colosal, pues se le encargó, además, la producción de las máquinas más complejas del siglo: los navíos. Construcción y uso –pilotaje– son aspectos complementarios de una realidad en la que hubo que apostar por la creación de "islotes" técnicos avanzados: arsenales –las más importantes instalaciones manufactureras, donde no sólo se fabricaban sino que también se reparaban los buques–, fundiciones de cañones, talleres de instrumentos de precisión... Las iniciativas no siempre culminaron con éxito, aunque a veces se saldó positivamente la realización de atrevidos proyectos, como los diques secos de carenar de Cartagena. Los primeros diques en un "mar sin mareas" terminaron impulsando la introducción de máquinas de vapor para el achique, que, aunque de simple efecto, son las primeras de que se tiene constancia en ese tipo de aplicación. Julián Simón Calero presenta

en el capítulo final la compleja evolución del diseño y construcción naval, estructurándola en cuatro períodos estilísticos. Jorge Juan representa el tránsito de la construcción empírica a la simultáneamente iluminada por el saber científico, el saber práctico y la creatividad, es decir, a la ingeniería naval. Teorías, tratados y producción son aspectos a los que se dedica atención, así como a los propios arsenales, los peninsulares departamentales en particular.

***

Nos queda agradecer el esencial patrocinio del Gobierno de Aragón, a través de su Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad. Jesús Santamaría Ramiro, director general de Investigación, apoyó el curso que con carácter de coordinación preparatoria tuvo lugar en la Institución Fernando el Católico en octubre de 2004, así como el arranque del primer volumen de los dos que ahora informan sobre este Siglo de las Luces vital, proyectista e innovador. Pero el plan inicial sobre este gran siglo del progreso de la humanidad (trazado en 2003) requería más que una práctica duplicación. Por un lado, obviamente sin pretender de ningún modo exhaustividad, se encargó la redacción de nuevos capítulos que ayudaran a completar la visión de tan poliédrica centuria. Por otro, era importante reforzar el programa de ilustraciones, en absoluto con el legítimo objetivo de hermosear los volúmenes, sino con el de contribuir a educar la lectura gráfica del período. No en vano el dibujo es uno de los lenguajes esenciales de la técnica y la ingeniería. Asimismo, proyecto cultural en estado "puro", dentro de nuestras limitaciones, convenía esforzarse en reflejar fotográficamente aunque fuese una mínima parte de ese patrimonio documental y monumental heredado, afortunadamente cada vez más valorado. Finalmente, si con el Greco el retrato civil adquiere autonomía en España como género pictórico no cortesano, con Francisco de Goya alcanza las más diversas capas de la sociedad: técnicos, arquitectos e ingenieros, en particular. En algunos casos se ha traído en óleos o grabados el rostro de esos profesionales, quizás la imagen que de sí mismos se formaban o quisieron transmitir. Varias son obras del maestro de Fuendetodos, también las hay de otros grandes pintores dieciochescos, nacionales o extranjeros (J. Amiconi, A. R. Mengs o F. Bayeu, por ejemplo), o copias-recreaciones del siglo XIX (R. Tejeo, entre los documentados), siendo bastantes los retratos anónimos. No se ha pretendido la recreación estética en las composiciones pictóricas, lo que necesitaría de presentaciones aisladas con mayor tamaño, y para lo que se dan las referencias sobre su ubicación. A veces se reproducen parcialmente las obras, ya que el objetivo es sólo "acercar" a algunos de los personajes que nos ocupan.

En conjunto, a través de los veintidós capítulos que suman el presente y el siguiente volumen de la colección, y que trazan un bosquejo de esta activa y atractiva Edad de la Razón en España, se incluyen más de trescientas ilustraciones; dado que muchas contienen diversas imágenes, en total se superan las quinientas. En el sustancial redimensionamiento temático del proyecto original ha sido decisiva la comprensión de Fernando Beltrán Blázquez, director general de Tecnologías para la Sociedad

de la Información del Gobierno de Aragón, ex-alumno de los tiempos heroicos en que aterrizamos en la Universidad de Zaragoza. Sin su decido apoyo esta aventura no habría podido ver la luz. Nuestro reconocimiento también a las tres instituciones editoras, por la absoluta libertad operativa que nos han concedido siempre. Al Centro Politécnico Superior, al Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, y a la Biblioteca de la Universidad de Zaragoza, en particular a José Antonio Simón Lázaro, por su eficiente ayuda. Aunque los créditos gráficos se detallan con las ilustraciones, conste aquí nuestro general agradecimiento a todas las instituciones depositarias del rico patrimonio documental reflejado. Entre otros, al Ministerio de Cultura, del que dependen en particular el Archivo General de Simancas y la Biblioteca Nacional, así como al Ministerio de Defensa, singularmente al Servicio Histórico de Cultura Militar y al Museo Naval de Madrid. Finalmente, nuestro reconocimiento y afecto a la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País, a cuyas puertas llamamos para conseguir algunas imágenes, y que poniéndonos irrestrictamente al alcance sus riquísimos fondos nos permitió hacer un complejo reportaje fotográfico del que hay trazas a lo largo de muy diferentes capítulos de los dos volúmenes.

Manuel Silva
Universidad de Zaragoza
De la Real Academia de Ingeniería

1

La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas

Víctor Navarro Brotons
Universitat de València-CSIC

En el siglo XVII, en el que culminó en Europa la llamada "Revolución científica", la actividad desarrollada en la España renacentista en el ámbito de la ciencia y de la técnica experimentó una profunda decadencia, paralela a la intensa crisis y decadencia en los ámbitos político, económico y social que experimentó España, muy especialmente Castilla, pero también los otros reinos peninsulares. Los intentos desesperados de los nuevos monarcas y sus ministros por mantener una posición hegemónica en Europa no llevaron sino a nuevos desastres y a ahondar la crisis. Actualmente, aún no contamos con una explicación satisfactoria y bien articulada sobre las circunstancias sociopolíticas, económicas y culturales de esa decadencia. No obstante, podemos apuntar algunos factores, tales como el avance de la Contrarreforma, con la consiguiente hegemonía del escolasticismo y el control o represión del pensamiento relacionado con las diferentes corrientes de la filosofía natural o la ciencia: con ello se dificultó enormemente la pluralidad doctrinal y la creatividad; el declive económico y la "traición de la burguesía", es decir, el que los estratos medios de las ciudades, que constituían uno de los núcleos básicos de la actividad científico-técnica, no se convirtieran en una burguesía propiamente dicha y adoptaran, por el contrario, los valores impuestos por la moral contrarreformista; el retroceso de la secularización; la actitud agresiva y excluyente hacia los judíos conversos, entre los que abundaban los médicos y científicos; el cambio regresivo de la mentalidad de los grupos políticos dirigentes y, finalmente, los condicionamientos socioeconómicos, políticos y religiosos[1]. Naturalmente, todos estos factores deben ser cuidadosamente cualificados en cuanto a su verdadero significado, contenido y alcance, y cabe preguntarse también si, aun siendo necesarios, son suficientes para ofrecer una expli-

[1] Véase J. M. LÓPEZ PIÑERO, 1979.

cación convincente. A mi juicio, lo pueden ser –suficientes– si se los combina con las peculiaridades, limitaciones y fragilidad que tuvo, en el siglo XVI, el cultivo de la ciencia en el ámbito hispánico.

Pero, en todo caso, crisis, aislamiento y decadencia no deben confundirse con ausencia de actividad digna de ser tenida en cuenta. Además, y como siempre suele suceder, el aislamiento distó mucho de ser completo. El profesor López Piñero propuso hace ya varias décadas la periodización de esta actividad en la España del siglo XVII en tres fases: la primera, que correspondería aproximadamente al tercio inicial de la centuria, que habría sido básicamente una prolongación de la renacentista, ignorando las nuevas corrientes; la segunda, que comprendería a grandes rasgos los cuarenta años centrales del siglo, se caracterizaría por la introducción en el ambiente médico y científico español de algunos elementos "modernos", que fueron aceptados como rectificaciones de detalle de las doctrinas tradicionales, o meramente rechazados; finalmente, en las dos últimas décadas del siglo, algunos autores rompieron abiertamente con los esquemas clásicos e iniciaron la asimilación sistemática de las nuevas corrientes filosóficas y científicas europeas[2].

Este esquema de López Piñero planteaba la cuestión en términos de comparación con el resto de Europa, entendiendo la "modernización" científica española como un proceso de "aculturación". El mismo autor se ha referido en los últimos años al retraso de la historiografía de la medicina (y yo añadiría, de muchos aspectos de la ciencia, la filosofía y la técnica) del siglo XVII, retraso que no permite todavía cualificar y confirmar en todos sus detalles la validez del esquema. A pesar de todo, nos ha proporcionado y aún nos proporciona un marco provisional de trabajo.

Nuestros actuales conocimientos permiten afirmar que el proceso de renovación que tuvo lugar en España en las últimas décadas del siglo XVII y primeras del XVIII, haciendo posible el desarrollo cientificotécnico de la Ilustración, no se puede entender sin considerar la labor de los científicos jesuitas, especialmente en lo que se refiere a las disciplinas físico-matemáticas y sus aplicaciones. Los jesuitas desempeñaron un papel de primera importancia en el proceso de recepción y asimilación de las novedades, por varias razones. En primer lugar, porque las únicas instituciones que durante la mayor parte de la centuria mostraron cierta vitalidad en los estudios científicos, sobre todo a través de las cátedras de matemáticas y en el marco de la ideología jesuítica, fueron algunos de los colegios de la Compañía establecidos en España, muy especialmente el Colegio Imperial de Madrid. En segundo lugar, porque la pertenencia a la Sociedad jesuítica permitió a los profesores, españoles o extranjeros, un contacto con los científicos jesuitas europeos y, a través de ellos, con la ciencia europea en general. En tercer lugar, porque el eclecticismo jesuítico resultaba muy adecuado en el ambiente español, reacio y hostil a las novedades, cuando no indiferente. Así,

[2] Véase J. M. LÓPEZ PIÑERO, 1965, pp. 271-293; *id.*, 1969, pp. 21 y ss.

los científicos españoles partidarios de la renovación en estas materias, aun no perteneciendo a la Sociedad, tomaron a los jesuitas como principal modelo para sus propósitos de introducir en España la nueva ciencia[3].

I

Los jesuitas y la renovación científica

Los Reales Estudios del Colegio Imperial de Madrid se crearon hacia 1625, aunque la inauguración oficial no tuvo lugar hasta 1629. En 1625 se redactó el plan fundacional de los nuevos estudios, que tendrían por finalidad principal educar a los hijos de los nobles, futuros gobernantes del país[4]. Establecía «estudios menores de la gramática latina» y estudios mayores, estos últimos compuestos por diecisiete cátedras: erudición, griego, hebreo, caldeo y siríaco, cronología («historia cronológica»), súmulas y lógica, filosofía natural, metafísica, dos de matemáticas, ética, políticas y económicas, «de re militari» («donde se interpreten Polibio y Vejecio y se lea la antigüedad y erudición que hay acerca de esta materia»), historia natural, «sectas, opiniones y pareceres de los antiguos filósofos acerca de todas las materias de filosofía natural y moral», teología moral y casos de conciencia y Sagrada Escritura. En las cátedras de matemáticas se especificaba:

1 De matemática, donde un maestro por la mañana leer la esfera, astrología, astronomía, astrolabio, perspectiva y pronósticos.
2 De matemática, donde otro maestro diferente leer por la tarde la geometría, geografía, hidrografía y de relojes[5].

Luego, las protestas de las universidades castellanas, que vieron amenazados sus intereses y prerrogativas, obligaron a suprimir las cátedras de súmulas y lógica del plan de estudios y a prohibir la concesión de grados[6].

Los jesuitas, deseando prestigiar los Reales Estudios, intentaron llevar a Madrid a científicos extranjeros de la Orden con experiencia docente y reconocido prestigio. Aunque algunas gestiones fracasaron, como la invitación al destacado matemático belga Gregorius de Saint-Vincent, se consiguió un pequeño grupo de profesores muy competentes, que incluía a Jean Charles della Faille (1597-1652), discípulo de Saint Vincent, y al borgoñón Claude Richard (1589-1664). Junto a ellos, en las primeras

---

[3] Sobre los jesuitas y la renovación científica española, véase V. NAVARRO, 1996 y 2002d, donde podrán encontrarse referencias bibliográficas.

[4] Véase J. SIMÓN DÍAZ, 1952-59.

[5] *Ibid.*, vol. I, pp. 67-68.

[6] *Ibid.*, pp. 71-97.

décadas de funcionamiento del Colegio Imperial residieron y enseñaron allí, o participaron de una u otra forma en las actividades relacionadas con las disciplinas físico-matemáticas, el polaco Alexius Silvius Polonus (1593-h.1653), el escocés Hugo Sempilius (1596-1654), el italiano Francisco Antonio Camassa (1588-1646), el castellano José Martínez (h.1603-?) y el vasco Francisco Isasi (1605-1650)[7].

Uno de los textos que mejor ilustran acerca de las ideas de los matemáticos jesuitas vinculados al Colegio Imperial es el tratado *De mathematicis disciplinis libri XII* (Amberes, 1635) de Hugo Sempilius, en el que se consideran como tales geometría, aritmética, óptica, estática, música, geografía, hidrografía, meteoros, astronomía, astrología y calendario. Sobre cada disciplina o materia, Sempilius describe los conceptos básicos, algunos de los temas principales de la materia, con referencias a los autores más destacados, y los progresos realizados hasta su época. Asimismo, analiza con detalle la cuestión de si las matemáticas son o no verdaderas ciencias, en el sentido aristotélico, concluyendo que lo son, pero totalmente distintas de las demás. Aquí sigue muy de cerca la exposición e ideas de su correligionario Giuseppe Biancani en *De mathematicarum natura dissertatio* (Bolonia, 1615)[8]. Esta caracterización y defensa de las matemáticas iba encaminada a apoyar y promocionar su enseñanza en el Colegio Imperial de Madrid en pie de igualdad con las otras disciplinas y, en general, a llamar la atención de los grupos dirigentes sobre su importancia y utilidad. Por otra parte, el mantenimiento de los límites entre las disciplinas se orientaba a evitar la identificación –o el compromiso– con cualquier doctrina física objeto de controversia o peligrosa. Todo ello resultaba muy funcional, desde el punto de vista táctico, para no cuestionar abiertamente la estructura tradicional del saber aristotélico-escolástico y la jerarquía de los saberes[9]. Asimismo, esta concepción de las matemáticas no implicaba su descalificación como competentes o adecuadas para tratar cuestiones físicas; al contrario, como ya había señalado el destacado matemático jesuita Christoph Clavius, profesor del Colegio Romano, los físicos podían aprender muchas cosas de las matemáticas, que, por ello, les eran cada vez más indispensables. En este sentido, Sempilius se manifiesta con claridad al referirse a la utilidad de las matemáticas para el físico, donde pregunta cómo puede éste discutir sólidamente sin la geometría acerca de los puntos, las líneas, las superficies, los indivisibles, y si éstos son positivos o negativos, reales o imaginarios; y lo mismo cabe decir de la rarefacción y la condensación, así como del movimiento y otras muchas cuestiones. Sin la geometría, dice Sempilius,

---

[7] Véase, sobre estos autores y sus actividades, los trabajos citados en la nota 3.

[8] Sobre las ideas de Biancani, véase H. SCHÜLING, 1969; G. C. GIACOBBE, 1976; P. GALLUZZI, 1973; W. A. WALLACE, 1984; P. DEAR, 1987; *id.*, 1988, pp. 67-69.

[9] Véase P. DEAR, 1987 y 1995. Como ha sugerido M. BIAGIOLI, 1989, el debate *de certitudine mathematicarum* puede entenderse también, al menos en parte, desde una perspectiva sociológica y como resultado de las tensiones entre los matemáticos y los filósofos derivadas de su distinto estatus profesional. Véase también U. BALDINI, 1992, especialmente pp. 45 y ss.

el filósofo al estudiar el movimiento se refugia en las distinciones materiales y formales. Adornado con esta ciencia, de unos movimientos como el circular y el rectilíneo podrá deducir otros muchos[10]. Por otra parte, si bien en algunos casos, como el de la "esencia" de los cielos, rehúye pronunciarse, por no ser asunto de las matemáticas, en otros muchos no deja de discutir cuestiones que tradicionalmente eran competencia del filósofo natural, como la solidez de los orbes, el relieve lunar, las manchas solares, el fuego sublunar, el verdadero sistema del mundo y el movimiento planetario.

En este contexto y bajo estas condiciones, los matemáticos del Colegio Imperial se esforzaron por asimilar las novedades, como el magnetismo de William Gilbert, los descubrimientos astronómicos de Galileo, los trabajos de Chistoph Scheiner, Galileo y otros autores sobre las manchas solares, los progresos en óptica, mecánica, etc.; novedades que incorporaron a sus enseñanzas. Asimismo, asumieron las críticas realizadas por Galileo y otros destacados científicos a algunos de los supuestos básicos de la cosmología aristotélica, como las dirigidas contra la incorruptibilidad de los cielos, la doctrina de las esferas celestes o las ideas sobre la naturaleza de la luna y los planetas. En cuanto al "sistema del mundo", en general se acogían al propuesto por Tycho Brahe y consideraban inadmisible el de Copérnico, de acuerdo con la condena de la Inquisición romana, aunque admisible como hipótesis, en el sentido de supuesto o ficción matemática[11]. En un manuscrito titulado *Tratado de las Theóricas de los Planetas según las dos Hipóteses moviéndose y estando quieta la Tierra* y preparado para sus clases, Jean Charles della Faille, tras referirse a la teoría heliocéntrica, comenta: «Resolución escandalosa para los filósofos que se espantan de poco por ignorantes en las materias astronómicas», lo que es expresivo de las tensiones entre los filósofos y los matemáticos y de la actitud abierta a las novedades de estos últimos. Así, al ocuparse de la teoría del Sol, Della Faille describe el modelo ptolemaico y el de Philipp Lansberg, seguidor de la teoría heliocéntrica[12].

---

[10] Sempilius, *De mathematicis disciplinis*, pp. 54-55.

[11] Sobre el sistema del mundo, Sempilius describe el de Copérnico, del que dice que está en contradicción con los principios de la física y las Sagradas Escrituras; le parece mejor el de Tycho Brahe, aunque, en su opinión, también presenta dificultades, ya que concede demasiado poco espacio a los tres planetas superiores; añade que se han propuesto otras ingeniosas vías para explicar los fenómenos y finalmente no se pronuncia y remite a su *Diccionario mathemático* para más información. Véanse los libros VII, «De Cosmographía» y X, «De Astronomía» de la obra citada, en particular. Otros profesores del Colegio Imperial, como Juan Eusebio Nieremberg o Claude Richard, manifestaron en sus escritos su preferencia por el sistema de Tycho Brahe, al tiempo que aceptaban gran parte de las principales implicaciones cosmológicas de la nueva astronomía. Véanse, sobre estos autores, los trabajos citados en la nota 3.

[12] El manuscrito de Della Faille se conserva en la Academia de la Historia, Catálogo Cortes, 9/2751. Della Faille redactó además un tratado sobre la *Fábrica y uso del anteojo de larga vista,* conservado, manuscrito, también en la Academia de la Historia.

Entre los manuscritos que se conservan de Della Faille figura un *Tratado de cónicas*, unos *Problemas para escrivir reloxes*, un *Tratado de arquitectura*, un texto sobre el método en la geometría[13] y una traducción al castellano de la obra de Giovanni Batista Baliani *De motu naturali gravium solidorum* (Génova, 1638)[14]. Della Faille se interesó también por la cartografía náutica y al parecer diseñó una carta con un método propio para resolver el «problema de los rumbos», cuya naturaleza exacta ignoramos. No obstante, conocía bien la proyección de Mercator y sus ventajas para la navegación[15].

Della Faille fue nombrado en 1644 preceptor del hijo bastardo de Felipe IV Juan José de Austria, convirtiéndose pronto en su consejero indispensable y acompañándolo en todas sus campañas militares. La formación recibida por Juan José de Austria en contacto con el jesuita debió influir decisivamente en su interés por la ciencia, ya que años después se convirtió en un mecenas de los científicos españoles, teniendo a

---

13 El *Tratado de arquitectura* se conserva en la Biblioteca de Palacio de Madrid, Ms. n.º 3729. Véase F. J. SÁNCHEZ CANTÓN, 1941, pp. 276-279. Un estudio de la parte matemática de este tratado en I. VÁZQUEZ PAREDES, 1980. El texto sobre el método en la geometría se conserva en la Biblioteca de la familia Della Faille. En la Academia de la Historia, M.S. Col. Cortes, n.º 9/2732, hemos visto otro ejemplar, más amplio, de este texto, con fecha de 1640.

14 Conservada en un volumen de manuscritos en la Academia de la Historia, Col. Cortes, n.º 9/2751, atribuidos, en el Catálogo de Cortes, a Juan de Rojas y Della Faille. El manuscrito se titula *De el movimiento natural de los cuerpos graves*. En la correspondencia de Della Faille con Michael Florent van Langren, cosmógrafo y matemático del rey de España en Bruselas, puede verse un testimonio del interés del primero por la obra de Baliani. Así, en carta fechada el 24 de enero de 1639, Della Faille escribe: «Estos días he visto un librillo de cinco o seys pliegos de papel, en Genua, por un cavallero llamado Juan Bautista Baliano, del movimiento de los perpendículos o pesos colgados de un hilo, por medio de los quales medimos el tiempo. [...] Fuera desto, trata del movimiento natural de los pesos que caen y de los que bajan por planos inclinados al horizonte». Véase O. VAN DER VYVER, 1977, p. 141.

15 En sus *Advertencias* [...] *a todos los profesores y amadores de la matemática tocantes a la proposición de la longitud por mar y tierra* (Madrid, 1634), Van Langren menciona un «Problema de los rumbos», obra de Della Faille y «especulación muy ingeniosa y nueva que dan. Particularmente el camino que los navegantes desean de seguir en la mar» (fol. 4r). Y en su escrito sobre *La verdadera longitud* (1644) invita al lector (p. 5) a estudiar los trabajos de este autor sobre el tema. En la correspondencia con Van Langren (véase O. VAN DER VYVER, 1977) Della Faille se refiere varias veces al tema de las cartas náuticas. Así, el 24 de febrero de 1635 (pp. 101-103) le habla de diversas cartas de grados de longitud creciente realizadas por Luis Carduchi (matemático e ingeniero militar que sucedió a Firrufino en la cátedra de fortificación y artillería del Consejo de Guerra), Camassa y Sempilius. Da también una relación de los autores que habían escrito sobre el problema de la loxodromía: Pedro Núñez, Edward Wright, Simon Stevin, Willebrord Snell y otros. En otras cartas se refiere a su propia carta náutica, que tiene la forma de un rombo, cuyas ventajas son difíciles de advertir por la información que ofrece (véase la misiva de 14 de marzo de 1637, pp. 111-113). En la de 8 de julio de 1637 (pp. 119-121) comenta los mapas en proyección de Mercator y los aprueba para la navegación, y en carta de 8 de septiembre de 1638 (pp. 137-142) dice que entre sus funciones de cosmógrafo está la de hacer cartas de grados crecientes.

su servicio a médicos tan significativos del movimiento de renovación como Juan Bautista (o Giovanni Battista) Juanini.

II

La actividad científica de Vicente Mut en Mallorca

En las décadas centrales del siglo, entre los autores que desarrollaron una notable actividad científica y contribuyeron a su renovación hay que destacar al mallorquín Vicente Mut. Mut nació en 1614 en Palma de Mallorca, se doctoró en jurisprudencia y siguió la carrera militar hasta llegar a ser sargento mayor de Palma, administrador e ingeniero. Desempeñó también la profesión de abogado, fue jurado de la ciudad y, desde 1641, cronista general de su patria. Murió en Palma el 27 de abril de 1687[16]. Publicó obras de historia, hagiografía, táctica militar, fortificación y astronomía. Como historiador y cronista destaca su *Historia del Reino de Mallorca*, escrita como continuación de la de Juan Dameto. En su tratado de fortificación *Arquitectura militar* (Mallorca, 1664) se encuentra el primer intento de incorporación de la cinemática galileana para el estudio del tiro de proyectiles de toda la literatura impresa en la España del siglo XVII. Así, al abordar el tiro horizontal analiza correctamente y de acuerdo con Galileo la trayectoria del proyectil en forma parabólica, basándose en el carácter mixto del movimiento y en la ley galileana para el de caída[17]. Por otra parte, estas ideas sobre el movimiento de los proyectiles las usó para sugerir, a modo de analogía, una trayectoria parabólica para el cometa de 1664.

Como científico, la importancia de Mut reside, sobre todo, en sus trabajos de astronomía, que lo convierten en uno de los astrónomos más destacados de la España del siglo XVII. En la década de 1640 Mut inició su relación epistolar con los jesuitas Athanasius Kircher y Giambattista Riccioli sobre cuestiones científicas, convirtiéndose en uno de los principales corresponsales de este último en temas de astronomía[18].

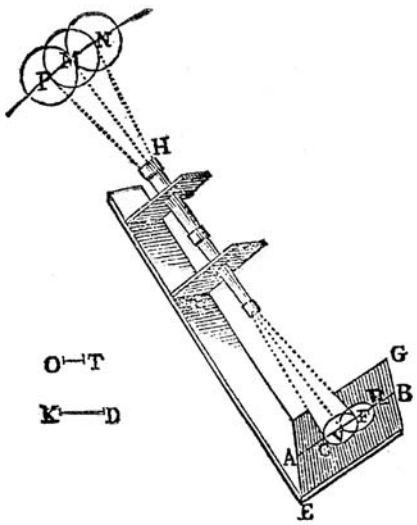
---

16 Sobre Vicente Mut, véase J. M. BOVER, 1842, p. 546; la entrada correspondiente, a cargo de V. NAVARRO, en J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii* (dirs.), 1983, vol. II, pp. 95-97; V. NAVARRO, 1979, 2002a y V. NAVARRO y E. RECASENS (en prensa).

17 V. MUT, *Arquitectura militar*, pp. 81-82.

18 La correspondencia de Mut con Kircher se conserva en el Archivio della Pontificia Università Gregoriana de Roma, en los volúmenes de la correspondencia de este último. En total, son siete cartas de Mut a Kircher, la primera fechada en marzo de 1646 y la última en julio de 1651 (vols. III, XIII y XIV de dicha corespondencia). En la primera carta (XIII, fol. 140r) Mut escribe: «Algunos aficionados a las mathemáticas que ay en este Reyno, hemos tenido nuevas del Arte Magnética que ha escrtio tan doctamente V. P. y con ocasión de ir mi hermano a Roma he querido vesar a V. P. su mano con esta carta suplicándole le encamine en comprar dicho libro, con los de una lista que lleva». En las otras cartas, entre otras cuestiones, le transmite datos de sus observaciones astronómicas. El 25 de mayo de 1647 Riccioli escribía a Kircher: «Non dubito quin observationes D. Vincentij Muti fuerint valde

ctione lentium crystallinarum, non erat mihi euidens, illam speciem iustam esse, & non nimis contractam, aut ampliatam. Prodijt posteà *Sol Alfonsinus* D. Vincentij Muti, in quo hic modus traditur. Telioscopium, inquit ille, sit optimarum lentium, eiusq. machina, præsertim arundines, sint immunes ab omni alteratione temporum, annulique lentium exactè rotundi, & sic aptati, vt species Solis immissa per lentem conuexam, non sit maior specie, per concauam lentem proiecta in chartam; seu tabella, & charta E G, sit in tali distantia à lente caua, vt imago Solis lucida per circulum mundum ac nitidissimi marginis excipiatur, sitque orthogonalis axi tubi H V. In obscurissimo itaque conclaui serenissimo cælo, ipsoque meridiei tempore, quando scilicet species Solis non obliquè, sed rectà chartam percurrit, excipiatur circino Solaris imaginis diameter CF, in linea verticali AB, (quâ ope perpendiculi addisces,) eaque trasferatur in alteram chartam KD, ac diuidatur in particulas æquales quàm minimas; & notentur extrema C, & F. Deinde immo-



to prorsus instrumento diebus sequentibus, si Solis altitudo meridiana diminuatur, imago lucida attolletur, critque exempli gratia in situ VR: notetur igitur extremum ipsius V, & interuallum CV, mensuretur in partibus lineæ K D, sitque eius portio OT: ex tabula autem declinationis Solis, sumatur declinatio conueniens tum meridiei, quo notatum est extremum C, sumptaq. CF, tum meridiei, quo notatum est extremum V; subtracta enim declinatione minori à maiore, nota erit differentia decli-

Iudicium de Diametro Luminarium inuenta à D. Vincentio Muto, & de ipsius in hoc artificio.

ARtificium prædictum proculdubio eximium est, ac dignum solertissimi Astronomi huius ingenio, sed difficillimæ praxeos, quia requiritur obseruatio plurium dierum, in quibus non possumus euidentem securitatem habere, nullam commotiunculam factam fuisse in instrumento, tantilla autem sufficit ad errorem vno minuto maiorem obseruationi ingerendum, vt ipsemet fatetur, quare satius esse crederem, eodem die numerare transitum speciei lucidæ telescopio tali exceptæ, perpendiculo exquisitè exhibente tempus, ac reliqua peragere, vt docui hoc lib. 3. cap. 10. Dummodo certi essemus, refractionem radiorum Solarium, quæ fit à perpendiculari in lente propiori chartę, non dilatare imaginem Solis amplius quàm oporteret ad hanc praxim, quod quia incertum est, ideò industriam quidem tanti viri laudo, sed suspectam habeo semidiametrum Solis hinc deriuatam.

Cæterùm etsi modi hi propè veram diametrum exhibeant, non sufficiunt tamen ad exactam earum mensurã, nisi concilientur, quę concilianda dixi hîc schol. 1. præsertim verò Eclipses totales Lunæ ac Solis, & annulares Solis, de quibus vide nostram diligentiam lib. 4. cap. 16. à num. 15. ad 18. nam propter Eclipses coactus sum diametrum Solis apogæi, quam ex obseruationibus ipsius immediatis nactus eram 30'. 30". circiter, extendere ad 30'. 50". & perigæam ad 31'. 8". Alioquin de his minutijs tot erũt opiniones, quot obseruatores & obseruationes.

Hoc item capite numero 6. de tempore, quo totus Solis discus oritur aut occidit, ex antiquorum methodo quædam dixi, sed non inferui nostras obseruationes, ope perpendiculi factas, de quo lib. 2. cap. 20. exactissimè exhibente singulis vibrationibus singula secunda scrupula horaria primi mobilis. Aliquas igitur selectas huc inferere placuit ad eruditionem Lectoris, quarum prior tabella continet factas cælo non solùm innubilo, sed etiã nitidissimo ac serenissimo horizonte, posterior tabella continet factas horizonte quidem innubilo, sed vapotibus rubicundis referto, & exhibente Ellipsim Solaris imaginis longè ampliorem, quàm alias.

Qui pore oria

Temporis ab ortu Solaris limbi superioris, ad ortum limbi inferioris, obseruatum Bononiæ.

o Horizonte	Annus	Mens.	Dies	Vibrationes Perpendiculi	Tempus I.	Tempus II.
	1641	Septembr.	24	184	3	4
			28	186	3	6

1.1. Dispositivo empleado por Vicente Mut para calcular el diámetro aparente del Sol, *según Giambattista Riccioli* (Almagestum Novum). *Se basa en la obtención de la imagen del astro a su paso por el meridiano en una pantalla perpendicualr al eje óptico del telescopio. Un dispositivo similar había sido empleado por Scheiner para observar las manchas solares.*

Sobre este tema publicó tres obras, todas en Mallorca: *De sole alfonsino restituto* (1649), *Observationes motuum caelestium* (1666) y *Cometarum anni MDCLXV* (1666). En la primera, lo mas destacado es la descripción del procedimiento que usó para determinar el diámetro aparente del Sol, inspirado en el que empleó Christoph Scheiner para observar las manchas solares a partir del método de la cámara oscura; consiste en obtener la imagen del astro a su paso por el meridiano en una pantalla perpendicular al eje óptico del telescopio.

En su segunda obra de astronomía reunió los resultados de más de veinte años de observación de los cielos[19]. Mut se valió de un anteojo telescópico compuesto de dos lentes convexas –el descrito por Kepler– y de «casi ocho palmos» (aprox. 160 cm)[20], un micrómetro y un péndulo para medir el tiempo[21]. En esta obra discutió también las ventajas del estudio del movimiento de los planteas mediante elipses. Así, el capítulo II se titula «Observationes planetarum cum adnotationibus Astronomicis, praesertim circa motum per Ellipses». Aunque Mut parece convencido de que los planetas se mueven por círculos, reconoce que «para facilidad del cálculo el conjunto de

exactae; habent enim nescioquos veritatis et diligentiae characteres». La carta la ha editado I. GAMBARO, 1989, carta 13, p. 89. J. FLETCHER, 1970, cita a Mut (incorrectamente: Vincentius Mutz) en relación con una carta de éste a Kircher de 1649. Véase también J. FLETCHER, 1988; en este trabajo el nombre de Mut aparece correctamente citado gracias a la rectificación de T. F. GLICK, 1971. Sobre la correspondencia de Mut con Riccioli, aunque no se conservan los originales, este último cita numerosos fragmentos y datos de las cartas de Mut en sus obras de astronomía y geografía: *Almagestum Novum*, *Geographia reformata* y *astronomia reformata*. En el *Chronicon* del *Almagestum Novum*, Riccioli dice de Mut: «Maioricensis, Astronomiae peritissimus observat sedulò Mairocae, scripsit egregium opusculum de Sole Alphonsino: Huic ego plurimum debeo». Véase más adelante y V. NAVARRO, 1979 y 1996.

19 Muchos de ellos recogidos por Riccioli en el *Almagestum Novum*, en la *Astronomia reformata* y en la *Geographia reformata*. Véase, como ejemplos notables, en las pp. 59-60 de la *Astronomia reformata* (en lo sucesivo AR) la referencia a Mut sobre la refracción de los astros; en la p. 156, AR, observaciones de la Luna fuera de los eclipses; la p. 243, donde Riccioli menciona una carta de Mut de 1650 a propósito de las distancias entre las Pléyades y sus coordenadas, datos que reproduce; observaciones de Júpiter (pp. 307 y ss., AR); *id.* Marte (pp. 322-323, AR); *id.*Venus (pp. 334-335, AR); en la p. 285, AR, puede verse también un cuadro comparativo de los datos obtenidos por Mut de Saturno cerca del perigeo y los deducidos de diversas tablas.

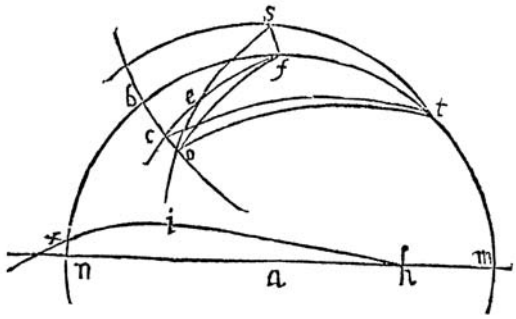
20 Dice Mut que ha experimentado (*expertus sum*) que con otros más largos y potentes el limbo de la luna, las manchas y la sombra se diluyen demasiado.

21 Sobre el micrómetro descrito por Mut, no queda claro ni cuándo comenzó a usarlo ni cuál fue su fuente de información sobre el instrumento. En esta obra Mut expone sus observaciones en cada capítulo cronológicamente y al llegar a 1653 dice que desde el 19 de noviembre hasta febrero siguiente se ocupó asiduamente de los diámetros aparentes de Júpiter, Marte y Venus y de sus variaciones, y tras dar algunos datos de sus observaciones describe un telescopio de dos lentes convexas provisto de un diafragma de apertura, «subtensis filis in interiore foco». Sin embargo, según R. McKEON, 1971, la idea de situar hilos o una rejilla en el foco no se difundiría en Europa hasta después de la publicación por Huygens de su *Systema Saturnium*, en 1659.

círculos puede resolverse en elipses»; por ello piensa que «deben admitirse sistemas formados por éstas»[22].

La tercera obra de astronomía citada de Vicente Mut es un opúsculo de 20 páginas dedicado al cometa de 1664, con algunas observaciones relativas a otro cometa aparecido en 1665. En ella el mallorquín incluye las observaciones que, realizadas en Valencia, le comunicaba su amigo el jesuita José de Zaragoza, así como las de otros observadores mallorquines, como Miguel Fuster. Sobre la trayectoria del cometa, además de convenir con «Kepler, Galileo, Cysatus y Gassendi [siguiendo a Séneca] [que] sitúan a los cometas en la suprema región del aire o bien en el éter», Mut avanza la hipótesis de que aquélla podía ser, al menos en parte, parabólica. Y, para explicarlo, asimila, a modo de analogía, el movimiento del cometa a la trayectoria parabólica de un proyectil, tal como la estudió en su *Arquitectura militar*. Así, el cometa, al «debilitarse el movimiento rectilíneo, se inclina con una trayectoria parabólica»[23]. Esta explicación por analogía con la trayectoria de los proyectiles fue usada también por Johannes Hevelius[24].

Una gran parte de las observaciones y técnicas de Mut fueron recogidas, usadas y divulgadas por Riccioli en sus obras de astronomía y geografía. En España, la influencia de Vicente Mut se concretó sobre todo en la obra de José de Zaragoza, al que nos referiremos más adelante.



1.2. Estudio de la trayectoria del cometa de 1664 según Vicente Mut. *Mut apuntó que la trayectoria del cometa, en la región más cercana a la Tierra (letra a), era semejante a una parábola (línea* hix*).*

[22] V. MUT, *Observationes motuum coelestium*, p. 63. Citamos por la versión castellana de los textos escogidos de Mut realizada por V. NAVARRO y L. PIÑERO, en J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii,* 1976, pp. 240-241.

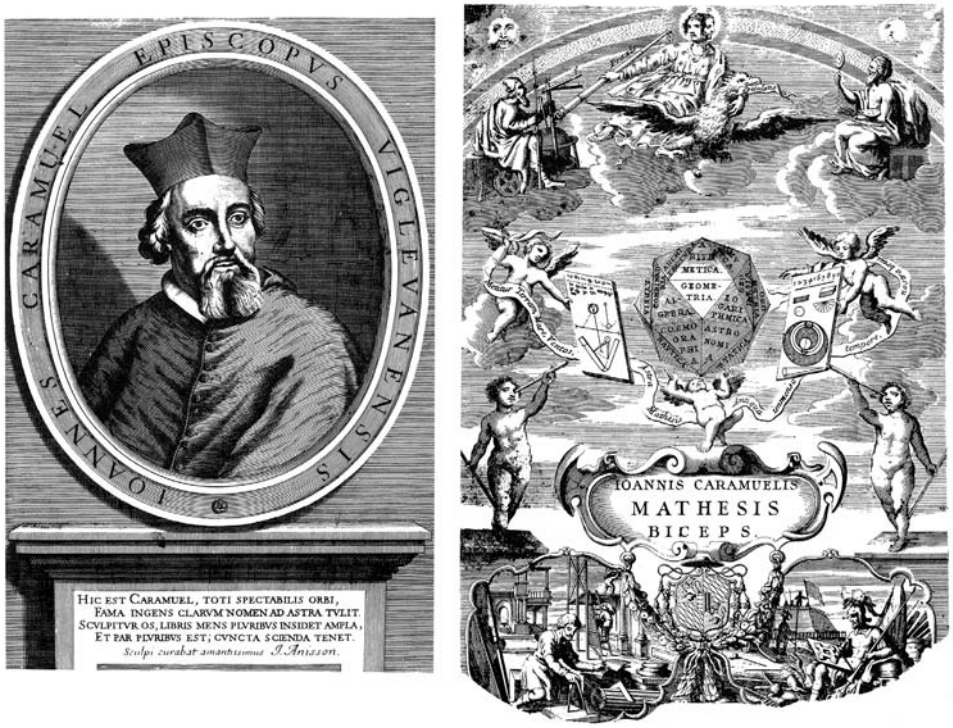
[23] V. MUT, *Cometarium anni MDLXV*, p. 13. Citamos por la versión castellana de los textos escogidos de Mut realizada por V. NAVARRO y L. PIÑERO, en J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii,* 1976, pp. 239-240.

[24] Si bien Hevelius estudió el movimiento del cometa desde la perspectiva copernicana. Véase J. A. RUFFNER, 1971. La propuesta de Mut fue comentada por A. G. PINGRÉ, 1783-1784, vol. I, p. 143.

III

Juan Caramuel y Lobkowitz (el "matemático audaz") y su influencia en España

Otro autor destacado de mediados del siglo XVII es Juan Caramuel y Lobkowitz. Nacido en Madrid en 1606, ingresó en la Orden del Císter en el monasterio de la Espina (Valladolid) y a partir de 1635 recorrió los Países Bajos, Francia, Bohemia, Alemania, Austria y, finalmente, Italia. En 1673 fue nombrado obispo de Vigevano, ciudad en la que murió en 1682[25]. Caramuel escribió trabajos de casi todas las disciplinas, desde



***1.3. Grabado-retrato de Caramuel y portada de su* Mathesis Biceps.** *En el poliedro del centro figuran los nombres de las disciplinas matemáticas puras y aplicadas: Arquitectura, Aritmética, Álgebra, Geometría, Combinatoria, Kybeia (probabilidades), Náutica, Cosmographía, Astronomía, Táctica, Geodesia, Orometría... En la cinta que portan los ángeles se lee, en versión castellana: «La matemática antigua mide la tierra, el mar, los vientos, los astros, en tiempo inmenso; nuestra matemática lo hace con mayor brevedad».*

---

25 Sobre Caramuel, véase la entrada correspondiente, a cargo de S. GARMA PONS, en J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii*, 1983, vol. 1, pp. 168-171, y la bibliografía citada en este trabajo; también, S. GARMA, 1978; D. PASTINE, 1975; J. VELARDE, 1989; P. PISSAVINO, ed., 1990.

la teología a las matemáticas. Aunque desarrolló la mayor parte de su actividad científica y filosófica fuera de España, mantuvo estrechas vinculaciones con su patria y correspondencia con algunos autores españoles, como Juan Bautista Nieremberg. Sus obras, además, tuvieron una notable influencia en nuestro país.

Caramuel se ocupó prácticamente de todas las materias de la ciencia y la filosofía de su época, e intervino activamente en numerosas polémicas y debates, aportando sus puntos de vista. Mantuvo, además, correspondencia y relaciones amistosas y de colaboración con numerosos sabios de su época como Gassendi, Marin Mersenne, Athanasius Kircher, Michael Florent van Langren, Carlos de Sigüenza y Góngora, Tomás Cornelio, A. M. Rheita, G. Wendelinus y, al parecer, Descartes[26]. Su *Mathesis biceps vetus et nova*, publicada en Italia en 1670, es la enciclopedia de las ciencias matemáticas "puras" y "mixtas" –es decir, físico-matemáticas y aplicadas– más amplia y completa, aunque obviamente no siempre original, de las aparecidas en Europa hasta entonces. Sus principales contribuciones corresponden a las matemáticas. En otras materias, como las relacionadas con la física o la biología, aún nos falta un estudio en profundidad de su obra[27].

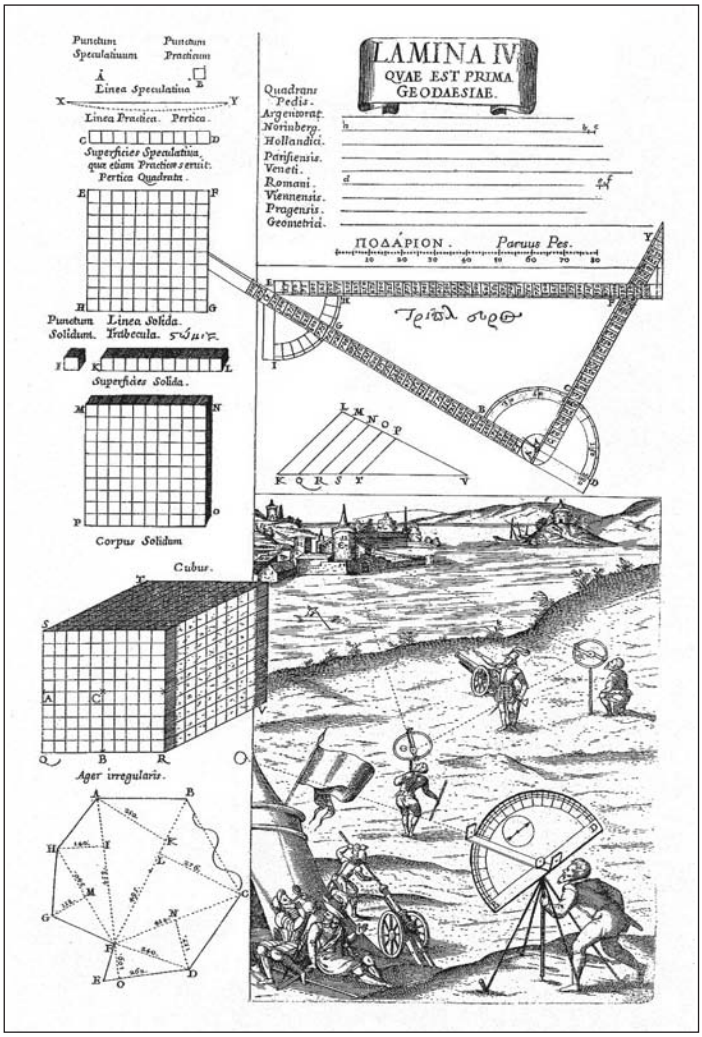
Por otra parte, Caramuel no se decidió entre la vieja y la nueva imagen de la naturaleza, lo que determinó algunos de sus errores o la orientación poco fructífera de sus trabajos, pero también algunas virtudes. En la inserción en su obra de nuevas experiencias y teorías procede de modo desordenado, siendo difícil, si no imposible, detectar alguna sistematicidad que no sea externa al propio discurso científico, es decir, retórica y pedagógica. Las teorías recogidas por Caramuel son frecuentemente contradictorias entre sí; pero esto no le preocupa, pues estas contradicciones son la prueba de la imposibilidad de aferrarse a una hipótesis y considerarla definitivamente establecida. Caramuel no renuncia a las ideas de progreso en la ciencia, pero el progreso no hace más que desplazar la duda y la inseguridad de un argumento a otro. Como en Gassendi, en Caramuel el progreso lo es de la cantidad de saber, es decir, de la masa de observaciones, de la herencia acumulada de las miradas de los hombres al universo, no del espíritu humano. Como en Gassendi también, la modernidad, vivida y planteada por Descartes como ruptura, nacimiento y comienzo absoluto es, en Caramuel, como lo será en Leibniz, percibida más bien como renacimiento y al propio tiempo como continuidad y prolongación[28]. Rasgos que veremos reaparecer entre los "novatores" de finales del siglo y principios del XVIII, aunque muchas veces se derivan de consideraciones tácticas, en el marco de su programa de introducción y asimilación de la ciencia moderna.

---

[26] Véase, además de las obras citadas, R. CEÑAL, 1953.

[27] Sobre la astronomía de Caramuel, véase V. ROSSELLÓ, 1999 y 2002-2003.

[28] Sobre Gassendi, véase L. SUMIDA JOY, 1982: *Gassendi the atomist. Advocate of history in an age of science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982.



1.4. Lámina dedicada a la geodesia, del tratado de Caramuel* Mathesis Biceps, *1670.
Puede verse la determinación de ángulos con un teodolito muy simple, ya usado en el siglo XVI: un círculo (o semicírculo) de latón (como un astrolabio) graduado, con una alidada y una brújula.

Esto último nos lleva al eclecticismo y probabilismo consiguiente de la epistemología de Caramuel, características que comparte con muchos científicos y pensadores jesuitas, aunque imprimiéndoles el sello de su proteica personalidad. Caramuel aceptó el programa de matematización de la física, así como el papel fundamental en la ciencia de la experiencia y la experimentación. Trató, además, de extender la matematización del saber a las disciplinas morales y teológicas y ambicionó una unificación y organización del saber a partir de la combinatoria, siguiendo la corriente de pensamiento de inspiración luliana, que extiende su influencia a lo largo del siglo XVII (Izquierdo, Kircher...), culminando en la obra de Leibniz. Pero defendió con vigor la independencia respecto de toda escuela y también estuvo fuertemente influenciado por la "filosofía química" de Van Helmont, con el que mantuvo una

estrecha relación, y por el pansiquismo renacentista y las corrientes paracelsistas que llevaron a la iatroquímica. Así, aunque aceptó que el mecanicismo cartesiano era una hipótesis productiva en mecánica, óptica y astronomía, consideraba que no podía aportar explicaciones válidas en los fenómenos de la vida o en cuestiones como el magnetismo. Con lo cual Caramuel se sitúa también dentro de una tradición "vitalista" u "organicista" que renacería con fuerza a finales del siglo XVII y en el XVIII. Por otra parte, también reprochaba a Descartes el total desprecio por la cultura académica universitaria, pues, en su opinión, aunque ésta estaba necesitada de muchas críticas y revisiones, llevaba todavía la fuerza que le confería una tradición venerable.

IV

La actividad científica de José de Zaragoza en Valencia y en el Colegio Imperial de Madrid

La segunda generación de profesores de matemáticas del Colegio Imperial comienza con José de Zaragoza, uno de los matemáticos más destacados de este siglo y de toda la historia de las matemáticas en España. Formado en la Universidad de Valencia, Zaragoza ingresó en la Compañía a los 24 años. Enseñó teología en el Colegio de Palma de Mallorca, donde entró en contacto con Vicente Mut. De Palma pasó a Valencia, donde enseñó teología en el Colegio jesuita. En esta ciudad residió más de un decenio, dedicándose en privado a la investigación y a la enseñanza de las matemáticas. Su labor fue allí de la mayor importancia, ya que hizo posible que Valencia se convirtiera en uno de los núcleos más activos de la renovación científica española. A finales de los años 1670 Zaragoza fue nombrado titular de la cátedra de matemáticas de los Reales Estudios, desempeñando además otros cargos, como el de cosmógrafo real y maestro de matemáticas del monarca. Durante estos años publicó parte de sus trabajos, quedando otros muchos inéditos[29].

Zaragoza publicó varias obras de matemáticas con intención didáctica, y con ellas contribuyó a elevar el nivel de estas materias en España. Tales son su *Arithmetica universal* (Valencia, 1669), que incluye también álgebra; *Trigonometría* (Mallorca, 1672) y tablas de logaritmos (Madrid, 1672) y un tratado de *Geometria* euclidea y sus aplicaciones, que se imprimió en latín y en castellano, con comentarios y adiciones de Zaragoza. Pero además, este autor llevó a cabo investigaciones originales de geometría, en el contexto de la recuperación y extensión de la geometría clásica. En esta línea hay que incluir sus trabajos *Geometria magna in minimis*; *Loca Plana Appollonii Pergaei*; *Data Euclidis, singulari methodo demonstrata*; *Trigonographia: et data*

[29] Para la biografía de Zaragoza y relación de sus obras, véase A. COTARELO, 1935; véase también la entrada correspondiente, por V. NAVARRO, en J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii*, 1983; V. NAVARRO, 1996; V. NAVARRO y E. RECASENS (en prensa); y la bibliografía citada al final del capítulo.

promota y *De ellipse et circulo*. Su obra más importante es la *Geometria magna in minimis* (Toledo, 3 vols., 1674). En ella utilizó el concepto de centro mínimo de un sistema de puntos (o "centro de masas" de la física) análogo al usado por Giovanni Ceva cuatro años después, y con él construyó una teoría geométrica que resulta isomorfa a la de la estática de un sistema de cuerpos aislados. Algunos de los resultados a los que llegó son: construcción de una teoría geométrica del cálculo baricéntrico; restitución y generalización, en términos de la geometría clásica, del lugar 5.º de Apolonio; cálculo de las razones originadas en un triángulo por transversales que pasan por un punto interior (relaciones llamadas "de Ceva"); relación cuadrática entre los lados de un cuadrilátero y sus diagonales (teorema de Euler); resolución del problema del tetraedro mínimo. Es interesante destacar que a principios del siglo XIX Lazare Carnot indicaba la importancia de introducir en geometría pura el "centro de distancias mínimas", es decir, lo que Zaragoza había hecho siglo y medio antes[30].

En el ámbito de la astronomía, Zaragoza, como Vicente Mut, fue un excelente observador. Entre sus numerosas observaciones destacan las de los cometas de 1664 y 1677. El informe relativo al primero, remitido a la Academia de Ciencias de París, se conserva manuscrito y constituye un detenido estudio del fenómeno[31]. Zaragoza, además de sus observaciones, describe las de otros autores: Vicente Mut, Miguel Fuster, Enrique de Miranda, Claude François Milliet Dechales, Gilles de Gottignies y Geminiano Montanari. Estudia con detalle el movimiento aparente del cometa y trata de analizar su trayectoria, concluyendo que ésta se acerca más a la línea recta y es intermedia entre ésta y la circunferencia; y añade: «Dejo el elíptico porque puede nacer de los dos»[32]. Sobre el lugar «verdadero» del cometa, Zaragoza demuestra que siempre estuvo «sobre la Luna», de lo que se deduce, «contra la común filosofía peripatética y su príncipe Aristóteles», que los cielos son fluidos y corruptibles[33]. De acuerdo con Riccioli, Zaragoza afirma que la cola del cometa era de materia consistente como la cabeza o núcleo y no encendida, sino iluminada por los rayos solares. La oposición de la cola al Sol la explica suponiendo que la materia del cometa era heliótropa, de modo que la cabeza del astro siempre miraba al Sol como «la brújula al norte». Esta idea la adoptó de Riccioli[34]. En cuanto a las observaciones del cometa de

---

30 Sobre la obra matemática de Zaragoza, véanse especialmente los trabajos de E. RECASENS, 1991, 1994, 1997, 2000 y 2003.

31 En la Biblioteca de Ste. Geneviève de París, Ms. n.º 1045, fols. 42-92, con el título *Discurso del cometa del año 1664 y 1665*. Hemos localizado otra copia en la Academia de la Historia de Madrid, Col. Cortes, 9/2705. A. G. PINGRÉ (1783-1784), vol. II, pp. 13-21, comenta este trabajo e incluye un extracto de él (el primer capítulo) en francés. Un estudio detenido de este manuscrito y del conjunto de las obras de astronomía de Zaragoza, en V. ROSSELLÓ, 2000.

32 ZARAGOZA, *Discurso del cometa*..., fols. 73v-74r.

33 *Ibid.*, fols. 76r y ss.

34 RICCIOLI, *Almagestum Novum*, p. 128.

1677, según Cassini fueron las primeras realizadas en Europa, siendo mencionadas en el *Journal des Savants* y en las *Mémoires* de la Academia de Ciencias de París[35].

Por otra parte, el jesuita redactó otros muchos trabajos de astronomía y elaboró tablas astronómicas. Algunos de ellos, que quedaron inéditos, los preparó para sus clases en el Colegio imperial[36]. La única obra de esta materia que llegó a imprimirse es su *Esphera en común celeste y terráquea* (Madrid,1675); pretendía ser una versión renovada y adaptada a los nuevos conocimientos de los textos tradicionales de la *Sphera* y es una muestra elocuente de la preocupación de su autor por difundir en el ambiente español los avances en el conocimiento científico. El esquema del libro es el habitual en este tipo de tratados (*I. De la Esphera en común. II. De la Esphera celeste. III. De la Esphera terráquea*). En general, Zaragoza se limita a recoger y sintetizar la información e ideas contenidas en los textos publicados en Europa en el siglo XVII por sus correligionarios y, muy en especial, por Riccioli, aunque ocasionalmente aporta observaciones propias. La obra de Riccioli, sobre todo el *Almagestum Novum*, fue de inapreciable valor para los matemáticos españoles, tanto por su carácter de formidable enciclopedia del saber astronómico de mediados del siglo XVII como porque les servía de referencia y autoridad en la que apoyarse para establecer el alcance y límites del discurso astronómico-cosmológico en la España de la época.

En la descripción de los distintos sistemas astronómicos, Zaragoza incluye la teoría heliocéntrica, de la que dice que «está condenada por la congregación de los SS. Cardenales Inquisidores como contraria a las Divinas Letras, aunque por modo de hipótesis o suposición pueden todos valerse de ella para el cálculo de los planetas, conque sólo se condena la actual realidad de esta composición, pero no su posibilidad»[37]. Y añade que si se comparan los sistemas de Copérnico y Brahe se verá que sólo se diferencian en que Copérnico pone al Sol en el centro del Universo y Brahe a la Tierra. También describe el sistema propuesto por Riccioli en el *Almagestum Novum.*

---

35 *Journal pour l'année MDCLXXVII* (París, 1718), vol. 4, p. 120; *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, vol. X (París, 1730), p. 592. En las *Mémoires* se encuentra el informe de Cassini según el cual las observaciones de Zaragoza «ont precedé celles des autres astronomes». En la Biblioteca del Observatorio de París se conserva una carta de Zaragoza a Cassini sobre el cometa y otras cuestiones (B-4, 12, suite) y un memorándum de Cassini que acredita a Zaragoza como el primer obervador del cometa (B4-1, p. 175). Cassini también señala que discutió la cuestión con Zaragoza. En la Academia de la Historia, Col. Cortes, 9/2782, hay una copia del manuscrito de Zaragoza. Carlos SOMMERVOGEL, *Bibliothèque de la Compagnie de Jésus*, XI vols., Bruselas, 1890-1900, vol. VIII, p. 1468, indica que en el Archivo Vaticano (Spagna, n.º 149) se conserva un manuscrito de Zaragoza relativo a este cometa con el título *Observationes cometae habitae in oppido Argandae ab Astrophilo anno 1677.*

36 Así, por ejemplo, en el manuscrito titulado *Astronomia theorica et practica* (Bibl. Nacional de Madrid, Ms. 8932) se lee: «Tradita discipulis suis in Matritense academia Imperialis Collegii, 1673». Véase, sobre este manuscrito, V. ROSSELLÓ, 2000, pp. 183 y ss.

37 ZARAGOZA, *Esphera...*, pp. 42-43.

Sobre las cuestiones cosmológicas generales, Zaragoza coincide básicamente con Riccioli. Defiende la corruptibilidad de los cielos, sin entrar, por lo demás, en las sutiles distinciones de Riccioli sobre la naturaleza «accidentalmente incorruptible» de la región celeste[38]; sostiene que los cielos son fluidos, aunque el firmamento y el aqueo cristalino son sólidos, no sin añadir que la sentencia que afirma que éstos son también fluidos es asimismo probable. En cuanto a la dinámica planetaria, Zaragoza, como Riccioli, recurre a los ángeles o inteligencias superiores[39]. Sobre la magnitud de los cielos, adopta estas cifras: más de 100.000 semidiámetros terrestres para la esfera de las fijas y 7.400 de distancia media para el Sol, adaptadas de las que da Riccioli[40]. Sobre los modelos para describir los movimiento planetarios, Zaragoza, como Vicente Mut, a quien cita, se hace eco de la primera ley de Kepler[41]. Además, al ocuparse del magnetismo, en la parte III de la obra, indica que «aun Keplero [sic] atribuye el curso de los planetas al magnetismo del Sol»[42]. No obstante, para el jesuita «todas las apariencias de los movimientos planetarios se salvan con un movimiento espiral», teoría de orígenes remotos que aparece descrita por distintos matemáticos de la Compañía, incluido Riccioli[43]. También comenta Zaragoza los nuevos descubrimientos astronó-

38 Sobre Riccioli, véase E. GRANT, 1994, pp. 263-265.

39 ZARAGOZA, *Esphera...*, p. 52.

40 ZARAGOZA, *Esphera...*, pp. 55 y 175. Riccioli evaluó las distancias del Sol en 7.260 y 7.572 semidiámetros de la Tierra, decidiéndose por una distancia media del Sol de 7.300 semidiámetros. Por otra parte, la gran expansión de la esfera de Saturno le llevó a proponer una distancia de 200.000 s.t. para la esfera de las fijas. Véase RICCIOLI, *Almagestum Novum*, parte 1.ª, libro VI, cap. VII, p. 419, donde da como distancias a las fijas más de 100.000 s.t., según un método, y 210.000 s.t. según otro. Véase A. VAN HELDEN, 1986, pp. 114 y ss.

41 ZARAGOZA, *ibid.*, p. 80. En la *Astronomía theórica y práctica* expone la teoría de la Luna de Kepler y su propia teoría, valiéndose también de modelos elípticos. Véase V. ROSSELLÓ (2000), pp. 192 y ss.

42 *Esphera...*, p. 199. Zaragoza se hace eco de las reservas de sus correligionarios hacia las ideas de Gilbert y Kepler y afirma que las «experiencias [...] hacen muy probable el magnetismo de la Tierra, pero no exceden los términos de la probabilidad», pudiéndose explicar, en su opinión, dichas experiencias por la existencia de «ocultas minas de piedra imán que hay por toda la Tierra».

43 ZARAGOZA, *Esphera...*, p. 73. Véase, sobre el movimiento espiral, RICCIOLI, *Almagestum Novum*, parte 1.ª, libro III, p. 152, sobre el moviento del Sol; parte 1.ª, lib. VI, pp. 454-455, a propósito del movimiento de las fijas; lib. VII, pp. 504-505, donde cita a Kepler, quien en la *Astronomia nova* señala que en astronomía geostática las trayectorias de los planetas superiores, al estar compuestos de varios movimientos, deben ser espirales. También, *ibid.*, parte 2.ª, lib. IX, cap. III, p. 254 y ss. En la conclusión III del cap. III de este libro, p. 260, dice Riccioli: «Probabilius est non dari corpus ullum, quod sit Primum Mobile, nec duos motus in stellis simul factos ad oppositas Mundi plagas, sed unicum versus Occidentem per spiras helicoidales, Fixarum quidem in caelo solido, Planetarum autem in fluido. Primi autem Mobilis vicem praestare tempus intelligibile, seu ideam diurni motus menti cuiusvis Intelligentia motricis insumam». Más adelante, parte 2.ª, lib. IX, cap. IX, pp. 288-289, cuando expone su propio sistema, dice: «Supra Saturnum est solida fixarum spherae

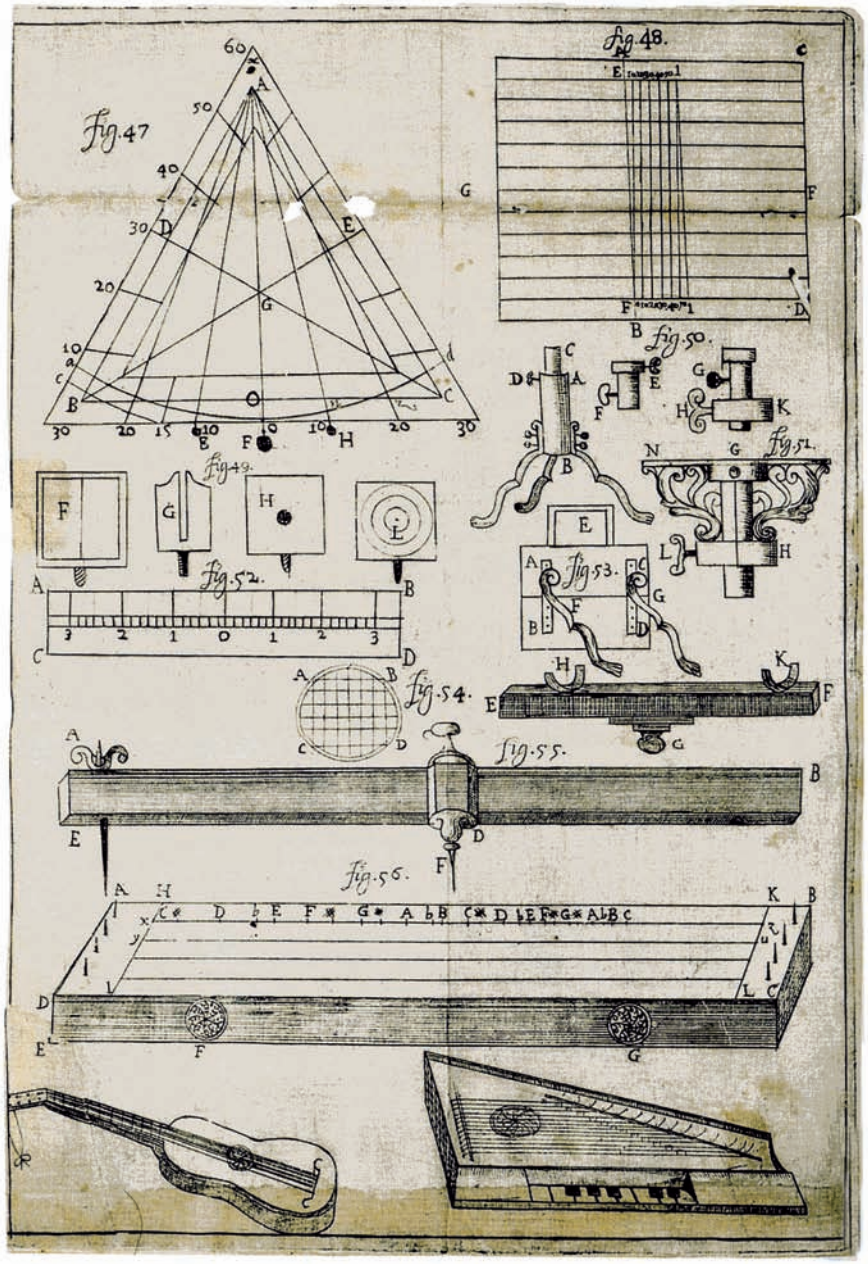
1.5. José de Zaragoza diseñó una serie de instrumentos matemáticos, *por encargo del duque de Medinaceli, para el rey Carlos II. Se conservan en una caja que contiene: regla, pantómetra militar, compás armónico (para fabricar el tetracordo, afinar los órganos y templar las guitarras), triángulos (equilátero, filar y pequeño, de usos astronómico y topográfico), cruz geométrica, rombo gráfico (pantógrafo), compás de varilla, cadena de agrimensor, escuadra, tabla de equivalencias y mesa de soporte (Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, Madrid).*

micos, tales como los relativos a las fases de Venus y Mercurio, satélites de Júpiter y apariencias en torno a Saturno, manchas solares, relieve lunar y observaciones de *novae* y cometas; y discute sus consecuencias cosmológicas, siempre con las cautelas que considera necesarias. Así, aunque rechaza las esferas celestes y afirma que los cielos son fluidos y los astros corruptibles, sitúa a las *novae* en el cielo planetario para mantener sólido al firmamento[44]. No obstante, apunta que es probable que sea fluido y que las «estrellas vayan por él como aves por el aire»[45]. Aunque habla de las manchas solares, no menciona la rotación del Sol. Acerca de la Luna, acepta la existencia de

per unicum spiralem item motum ab Intelligentia una vel pluribus, triplicem motum apparenter exhibens, nempe in longitudinem versus Occasum, in longitud. versus Ortum, et in latitudinem ob declinationis variationem, qui tamen revera unicus est in Occidentem»; y más adelante recuerda lo dicho en otros lugares sobre el movimiento espiral. En la *Astronomia reformata* abandonará su sistema y volverá al tychónico, reafirmando con más claridad la unidireccionalidad de todas las trayectorias astrales según espiras, tal como lo ha señalado M.-P. LERNER, 1995, pp. 145-187, en p. 183, n. 93.

[44] ZARAGOZA, *Esphera*..., p. 101.

[45] *Ibid.,* p. 167.



1.6. Lámina relativa a dos de los instrumentos matemáticos *diseñados por Zaragoza: el "triángulo equilátero" (figuras 47 a 54) y el "compás armónico" (fig. 55):* ***Fig. 47.*** *Triángulo equilátero;* ***Fig. 48.*** *División en 12 líneas paralelas de una de las tres planchas del triángulo;* ***Fig. 49.*** *Pínulas del triángulo;* ***Fig. 50.*** *Pie del triángulo y "cañones" para sustentarlo;* ***Fig. 51.*** *Cañón y cartelas sobre las que situar el triángulo;* ***Fig. 52.*** *Triángulo pequeño de dos pies y medio de lado y ancho AC;* ***Fig. 53.*** *Pínula para las alturas del Sol;* ***Fig. 54.*** *Círculo de bronce ABCD del anteojo y listón EF para sustentar el anteojo;* ***Fig. 55.*** *Compás harmónico (para fabricar el tetracordo);* ***Fig. 56.*** *Tetracordo (para afinar los órganos y templar las guitarras). En la parte inferior izquierda puede verse dibujada una guitarra (española); a la derecha, la figura parece representar un clavicordio, pero con una sola escala.*

montes y valles, pero rechaza como poco probable que esté compuesta de los cuatro elementos terrestres y, de acuerdo con Riccioli en el *Almagestum Novum*, la considera más probablemente de sustancia celeste[46].

La parte tercera de la *Esphera* es un compendio de geografía matemática y física según se entendía en la época, del que están ausentes las nociones de geografía descriptiva de países[47]. Incluye el estudio de la navegación, con los problemas de la determinación de la latitud y la longitud y de la curva loxodrómica. También se ocupa del interior de la Tierra, donde expone algunas de las ideas del *Mundus subterraneus* de su correligionario Kircher. Zaragoza acepta la existencia del fuego subterráneo postulada por Kircher, fuego que tendría en los volcanes sus respiraderos, y alude a los «pirofilacios, hidrofilacios y aerofilacios» de este autor, respecto a los cuales, con un cierto escepticismo, escribe: «No les repruebo, porque son posibles, ni les apruebo porque no basta la posibilidad para afirmar el hecho»[48]. Escepticismo que aparece en otras ocasiones, como cuando al tratar de los vivientes subterráneos descritos por Kircher comenta que «el padre Kircher da una historia de hombres subterráneos más extraña que las de las Batuecas»[49].

También cabe destacar en la actividad de Zaragoza la construcción de instrumentos científicos. Su última obra editada, *Fábrica y uso de varios instrumentos matemáticos* (1675), se ocupa precisamente de una serie de instrumentos construidos en colaboración con Baltasar de Alcázar y Juan Carlos Andosilla, de utilización geométrica, topográfica y astronómica, que el jesuita dedicó al monarca. Por otra parte, sus amigos y discípulos poseían también instrumentos diseñados por Zaragoza durante su estancia en Valencia[50].

Zaragoza proyectaba redactar un compendio de matemáticas que no sabemos si llegó a escribir[51]. Constaría de ocho volúmenes dedicados a geometría, aritmética, álgebra, armonía, astronomía, geografía, náutica, trigonometría, óptica, estática, arquitectura, pirotecnia, instrumentos matemáticos y cuestiones físico-matemáticas. Es una buena muestra de la amplitud de sus intereses científicos. Aunque no podemos valorar con precisión los conocimientos de física que poseía, el título del tomo octavo: «En este tomo han de discutirse todas las cuestiones mixtas, que guardan relación tanto con la

---

46 ZARAGOZA, *Esphera...*, p. 151. RICCIOLI, *Almagestum Novum*, parte 1.ª, lib. IV, cap. II, p. 187.

47 Un estudio de esta parte de la obra, en H. CAPEL, 1976a.

48 ZARAGOZA, *Esphera...*, p. 254.

49 *Ibid.*, p. 256. Acerca de la influencia de las ideas de Kircher sobre el "mundo subterráneo" en España, véase H. CAPEL, 1976b.

50 Véase V. NAVARRO, 1978, 1985. Sobre estos instrumentos, especialmente los relacionados con la música, véase el magnífico trabajo de C. BORDA y L. ROBLEDO, 1998.

51 Un índice del compendio se conserva en el volumen manuscrito de la Academia de la Historia, Col. Cortes, 9/2782.

física como con las matemáticas, las cuales son muchas y curiosísimas, así como muy difíciles», sugiere que seguía con atención los debates y progresos en estas materias, muy probablemente a través de textos de los científicos jesuitas del resto de Europa.

Las obras de Zaragoza, sumadas a las de otros autores de origen español, como Caramuel, y a los diversos cursos y compendios de matemáticas "puras" y "mixtas" o físico-matemáticas preparados por los jesuitas extranjeros, constituyeron el vehículo adecuado para dar a conocer en España muchos de los progresos en el ámbito de estas disciplinas; al propio tiempo, se evitaba la confrontación con la filosofía aristotélico-escolástica, que seguía dominando en universidades y colegios. En este sentido, el "curso" de matemáticas que tuvo mayor difusión e influencia en España, más amplia aún que la *Mathesis* de Caramuel, fue el de Claude François Milliet Dechales, titulado *Cursus seu mundus mathematicus*, publicado en 1674 en tres volúmenes y reeditado en 1690, muerto ya su autor, con adiciones para actualizar los contenidos. En la edición de 1674 los tratados de «mechanice», «statica», «hydrostatica», «de fontibus, e fluviis» y «de machinis hydraulicis» incluían muchos de los resultados de Galileo, Torricelli, Castelli y otros discípulos y seguidores de Galileo, junto a las contribuciones de otros autores europeos, como Mersenne, Boyle o Huygens. En la óptica, Milliet Dechales incorporó gran parte de la dióptrica cartesiana, además del análisis cartesiano del arco iris en los meteoros.

V

Los científicos jesuitas de las últimas décadas del siglo XVII y la renovación científica

Tras la muerte de Zaragoza, la cátedra de matemáticas de los Reales Estudios del Colegio Imperial fue ocupada de nuevo por un extranjero: el austriaco Jacobo Kresa (1645-1715)[52], quien la desempeñó por espacio de quince años. Kresa ejerció también el cargo de cosmógrafo mayor y durante algún tiempo residió en Cádiz, al parecer destinado en la Armada Real[53]. En Cádiz dirigió varias tesis o certámenes matemáticos celebrados en el Colegio de la Compañía, donde se había creado una cátedra de esta materia[54]. La presencia de Kresa debió de influir en el desarrollo de la actividad

52 Véase C. SOMMERVOGEL, 1890-1900, vol. IV, cols. 1236-1237 y la entrada «Kresa, Jacobo», en J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii*, 1983, vol. I, p. 493.

53 Como se afirma en la portada de su edición, en castellano, de los *Elementos* de Euclides (Bruselas, 1689).

54 Al parecer, la cátedra se creó en 1689 bajo el mecenazgo del conde de Aguilar, Rodrigo Manuel Manrique de Lara, capitán general de la Armada del Mar Océano, que había creado también una escuela para la Armada. El primer profesor fue probablemente Kresa. Véase M. RAVINA MARTÍN, 1988, y también A. DOU, 1977.

matemática de los jesuitas de la ciudad. De este ambiente surgió precisamente la obra más destacada en la materia, junto a la *Geometria magna in minimis* de Zaragoza, de las publicadas en la España de la segunda mitad del siglo. Nos referimos al *Analysis geometrica* (Cádiz, 1698), de Hugo de Omerique, que mereció el elogio de Newton por su contribucion a restaurar «el análisis de los antiguos»[55] y de la que sólo ha llegado hasta nosotros la primera parte. Trata de la resolución de problemas geométricos mediante el método analítico: se establecen las relaciones entre los datos y las incógnitas y, a partir de ellas, se deduce el valor de las cantidades buscadas. La obra lleva una "censura" de Kresa y dos "juicios" de José de Cañas y Carlos Powell, profesores del colegio jesuítico de Cádiz. Incluye, además, un pequeño tratado intitulado *Algorithmus rationum* de Carlos Powell, en el que las citas a Clavius, Commandino, Tartaglia, Campano, Kircher, Ozanam, Gregorius de Saint-Vincent, Tacquet y Wallis, entre otros autores, muestran la amplia erudición matemática de los profesores gaditanos. El libro I del *Análisis* de Omerique trata de la resolución de problemas geométricos mediante las relaciones de proporcionalidad entre las rectas. El libro II persigue el mismo objetivo y hace uso de la razón compuesta y de la semejanza entre las figuras. En el libro III se resuelven los problemas mediante la comparación de «números planos». El libro IV se ocupa de los casos de compatibilidad de los problemas (problemas indeterminados).

Los manuscritos conservados de Jean François Petrey (o Petrei), profesor de erudición, retórica y matemáticas en los Reales Estudios del Colegio Imperial en las últimas décadas del siglo, son de gran utilidad para valorar la recepción en España de las nuevas corrientes filosóficas y científicas[56]. Parte de estos manuscritos son notas de lecturas, extractos y comentarios de obras de Descartes, Frans van Schooten, Pierre-Sylvain Regis, Thomas Willis, Christoph Glaser, Raymond Vieussens, Antoine Arnauld, Hobbes, Huygens, Michel Rolle y otros destacados autores, además de los científicos jesuitas como Christoph Scheiner, Riccioli, Honoré Fabri, Kaspar Schott, Claude François Milliet Dechales, Ignace Gaston Pardies, etc. Otro grupo de manus-

55 «I have lookt into De Omerique's Analysis Geometrica and find it a judicious and valuable piece answering to ye Title. ffor therin is laid a foundation for restoring the Analysis of the Ancients wch is more ingenious and more fit for a Geometer than the Algebre of the Moderns, ffor it leads him more easily and readily to the composition of Problems and the Composition wch it leads him to is usually more simple and elegant than that wch is forct from Algebra». Se trata de una carta de destinatario desconocido. La publicó J. PELSENEER (1930), quien en este trabajo menciona asimismo una reseña anónima de la obra de Omerique aparecida en las *Philosophical Transactions*, 21, n.º 257 (1699), 351-362. Véase también D. T. WHITESIDE, ed., 1976, vol. VII, pp. 198-199. Sobre Omerique, véase P. BERENGUER Y BALLESTER, 1985, y la entrada correspondiente por V. NAVARRO en J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii*, 1983, vol. II, pp. 128-130.

56 Información sobre Petrey, en J. SIMÓN DÍAZ, 1952-59, p. 567; C. SOMMERVOGEL, vol. VI, cols. 630-631. Los manuscritos que hemos examinado se conservan en la Academia de la Historia, Ms. Col. Cortes, volúmenes 9/2709, 9/2710, 9/2728, 9/2729, 9/2733 a 9/2739 y 9/2781.

critos lo constituyen fragmentos y tratados de varios temas: fortificación, geometría, álgebra, óptica, astronomía, geodesia, así como observaciones astronómicas de eclipses, cometas y planetas. Petrey se mantenía bien informado de las actividades de la Academia de Ciencias de París, y entre sus manuscritos figuran numerosas notas procedentes del *Journal des Savants* y otras publicaciones de los miembros de la Academia, así como correspondencia con La Hire[57]. Los intereses de Petrey se orientaban tanto a las disciplinas físico-matemáticas como a las biomédicas y a la química. Hay numerosos extractos de textos de anatomía, fisiología y química, con referencias a la fisiología cartesiana. Así, en una nota discute la tesis de Descartes de que la sede del alma es la glándula pineal, para lo que se apoya en investigaciones anatomopatológicas de Daniel D. Duncan, un médico de Montpellier. También comenta, en otras notas, las pruebas de Descartes de la inmortalidad del alma[58]. En una nota sobre la descomposición de la luz blanca y el arco iris menciona, junto a Descartes, Marco Antonio de Dominis y Edme Mariotte, la teoría de Newton sobre la composición de la luz blanca. En otro lugar, a propósito de los instrumentos ópticos, cita a Newton y se refiere a la aberración cromática[59]. Asimismo se conserva correspondencia de Petrey con José Pérez, profesor de matemáticas de Salamanca desde 1673 y corresponsal de Zaragoza, sobre diversas cuestiones de astronomía, matemáticas y filosofía, lo que indica que la renovación científica se había iniciado también en aquella Universidad. En una carta fechada en 1683, Pérez comenta a Petrey cuestiones de geometría tratadas por Hobbes y le dice que ha obtenido licencia del inquisidor general para leer las obras de este autor. El año siguiente, le comunica que le envía el tratado *De corpore* de Hobbes[60]. Petrey leyó con atención esta obra, como lo prueban los extractos y comentarios que figuran en los volúmenes manuscritos citados. Además de Hobbes, aparecen mencionados en las cartas Milliet Dechales, Descartes, Kaspar Schott y Riccioli, entre otros autores[61].

---

57 Ms. 9/2781.

58 Ms. 9/2738.

59 En los vols. 9/2736 y 2738.

60 Ms. 9/2709 y 9/2727. Fragmentos de esta correspondencia, en R. CEÑAL, 1945, quien en la p. 54 reproduce también la carta de Corachán a Petrey que se conserva en el volumen 9/2781 de la Col. Cortes y lleva fecha 5 de agosto de 1687. Véase también V. NAVARRO: *Tradició...* (cit. nota 6). Entre los manuscritos de Petrey, en el vol. 9/2727 se conserva uno de Corachán titulado «Exercitationes Geométricas» y resultado de sus enseñanzas en el ambiente valenciano, con notas al margen de Petrey.

61 En la Biblioteca del Monasterio de El Escorial, L-III-30, se conserva un manuscrito tituado *Tractatus de Theoricis Planetarum. Auctore Josepho Pérez Cathedrae Astronomiae in Salmantino Lyceo meritissimo Moderatore. Per Bach. Michäelem Gonzáles Escorialensen, die 22 Oct. An. 1674.* Contiene diez capítulos dedicados al Sol, la Luna, los eclipses, las mareas, las teorías del Sol, Júpiter, Marte, Venus y Mercurio. Básicamente son rudimentos de las doctrinas ptolemaicas, pero hay referencias a los descubrimientos telescópicos de Galileo y a otros astrónomos de los siglos XVI y XVII, incluido Copérnico. En un próximo trabajo ofreceremos un análisis de este manuscrito.

Petrey mantenía correspondencia con Juan Bautista Corachán, uno de los protagonistas del movimiento "novator" valenciano. En una carta de este último, fechada en 1687, agradece a Petrey su recomendación al marqués de Villena. Además, discute cuestiones astronómicas y le informa de las actividades del grupo valenciano en la Academia de Matemáticas que celebraban en casa de Baltasar de Íñigo. Corachán se reconoce discípulo de Petrey, y entre los manuscritos de éste figura un trabajo de matemáticas de Corachán. Todo ello muestra una comunidad de intereses y una colaboración entre los matemáticos del Colegio Imperial y los novatores valencianos.

Uno de los textos científicos de algún relieve publicado a finales de siglo, que informa de la actividad y magisterio de los jesuitas de Madrid, es el *Espejo geográfico* (2 vols.; Madrid, 1690-1691) de Pedro Hurtado de Mendoza, quien se presenta en la obra como secretario de cartas de Gregorio de Silva y Mendoza, duque del Infantado, de Pastrana y de Lerma, personaje de gran relieve político en la corte de Carlos II y protector de eruditos e historiadores. El duque había sido además discípulo de José de Zaragoza en el Colegio Imperial, y a él dedicó el jesuita su *Euclides nuevo antiguo* (1678), lo mismo que hizo con su obra Hurtado de Mendoza. Además, este último informa de que estudió con los jesuitas y se confiesa discípulo de uno de ellos, a quien no nombra, dando a entender que el libro que escribe es el fruto de esas enseñanzas. Por todo ello se ha especulado acerca de la posibilidad de que el nombre que figura en la obra fuera un pseudónimo de Petrey. Sea como fuera, resulta indudable la vinculación jesuítica del *Espejo geográfico*[62].

Hurtado de Mendoza, en la introducción a su obra, se preocupa por delimitar de forma precisa el ámbito de la geografía respecto de las otras ciencias. Dice que la geografía puede dividirse de tres formas: artificiosamente, respecto de los círculos celestes, en zonas, climas, longitud y latitud; naturalmente, en tierras, istmos, islas y otras particiones semejantes; y civil y políticamente, en imperios, reinos, repúblicas y otros estados. El texto está organizado de acuerdo con esta división. En relación con la magnitud de la Tierra, muestra estar al corriente de los trabajos que se estaban efectuando por los científicos de la Academia de Ciencias de París. La discusión sobre este asunto le lleva a plantear el tema de la unidad métrica. Aquí recoge la idea de Huygens, cuyo *Horologium oscilatorium* cita, de utilizar la longitud de un péndulo simple con período de un segundo para definir una medida universal de longitud[63]. Habla también del centro de oscilación y de la isocronía del péndulo cicloidal.

En cosmografía, la postura de Pedro Hurtado de Mendoza frente a la teoría de Copérnico es análoga a la de Zaragoza y otros autores españoles abiertos a las nuevas ideas, a saber, aceptar la teoría de Copérnico como hipótesis, válida para «salvar las

62 Véase H. CAPEL, 1976a. Este trabajo incluye un estudio de la obra de Hurtado de Mendoza. Véase también la entrada a cargo de V. NAVARRO y T. F. GLICK: «Hurtado de Mendoza, Pedro», en J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii.*, dirs., 1983, vol. I, pp. 465-466.

63 *Espejo geográfico*, I, p. 39 y ss.

apariencias»; reconocer que «por mucho que el P. Riccioli, y otros, así Mathemáticos como Philósophos, se ayan procurado oponer con razones, y experiencias, a esta hypothesi, no ay alguna bastante para obligarnos a negar su posibilidad»; y finalmente someterse, en lo que atañe a la verdad física del copernicanismo, al dictamen de la Inquisición romana[64].

En la segunda parte, Hurtado revela un buen conocimiento de la geografía del Nuevo Mundo. Menciona a Bernhard Varenius a propósito de los límites septentrionales de América del Norte y muestra una información razonablemente buena sobre Groenlandia y las islas del Ártico. Creía que California era una isla. Muestra tener acceso a informaciones de primera mano sobre China, aún inéditas, procedentes de los misioneros jesuitas. Así, a propósito del carácter peninsular o insular de Corea escribe: «Esperaba yo que se enriquecería este lugar con las noticias de el nuevo y exacto Mapa de el Reyno de la Corea que el ya citado P. Antonio Thomás escrive ha enviado para esta Corte», lamentando a continuación: «Pero hasta aora no ha llegado ni aquí ni a otra de las partes de Europa con que aquel insigne Missionero se suele corresponder»[65]. También se hace eco de la obra de Kircher, cuyas teorías organicistas defiende, comparando la red hidrográfica con el sistema humano de circulación de la sangre a través de venas y arterias, mostrando de paso un buen conocimiento de los descubrimientos de Harvey y Malpighi[66].

Con sus tres partes perfectamente equilibradas, el *Espejo geográfico* es un buen exponente de las obras de geografía de la Europa finisecular, como lo es de la ciencia geográfica de los jesuitas, cuyos autores son los más citados y utilizados: Clavius, Riccioli, Milliet Dechales, Fabri, Ciermans, Grimaldi, Tacquet, Acuña, Rodríguez, etc. Junto a éstos, y a otros ya mencionados, hay también referencias a otros muchos autores: Mersenne (a propósito del sonido), Henry Oldenburg (informe de la Royal Society sobre la expedición a Guinea), Vicente Mut e Ismael Boulliau (a propósito de la corrección de determinados puntos geográficos, como la longitud del Mediterráneo).

VI

El movimiento "novator"

En las últimas décadas del siglo XVII, el proceso de ruptura con el saber tradicional y sus supuestos aparece delineado con unos perfiles más claros, entre sus protagonistas, como un programa de asimilación sistemática de la ciencia moderna. En la base de este programa se advierte una conciencia, que los llamados "novatores" españoles harán explícita, del atraso del país y de que España había permanecido prácti-

64 *Ibid*., I, pp. 67-69.

65 *Ibid.,* II, p. 162.

66 *Ibid.,* II, pp. 178-180. Véase H. CAPEL, 1976b, pp. 19-20.

camente al margen del nacimiento de la ciencia moderna. Valencia, Zaragoza, Madrid, Barcelona y algunas otras ciudades fueron escenarios de la actuación de los llamados "novatores" de finales de la centuria y primeros años del siglo XVIII. En Madrid, como informa uno de los protagonistas de la renovación en medicina, Diego Mateo Zapata, desde 1687, cuando éste llegó a la Corte, «había en ella las públicas y célebres tertulias que ilustraban y adornaban los hombres de más dignidad, representación y letras que se conocían, como era el excelentísimo Marqués de Mondéjar, el señor don Juan Lucas Cortés, del Consejo Real de Castilla, el señor don Nicolás Antonio [...]; los cuales, como de todas las ciencias, trataban de la filosofía moderna»[67]. Ese año publicó en Madrid el valenciano Juan de Cabriada su *Carta filosófica, médico-chymica*, considerada por López Piñero auténtico manifiesto de la renovación en el ámbito de la medicina y de los saberes biológicos y químicos con ella relacionados[68]. Cabriada denunciaba en la *Carta*, con valentía, la situación de atraso que vivía el país en el ámbito de la medicina y la ciencia y proponía, entre otros remedios, la creación de una Academia de Ciencias análoga a la de París.

En Sevilla, el movimiento renovador culminó con la creación, en 1700, de la Regia Sociedad de Medicina y Otras Ciencias, primera de las instituciones españolas consagradas al cultivo de los nuevos conocimientos médicos y científicos. Entre los socios fundadores figuraban Zapata y Cabriada. También en Sevilla funcionaba desde 1681 el Colegio de San Telmo, que tuvo una cierta importancia en la renovación de los estudios de náutica. En Zaragoza, el médico italiano Juan Bautista Juanini, afincado en España desde 1667 al entrar al servicio de Juan de Austria, contribuyó decisivamente a la difusión de las ideas modernas entre algunos médicos de esta ciudad. Naturalmente, en general, se trataba de grupos minoritarios que se enfrentaron con la oposición de los conservadores, que seguían siendo mayoría. Así, por ejemplo, los fundadores de la Regia Sociedad de Sevilla tuvieron que librar diversas polémicas y vencer la oposición de los tradicionalistas de la Universidad de Sevilla; y en Zaragoza, José Lucas Casalete, uno de los principales "novatores" de la Universidad de esta ciudad, recibió la condena, por sus enseñanzas, de sus colegas de Salamanca, Alcalá, Valladolid, Barcelona, Lérida y Huesca. A pesar de todo, el llamado movimiento "novator" –calificado así por sus detractores– fue consolidándose y ampliando su área de influencia, sentando las bases del importante desarrollo científico de la España ilustrada[69].

---

67 Diego Mateo Zapata, *Censura*..., p. 18, en, Alexandro DE AVENDAÑO: *Dialogos philosóphicos en defensa del atomismo*, Madrid, 1716.

68 J. M. LÓPEZ PIÑERO, 1979. Véase también la reciente revisión del tema por este autor: J. M. LÓPEZ PIÑERO, 1993.

69 Sobre el movimiento "novator", en general, véanse los trabajos de V. PESET LLORCA, 1960, y J. M. LÓPEZ PIÑERO, 1965, 1969, 1979 y 1983. En el trabajo de 1979 puede encontrarse una abundante bibliografía sobre el tema. Recientemente, J. PARDO ha completado una importante biografía de Diego Mateo Zapata, publicada por la Junta de Castilla y León, que aún no he podido consultar.

Como señala López Piñero, este movimiento renovador alcanzó su máxima claridad y energía en el campo de la medicina y en los saberes químicos y biológicos relacionados con ella. En el ámbito de las disciplinas físico-matemáticas y sus aplicaciones, careció de la unidad histórica que tuvo en las mencionadas materias. Ello fue debido al diferente tipo de resistencia que la sociedad española opuso a la renovación en cada uno de los campos citados. Sobre uno de los elementos fundamentales de la nueva astronomía pesaba una prohibición expresa sostenida por todas las fuerzas coactivas oficiales. Por otra parte, la nueva física tenía que enfrentarse con la aristotélico-escolástica, componente central de la visión tradicional del mundo, que permanecía íntimamente ligada a la metafísica y, a través de ella, a las doctrinas teológicas. En último extremo, siguiendo a López Piñero, la diversidad que nos ocupa puede referirse al grado de autonomía que habían alcanzado las diferentes disciplinas científicas respecto de la filosofía. El que poseía la medicina desde hacía tiempo permitió que el choque entre "antiguos" y "modernos", en los saberes con ella relacionados, se desarrollase al margen de la cuestión de heterodoxia. Por el contrario, la astronomía y la física permanecían más subordinadas, al menos en su aspecto teórico, a las doctrinas filosóficas, debido a lo cual su renovación tuvo que enfrentarse con vidriosas cuestiones de cosmología y filosofía natural. No es necesario insistir, además, en que fueron precisamente estos saberes, la astronomía y la física, los que experimentaron cambios más dramáticos con el desarrollo de la Revolución científica, dando lugar a una concepción del mundo físico radicalmente distinta a la aristotélica.

Por todo ello, al no ser posibles las críticas radicales y sistemáticas, el eclecticismo adquirió en la renovación de las materias físico-matemáticas una importancia mucho mayor que en los saberes médicos, biológicos y químicos. Eclecticismo que era precisamente la nota dominante en la apropiación y asimilación progresiva por los científicos jesuitas de la ciencia moderna; de ahí la particular importancia de éstos en el proceso de su recepción en España. En este sentido, y aunque en algunos grupos de renovadores en el campo de las materias físico-matemáticas también es evidente la conciencia del atraso español y de la necesidad de superarlo, la labor de estos autores puede considerarse continuación de la llevada a cabo a lo largo de la centuria por los matemáticos que hemos estudiado: los jesuitas del Colegio Imperial de Madrid en la primera mitad del siglo, Vicente Mut, José de Zaragoza, etc., junto a la de otros como Caramuel, que aunque realizó su labor fuera de su patria mantuvo contactos con los españoles y ejerció una gran influencia en ellos. También cabe incluir en este movimiento las obras y personajes estudiados en el apartado anterior: Kresa, Omerique, Petrey, Hurtado de Mendoza, etc.

Los "novatores" de finales del siglo y primeros años del siguiente en las materias que nos ocupan, y muy especialmente el grupo valenciano, estudiaron con atención las obras de los científicos jesuitas extranjeros y españoles: Kircher, Schott, Riccioli, Fabri, Milliet Dechales, Pardies, Kresa, Izquierdo, Zaragoza, etc., y las tomaron como modelos a seguir. Asimismo, pusieron particular cuidado en asumir en sus propias

obras la labor de sus predecesores, a los que frecuentemente consideraron sus maestros, directos o indirectos, sintiéndose así integrados en una tradición y protegidos por ella[70]. Eso contribuye a explicar sus limitaciones, tales como su escasa atención a la geometría analítica y al cálculo infinitesimal, o su ignorancia de la nueva mecánica celeste y la física newtoniana, cuya asimilación no tendría lugar en España hasta el segundo tercio del siglo XVIII. No obstante, la labor modesta y poco original de estos "novatores" contribuyó a hacer posible el apreciable resurgimiento de la ciencia en la España ilustrada, con figuras tan destacadas como Jorge Juan, Ulloa, Císcar, Mazarredo, Mendoza y Ríos, Bauzá, etc., por citar tan sólo algunas figuras relevantes en el campo de las matemáticas, la física y sus aplicaciones.

VII

El núcleo renovador valenciano

Uno de los principales escenarios de este movimiento preilustrado de renovación científica y filosófica fue la ciudad de Valencia, tanto en el campo de la medicina y saberes biológicos relacionados con ella, como en el de la filosofía natural y las disciplinas físico-matemáticas[71]. Sin poder detenerme aquí en los antecedentes de este movimiento, recordaré que en la década de 1680-90 había en Valencia una serie de tertulias o academias, inicialmente de carácter literario, pero que progresivamente fueron incorporando en sus discusiones y estudios temas filosóficos y científicos. Una de estas tertulias funcionaba en 1687 con el carácter de academia de matemáticas y con la intención explícita de sentar las bases de una sociedad científica a imagen de las europeas. En ella se celebraban "congresos" donde se discutían cuestiones de aritmética, geometría, álgebra, indivisibles, las leyes del movimiento de Galileo y Descartes, estática, hidrostática e hidráulica; se impartían cursos de estas materias y se realizaban experiencias de física y observaciones con microscopios y telescopios. Sus principales protagonistas eran tres clérigos valencianos: Baltasar de Íñigo, Juan Bautista Corachán y Tomás Vicente Tosca[72].

---

[70] Compárese esta actitud de los matemáticos hacia la tradición propia con la de los médicos, que, como han puesto de relieve A. MARTÍNEZ y J. PARDO, 1995, ignoraron o rechazaron la tradición para legitimar la nueva ciencia y la nueva medicina.

[71] Sobre el caso valenciano en relación con el movimiento "novator", véase una síntesis en J. M. LÓPEZ PIÑERO y V. NAVARRO, 1998, y el volumen II de *La ciencia en la història dels Països Catalans* (en prensa). Véanse también los trabajos de V. PESET LLORCA, 1964, y S. GARCÍA MARTÍNEZ, 1968.

[72] Sobre estos "congresos", véase V. NAVARRO, 1978a y 1985. Una biografía de dichos autores, en J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii*, 1983, en las entradas correspondientes, a cargo de V. NAVARRO.

Con una conciencia clara del retraso de su país en el ámbito de la ciencia y de la técnica, estos autores se dedicaron a la tarea de asimilar y difundir los nuevos conocimientos y métodos surgidos de la Revolución científica. Para ello se valieron en gran medida de la literatura jesuítica, cuyos cursos y tratados utilizaron ampliamente y cuyo eclecticismo les sirvió de guía, orientación o modelo para sus propósitos. Así, entre los numerosos volúmenes manuscritos de Corachán se encuentran extractos de las obras de Gaspar Schott, Riccioli, Honoré Fabri, Scheiner, Zaragoza, Milliet Dechales y otros destacados autores de la Compañía. Asimismo, en una obra titulada *Avisos del Parnaso*, a modo de fábula o utopía de clara intención divulgadora, Corachán hace aparecer como protagonistas principales de este "Parnaso" a Clavius, Grimaldi, Fabri y Kircher, junto a Boyle y su «amada Junta anglicana», y Descartes. La obra incluye, además, un breve fragmento del *Discurso del método* de Descartes en versión castellana: «Propone Renato Descartes un méthodo para usar bien de la razón y buscar la verdad en las Ciencias»[73]. El "Parnaso" imaginado por Corachán no es sino una recreación literaria de la sociedad científica con la que soñaban aquellos intelectuales, sociedad en la que "antiguos" y "modernos" pudieran encontrarse y discutir todas las cuestiones pertinentes a la ciencia y a la filosofía, siendo la razón y la experiencia (en todo aquello que no contradijera su fe) los últimos árbitros de las discusiones.

38 Avisos
Filoſofia natural.

FEBRERO, DIA 1.

ENSEÑA ROBERTO BOILE UN Recipiente a ſu amada Junta Anglicana, i obſerva muchos arcanos con admiracion de todos.

NO pudo faltar en Parnaſo la aſſiſtencia de aquella tan celebrada Junta, que con autoridad Real ſe formò en Inglaterra; la qual es mui eſtimada de Apolo por concurrir en ella Filoſofos de grande ingenio, que con ſingular induſtria examinan los arcanos de la naturaleza, i adelantan la Matematica; i ſiendo tan del guſto de ſu Mageſtad, le ſeñalò una famoſa galeria con todo lo neceſſario para que pudieran facilmente hacer todas ſus experiencias. Aora pues que empieza el año bolviò a proſeguir dicha Junta ſus hechos Filoſoficos; i el nobiliſsimo Roberto Boile enſeñò una maquina,

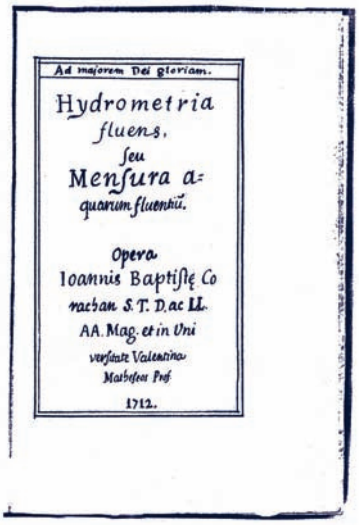
DE PARNASO. 39
na, a que llama Recipiente, que con induſtria ideo en el tiempo del Invierno, quando por lo deſabrido que ſe moſtrava Apolo, ſe ſiguieron algunas eſcarchas, i notables frios, que detuvieron a los Letrados en ſus retretes, adelantando las Ciencias que profeſſan. Era pues el Recipiente un Vaſo de vidrio, como una redoma, que cabrian dentro unas 80. libras de agua: eſtava el cuello metido, i hermeticamẽte cerrado en una Antlia para poder ſacar el aire de dentro. I en la parte ſuperior A avia un agugero que ſe podia cerrar hermeticamẽte, para por el poder meter dẽtro del Recipiente lo que ſe avia de examinar, o aviendo todos

A

rc

1.7. Página de* Avisos del Parnaso*, obra de Juan Bautista Corachán, *redactada hacia 1690 y publicada por Mayans en la Academia Valenciana en 1747. Aquí Corachán rinde homenaje a la Royal Society de Londres y se ocupa de los experimentos de Boyle con la bomba de vacío.*

[73] Sobre las obras impresas y manuscritas de Corachán, véase V. NAVARRO, 1978a y 1985.


Ad majorem Dei gloriam.

Hydrometria
fluens,
seu
Mensura a=
quarum fluentiũ.

Opera
Ioannis Baptiſtę Co
rachan S. T. D. ac LL.
AA. Mag. et in Uni
versitate Valentino
Matheseos Prof
1712.

1.8. Los "novatores" valencianos se interesaron mucho por la hidrometría, *tema de obvias repercusiones prácticas, muy pertinente en tierras valencianas. Juan Bautista Corachán redactó cuatro manuscritos sobre el tema, basados en diversos autores, pero especialmente en el profesor de la materia en Bolonia Domenico Guglielmini. En la figura, la primera página de uno de los manuscritos conservados en la Biblioteca-Archivo-Hispano-Mayansiana (Colegio del Corpus Christi, Valencia).*

La contribución de los "novatores" valencianos a la introducción en España de la ciencia y la filosofía modernas culminó con la publicación por Tomás Vicente Tosca (1651-1723) de su *Compendio Mathemático* (9 vols., Valencia, 1707-1715) y su *Compendium Philosophicum* (5 vols., Valencia, 1721)[74].

En el empobrecido panorama de la literatura española dedicada a cuestiones científicas y técnicas, donde, a lo largo del siglo XVII, la cinemática de Galileo y Torricelli, la óptica de Kepler, Descartes y Grimaldi, el atomismo de Gassendi y la filosofía corpuscular y, en general, el nuevo horizonte metodológico y cognoscitivo abierto por la Revolución científica había merecido escasa o limitada atención en las obras impresas, la publicación del *Compendio* de Tosca fue, sin duda, un acontecimiento importante. En esta obra muchos de los principales capítulos de la nueva ciencia aparecían expuestos con amplitud y claridad, en lengua romance y desde los modernos supuestos metodológicos de Galileo y los seguidores del mecanicismo y la filosofía experimental. Y algo parecido cabe decir del *Compendium Philosophicum*, obra que, con su eclecticismo y con las limitaciones que pueden señalarse, significó un serio

[74] Un estudio de estas obras, en V. NAVARRO, 1978a, 1985, 1986 y 1997. Véase también J. M. LÓPEZ PIÑERO y V. NAVARRO, 1998; V. NAVARRO: «El moviment novator...» (en prensa).

1.9. Grabado representando a Tosca *y portada del volumen I del* Compendio Mathemático *de Tosca. Lámina del tratado de hidrotecnia. Las figuras 17, 18 y 19 representan relojes hidráulicos, y las figuras 28, 29 y 30 diversas bombas hidráulicas. La figura 33 representa un barómetro, la 34 un termómetro y la 35 un higrómetro (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza. Fot.: M.S.S.).*

ensayo de renovación del discurso filosófico mediante la incorporación de las modernas corrientes científicas y filosóficas.

El *Compendio Mathemático* toma como modelo los cursos de carácter enciclopédico publicados en Europa en la segunda mitad del siglo XVII, principalmente por los científicos jesuitas y con fines didácticos. Tosca recurrió ampliamente a estos cursos y, en especial, al de Milliet Dechales, aunque no es en absoluto cierto que el *Compendio* sea una mera copia o versión castellana del *Cursus* del jesuita francés, como ya puntualizó muy oportunamente Íñigo[75]. El estudio detenido de la obra pone de manifiesto que el matemático valenciano utilizó una abundante literatura copiosamente citada, si bien, desde luego, no se trata de un trabajo original, ni tal era la pretensión de Tosca. Destaca, en particular, el especial cuidado por incorporar las aportaciones y trabajos de los autores españoles: Sebastián Izquierdo, Caramuel y Lobkowitz, Vicente Mut, José de Zaragoza y Hugo de Omerique sobre todo, expresión elocuente del esfuerzo por considerar, en la medida de lo posible, la tradición propia en las materias físico-matemáticas.

El primer volumen del *Compendio Mathemático* se inicia con una breve introducción a las disciplinas matemáticas, donde Tosca explica el objeto, la naturaleza y la división de estos saberes tal como se entendían en esta época. Así, las "puramente" matemáticas son geometría, aritmética, álgebra, trigonometría y logarítmica; y las físico-matemáticas, música, mecánica, estática, hidrostática, arquitectura civil, arquitectura militar, artillería, óptica, geografía, astronomía y cronografía. Entre estas últimas no incluye a la astrología, que Tosca no considera una ciencia, si bien le dedica un tratado en el que expone sus puntos de vista y reservas acerca de las doctrinas astrológicas. Todas las materias mencionadas son objeto de estudio, ocupando uno o varios tratados. Después aborda brevemente el «origen, progreso y utilidad de las matemáticas». Al referirse a la utilidad, señala (y aquí reconocemos ya el espíritu de Galileo y de la nueva ciencia):

> «Sin las matemáticas no se puede dar paso en la Filosofía natural con acierto: porque sin la Estática, ¿cómo se han de explicar los movimientos de los cuerpos graves, su aceleración y proporciones? ¿cómo la restitución de los compresos y tensos, en que está sin duda la mayor parte de los efectos de la naturaleza? Sin la Óptica, Dióptrica y Catóptrica, ¿qué se discurrirá en materia de los colores y de la luz sino tinieblas?».

Sin poder realizar aquí un análisis de la obra de Tosca, nos referiremos a algunos aspectos particulares e indicativos de su modernidad.

En lo que se refiere a las matemáticas puras, además de la claridad expositiva y del esfuerzo por hacer una presentación más didáctica de lo habitual de las obras de la tradición clásica, como los *Elementos* de Euclides, valiéndose para ello de las versiones aparecidas en el siglo XVII de autores como Milliet Dechales, Andreas Tacquet,

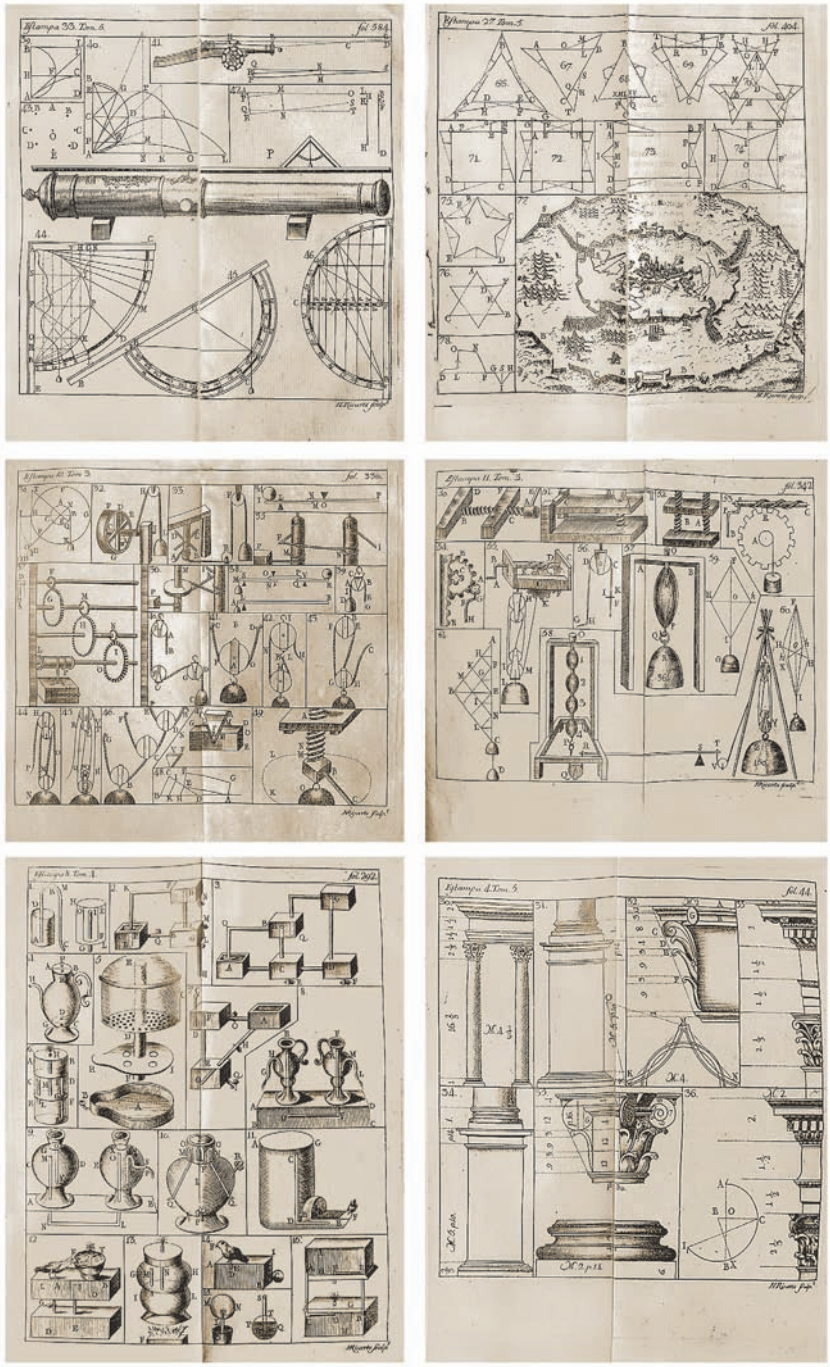
---

[75] Sobre el *Cursus* de Milliet Dechales, véase V. NAVARRO, 1978a y 1985, y A. NARDI, 1999.

Jacobo Kresa y "otros modernos", hay que destacar la inclusión de temas como la combinatoria, que no figura en el *Cursus* de Dechales. También merece señalarse la presencia del estudio geométrico de las cónicas, cuya importancia para la astronomía y la física moderna no necesita ser subrayada. Este estudio sí que lo incluyó Dechales y es la principal fuente de Tosca, si bien el *Compendio mathemático* es la primera obra en lengua castellana que trata este tema. Otros aspectos dignos de mención son la atención concedida al *Analysis geometrica* de Hugo de Omerique, del que Tosca ofrece un extracto, y el carácter moderno de la notación utilizada por Tosca en el álgebra, mucho más moderna que la de Dechales, así como el amplio uso en esta materia de los tratados de Michel Rolle y Jean Prestet, sobre todo en la resolución de ecuaciones y sistemas de ecuaciones. A través de estos autores, Tosca incorpora la teoría algebraica de ecuaciones con una incógnita de Descartes, pero no trata la geometría analítica de Descartes y Fermat. Sobre los trabajos de cálculo infinitesimal anteriores a Newton y Leibniz, Tosca sólo ofrece noticias aisladas.

La nueva ciencia del movimiento inaugurada por Galileo había sido objeto de muy escasa atención en la literatura científica española del siglo XVII. Por ello, una de las principales contribuciones del *Compendio* de Tosca es la presentación amplia y detallada de esta nueva ciencia de acuerdo con los ideales explicativos que la presidían: las matemáticas como lenguaje, y la observación y la experimentación como criterios metodológicos. Así, el tratado X está dedicado a la "estática", una «ciencia Physico-Matemática que averigua la proporción de los movimientos y el peso de los cuerpos graves». Para Tosca, de acuerdo con Galileo, la gravedad es una fuente de movimiento y es, asimismo, la única propiedad natural de los cuerpos. Por ello, es también la única fuerza natural del movimiento. En consecuencia, critica y rechaza la distinción aristotélica entre graves y leves y explica cómo con la gravedad pueden explicarse todos los movimientos de los cuerpos, con la consideración de la gravedad relativa de unos con respecto a otros. Estudia, además, los experimentos de Torricelli y Pascal, que ponen de manifiesto la gravedad y peso del aire, así como la caída libre de los graves, el movimiento de éstos por planos inclinados y los «funepéndulos o perpendículos». Además, en el tratado de artillería se ocupa del tiro de proyectiles, completando así el estudio del movimiento local de los graves según la línea marcada por Galileo en los *Discursos*. Por otra parte, además de la mecánica galileana, Tosca se ocupa en este mismo volumen de las cuestiones relacionadas con el equilibrio y el movimiento de los fluidos y los ingenios inventados para aprovechar la energía y las propiedades de éstos, así como de la descripción de los instrumentos de medida, como el barómetro y el termómetro. Examina con especial atención la «hidrometría e hidrografía; esto es, el movimiento, conducción y repartición de las aguas», basándose, además de en Castelli, Torricelli, Baliani, Milliet Dechales y otros autores, en la obra usada también por Corachán de Domenico Guglielmini.

La óptica fue otra de las materias que experimentaron importantes progresos en el siglo XVII, tanto teóricos como instrumentales, Tosca se hace eco de ellos, aunque



1.10. Láminas de los tratados de artillería, arquitectura militar, maquinaria, hidrometría y arquitectura civil *del* Compendio Mathemático *de Tosca. Uno de los aspectos más interesantes del tratado de maquinaria de Tosca es la aplicación de las propiedades de las máquinas para el estudio de la contracción muscular, aplicación inspirada en la obra* De motu animalium *de Giovanni Alfonso Borelli, seguidor de Galileo (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza. Fot.: M.S.S.).*

ignora la obra de Newton. Se ocupa de las teorías sobre la naturaleza de la luz, su propagación, las leyes de la óptica geométrica, algunas cuestiones de fotometría y la teoría de los colores. La influencia cartesiana en las ideas sobre la luz expuestas por Tosca es muy notable. Así, para el valenciano, la luz se propaga en línea recta «porque todo ímpetu mueve el cuerpo impelido por línea recta, mientras que otra causa más poderosa no le obligue a moverse por otra línea», lo que ilustra, como Descartes, con el ejemplo de la honda. En la teoría de los colores también sigue a Descartes, cuya explicación de la formación del arco iris incluye. En cambio, en la refracción propone una explicación más próxima a Grimaldi y Ango y afirma que la luz se mueve con mayor velocidad en el medio más raro que en el más denso. También se detiene a estudiar con detalle la gran conquista instrumental en este campo de la revolución científica: el telescopio y el microscopio, siguiendo a diversos autores, como Cavalieri, Zahn, Milliet Dechales o Eustachio Divini, este último uno de los primeros que desarrolló una tecnología para la producción de instrumentos ópticos diseñados científicamente.

En el tratado de astronomía, Tosca explica «el orden de la creación del mundo», siguiendo el Génesis, y expone las ideas atomistas o corpuscularistas que desarrolló más ampliamente en el *Compendium Philosophicum.* Así, nos dice que Dios llenó el cielo de un «quasi infinito número de corpúsculos, o átomos, sobre toda la imaginación humana sutilísimos, los cuales son la materia primera de todas las cosas corpóreas. También que Dios juntó en un lugar gran multitud de los corpúsculos más sutiles para formar un globo luminoso del que surgieron el Sol y las estrellas». Afirma que los cielos por donde se mueven los planetas son fluidos y están formados por materia sutil o éter que impulsa a los astros, aunque reconoce que los ángeles también colaboran de alguna manera, como el *Libro de Job* parece indicar. En el resto del tratado, Tosca ya no se ocupa más de la dinámica celeste, y se dedica a los modelos planetarios y a la astronomía y observación.

En conjunto, la parte del *Compendio* de Tosca dedicada a la astronomía (un tratado de astronomía, otro de astronomía práctica acompañado de tablas, además del estudio de los cometas y otros fenómenos en el tratado de meteoros) supera con mucho a todos los textos anteriores editados en España, incluida la *Esphera* de Zaragoza, constituyendo un buen manual del saber astronómico anterior a Newton. A través de él, los lectores españoles podían enfrentarse con los principales problemas de la astronomía de observación. Tosca, aunque no deja de mostrarse cauteloso ante la cuestión del movimiento de la Tierra, utiliza preferentemente el sistema copernicano para explicar los movimientos de los planetas. En ocasiones sorprendemos curiosos giros expositivos que revelan la difícil posición de aquellos hombres, obligados a someterse a, e incluso a interiorizar, las constricciones que imponían los dogmas eclesiásticos. Así, al hablar de las manchas solares dice Tosca que estos cuerpos se mueven alrededor del Sol llevados del «movimiento circular y vertiginoso del cuerpo solar sobre su centro; como también si la Tierra se moviese con este movimiento y estuviésemos en la Luna veríamos muchas máculas en la tierra, que son las nubes».

En el tratado de geografía, Tosca discute ampliamente la cuestión del movimiento de la Tierra, exponiendo una serie de argumentos a favor y en contra y siguiendo de cerca a Milliet Dechales. Como éste, refuta los argumentos mecánicos que tradicionalmente se oponían a dicho movimiento recurriendo a la interindependencia y composición de movimientos de la cinemática galileana. Finalmente, concluye que no habiendo ningún argumento decisivo ni a favor ni en contra del movimiento de la tierra, no hay ninguna razón por la que los textos de las Sagradas Escrituras que atribuyen el movimiento al Sol y la estabilidad a la Tierra deban dejar de ser interpretados en sentido literal, lo que no obsta para que pueda utilizarse el sistema de Copérnico en calidad de hipótesis o suposición.

Como hemos señalado, junto a la renovación de las disciplinas físico-matemáticas, Tosca abordó también el problema más arduo y complejo de renovar el discurso filosófico desde la perspectiva de las nuevas corrientes filosófico-científicas, redactando un *Compendium philosophicum*. Tosca era consciente de las dificultades de la empresa y las considerables resistencias que había que vencer. Según Mayans, su idea inicial era redactar la obra en castellano, desistiendo finalmente de ello, sin duda por razones tácticas, es decir, para hacer más respetable la obra entre los profesores universitarios[76]. En este sentido, tanto por el idioma empleado como por su estructura, el *Compendium philosophicum* se ajusta bien a los cursos tradicionales de filosofía, de orientación aristotélico-escolástica. Pero en cuanto a su contenido, el afán renovador de Tosca se hace evidente al lector atento. Consta de once tratados: los dos primeros corresponden a la lógica y a la metafísica general u ontología y el último a la metafísica especial; el resto está íntegramente dedicado a la filosofía natural. Tosca aborda los distintos temas de física y cosmología: la estructura de la materia, el concepto de lugar, posibilidad y existencia del vacío, el tiempo, el movimiento local y la teoría del choque, la caída de los graves, naturaleza y propagación de la luz y leyes de la óptica geométrica, cosmología y teoría de los elementos, fósiles y minerales, vegetales y animales. En cada tema o cuestión, el oratoriano expone las teorías y soluciones dadas por los filósofos y científicos del siglo XVII: Descartes, Galileo, Gassendi, Boyle, Grimaldi, Kircher, etc. En conjunto, esta obra se puede enmarcar en el proceso de renovación de la enseñanza de la filosofía natural que tuvo lugar en muchas universidades de Europa, a partir de la segunda mitad del siglo XVII, bajo la influencia del cartesianismo y la física prenewtoniana.

[76] Véase la biografía de Tosca por Mayans incluida en la segunda edición del *Compendium*.

BIBLIOGRAFÍA

APPLEBAUM, W.: «Keplerian Astronomy after Kepler: Researches and Problems», *History of Science*, 34, 1996, pp. 451-504.

BALDINI, U.: *Legem impone subactis. Studi su filosofia e scienza dei gesuiti in Italia, 1540-1632*, Roma, Bulzoni, 1992.

BERENGUER Y BALLESTER, P.: «Un geómetra español del siglo XVII», *Revista Contemporánea*, 5, 1895, pp. 449-457.

BIAGIOLI, M.: «The social status of italian mathematicians, 1450-1600», *History of Science*, 27, 1989, pp. 41-95.

BORDA, C. y ROBLEDO, L.: «José Zaragoza's box: Science and music in Charles II's Spain», *Early Music,* 26, 1998, pp. 391-413.

BOVER, J. M.: *Memoria Biográfica de los Mallorquines que se han distinguido en la antigua y moderna literatura*, Palma, 1842.

CAPEL, H.: «La geografía como ciencia matemática mixta. La aportación del círculo jesuítico madrileño en el siglo XVII», *Geo-Crítica*, n.º 30, Barcelona, 1976a.

—«Organicismo, fuego interior y terremotos en la ciencia española del siglo XVIII», *Geo-Crítica*, n.º 27-28, Barcelona, 1976b.

CEÑAL, R.: «El cartesianismo en España», *Revista de la Universidad de Oviedo*, 1945, pp. 3-95.

—«Juan Caramuel. Su epistolario con Atanasio Kircher», *Revista de Filosofía*, 12, 1953, pp. 101-147.

COTARELO VALLEDOR, A.: «El P. Zaragoza y la astronomía de su tiempo», en *Estudios sobre la ciencia española del siglo XVII*, Madrid, Asociación Nacional de los Historiadores de la Ciencia Española, 1935, pp. 65-223.

DEAR, P.: «Jesuit mathematical science and the reconstitution of experience in the early 17th century», *Studies in History and Philosophy of Science*, 18, 1987, pp. 133-175.

—*Mersenne and the Learning of the Schools*, Ithaca, Cornell University Press, 1968.

—*Discipline and Experience. The Mathematical Way in the Scientific Revolution,* Chicago, University of Chicago Press, 1995.

DOU, A.: «Matemáticos españoles jesuitas de los siglos XVI y XVII», *Archivium Historicum Societatis Iesu*, 66, 1997, pp. 300-321

FLETCHER, J.: «Astronomy in the life and works of Athanasius Kircher», *Isis*, 1970, pp. 42-67.

—«Athanasius Kircher and his correspondence», en *Athanasius Kircher und seine Beziehungen zum gelehrten Europa seine Zeit*, Wiesbaden, 1988, pp. 139-195.

GALLUZZI, P.: «Il Platonismo del tardo Cinquecento e la filosofia di Galileo», en P. ZAMBELLI (ed.): *Ricerche sulla cultura dell'Italia moderna*, Bari, 1973, pp. 37-79.

GAMBARO, I.: *Astronomia e techniche di ricerca nelle lettere di G. B. Riccioli ad A. Kircher*, Génova, Quaderni del Centro di studio sulla storia della tecnica del Consiglio Nazionale delle Ricerche, 15, 1989.

GARCÍA MARTÍNEZ, S.: *Els fonaments del País Valencià modern*, Valencia, Garbí, 1968.

GARMA PONS, S.: *Las aportaciones de Juan Caramuel al nacimiento de la matemática moderna*, tesis doctoral, Universidad de Valencia, 1978.

GIACOBBE, G. C.: «Epigono nel Seicento della *Quaestio de certitudine mathematicarum*: Giuseppe Biancani», *Physis*, 18, 1976, pp. 5-40.

GLICK, T. F.: «On the influence of Kircher in Spain», *Isis*, 62, 1971, pp. 379-381.

GRANT, E.: *Planets, Stars, and Orbs. The Medieval Cosmos, 1200-1687*. Cambridge, Cambridge University Press, 1994.

HARRIS, S. J.: *Jesuit Ideology and Jesuit Science: Scientific Activity in the Society of Jesus, 1540-1773*, tesis doctoral, University of Wisconsin-Madison, 1988 (UMI, Ann Arbor, 8901 168).

LERNER, M. P.: «L'entrée de Tycho Brahe chez les jesuites ou le chant du cygne de Clavius», en L. GIARD (dir.): *Les Jésuites à la Renaissance. Système éducatif et production du savoir*, París, PUF, 1995, pp. 145-187.

LÓPEZ PIÑERO, J. M.: *La introducción de la ciencia moderna en España*, Barcelona, Ariel, 1969.

—«Los comienzos de la Medicina y la Ciencia modernas en España en el último tercio del siglo XVII», en *Actas del Segundo Congreso Español de Historia de la Medicina*, vol. I, Salamanca, 1965, pp. 403-422.

—*Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Barcelona, Labor, 1979.

—«Juan de Cabriada y el movimiento "novator" de finales del siglo XVII. Reconsideración después de treinta años», *Asclepio*, 45, 1993, pp. 3-53.

LÓPEZ PIÑERO, J. M. y NAVARRO BROTONS, V.: «Estudio histórico», en J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii*: *La actividad científica valenciana de la ilustración*, 2 vols., Valencia, Diputación de Valencia, 1998, pp. 11-108.

LÓPEZ PIÑERO, J. M.; NAVARRO BROTONS, V. y PORTELA MARCO, E.: *Materiales para la historia de las ciencias en España, ss. XVI-XVII*, Valencia, Pre-textos, 1976.

LÓPEZ PIÑERO, J. M.; GLICK, T. F.; NAVARRO BROTONS, V. y PORTELA MARCO, E. (dirs.): *Diccionario Histórico de la Ciencia Moderna en España*, 2 vols., Barcelona, Península, 1983.

McKEON, R.: «Les débuts de l'astronomie de precision. 1. Histoire de la réalisation du micromètre astronomique», *Physis*, 13, 1971, pp. 225-288.

MAFFIOLI, C. S.: *Out of Galileo. The Science of Waters, 1628-1718*, Rotterdam, Erasmus, 1994.

MARTÍNEZ VIDAL, A. y PARDO TOMÁS, J.: «*In tenebris adhuc versantes*. La respuesta de los novatores españoles a la invectiva de Pierre Regis», *Dynamis*, 15, 1995, pp. 301-340.

NARDI, A.: «Un galileiano excentrico: Il gesuita François Milliet Dechales tra Galileo e Newton», *Archives Internationales d'Histoire des Sciencies*, 49, 1999, pp. 32-74.

NAVARRO BROTONS, V.: «La renovación de las ciencias físico-matemáticas en la Valencia pre-ilustrada», *Asclepio*, 24, 1972, pp. 367-370.

—*La revolución científica en España. Tradición y renovación en las ciencias físico-matemáticas*, tesis doctoral, Universidad de Valencia, 1978.

—«Juan Bautista Corachán y la enseñanza universitaria», *Estudios de Historia de Valencia*, Valencia, Universidad de Valencia, 1978, pp. 279-293.

—«Física y astronomía modernas en la obra de Vicente Mut», *Llull*, 2 (n.º 4), 1979, pp. 23-43.

—*Tradició i canvi científic al País Valencià modern (1660-1720): Les ciències Físico-Matemàtiques*, Valencia, Tres i Quatre, 1985.

—«El *Compendium Philosophicum* (1721) de Tosca y la introducción en España de la ciencia y la filosofía modernas», en A. ALBEROLA y E. LA PARRA (eds.): *La Ilustración Española. Actas del Coloquio Internacional celebrado en Alicante, 1-4 de octubre de 1985*, Alicante, Instituto Juan Gil Albert, 1986, pp. 51-71.

—«La ciencia en la España del siglo XVII: el cultivo de las disciplinas físico-matemáticas», *Arbor*, CLIII, n.º 604-605, 1996, pp. 197-252.

—«Descartes y la introducción de la ciencia moderna en España», en *La Filosofía de Descartes y la fundación del pensamiento moderno*, Salamanca, Sociedad Castellano-Leonesa de Filosofía, 1997, pp. 225-253.

—«Riccioli y la renovación científica en la España del siglo XVII», en M. T. BORGATO (ed.): *Giambattista Riccioli e il merito scientifico dei gesuiti nell'età barocca*, Florencia, Olschki, 2001, pp. 219-317.

—«La astronomía (siglos XVI-XVII)», en J. M. LÓPEZ PIÑERO (dir.): *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla*, vol. 3, Valladolid, Junta de Castilla y León, 2002, pp. 259-318.

—«De la filosofía natural tradicional a la física moderna (siglos XVI-XVII)», en J. M. LÓPEZ PIÑERO (dir.): *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla*, vol. 3, Valladolid, Junta de Castilla y León, 2002, pp. 383-437.

—«Tradition and Scientific Change in Modern Spain: The Role of the Jesuits», en M. FEINGOLD (ed.): *Jesuit Science and the Republic of Letters*, Cambridge, MA/London, The MIT Press, 2002, pp. 331-389.

—«El moviment "novator" de les ciències físico-matemàtiques», en J. VERNET y R. PARÉS (dirs.): *La ciència en la història dels Països Catalans*, vol. 2, Barcelona-Valencia, Institut d'Estudis Catalans-Universitat de València (en prensa).

NAVARRO BROTONS, V. y RECASENS GALLART, E.: «El cultiu de les disciplines físico-matemàtiques als anys centrals del segle XVII», en J. VERNET y R. PARÉS (dirs.): *La ciència en la història dels Països Catalans*, vol. 2, Barcelona-Valencia, Institut d'Estudis Catalans-Universitat de València (en prensa).

NAVARRO, V. y ROSSELLÓ, V.: «Antecedents i orígens de la renovació científica valenciana de la darrería del segle XVII», en G. BLANES, Ll. GARRIGÓS, A. ROCA y J. ARRIZABALAGA (coords.): *Actes de les IV Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 1997, pp. 609-619.

PASTINE, D.: *Juan Caramuel: Probabilismo ed Enciclopedia*, Firenze, La Nuova Italia Editrice, 1975.

PELSENEER, J.: «Une opinion inédite de Newton sur *l'analyse des anciens* à propos de *l'Analysis geometrica* de Hugo de Omerique», *Isis*, 14, 1930, pp. 155-165.

PESET LLORCA, V.: «El Doctor Zapata (1664-1754) y la renovación de la medicina en España», *Archivo Iberoamericano de Historia de la Medicina*, 11, 1960, pp. 35-93.

—«La Universidad de Valencia y la renovación científica española (1687-1727)», *Asclepio*, 16, 1964, pp. 214-231.

PINGRÉ, A. G.: *Cometographie*, 2 vols., París, 1783-1784.

PISSAVINO, P. (ed.): *Le meraviglie del probabile: Juan Caramuel (1606-1682). Atti del Convegno Internazionale di Studi*, Vigevano, Comune di Vigevano, 1990.

QUIROZ MARTÍNEZ, O. V.: *La introducción de la ciencia moderna en España*, México, Colegio de México, 1949.

RAVINA MARTÍN, M.: «Notas sobre la enseñanza de las matemáticas en Cádiz a fines del siglo XVII», *Gades*, 18, 1988, pp. 48-65.

RECASENS GALLART, E.: *La* Geometria magna in minimis *de J. Zaragoza. El centre mínim i el Lloc 5.e d'Appol·loni*, tesis doctoral, Universidad de Barcelona, 1991.

—«J. Zaragosa's "Centrum Minimum", an Early Version of Barycentric Geometry», *Archive for History of Exact Sciences*, 46, 1994, pp. 285-320.

—«*De locis planis*: un manuscrit inèdit de J. Zaragoza», en G. BLANES, L. GARRIGÓS, A. ROCA y J. ARRIZABALAGA (coords.): *Actes de les IV Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 1997, pp. 663-671.

—«Àrees i volums mínims a la geometria de J. Zaragoza», en J. BATLLÓ, P. DE LA FUENTE y R. PUIG (coords.): *V Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 2000, pp. 469-473.

—«Càlcul d'arrels d'equacions polinòmiques a l'*Arithmetica Universal* de Saragossà», J. BATLLÓ, P. BERNAT y R. PUIG (coords.): *Actes de la VII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 2003, pp. 167-163.

ROSSELLÓ BOTEY, V.: *Tradició i canvi científic en l'astronomía espanyola del segle XVII*, Valencia, Universitat de València, 2000.

—«L'astronomia de Juan Caramuel Lobkowitz (1606-1682)», *Cronos*, 5-6, 2002-2003, pp. 93-131.

RUFFNER, J. A.: «The curved and the straight: cometary theory from Kepler to Hevelius», *Journal for the History of Astronomy*, 2, 1971, pp. 178-194.

RUSSELL, J. L.: «Kepler's Laws of Planetary Motion, 1609-1666», *The British Journal for the History of Science*, 2, 1964, pp. 1-24.

SÁNCHEZ CANTÓN, F. J.: *Fuentes literarias para la Historia del arte español*, vol. V, Madrid, CSIC, 1941.

SARRALLE, J.: «Los matemáticos del Colegio Imperial», *Razón y Fe*, 156, 1957, pp. 421-438.

SCHÜLING, H.: *Die Geschichte der axiomatischen Methode im 16 und beginnenden 17 Jahrhundert,* Hildesheim, Olms, 1969.

SIMÓN DÍAZ, J.: *Historia del Colegio Imperial de Madrid*, 2 vols., Madrid, CSIC, 1952-59.

SOMMERVOGEL, C.: *Bibliothèque de la Compagnie de Jésus*, 11 vols., Bruselas, Oscar Schepens; París, Alphonse Picard, 1890-1900 (reimpresión facsímil, 12 vols., Lovaina, 1960).

SUMIDA JOY, L.: *Gassendi the atomist. Advocate of history in an age of science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982.

VAN DER VYVER, O.: «Lettres de J. Ch. della Faille, S. I., Cosmographe du roi à Madrid, à M. F. Van Langren, cosmographe du roi à Bruxelles, 1634-1645», *Archivium Historicum Societatis Iesu*, 46, 1977, pp. 72-183.

VAN HELDEN, A.: *Measuring the Universe. Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley*, Chicago, The University of Chicago Press, 1986.

VÁZQUEZ PAREDES, I.: «La geometría en el *Tratado de Arquitectura* de Jean Charles della Faille», *Revista Matemática Hispanoamericana*, 32, 1980, pp. 43-49.

VELARDE, J.: *Juan Caramuel. Vida y Obra*, Oviedo, Pentalfa, 1989.

WALLACE, W. A.: *Galileo and his Sources. The Heritage of the Collegio Romano in Galileo's Science*, Princeton, Princeton University Press, 1984.

WHITESIDE, D. T. (ed.): *The Mathematical Papers of Isaac Newton*, 8 vols., Cambridge, Cambridge University Press, 1967-1981.

WILSON, C. A.: «From Kepler's Laws, So-called, to Universal Gravitation: Empirical Factors», *Archive for History of Exact Sciences*, 6, 1970, pp. 89-170.

—«Kepler's derivation of the elliptical path», *Isis*, 5, 1968, pp. 5-26.

—*Astronomy from Kepler to Newton: Historical Studies*, London, Variorum, 1989.

2
Ciencia, técnica y poder

Siro Villas Tinoco
Universidad de Málaga

Es un lugar común que el desarrollo científico y técnico está en razón directa de la financiación que el Estado aporta a la comunidad investigadora. Pero el dinero no es la causa única, pues las genialidades no aparecen a voluntad, y los medios materiales deben ser complementados con otra serie de elementos que, organizados metódicamente y aplicados con la secuencia adecuada, obtienen una dinámica innovadora que relaciona el tejido social con la evolución científica y técnica.

Las interacciones y sinergias entre sociedad y ciencia son de gran complejidad, y ya desde el inicio de la Historia se produjo una serie de pares de fuerza, repetidos tan asidua y constantemente que alcanzan la categoría de paradigmas. Primero apareció la dualidad magia/poder, que luego devendría en religión-ciencia/poder, cuya misión fue sustentar el dominio político sobre una base ideológica, sin negar con esta afirmación la existencia de aspectos netamente espirituales, como la relación, obviamente asimétrica, entre el hombre y la divinidad. En segundo término se sitúa el binomio poder/invención técnica en formato de una nefasta constante bélica, ya que aquél necesita de la violencia institucional para mantenerse. Como corolario de tal simbiosis, los humanos que tenían inteligencias e ingenios sustantivamente poliorcéticos y subsidiariamente productivos, consiguieron el medro personal y la elevación social, vinculando muy estrechamente las mentes privilegiadas e innovadoras con el poder y estableciendo unos nexos clientelares que con el tiempo terminaron por institucionalizarse.

Al final del siglo XVII, mientras que los países más avanzados de Europa habían asumido la revolución copernicana y su corolario, representado por la teoría de la Gravitación Universal de Newton –una genial síntesis que culminaba el saber antiguo y abría un nuevo cosmos preñado de posibilidades científicas–, la Monarquía Católica agonizaba debido a su endogamia bisecular, poniendo de nuevo a Europa en guerra para instaurar la tesis del equilibrio europeo, evitando tanto la hegemonía castellana como la francesa. El triunfo de Felipe V en la guerra de Sucesión instauró la dinastía borbónica e implantó una política centralista con nuevas formas de ejercitar el poder, imponiendo un sistema institucional que afectaría positivamente al desarro-

llo técnico y científico de un reino que ya podemos denominar España con toda propiedad histórica[1].

Los gobiernos ilustrados fueron conscientes de que la transformación científica y técnica del país exigía la conjunción de cuatro factores: voluntad política, financiación, organización y recursos humanos, comprendiendo también que era necesario establecer una secuencia de actuación en que programación, seguimiento de proyectos y análisis de resultados eran *conditio sine qua non* para que España lograse un lugar significativo, si no preeminente, en el plano internacional. Esta voluntad de progreso no era novedad en sí misma, pues incluso en los peores momentos del XVII[2] el gobierno tuvo interés por recuperar el poder material y político que durante un siglo y medio había deparado a Castilla el estatus de gran potencia continental. El aspecto novedoso estribaba en que ahora se partía de unos supuestos racionales y no de un mero voluntarismo utópico.

Los ingentes recursos que el gobierno invirtió en ciencia y técnica asombraron a los extranjeros[3], aunque los resultados no fuesen tan satisfactorios como cabría esperar[4]. Con total propiedad se ha afirmado que la ciencia ilustrada hispana estuvo militarizada, aunque quizá no se ha insistido lo suficiente en que ésa era la única vía por la

[1] Los "Decretos de Nueva Planta" pretendían uniformar el sistema jurídico-político de toda la Monarquía Católica, transformándola en el Reino de España. En realidad, sólo se reformó (con desigual profundidad e intensidad) la Corona de Aragón, pues se respetaron íntegramente los fueros de Navarra y del País Vasco, así como algunos aspectos forales de Aragón, Cataluña, Mallorca y Valencia, porque eran más favorables a la Corona que las leyes castellanas que teóricamente servían como modelo para la unificación.

[2] La década de 1640 significó el nadir de la Monarquía Católica con los intentos de secesión de Nápoles, Sicilia, Portugal, Cataluña, Aragón y Andalucía. Pero incluso al final del siglo, cuando la incapacidad procreadora de Carlos II abocaba a un cambio de dinastía, todavía se detecta una línea de pensamiento "regeneracionista" que, arrancando de Olivares, recogió D. Juan José de Austria y prosiguieron el duque de Medinaceli y el conde de Oropesa, estando presente en el pensamiento de Saavedra Fajardo (*Idea de un príncipe-político cristiano representado en cien empresas*) y de Feliú de la Penya (*Fénix de Cataluña*).

[3] Humboldt, buen conocedor de la ciencia hispana y hombre de una amplísima experiencia científica, tras apreciar el saber botánico hispano afirmó: «Ningún Gobierno europeo sacrificó sumas más considerables para adelantar el conocimiento de los vegetales que el Gobierno español». A. L. DÍEZ TORRE, T. MALLO y D. PACHECO: «Introducción», en *De la Ciencia Ilustrada a la Ciencia Romántica*, Doce Calles, Aranjuez, 1995.

[4] Ch. Herrgen, químico y mineralogista que trabajó en España y efectuó una gran labor de investigación y difusión científicas, escribió: «Jamás podrá hacerse idea de este desgraciado país. Las sumas enormes que España gasta en fomentar la ciencia no se aplican en ningún lugar del mundo a estos fines. Pero a pesar de tanto gasto no se ha progresado nada por ahora: falta una dirección competente y faltan conocimientos en la cabeza de quienes tienen en las manos este asunto». E. BALAGUER PERIGUEL: «La ciencia y la técnica», en *Historia General de España y América*, Tomo X-1 (*La España de las reformas. Hasta el final del reinado de Carlos IV*), Rialp, Madrid, 1983, pp. 177-231.

que los monarcas hispanos podrían subordinar la ultratradicionalista ciencia española, que aún sostenía el sistema aristotélico-tomista y amenazaba con la Santa Inquisición a cuantos contradijesen el sacralizado geocentrismo[5].

La actualización de la ciencia y de la técnica precisaba un nuevo orden institucional e instrumentos legales para que el Estado funcionase como un sistema. Inicialmente no surgieron instituciones estrictamente científicas ni leyes para el desarrollo de la técnica, porque ambas se subsumían en los aspectos generales de la política ilustrada: la utilidad pública, el interés nacional y el fomento económico; después, cuando la infraestructura básica ya estuvo operativa, surgieron los centros específicamente científicos y técnicos.

La aportación financiera tenía que ser inmediata, porque el alumbramiento de la nueva ciencia se iniciaba en un contexto común de guerra civil y conflicto internacional, un motivo más sobre el ya mencionado de la resistencia ideológica para que el dinero se canalizase a través de las instituciones militares, únicas a salvo del efecto retardatario de los tradicionalistas que se oponían a los cambios. La simbiosis entre las instituciones militares y el desarrollo tecnocientífico impide cuantificar la inversión efectuada en la consecución de la nueva ciencia, pero se puede asegurar que fue muy cuantiosa durante toda la centuria hasta que llegó el colapso del sistema a finales del siglo.

Pero el capital humano no estaba a disposición del gobierno, pues desde mucho tiempo atrás Castilla no atraía cerebros como en los tiempos de Carlos V y de Felipe II, la técnica española andaba en horas bajas y los ingenieros tenían que formarse en academias situadas en los territorios europeos de la Monarquía; gran parte de ellos, además, encontraban mejor acomodo en las cortes europeas que en su país de origen, aquejado de graves problemas presupuestarios. Estas circunstancias obligaron a que, en los inicios del siglo XVIII, España tuviese que importar saberes, técnicas y organización productiva, por lo que en paralelo con el calificativo de "militar" la ciencia y la técnica de la Ilustración hispana deberían apellidarse igualmente como "importadas".

I

La situación de partida y los planteamientos políticos

De forma sintética se hará referencia a la situación de la Monarquía Católica a la llegada de los Borbones. Los componentes de la "Trilogía moderna", hambre, peste y guerra, por sí solos o en nefasta conjunción, tuvieron amplia repercusión en el deve-

[5] El Neoescolasticismo consolidó el maridaje entre el aristotelismo y la doctrina eclesial, de forma que negar que la Tierra era el centro del Universo no era sólo una aberración científica sino que constituía una declaración anticatólica, perseguible *ex officio* por la Inquisición.

Fernando VI (L. M. van Loo, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando)

Carlos III (copia de retrato de A. R. Mengs, ETSI de Minas de Madrid)

2.1. Dos monarcas destacables: Fernando VI (1713-1759) y Carlos III (1716-1788).
El rey ***Fernando*** *fue hijo de Felipe V y su primera esposa, María Luisa de Saboya. Accedió al trono de España en 1746, continuando las reformas iniciadas por su padre y haciendo de la neutralidad el eje de su política exterior. La intensa actividad de sus dos principales ministros, Ensenada y Carvajal, se sustanció en temas clave como la organización del Ejército y de la Marina, el Catastro de Ensenada, el Real Giro y el Concordato con la Santa Sede, unas reformas que alcanzaron desigual fortuna porque las iniciativas militares y religiosas se consolidaron mientras que las fiscales y financieras fueron abortadas por los estamentos privilegiados. En el ámbito colonial destaca el tratado con Portugal, que permutaba la colonia de Sacramento por unos territorios con reducciones jesuíticas. La creación de los departamentos y arsenales en El Ferrol, Cartagena y Cádiz, la apertura del puerto de Guadarrama, el inicio del Canal de Castilla y los viajes de estudio al extranjero fueron hechos técnicos relevantes del reinado. Muerto Carvajal y desterrado Ensenada, se produjo una etapa de mediocridad, debida también a la enajenación mental del rey.*
Carlos III, *hijo de Felipe V y de su segunda esposa, Isabel de Farnesio, ha sido el monarca ilustrado más valorado por sus realizaciones, pese a su carácter altanero. Tras 24 años de experiencia como Carlos VII de Nápoles, en 1759 sucedió a su hermano Fernando VI. Muy pronto infundió nuevos aires al gobierno con medidas para el control de los municipios, que eran la columna vertebral del reino. En 1766 los motines de Esquilache evidenciaron las resistencias de los estamentos privilegiados, pero designó competentes equipos ministeriales en que figuraban políticos como Floridablanca, Aranda, Campomanes, Múzquiz, Lerena, Azara y Jovellanos, que consolidaron el sistema gubernamentalista que desplazó al tradicional gobierno polisinodial. Elementos cruciales de su reinado fueron la expulsión de los jesuitas, una política de obras públicas muy activa, una diplomacia enfrentada al Reino Unido y cercana a la órbita francesa, así como la búsqueda de la paz en el Mediterráneo mediante tratados con las potencias musulmanas. Al final de su reinado la Ilustración española había alcanzado su máximo desarrollo, aunque no por ello las resistencias tradicionalistas habían sido vencidas.*

nir del XVII hispano, con cuatro epidemias de peste[6] y una serie de guerras que no cesaron ni siquiera tras el fin de la hegemonía castellana[7]. Pestes y guerras fueron precedidas o acompañadas por hambre, emigración, plagas y condiciones meteorológicas adversas[8], mientras que las crisis políticas[9] y económicas[10] dibujan un panorama en el que destacan dos temas, el neoforalismo y la sucesión al trono, que se verán brevemente porque ayudan a comprender el panorama posterior.

Historiadores de la Corona de Aragón[11] entendieron que en la segunda mitad del XVII, justo cuando la Monarquía Católica perdió el estatus de gran potencia europea,

---

6 Entre 1597 y 1602 tuvo lugar la "peste atlántica", con un saldo de medio millón de muertos. La segunda gran epidemia (1629-1630), la "peste milanesa", afectó esencialmente a Cataluña y Aragón; la tercera pandemia (1647-1654) entró por Valencia y llegó hasta Sevilla, que perdió la mitad de su población. La cuarta gran mortandad (1678-1684) retardó la recuperación demográfica, que en algunos lugares se habría iniciado hacia 1660 y en otros después de 1680.

7 Tras Rocroi (1643) la hegemonía hispana estaba sentenciada, pero hasta las paces de Westfalia (1648) y de los Pirineos (1659) la Monarquía Católica no cedió el liderato a Francia, que de inmediato declaró cuatro guerras, todas nefastas para Castilla. La última terminó en la Paz de Ryswick (1698), donde Luis XIV se mostró sumamente magnánimo, quizá para congraciarse con los vencidos y que éstos apoyasen a su nieto, el duque de Anjou y futuro Felipe V, en la sucesión del *Hechizado*.

8 Durante todo el siglo hubo hambres persistentes porque el retorno de una pequeña "edad de hielo" trajo inviernos muy fríos en que era imposible romper la capa de escarcha para sembrar, junto a los "veranos podridos", en que llovía cuando el cereal estaba por trillar, arruinando las magras cosechas que hubiesen dejado las plagas de langosta. También hay que recordar que la expulsión de unos 250.000 moriscos afectó a la demografía, a la producción agraria especializada y a las rentas señoriales.

9 Las privanzas de Nithard y de Valenzuela marcaron la máxima degradación del sistema de valimiento, y fueron seguidas por el fugaz ministeriado de D. Juan José de Austria (1677-79), del duque de Medinaceli (1680-85) y del conde de Oropesa (1685-91). Tras fracasar la iniciativa de los cuatro tenientes generales (poco conocida y que nunca volvió a repetirse), las banderías políticas camparon por sus respetos hasta que la inminente crisis sucesoria conformó dos facciones políticas: los partidarios del Archiduque, auspiciados por la reina Mariana de Neoburgo, y los afines a Francia, con el cardenal Portocarrero como figura destacada. F. BENIGNO: *La sombra del Rey. Validos y lucha política en la España del siglo XVII*, Alianza, Madrid, 1994.

10 Durante la mayor parte de la centuria la sobrepresión fiscal para financiar las guerras se tradujo en una inflación galopante, complementada por el frecuente recurso al "Medio General" (la suspensión de pagos por la Corona) y a la manipulación monetaria (el resello de las monedas duplicando su valor facial, lo que rebajaba a la mitad su poder adquisitivo). Por ello desaparecía la moneda argentífera y se elevaba el "Premio de la plata", que era el sobreprecio en piezas de cobre que había que pagar sobre el valor teórico de las mercancías que estaba tasado en la oculta moneda de plata. Cuando la inflación alcanzaba cotas financieramente inasumibles, el gobierno decretaba drásticas deflaciones que paralizaban temporalmente la producción manufacturera y el tráfico mercantil, llegando el desabastecimiento general y extendiéndose el hambre, lo cual desembocada en la llamada "Trilogía moderna". P. MOLAS RIBALTA: «Reactivación económica y cambios sociales en la Corona de Castilla», en *Historia de España.* Tomo XXVIII (*La transición del siglo XVII al XVIII. Entre la decadencia y la reconstrucción*), Espasa-Calpe, Madrid, 1993, pp. 605-660.

11 En primer lugar, el profesor J. REGLÁ CAMPISTOL: *Historia de Cataluña*, Alianza, Madrid, 1978.

las relaciones entre la Corte de Madrid y los reinos peninsulares se suavizaron en gran medida, en una especie de *entente cordiale* en la cual vieron un respeto gubernamental hacia los derechos y peculiaridades forales, así como un interés de los catalanes por participar en los destinos de la Monarquía. Estudios más recientes han cuestionado una interpretación tan favorable a los fueros, matizando su realidad y su base teórica[12], y el neoforalismo incluso se ha interpretado como un "federalismo a la fuerza", debido a la incapacidad castellana para imponer una política centralizadora a estos reinos, intención nunca desaparecida de la voluntad regia como se demostraría durante y tras la guerra de Sucesión.

El segundo tema, esta vez de índole estatal y consecuentemente de mayor calado internacional, fue la seguridad de que Carlos II finalizaría la dinastía Habsburgo, por su incapacidad de procrear, lo cual prefiguraba un tormentoso panorama en la sucesión al trono[13] e implicaba un doble frente: el conflicto internacional en Europa y la guerra civil peninsular[14].

La estructura social y el planteamiento ideológico hispano fueron los elementos determinantes de la situación finisecular que pervivieron durante el XVIII. La sociedad tenía un carácter estamental[15] y peculiaridades que no la hacían más inestable

---

12 P. MOLAS RIBALTA: *Catalunya i la Casa d'Austria*, Curial, Barcelona, 1996. F. SÁNCHEZ MARCOS: *Cataluña y el gobierno central tras la guerra de los Segadores, 1625-1679*, Universidad Autónoma, Barcelona, 1983.

13 Aunque Castilla ya no era la potencia dominante, la posibilidad de un Habsburgo de Viena en el trono resucitaba el fantasma de Carlos V, mientras que el triunfo del aspirante galo implicaría potenciar más todavía a la ya muy poderosa Francia. La tercera opción era el reparto pacífico de la Corona hispana y sus posesiones entre las potencias europeas (incluida Gran Bretaña), y la alternativa era una guerra europea que continuaría los desastres del siglo XVII. En su tercer testamento, Carlos II se decidía por el nieto de Luis XIV confiando en la potencia militar francesa para defender el imperio colonial, una decisión respetada por dos años. Pero la prepotencia del Rey Sol desató el conflicto internacional y una guerra civil hispana en que la Corona de Aragón, tras jurar como rey a Felipe V, se decantó por el pretendiente austríaco, en la creencia de que estaría más dispuesto a respetar sus fueros que el candidato francés.

14 La guerra de Sucesión ha sido objeto de innumerables simplificaciones, como la dualidad que opone a castellanos profilipinos frente a catalanes proaustracistas. Siendo la realidad infinitamente más compleja y matizada, proponemos sólo dos referencias que podrían ser sustantivamente ampliadas. H. KAMEN: *La guerra de Sucesión en España (1700-1715)*, Grijalbo, Barcelona 1974. P. VOLTES BOU: *La Guerra de Sucesión*, Planeta, Barcelona 1990.

15 La sociedad estamental: nobleza, clero y pueblo llano (que constituían tres grupos sociales cerrados teóricamente) era más permeable y menos homogénea de lo que sus tratadistas decían. La alta nobleza se dividía en títulos de Castilla (duques, condes y marqueses), con grandes diferencias de poder, riqueza y rango entre ellos, frente a una hidalguía pobre, imbuida de su nobilidad y gentilidad. En los eclesiásticos se diferenciaba un alto clero (obispos, abades, prebendados) noble, poderoso y rico, de un bajo clero (curas, capellanes y monjes) que sólo alcanzaban el nivel de subsistencia. Pero ambos grupos, nobleza y clero, compartían privilegios políticos, económicos y sociales, frente a un pueblo llano cuya misión era trabajar y mantener a los que les defendían con

que la de los países vecinos. El único elemento discordante para la estabilidad tradicional era la creciente burguesía, hombres del pueblo llano que habían obtenido un nivel de riqueza que les permitía comprar las ejecutorias de hidalguía y los títulos nobiliarios que el rey les otorgaba en premio a sus "servicios" financieros. Estos nobles "de privilegio" eran rechazados por los nobles "de sangre", que se sentían preteridos en el favor regio y abocados a la extinción por sus crecientes deudas y escasa capacidad reproductiva[16].

El elemento determinante de la paz social era la aceptación del sistema por todos sus componentes, si bien cada uno de los grupos lo asumía en función de sus intereses y creencias. El siglo XVII fue el "Siglo de Oro" del arte español y corresponde a la época del Barroco, concepto complejo que trasciende la inicial acepción artística para incluir una específica ideología religiosa que impregnaba las relaciones políticas y sociales[17]. La síntesis del modelo de sociedad barroca era la asunción acrítica de que la divinidad era fundamento de toda autoridad y organización humanas, tanto política como social; que el soberano era el representante de la divinidad en la Tierra y el clero un mediador imprescindible para alcanzar la salvación eterna, que sólo se lograba aceptando lo que Dios había dispuesto para cada uno, tanto si le había correspondido mandar como si le había tocado obedecer.

Ciertamente que a finales del Seiscientos la Monarquía Católica no aparecía en absoluto boyante en los aspectos económicos, políticos ni sociales; aunque tampoco se hallaba en un estado de suma postración, como afirmaron los hagiógrafos de la nueva dinastía borbónica, quienes pintaron una situación tan degradada que por comparación magnificaba los logros de los nuevos gobernantes. Porque más que una crisis estructural del sistema, el reino sufría la carencia de políticos capaces de hacer realidad una potencialidad latente que se mantenía inerte a la espera de unas directrices eficaces para emerger.

La situación científica y técnica finisecular presentaba un paralelismo acusado con lo dicho: un panorama desolador bajo el que las fuerzas renovadoras esperaban

---

la espada y les procuraban la salvación eterna con sus rezos. Este sistema se mantenía desde la Edad Media con dos elementos peculiarizadores en el período: una creciente barrera que separaba a los superiores de los inferiores y la incidencia, cada vez más poderosa y eficiente, de la riqueza como el disolvente universal de los fundamentos sociales tradicionales.

16 Y es cierto que la endogamia grupal y la esterilidad personal produjeron una gran concentración de los viejos títulos nobiliarios en un número decreciente de familias aristocráticas. M. C. IGLESIAS (dir.): *Nobleza y Sociedad en la España Moderna*, Fundación Central Hispano, Oviedo, 1997. A. MORALES MOYA: *Poder político, economía e ideología en el siglo XVIII español: la posición de la nobleza*, Universidad Complutense, Madrid, 1983.

17 J. F. BOUZA ÁLVAREZ: *El imaginario clásico. Edad de Oro, Utopía y Arcadia*, Ed. Universidad, Santiago de Compostela, 1993. J. A. MARAVALL: *La cultura del Barroco. Análisis de una estructura histórica*, Ariel, Barcelona, 1980.

Patiño (Rafael Tejeo, h. 1828; Museo Naval, Madrid, inv. 818)

Ensenada (Jacopo Amiconi, post. 1750; Museo del Prado)

2.2. Primeros secretarios de Estado procedentes de la Marina: José Patiño (Milán, 1666-La Granja, 1736) y Zenón de Somodevilla y Bengoechea, marqués de la Ensenada (La Rioja, 1702-Medina del Campo, 1781).

Durante la guerra de Sucesión, Felipe V nombró a ***Patiño*** *superintendente de Cataluña, constituyéndose en la figura esencial para la introducción de la Nueva Planta en el Principado. Como intendente general de Marina impulsó la fundación de la Escuela de Guardias Marinas de Cádiz, el astillero de la Carraca y el traslado de la Casa de la Contratación de Sevilla a Cádiz, dinamizando el comercio americano. A la caída de Ripperdá obtuvo la Superintendencia General de Rentas, acumuló las Secretarías de Marina e Indias, Hacienda y Guerra y culminó su ascenso en 1734 con la Primera Secretaría de Estado. Con él alcanzó el poder una primera generación de ministros hispanos que conjugaron los anhelos político-maternales de Isabel de Farnesio con el interés nacional. Cruelmente satirizado por la oposición aristocrática y agotado por el excesivo trabajo, tras su muerte fue sucedido por José del Campillo.*

Personalidad esencial en la recuperación mediosecular, que tuvo decisiva intervención en los reinados de Felipe V y Fernando VI, ***Ensenada*** *fue el paradigma de una nobleza de servicio, favor regio. Formado en la Administración naval, intervino en las campañas de Orán y Nápoles, servicios que le fueron premiados con el título de marqués. Ascendido a secretario del Almirantazgo, su actividad fue decisiva en la reconstrucción de la Armada hispana como intendente de Marina. Al frente de las secretarías de Hacienda, Guerra, Marina e Indias y de la Primera Secretaría de Estado, pretendió reformar la Administración, la Hacienda, el comercio, los astilleros y el Ejército, base imprescindible para mantener la neutralidad. Fue el más firme valedor de la Única Contribución, dando su nombre al Catastro de la riqueza de Castilla. Su compleja pugna con José de Carvajal se interpreta como un delicado equilibrio en política internacional que tuvo su paralelismo en el gobierno interior y que ofreció una alta efectividad, a pesar de su público enfrentamiento. Su regalismo condujo al Concordato de 1753, que obtuvo el Patronato Universal. Destituido por intrigas políticas, a la muerte de Carvajal fue amnistiado por Carlos III.*

una coyuntura política favorable para hacerse patentes[18]. El inicio de la decadencia pudo haber sido la real orden de Felipe II en 1559 que prohibía estudiar en Europa[19], dado el peligro de contaminación religiosa para los estudiantes, y su punto álgido quizá deba establecerse a partir de 1625, cuando la actividad de la Academia de Matemáticas de Madrid pasó a depender del Colegio Imperial, regentado por la Compañía de Jesús, y las cátedras de Matemáticas, Astrología y Náutica en la Casa de la Contratación de Sevilla pasaron a depender del Colegio de San Telmo. Pero debe distinguirse entre la total decadencia de la ciencia fisicomatemática, afectada por la polémica heliocentrista y la posterior síntesis newtoniana, y el bullir de la Medicina y disciplinas afines, en las que, si bien los estudios universitarios estaban sometidos a la tradición académica e intereses del Protomedicato, hubo un desarrollo marginal propiciado por diversos grupos de poder.

Esa actividad heterodoxa, nunca aceptada pero en diversa medida tolerada, tenía lugar en cónclaves regionales de muy diversas características, como a su vez lo eran su génesis y los grupos sociales que las protegían. Así, en Valencia apareció el filonobiliar del marqués de Villatorcas, mientras que en Barcelona el apoyo provenía de burgueses y de la municipalidad; el de Zaragoza floreció en torno a la "corte" que D. Juan José de Austria mantuvo durante su efímera etapa de gobierno; y en la capital hispalense emergió una tertulia que en 1700 se transformaba en la Regia Sociedad de Medicina y Otras Ciencias de Sevilla, por el apoyo cortesano del grupo del cardenal Portocarrero, que políticamente se decantaba por la opción francesa para la sucesión de Carlos II.

Madrid, por su condición de Corte y centro de irradiación del poder, fue donde se dio la gran batalla entre las dos posiciones antagónicas: los novatores para recuperar el terreno perdido frente a Europa y los tradicionalistas aferrados al neoescolasticismo como guardián de las esencias patrias. La *Carta Médico-Chímica* de Juan de Cabriada desató una tormenta política cuyo primer estadio duró de 1680 a 1715 y continuó con diversas alternativas hasta el final del siglo ilustrado. La tesis de Cabriada no surgía *ex nihilo*, pues estaba relacionada con los grupos precitados, que en su ímpetu renovador ignoraron la potencia de las fuerzas a las que se enfrentaban. No podemos especular con lo que hubiese pasado de ser otro el resultado de la guerra, pero la pugna por el desarrollo ilustrado evidencia que sin el cambio de dinastía la recupera-

[18] En este punto nos limitaremos a la síntesis mínima imprescindible para incardinar nuestra aportación. Véase la presentación de este volumen: SILVA SUÁREZ, Manuel: «Del agotamiento renacentista a una nueva ilusión»; y más precisamente sobre los "novatores", NAVARRO BROTONS, Víctor: «La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas».

[19] Esta afirmación, de aceptación generalizada entre los historiadores modernistas, ha sido más matizada que cuestionada por el profesor Kamen, quien entiende que no fue estrictamente obedecida, aunque no pone en duda la efectividad de la "pedagogía del miedo" a la que se refería Bartolomé Bennasar en referencia a la actividad del Santo Oficio.

ción de la ciencia española hubiera sido infinitamente más difícil de lo que, pese a todo, resultó[20].

Por lo que se refiere a los aspectos técnicos, el panorama es aún peor[21], aunque aquí las limitaciones no fueron tanto de carácter ideológico sino de índole material, pues las bancarrotas de la Real Hacienda imposibilitaron las subvenciones con que los Austrias mayores sostuvieron la vitalidad extraordinaria de la técnica en el XVI[22]. En realidad, sí aparecieron inventos, pero las innovaciones carecieron de apoyo oficial para prosperar, a pesar de que algunas pudieron ser decisivas para el desarrollo del país, como la sembradora de José Lucatelo[23], la amalgamación en caliente (quizá idea de Jerónimo de Ayanz[24], aunque divulgada por Alonso Barba), el molino azucarero de tres rodillos, las fundiciones siderúrgicas de La Cavada y Corduente, el tratado *Arte de fundición de los metales*[25] del citado Alonso Barba (1640) o la utilización de la pólvora para voladuras en la minería de Cardona y Almadén. Todas fueron iniciativas en una u otra forma fallidas, y no es casualidad que los estudiosos sitúen en 1659 el nadir de la técnica hispana, como si la pérdida de la hegemonía política fuese la causa de la atonía tecnológica del Reino en lugar de su indirecta consecuencia.

Tras el bosquejo de los precedentes procede plantearse la cuestión del fomento científico y técnico a partir de tres aspectos determinantes: las motivaciones del poder, la reorganización institucional y la formalización de una política científica. En primer lugar tengamos presente que ni la ciencia ni la técnica, en y por sí mismas, ocupaban un lugar de privilegio en la mente de los gobernantes ilustrados, pues la política de fomento –que incluía tanto la producción económica en general como la ciencia y la técnica en particular– tenía únicamente un valor instrumental y sometido a la política general del Estado. En correspondencia, tampoco los planteamientos teóricos suponían una cuestión sustantiva para los científicos e inventores, cuya meta era

---

20 G. STIFFONI: «Los "Novatores" y la "Crisis de la Conciencia Europea" en la España de la transición dinástica», en *Historia de España. La época de los primeros Borbones*, vol. XXIX** (*La cultura española entre el Barroco y la Ilustración*), Espasa-Calpe, Madrid, 1985, pp. 5-55.

21 Como puede comprobarse, por ejemplo, en F. J. AYALA-CARCEDO: *Historia de la Tecnología en España*, 2 vols., Valatenea, Barcelona, 2001. En buena parte de los artículos que conforman esta obra de síntesis se cita expresamente la decadencia técnica de la centuria, pero en la casi totalidad de ellos la idea queda implícita al tratar, cuantitativa o cualitativamente, las iniciativas correspondientes al tema de cada estudio.

22 N. GARCÍA TAPIA: *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 1989; S. VILLAS TINOCO: «Ciencia y Técnica en la Castilla de Carlos V», en *Estudios modernistas sobre el reino de Granada*, Universidad, Málaga, 2003, pp. 313-379.

23 Una máquina exhibida secretamente en Luxemburgo en 1663 ante el emperador Leopoldo, experiencia repetida al año siguiente en el Buen Retiro ante Felipe IV, quien le autorizó a producir y expender su invento en los dominios de la Monarquía Católica.

24 N. GARCÍA TAPIA: «El reto americano y el desarrollo de la ciencia y la técnica», en *Historia de la Tecnología...*, Valatenea, Barcelona, 2001, volumen I, pp. 81-83.

25 Reputado como la única obra metalúrgica original escrita en el siglo XVII.

Aranda (R. Bayeu, 1769; Museo Provincial de Huesca)

Floridablanca (F. de Goya, 1781; Museo Nacional del Prado)

2.3. Grande de España y "golilla" en la Primera Secretaría de Estado: Pedro Pablo Abarca de Bolea, conde de Aranda (Siétamo, 1719-Épila, 1798), y José Moñino, conde de Floridablanca (Murcia, 1728-Sevilla, 1808).

Aristócrata, militar, diplomático y gobernante, ***Aranda*** *fue un gran exponente de la intelectualidad ilustrada. Presidente del Consejo de Castilla y capitán general de Madrid durante el motín de Esquilache, actuó enérgicamente para mantener el orden, participando en la expulsión de los jesuitas. Como militar intervino en las campañas de Italia y Portugal, ejerciendo las capitanías generales de Valencia y Murcia. Reunificó los cuerpos de Ingenieros y Artilleros, creando la Sociedad Matemática Militar de Madrid. Fue embajador en Lisboa, Varsovia y París, desde donde conspiraba contra Floridablanca y defendía los intereses de España. En política colonial fue consciente de la necesidad de cambios profundos para prevenir su futura emancipación. En febrero de 1792 fue designado por Carlos IV primer secretario de Estado, pero sólo tuvo tiempo de eliminar la Junta Suprema de Estado antes de ser sustituido por Godoy.*

Máximo exponente del regalismo hispano, ***Floridablanca*** *inició su actividad como fiscal del Consejo de Castilla en el proceso del motín de Esquilache. Embajador en Roma, gestionó el breve que extinguía la Compañía de Jesús, lo que le valió el condado. En 1777 obtuvo la Primera Secretaría de Estado, presidiendo más tarde la Junta Suprema de Estado, una creación suya para coordinar las secretarías del despacho y que es considerada el precedente del actual Consejo de Ministros. Su regalismo suscitó la oposición del «Partido Aragonés», cuyo jefe nato era el también ilustrado –pero no regalista– conde de Aranda. Apoyado por Carlos III, culminó la centralización política hispana aunque no pudo consolidarla. Hizo reformas económicas y sociales que en ningún caso suponían una ruptura con el sistema estamental imperante. Intentó un entendimiento con el Reino Unido y la autonomía respecto a Francia, apoyando la guerra de Independencia de las colonias británicas de América del Norte. Confirmado por Carlos IV, la Revolución francesa desató el «Pánico de Floridablanca», que pretendió aislar a España del contagio revolucionario. Sustituido en 1792 por el conde de Aranda, fue desterrado aunque volvió a la política en 1808 como presidente de la Junta Suprema Central.*

la supervivencia económica y el ascenso social que obtendrían con el ejercicio de sus capacidades. El nexo entre el nivel político y el plano personal estaba determinado por una realidad inobjetable para los valores estamentales de la época: no todos los ingenios, ni siquiera los de mayor capacidad intelectiva o práctica, tenían garantizada la atención y menos aún la financiación oficial, pues sólo el acceso a los escalones inferiores del poder decisorio ya precisaba de apoyos clientelares para que una iniciativa fuese tomada en consideración.

No es fácil señalar las motivaciones internas de la política de fomento científico, habiéndose citado desde las de carácter globalizador y utilitarista[26], como pudiera ser la transformación de la naturaleza, hasta unos impulsos específicos para cada iniciativa o grupo de ellas[27]. Entre las tesis políticas aparece el victimismo borbónico, que pretendía recuperar la hegemonía perdida[28], o el militarismo puro y duro, que hallaría en los valores intrínsecos a la milicia (orden y estructuración jerárquica) instrumentos adecuados para una política centralista a ultranza[29]. El nacionalismo hispano y criollo aflora en diversos estudios[30], junto a la lucha de los científicos ilustrados contra el integrismo retrógrado[31]. La idea de "utilidad" ha sido precisada en el sentido de autoconciencia del científico, pero dentro de una concepción estamental de la sociedad[32]; y la de ampliación de fronteras, tanto de una forma literal referida a la soberanía nacional y al dominio del espacio[33] como en un sentido teórico[34]. También la pul-

[26] J. M. SÁNCHEZ RON: «Introducción», en *Ciencia y Sociedad en España: de la Ilustración a la Guerra Civil*, El Arquero/CSIC, Madrid, 1988.

[27] A. GUIRAO DE VIERNA: «Clasificación de las expediciones españolas a América durante el siglo XVIII según su finalidad y disciplina científica», en *La Real Expedición botánica a Nueva España*, 1987, pp. 17-24 y 297-298, ofrece un cuadro con motivos específicos en función del análisis documental.

[28] A. RUMEU DE ARMAS: «La política naval», en *España y el mar en el siglo XVIII*, Marinase, Madrid, 1988, pp. 21-51. Tras la primera etapa reivindicativa adquiriría mayor peso la política antibritánica, esencia de los "Pactos de familia".

[29] A. J. MORENO MENJÍBAR: «La microfísica del poder ilustrado español. Disciplinas y estrategias», en *IV Encuentro. De la Ilustración al Romanticismo. Carlos III: Dos siglos después*, Publicaciones de la Universidad, Cádiz, 1993, pp. 235-250.

[30] R. RODRÍGUEZ NOZAL y A. GONZÁLEZ-BUENO: «Las colonias al servicio de la ciencia metropolitana: la financiación de las "Floras Americanas" (1791-1809)», en *Revista de Indias*, vol. LV, 205, pp. 597-634. J. L. PESET: «La Naturaleza como "símbolo" en la obra de José Antonio Alzate», *Asclepio*, XXXIX, 1987-2, pp. 285-295.

[31] A. LAFUENTE: «Las políticas y los métodos de internacionalización de la ciencia española en el siglo XVIII», *Revista de Occidente*, 82, 1988, pp. 29-42.

[32] J. A. MARAVALL: «El principio de la utilidad como límite de la investigación científica en el pensamiento ilustrado», en *Estudios de Historia del pensamiento español. Siglo XVIII*, Mondadori España, Madrid, 1991, pp. 476-488.

[33] J. SALA CATALÁ: «La Ciencia en las expediciones de límites hispano-portuguesas. Su proyección internacional», *Dynamis*, 12, 1992, pp. 23-33.

[34] M. LUCENA GIRALDO: «Ciencia para la Frontera: las expediciones de límites españolas», *Cua-*

sión de la cooperación científica internacional, a veces con un sentimiento de inferioridad[35], habría constituido un acicate para la adquisición de una ciencia reexportable según el modelo difusionista[36], junto a la necesidad de precisar los límites del Imperio en un contexto internacional basado en el predominio colonial[37].

El innegable impulso económico pudo aparecer como proyecto agronómico[38] o en forma de política de buen gobierno[39], para lo que no sería óbice la inexistencia de explotación posterior del éxito puesto que ello se habría debido a carencias estructurales del sistema y a los políticos[40]. Tambien apareció la necesidad de un mercado nacional, de una comunicación global del Imperio[41] y un plan general de industrialización en el que surge el empresario en el XVIII español[42]. En esta panoplia de motivaciones caben también la tesis ilustrada para crear una conciencia científica como instrumento para el desarrollo social[43], la teoría antropológica donde la utilidad estaría contaminada por otros motivos: la gloria nacional y el honor científico, como claves de acceso al rango social al que aspiraban los científicos, técnicos, militares y

dernos Hispanoamericanos, diciembre, 1988, pp. 157-163; J. MUÑOZ PÉREZ: «Los Proyectos de España e Indias en el siglo XVIII: el proyectismo como género», *Revista de Estudios Políticos*, 81, 1955, pp. 169-175.

35 H. CAPEL: «Sobre ciencia hispana, ciencia criolla y otras ciencias europeas. (A manera de síntesis del coloquio)», *Asclepio*, XXXIX, 1987-2, pp. 317-336.

36 A. DÍEZ TORRE, T. MALLO y D. PACHECO: «Introducción», en *La Ciencia española en ultramar*, Doce calles, Aranjuez/Madrid, 1991, pp. 13-16.

37 J. PIMENTEL IGEA: «La expedición Malaspina en el Pacífico Sur (1792-1793): Ciencia y Política internacional durante la revolución Francesa», en *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, tomo III, PPU, Murcia, 1991, pp. 1.483-1.492.

38 J. FERNÁNDEZ, A. GÓMIS, J. LACALLE y F. PELAYO: «El aprovechamiento por parte de España de las materias primas agrícolas de América en los siglos XVIII y XIX: la polémica del cultivo del cacahuete», en *El científico español ante su historia. La ciencia en España entre 1750 y 1850*, Excma. Diputación, Madrid, 1980, pp. 201-221.

39 A. GONZÁLEZ-BUENO: «La utilidad de la flora americana en el proyecto expedicionario de la España Ilustrada», *Asclepio*, XLVII-2, 1995, pp. 79-90.

40 A. GONZÁLEZ-BUENO: *Plantas americanas para España. Génesis, desarrollo y ocaso del proyecto español de expediciones botánicas*, Editorial Complutense, Madrid, 2000, capítulo I.

41 J. JURADO SÁNCHEZ: «La carretera Madrid-Cádiz y la política de comunicaciones de los Ilustrados», en *IV Encuentro. De la Ilustración al Romanticismo. Carlos III: Dos siglos después*, Universidad, Cádiz, 1993, pp. 69-76.

42 A. GONZÁLEZ ENCISO: «La promoción industrial en la España Moderna: intervención pública e iniciativa privada», en *Industria y época moderna*, Actas, Madrid, 2000, pp. 15-45.

43 J. L. PESET y A. LAFUENTE: «Ciencia ilustrada e Historia de la Ciencia», en *El científico español ante su historia. La ciencia en España entre 1750 y 1850*, en *I Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias*, Excma. Diputación, Madrid, 1980, pp. 97-124.

Campomanes (copia de F. Bayeu, 1776, del retrato por A. R. Mengs; Real Academia de la Historia)

Jovellanos (F. de Goya, 1798; Museo del Prado)

2.4. Intelectualidad y política: Pedro Rodríguez Campomanes, conde de Campomanes (Tineo, 1723-Madrid, 1802), y Gaspar Melchor de Jovellanos (Gijón, 1744-Puerto de Vega, 1811). *Figura del regalismo,* ***Campomanes*** *destacó como político, economista e historiador, siendo el pilar jurídico de la política ilustrada. Asesor general de la Renta de Correos y Postas, y ministro togado del Consejo de Hacienda, pronto fue ascendido a fiscal del Consejo de Castilla, luego a consejero y más tarde a gobernador, y como tal presidió las Cortes de Carlos IV. Consejero de Estado desde 1792 hasta su muerte, con una importante formación clásica, estudió francés, italiano, latín, griego, árabe y hebreo, llegando a pertenecer a las academias de Historia y Jurisprudencia, instituciones que presidió. Prolífico escritor, redactó informes, memoriales y respuestas fiscales sobre agrarismo, carreteras, correos y sociedades de Amigos del país, de las que fue impulsor. Entre las obras que firmó destacan* Discurso sobre el fomento de la industria popular, Discurso sobre la educación popular de los artesanos y su fomento, Tratado de la regalía de amortización, Fuero de Población de Sierra Morena *y* Colección de alegaciones fiscales.

Literato, político y economista, ***Jovellanos*** *fue un destacado teórico de la Ilustración española. Estudió filosofía y derecho civil y canónico, pero sus contactos ilustrados cambiaron su vocación curial por la jurisprudencia. Su carrera política se inició como alcalde del crimen de la Audiencia de Sevilla, en la que fue nombrado oidor. La vinculación con el intendente Pablo de Olavide y su actividad en la tertulia sevillana le ubicaron definitivamente en el reformismo ilustrado. Trasladado a Madrid, fue nombrado alcalde de Casa y Corte y luego miembro del Consejo de Órdenes Militares, ingresando en la Junta de Comercio y Moneda y en la Sociedad Económica Matritense, una institución que le encargó importantes trabajos: el* Informe sobre el fomento de la marina mercante*, el* Informe sobre el libre ejercicio de las artes*, y el más conocido y trascendente: el* Informe en el expediente de la Ley Agraria*. Al estallar la Revolución francesa se le retiró a Asturias, siendo rehabilitado en 1797 por Manuel Godoy y nombrado ministro de Gracia y Justicia. Volvió a caer en desgracia en 1801 y fue desterrado al castillo de Bellver, de donde se le liberó antes del 2 de mayo de 1808, pasando a ocupar un cargo destacado en la Junta Central.*

marinos[44]. Entre los motivos intelectuales aparecen las ideas ilustradas dominantes como la perfectibilidad humana y la dinámica secularizadora[45].

II

Los instrumentos de la política de fomento

Los Borbones sustituyeron el obsoleto sistema de gobierno polisinodial por unas instituciones más operativas que perseguían la centralización y homogeneización de las estructuras del Estado[46], obviando el freno que suponían los particularismos forales, en parte desmantelados durante y tras la guerra de Sucesión por los llamados "Decretos de Nueva Planta"[47].

No es discutible la voluntad gubernamental de centralizar el poder, ni tampoco factible hallar una continuidad de acción que permita asegurar la existencia de un plan estructurado hasta sus últimos detalles. Por el contrario, se evidencia un coyunturalismo que adecuaba las iniciativas a las circunstancias que en cada situación permitían acelerar o ralentizar cambios profundos. A favor de la transformación jugaban la voluntad regia (con lo que en la época implicaba el carisma real), el trabajo de los equipos ministeriales (plasmado en una impresionante labor legislativa) y el favor de una Corte donde radicaba el poder efectivo por la cercanía al rey. En su contra hay que contar con el determinismo de la política internacional, las limitaciones financieras, la acción de los tradicionalistas y los personalismos políticos[48]. Al tratarse de un mero

---

[44] F. del PINO DÍAZ: «Utilidad y honor nacional en la Política Científica Ilustrada», en *Ciencia, Técnica y Estado*, Min. de Educación/Sociedad Española de Historia de las Ciencias, Madrid, 1990, pp. 31-43.

[45] M. C. IGLESIAS: «Educación y pensamiento ilustrado», en *Actas del Congreso Internacional sobre "Carlos III y la Ilustración"*, vol. III, Ministerio de Cultura, Madrid, 1989, pp. 1-30.

[46] El sistema polisinodial consistía en el gobierno mediante consejos, que eran de dos tipos: territoriales (Castilla, Aragón, Navarra, Indias, Italia, Portugal y Flandes) y temáticos (Estado, Guerra, Hacienda, Inquisición, Órdenes, Santa Cruzada). Era el sistema "judicialista" o "vía consultiva", porque actuaban como tribunales de justicia (con jueces oidores, fiscales, escribanos) que podían tardar años en resolver cuestiones urgentes. El modelo "gubernamentalista" o "vía reservada" gobernaba con las secretarías de Estado y del Despacho (Estado, Guerra, Marina e Indias, Justicia y Hacienda), que enlazaban al gobierno con los intendentes, gobernadores y corregidores de las poblaciones importantes, resolviendo los temas en semanas (o incluso en días cuando eran urgentes). Pero no hubo sustitución sino superposición, por lo que los consejos y las secretarías funcionaron en paralelo produciendo disfunciones, lo que da idea de la enorme dureza de la lucha por el poder entre las dos concepciones ideológicas.

[47] De 1707 a 1716 fueron derogados los fueros e instituciones de gobierno de los territorios de la Corona de Aragón, imponiéndoles los gobernadores políticos y militares, audiencias, intendentes y corregidores "según el modo de Castilla". Vid. nota 1.

[48] El desarrollo del proyecto ilustrado estuvo condicionado por la lucha de los partidarios del judicialismo –los colegiales apoyados por los jesuitas que regían los colegios mayores que formaban

corolario del gobierno general del Estado, la política de fomento sufrió constantes vaivenes, pero es factible descubrir un hilo conductor (el deseo de modernización) durante todo el siglo, aunque no falten fluctuaciones, inconstancias e incongruencias, tanto entre políticos cualificados como en los encargados de dirigirla "a pie de obra".

Las instituciones encargadas de la modernización fueron algunas de viejo cuño y las recién creadas, aunque estas últimas tuvieron mayor intervención en el tema. Por funcionalidad y operatividad las dividiremos en tres grupos: de gobierno, de enseñanza superior e investigación y otras de menor entidad, encargadas de potenciar las transformaciones y difundir las novedades a nivel popular.

Un indicador del grado de innovación existente en cada momento es el número y calidad de las propuestas llegadas a los organismos públicos en busca de un privilegio[49]; a tal efecto debemos citar en primer término al Consejo de Castilla[50], porque a él se remitían las iniciativas que solicitaban cédulas privativas de explotación. A fines del XVII esta competencia fue transferida a la Junta General de Comercio y Moneda[51], una institución cuya actividad trascendía su nombre, pues, siendo encargada de fomentar la riqueza del reino, lo hizo especialmente promocionando la artesanía y la protoindustria, siendo destacable que sus reuniones periódicas contaron con figuras representativas de la ciencia y la técnica[52].

La Primera Secretaría de Estado[53] recibió e informó diversas iniciativas técnicas que se le remitían, lo que permite suponer que pudieran constituir una parte de las

---

la elite intelectual nobiliar– contra los "manteístas" o gubernamentalistas –egresados de las facultades de leyes y cuyo único valedor era el rey–. En el plano ideológico, contra el proyecto ilustrado estaban los tradicionalistas: buena parte de la vieja nobleza, la gran mayoría del clero (excepto los obispos que eran "hechura del rey"), la Inquisición y la masa popular, cuyo apego a lo tradicional era absoluto. Por exclusión, cabe deducir que los ilustrados eran una "inmensa minoría", que consiguió una limitada transformación del sistema por su preparación intelectual, su capacidad de trabajo y el apoyo de los monarcas. También contó el trabajo y el tesón de algunas figuras políticas, aunque no todas –ni siempre– supieron anteponer totalmente los intereses de Estado a su afán de clientelismo y sus ambiciones personales.

49 N. GARCÍA TAPIA: «Los orígenes de las patentes de invención», en *Historia de la Tecnología en España*, vol. I, pp. 89-96.

50 J. FAYARD: *Los miembros del Consejo de Castilla (1621-1746)*, Siglo XXI, Madrid, 1982.

51 P. MOLAS RIBALTA: «La Junta General de Comercio y Moneda: la institución y los hombres», *Cuadernos de Historia. Anexos de la revista Hispania*, IX, 1981, pp. 1-36.

52 Personalidades consagradas como Jorge Juan y Antonio de Ulloa, junto a figuras de formación técnica reconocida como Juan Bautista Virio, García Fernández, Marcos Marín y López de Peñalver, no todas tan conocidas ni, obviamente, de la excepcional calidad intelectual del último de los citados; S. VILLAS TINOCO: «Aportaciones a la biografía profesional y técnica de Juan Luis López de Peñalver», en *Andalucía Moderna. Tomo II. Actas del III Congreso de Historia de Andalucía*, Cajasur, Córdoba, 2003, pp. 349-362.

53 M. V. LÓPEZ-CORDÓN CORTEZO: «La primera Secretaría de Estado: la institución, los hombres y su entorno (1714-1833)», *Revista de la Universidad Complutense*, 116, 1979, pp. 15-44.

2.5. Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. *Actualmente sede principal de la Universidad de Sevilla, fue un auténtico palacio rectangular para la manufactura, con 185 × 147 m, frente a los 207 × 162 de El Escorial (fot.: Luis y Francisco Arenas, Universidad de Sevilla).*

que anteriormente iban al Consejo de Castilla y que no se derivaran hacia la Junta General de Comercio, en función de luchas de poder y preeminencias institucionales. El otrora importante Consejo de Guerra[54] fue muy pronto preterido por la superior eficacia de las secretarías de Guerra y de Marina e Indias[55], donde llegaban, netamente separadas, las propuestas referentes a sus respectivos ámbitos de competencias y aquellas que, con independencia del tema, presentaba el personal de su nómina. La Superintendencia de Hacienda, con autoridad privativa en la acuñación de las monedas, esporádicamente incidió en temas técnicos financiando actividades propuestas

[54] F. ANDÚJAR CASTILLO: *Consejo y consejeros de Guerra en el siglo XVIII*, Universidad, Granada, 1996. J. L. BERMEJO CABRERO: «El Consejo de Guerra en el siglo XVIII», en *Estudios sobre la administración central española (siglos XVII y XVIII)*, 1982, pp. 61-73.

[55] G. FRANCO RUBIO: «La Secretaría de Estado y del Despacho de Guerra en la primera mitad del siglo XVIII», en *Sociedad, Administración y poder en la España del Antiguo Régimen*, Publicaciones de la Universidad, Granada, 1996, pp. 131-156; y «Civiles y militares en la alta administración española del siglo XVIII: La Secretaría de Estado y del Despacho de Marina», en *Monarquía Imperio y Pueblos en la España Moderna. IV Reunión de la Asociación Española de Historia Moderna*, C.A. del Mediterráneo/Universidad/A.E.H.M., Alicante, 1997, pp. 51-62.

por el Consejo de Castilla y, con menor frecuencia, iniciativas remitidas por otros ámbitos de la Administración, esencialmente en cuestiones referentes a la enseñanza profesional. De los organigramas de estas instituciones sólo conocemos los escalones superiores de su estructura jerárquica, estudiados por su relación directa en la política general; pero sus salas y cometidos sólo se intuyen por aproximación a los temas que les encargaban en los repartos internos[56]; y sobre las "mesas", la subdivisión orgánica inferior, tan sólo tenemos alusiones a las que ocuparon algunos militares al término de su servicio activo[57].

La necesidad de renovar las enseñanzas militares se puso de manifiesto ya en los inicios de la guerra de Sucesión, cuando Luis XIV tuvo que desplazar unidades galas para sostener el derecho de su nieto al trono español. El hecho de que las necesidades estratégicas fuesen un motor para la ciencia y la técnica estuvo muy relacionado con la idiosincrasia de los militares, con diferencia los más abiertos a las novedades, y con el pensamiento de los grupos políticos, tanto los instalados en el poder como los ubicados en la oposición, pues ninguno de ellos discutiría nunca la prioridad del gasto militar. El desfase entre el conocimiento de la insuficiencia técnica y las iniciativas para remediarla se debió al costo de las campañas bélicas, que tenían prioridad total sobre las inversiones necesarias para diseñar, organizar y poner operativas las instituciones de enseñanza militar. Pero la necesidad de solventar la carencia (que se traduciría en pasar del descrédito al prestigio internacional) era tan indiscutible que la preferencia para erigirlas frente a sus similares de carácter civil estaba fuera de toda discusión política e ideológica, como igualmente el hecho de que el costo del Ejército (mucho más en época de guerra) no era objeto de control político, lo que venía aconteciendo desde antiguo y constituye una circunstancia que siempre aprovechan los gobernantes.

La creación de los cuerpos y las compañías de artilleros, marinos, ingenieros y pilotos se superpone o precede a la aparición de las respectivas academias o escuelas militares, todas afectadas por tres problemas esenciales: la discusión de su estructura orgánica y de sus estudios; la precedencia entre los diferentes cuerpos; y el diferencial del estatus entre los valores tradicionales como el coraje y la clientela, y el "nuevo" aprecio por los saberes técnicos. Sólo nos detendremos en el primero de ellos, pero no sin recordar que el aprecio de la novedad redundaba en la potenciación del saber

---

56 Con la excepción de la Marina, donde la pugna entre el triunfante Cuerpo General y el postergado Cuerpo del Ministerio se resuelve documentalmente en favor del segundo. J. P. MERINO NAVARRO: *La Armada española en el siglo XVIII*, FUE, Madrid, 1981.

57 (A)rchivo (G)eneral de (S)imancas, Secretaría de Guerra Moderna, legajo 966. «Don Dámaso de Latre, Secretario de Vuestra Majestad y oficial en la octava mesa de la Secretaría de la Guerra», exponía un detallado currículo en el que relataba sus correrías por Europa en beneficio de Su Majestad y con peligro de su vida.

técnico del militar y –por caminos oblicuos– en la transformación de su ideología en un sentido cada vez más favorable a los cambios[58].

La historia de estas instituciones docentes muestra un continuo tejer y destejer, surgiendo centros que al poco tiempo se desdoblan por necesidades del servicio y más tarde desaparecen o se refunden por recortes financieros. La Academia de Guardiamarinas[59], el Observatorio Astronómico de la Armada[60] y las academias de Artilleros e Ingenieros[61], en particular la Academia de Matemáticas de Barcelona[62], fueron los centros más prestigiosos entre una pléyade de instituciones de menor entidad surgidas durante la centuria[63]. El problema de proveerlas de textos adecuados, en especial de matemáticas, y dotarlas de un reglamento de funcionamiento común fue abordado y parcialmente resuelto por Lucuze, cuyo texto y reglamento pervivieron durante decenios, lo que al mismo tiempo indica el nivel de anquilosamiento en que cayeron estas instituciones por la falta de una supervisión eficaz y la diferente valía de sus directores.

El pragmatismo inherente a la creación de estas instituciones no permite afirmar que fuesen capitales, per se, en la consecución de una ciencia ilustrada hispana; pero es indubitable que sus promotores pretendieron crear una infraestructura que mantuviese vivo el dinamismo de una investigación científica que, si bien pudiese contravenir las directrices reaccionarias de la ciencia oficial, no abocase al conflicto abierto

---

58 Informes de autoridades militares en la primera parte del siglo afirman orgullosamente ser "enemigos y contrarios a cualquier novedad", pero al verse obligados a conocer artilugios que suponían un avance en la ciencia militar, lo admitían con reluctancia. A partir de Carlos III estos mandos de formación y espíritu tradicional fueron enviados al inoperante Consejo de Guerra, siendo sustituidos por los oficiales formados en las academias, que demuestran su pasión por los inventos y las innovaciones.

59 M. A. SELLÉS: «La Academia y Observatorio de Marina», en *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Alianza, Madrid, 1988, pp. 173-186; e «Instituciones científicas ilustradas de la Marina», en *La Ciencia española en Ultramar. Actas de las I Jornadas sobre "España y las expediciones científicas en América y Filipinas"*, Doce Calles, Aranjuez, 1991, pp. 97-105.

60 A. LAFUENTE y M. A. SELLÉS: *El Observatorio de Cádiz*, Ministerio de Defensa, Madrid, 1988.

61 H. CAPEL, J.E. SÁNCHEZ y O. MONCADA: *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Serbal/CSIC, Barcelona, 1988; H. CAPEL: «Las Academias de Ingenieros», en *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Alianza, Madrid, 1988, pp. 187-204; D. HIGUERAS: «La primera Escuela especial de Ingenieros de la Armada», *Revista General de Marina*, 203, 1982, pp. 109-117.

62 *La Academia de Matemáticas de Barcelona. El legado de los ingenieros militares. 1720-1803*, Inspección General del Ejército, Barcelona, 2004.

63 Las extensiones en Orán y Ceuta de la Academia de Matemáticas de Barcelona, el Colegio Naval de Cádiz, la Escuela de Pilotos de la Armada y el Aula de Matemáticas de los Guardias de Corps, fueron instituciones con mayor o menor autonomía y tiempo de actividad que conformaron un tejido docente que apoyó la transformación interna de la intelectualidad y la ciencia de la España del XVIII, pese a su heterogeneidad y, en ocasiones, a una fratricida oposición.

con ella[64]. Transcurridos los primeros decenios, aparecieron las instituciones científicas de carácter civil, que, en especial las botánicas, debieron su dinamismo a expediciones científicas de carácter militar, lo que cierra el círculo de la interacción ciencia/milicia. Estos nuevos centros civiles de altos estudios tenían precedentes en instituciones que antaño habían disfrutado de una época de esplendor, pero que o habían desaparecido o arrastraban una vida lánguida y alejada de tentaciones renovadoras[65].

Las instituciones científicas civiles de patronato regio promovieron una ciencia institucionalizada con vocación de permanencia, aunque ya nacieron lastradas por una concepción carismática que obedecía a una lógica estamental inapelable. Así, los reales Gabinete de Historia Natural[66], Jardín Botánico[67], Gabinete de Máquinas[68], Escuela de Mineralogía y Laboratorio Químico-Metalúrgico de Madrid[69] encomendaron su dirección, investigación y docencia a científicos de constatada eficacia llegados desde Europa, como Fraçois Chabaneau, descubridor del sistema para obtener la maleabilidad del platino; Louis Proust, autor –en la Academia de Artillería de Segovia– de la Ley de las proporciones definidas (una de las primeras de la Química moderna), y Christian Herrgen, entendido en Química, Mineralogía y Electricidad, que, además de investigar y enseñar, difundió su saber en publicaciones científicas de prestigio internacional aunque de vida efímera. En estas instituciones se formó un plantel de científicos autóctonos de indudable valía como Ramón María Munibe, Juan José

64 Ejemplo paradigmático es el marino y científico Jorge Juan, que en 1748, gozando de gran reputación y de la protección regia, a su retorno de la expedición francoespañola de La Condamine tuvo problemas con la censura inquisitorial por referirse al heliocentrismo en sus *Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de Su Majestad en los Reinos de Perú*, debiendo recurrir a viejos artificios retóricos para que la obra pudiese aparecer una vez que fue expurgada.

65 Como los Reales Estudios de San Isidro, en la Corte, y los seminarios de nobles de Barcelona, Madrid, Valencia y Vergara, destinados a los hijos de la nobleza, todos dirigidos por la Compañía de Jesús, que monopolizaba la educación de los grupos dirigentes desde el siglo XVI hasta su expulsión en 1767.

66 A. GONZÁLEZ-BUENO: «El Real gabinete de Historia natural», en *Madrid, Ciencia y Corte*, CSIC, Madrid, 1999, pp. 247-251.

67 A. LAFUENTE: «El Real Jardín Botánico», en *Madrid, Ciencia y Corte*, CSIC, Madrid, 1999, pp. 253-259; F. J. PUERTO SARMIENTO: «El Real Jardín Botánico de Madrid en tiempos del reinado de Carlos III», en *Carlos III y la Ciencia de la Ilustración*, Alianza, Madrid, 1999, pp. 247-261.

68 J. LÓPEZ DE PEÑALVER: *Descripción de las máquinas del Real Gabinete*, Consejo Interministerial de Ciencia y Tecnología, Aranjuez, 1991; A. RUMEU DE ARMAS: *El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro*, Fundación Juanelo Turriano/Castalia, Madrid, 1990; Íd.: *Ciencia y tecnología en la España Ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos/Turner, Madrid, 1980.

69 A. RUMEU DE ARMAS: «La Real Escuela de Mineralogía de Madrid (1789-1808)», *Hispania*, 142, 1979, pp. 301-335.

de Eguía, Fausto y Juan José Elhuyar y Andrés del Río; y en las catalanas, Antonio Martí y Franqués, Francisco Santpons y Francisco Salvá y Campillo[70].

La expulsión de los jesuitas conllevó que algunos de sus centros de enseñanza pasasen al control de las sociedades económicas de amigos del país, y, junto a cátedras erigidas por los consulados de comercio, colegios náuticos de San Telmo de Sevilla y Málaga y la Escuela de Mecánica de la Junta de Comercio de Barcelona, constituyen la segunda línea de enseñanza, dotada de pragmatismo filoburgués que les llevó a enseñar disciplinas "útiles" y adaptadas al entorno económico: comercio, pilotaje, agricultura e idiomas, que complementaban los estudios básicos de doctrina cristiana, gramática, ortografía e historia. En algún caso aparecía el baile, como muestra de la inmutabilidad de la tradición incluso en los ambientes burgueses o filoburgueses[71].

Sobre las sociedades económicas de amigos del país[72] no resulta factible ahora profundizar en sus peculiaridades y cometidos, aunque sí indicar que fueron concebidas por los ilustrados como correas de transmisión para llevar a las capas populares su idea sobre la educación de los artesanos[73]. Pensadas como una unidad de acción integrada (sin matices ni adaptación al medio), el pragmatismo de su ideario programático –que pretendía preparar a los trabajadores trascendiendo los sistemas tradicionales– perseguía el progreso del agro y las manufacturas. En cuanto al primero de estos objetivos, hubo casos en que la producción agraria salió fortalecida por las iniciativas generadas en las discusiones societarias, pero en lo referente a la artesanía el fracaso fue absoluto, a pesar de los cambios habidos durante el siglo. Tras la primera etapa en que surgieron talleres de hilatura concebidos como complemento a las reales fábricas, llegaron las escuelas patrióticas vinculadas a las sociedades de amigos del país, desembocando finalmente en las escuelas-fábrica[74], entidades financiadas por

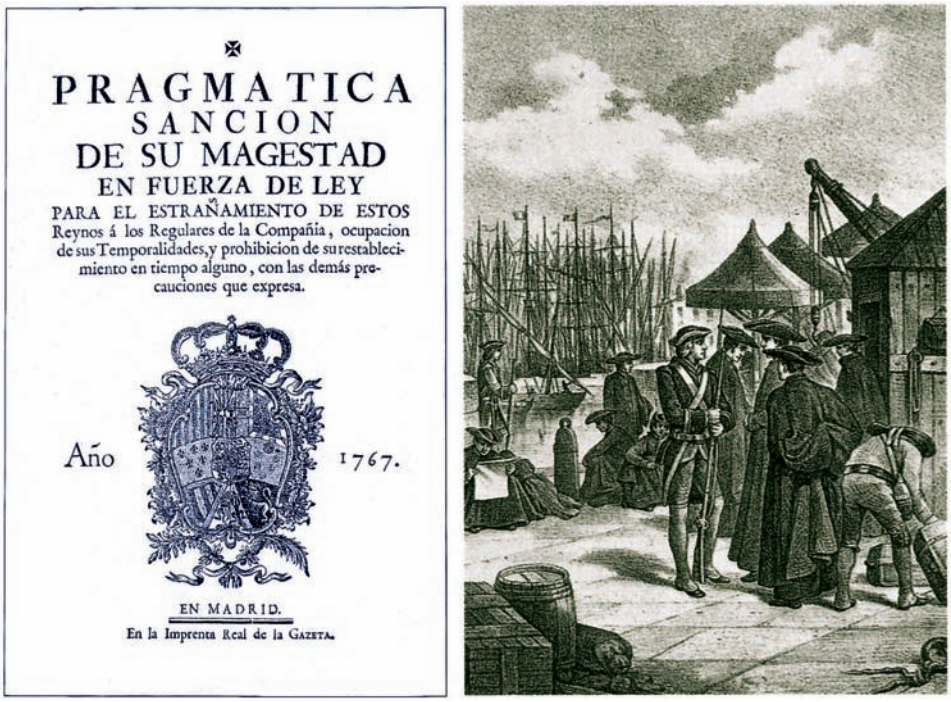
70 J. M. LÓPEZ PIÑERO, Th. GLICK, V. NAVARRO BROTONS y E. PORTELA MARCO: *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, 2 vols., Península, Barcelona, 1983.

71 M. BABIO WALLS: *El Real Colegio seminario de San Telmo, 1681-1981. Bosquejo de su fundación*, Escuela Universitaria, Sevilla, 1981. I. GRANA GIL: *El Real Colegio Náutico de San Telmo de Málaga*, Universidad, Málaga, 1995.

72 De una bibliografía extensísima seleccionamos: G. ANES ÁLVAREZ: «Oposición a los "Amigos del País" en la España de finales del siglo XVIII», *Hacienda Pública Española*, 87, 1984, pp. 199-208; M. C. CALDERÓN ESPAÑA: *La Real Sociedad Económica Sevillana de Amigos del País: su proyección educativa, 1775-1900*, Universidad, Sevilla, 1993; P. DEMERSON *et alii*: *Las Sociedades Económicas de Amigos del País en el siglo XVIII. Guía del investigador*, Patronato J. M. Cuadrado, San Sebastián, 1974; J. FERNÁNDEZ PÉREZ: «La ciencia ilustrada y las Sociedades Económicas de Amigos del País», en *Carlos III y la ciencia...*, pp. 217-232; VV. AA.: *Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País y su obra*, CSIC, San Sebastián, 1972.

73 P. RODRÍGUEZ CAMPOMANES: «Discurso sobre las escuelas patrióticas», en *Apéndice a la educación popular de los artesanos*, Madrid, 1775, tomo 2, parte I, pp. XXX-CCXVI.

74 J. HELGUERA QUIJADA: «Asistencia social y enseñanza industrial en el siglo XVIII: el Hospicio y las Escuelas-fábricas de Alcaraz, 1774-1782», *Investigaciones Históricas*, 1, 1980, pp. 73-106.


PRAGMATICA
SANCION
DE SU MAGESTAD
EN FUERZA DE LEY
PARA EL ESTRAÑAMIENTO DE ESTOS
Reynos á los Regulares de la Compañia, ocupacion
de sus Temporalidades, y prohibicion de su restableci-
miento en tiempo alguno, con las demás pre-
cauciones que expresa.
Año 1767.
EN MADRID.
En la Imprenta Real de la Gazeta.

2.6. Pragmática Sanción sobre el extrañamiento de los jesuitas de los territorios de la Corona de España, 1767. *Con anterioridad fueron expulsados de Portugal, 1758-59, y de Francia, 1764; en 1768, de Nápoles y al año siguiente de Parma. Merced a diversas presiones (las de los agustinos y dominicos, entre otras), la Compañía fue disuelta por Clemente XIV en 1773. Bastión de la Iglesia en la Contrarreforma, los jesuitas fueron considerados por diversos políticos ilustrados como un obstáculo a los principios regalistas. Su atribuida responsabilidad en el motín de Esquilache dio el pretexto para su expulsión en España.*

el Estado que en un supuesto futuro serían autosuficientes. El fallo primordial del sistema era su falta de flexibilidad, que no llegó a comprender la dificultad para que triunfaran estas iniciativas textiles en lugares que carecían de una industria dispersa previa.

No todas las Sociedades Económicas de Amigos del País desarrollaron un celo y una actividad similar: deben distinguirse las de Madrid, Valencia, Vergara y Zaragoza, que en diversa medida intervinieron en el desarrollo científico[75], mientras financiaban escuelas de primeras letras, talleres de hilado y colegios de náutica como el de Bilbao. La gran mayoría de estas sociedades tuvo una vida lánguida, al carecer de

[75] Las de Madrid, Zaragoza y Valencia analizaron iniciativas técnicas que llegaban al Consejo de Castilla; la zaragozana dotó cátedras de Economía Política (suscitando la enemistad de fray Diego José de Cádiz), Química y Matemáticas; y la de Vergara, dinamizó cátedras científicas donde trabajaron Chabaneau, Thumborg y los hermanos Elhuyar, descubridores del wolframio.

arraigo en el contexto social en el que fueron erigidas, fundamentalmente por la presión oficial.

Una característica de la Ilustración española fue la profusión normativa, cuya obsolescencia se producía a velocidad acelerada por la confluencia de circunstancias concatenadas: la necesidad de cambiar la realidad hispana para adecuarla al modelo europeo; la actividad febril y el personalismo de muchas figuras políticas; los conflictos de poder en las clientelas cortesanas y las disfunciones en la actividad institucional, en gran medida surgidas por conflictos de preeminencias. De estas motivaciones de base, esencialmente políticas y sociales y sólo subsidiariamente racionalistas, se deriva la decepción que produce analizar la documentación básica buscando referencias al avance científico y técnico, tanto en la que se refiere a las instituciones políticas y militares (lo que tiene una cierta lógica interna), cuanto la que concierne a la producción económica de carácter civil e intentos de modificación normativa que no llegaron a tomar cuerpo.

Por eso sólo nos detendremos en las "Instrucciones" que para la producción y prueba de los cordajes y lonas que se confeccionaban para la Marina realizó Jorge Juan en torno a 1750, ordenanzas que presentan una minuciosidad extrema y abarcan desde el análisis de la materia prima y su rendimiento económico hasta las pruebas a que eran sometidos los diversos fabricados. El protocolo, exhaustivo, describe cada prueba, las condiciones en que debía ser realizada, los instrumentos por utilizar y el esfuerzo máximo que debían soportar los materiales antes de su ruptura[76]. Pero no abunda la normativa científica y técnica, siendo representativo a tal efecto un informe referido a la Academia de Primera Educación, cuyo articulado es sumamente prolijo en lo referente a temas de organización interna y absolutamente nimio en lo específico al proceso educativo[77].

III

Los medios: información, habilidades e incentivación

Que la información es poder ya era perfectamente conocido por los políticos del XVIII; y una vez tomada la decisión de dinamizar la ciencia y la técnica, tras erigir la base institucional y promulgar la normativa precisa, acceder al saber europeo constituía la iniciativa inmediata, una tarea a la que se pusieron empleando todos los siste-

---

76 AGS, Secretaría de Marina, legajo 319: «Reglamento de D. Jorge Juan para la fábrica de lonas. Carta de fecha 23 de diciembre de 1750»; «Reglas que se deben seguir en la construcción de la jarcia», El Ferrol, 20 de septiembre de 1751; y «Reglas que se deben observar en la construcción de las lonas de la Real Fábrica de Sada», El Ferrol, 21 de septiembre de 1751.

77 (A)rchivo (H)istórico (N)acional, Estado, legajo 3215, libro I, expediente 220, año 1797: «Estatutos de la Real Academia de primera Educación y Reglamento de Escuelas de Primeras Letras», Madrid, 7 de junio de 1797.

mas a su alcance. El conocimiento se crea, se transfiere, se compra o se roba, y aunque a medio y largo plazo la primera vía es la más adecuada, presenta como inconveniente su excesiva lentitud, una limitación que nunca se adecua al deseo de los gobernantes, necesitados de realidades tangibles en el menor plazo posible. Como un ejemplo inicial de creación y cooperación científica existió la expedición francohispana de La Condamine, en la que Jorge Juan y Antonio de Ulloa hicieron sus primeras armas como científicos[78] iniciando una larga serie de viajes de trascendencia indudable[79]. Tal fue el camino lento y costoso elegido para la ciencia, en el que destacaron especialmente los botánicos hispanos[80].

Para incorporar las innovaciones técnicas europeas se financiaron los viajes de estudio y las comisiones[81], cuyos límites son difíciles de definir. En ambos casos era preciso disponer de los medios necesarios para sustentarse sobre el terreno y ése era uno de los cometidos de los agregados de embajada que recibían a los viajeros, los relacionaban con los medios científicos y técnicos del país y más tarde remitían sus informes por los canales diplomáticos. En tal ocupación las embajadas eran instrumentos de relación interestatal que permitían a los gobiernos amigos transferirse conocimientos y establecer vías de cooperación científica y técnica, aunque con el inconveniente de unos resultados bastante limitados. Para obviar tal dificultad, las legaciones disponían de otro personal cuya misión era obtener la transferencia de técnicas e inventos a cualquier precio y por cualquier medio, lícito o ilícito.

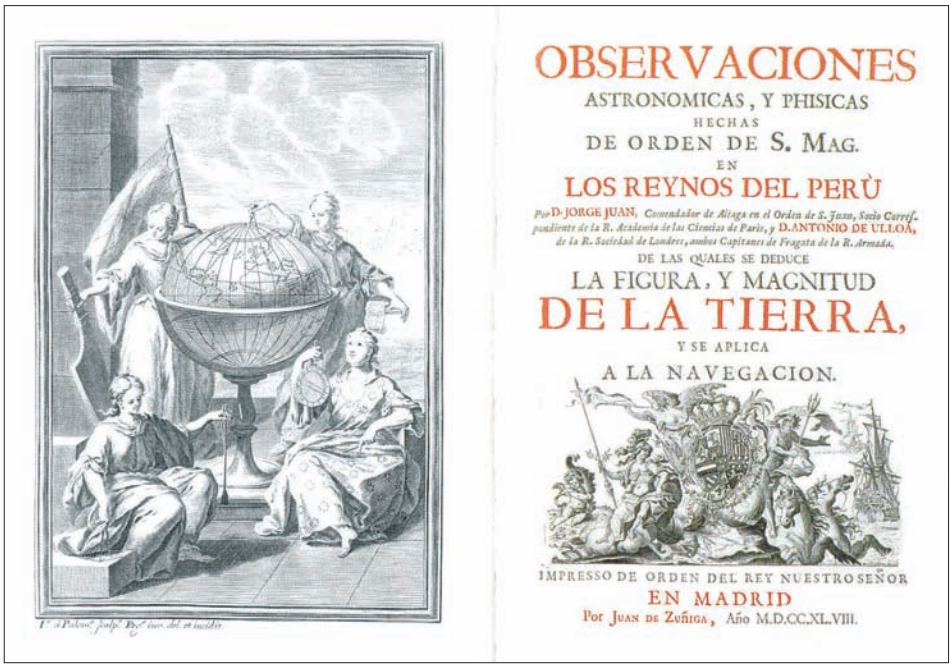
---

78 M. CASADO ARBONIÉS: «Bajo el signo de la militarización: las primeras expediciones científicas ilustradas a América (1735-1761)», en *La ciencia española en ultramar*..., pp. 19-47.

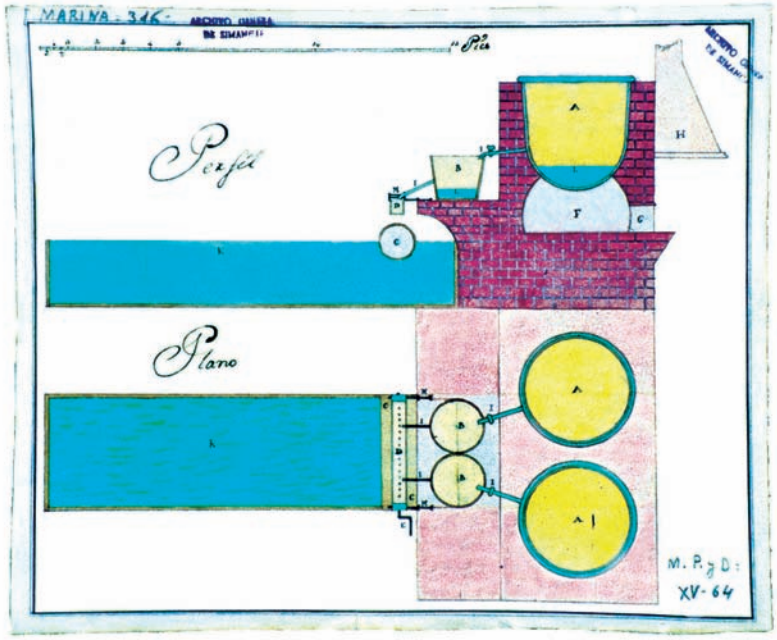
79 S. BERNABÉU ALBERT: «"Ya les vino el Plus Ultra": las expediciones al Noroeste de América durante el reinado de Carlos III», en *La ciencia española en ultramar*..., pp. 287-299. M. LUCENA SALMORAL: «Las expediciones científicas en la época de Carlos III (1759-88)», en *La ciencia española en ultramar*..., pp. 49-63. M. P. GUTIÉRREZ LORENZO: «Expediciones en tiempos de Carlos IV», en *La ciencia española en ultramar*..., pp. 65-77. J. PIMENTEL IGEA: «La expedición de Malaspina en el Pacífico Sur (1792-1793): Ciencia y Política internacional durante la revolución Francesa», en *Actas del V Congreso de la Sociedad española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, tomo III, PPU, Murcia, 1991, pp. 1.483-1.492.

80 M. FRÍAS NÚÑEZ: *Tras El Dorado vegetal. José Celestino Mutis y la real expedición botánica del nuevo Reino de Granada (1738-1808)*, Diputación, Sevilla, 1994; A. GOICOETXEA MARCAIDA: *La botánica y los naturalistas en la Ilustración vasca*, Real Sociedad Vascongada de Amigos del País, San Sebastián, 1990; J. F. QUINTANILLA: *Naturalistas para una corte ilustrada*, Doce Calles, Aranjuez, 1999; A. GONZÁLEZ BUENO y R. RODRÍGUEZ NOZAL: *Plantas americanas para la España ilustrada. Génesis, desarrollo y ocaso del proyecto español de expediciones botánicas*, Editorial Complutense, Madrid, 2000; X. LOZOYA.: *Plantas y luces en México. La real expedición científica a Nueva España (1787-1803),* Ediciones del Serbal, Barcelona, 1984; Luis VILLAR (coord.): *Homenaje a Martín de Sessé y Juan del Castillo, naturalistas jacetanos del siglo XVIII*, Instituto de Estudios Altoaragoneses (DPH) e Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Huesca, 1993.

81 También hubo viajes internos para allegar datos referidos a flora, fauna, riquezas minerales y artísticas, pues, en cuanto a la ciencia y la técnica, el terreno por prospectar era totalmente baldío, y ellos lo sabían.



OBSERVACIONES
ASTRONOMICAS, Y PHISICAS
HECHAS
DE ORDEN DE S. MAG.
EN
LOS REYNOS DEL PERÙ
Por D. JORGE JUAN, Comendador de Aliaga en el Orden de S. Juan, Socio Corref. pondiente de la R. Academia de las Ciencias de Paris, y D. ANTONIO DE ULLOA, de la R. Sociedad de Londres, ambos Capitanes de Fragata de la R. Armada.
DE LAS QUALES SE DEDUCE
LA FIGURA, Y MAGNITUD
DE LA TIERRA,
Y SE APLICA
A LA NAVEGACION.
IMPRESSO DE ORDEN DEL REY NUESTRO SEÑOR
EN MADRID
Por JUAN DE ZUÑIGA, Año M.D.CC.XL.VIII.



2.7. Entre la actividad científico-técnica y el espionaje: *1) Jorge Juan y Antonio de Ulloa:* Observaciones Astronómicas, y Physicas hechas de orden de Su Majestad en los Reynos del Perú, *Madrid, 1748; 2) Plano de máquina para blanquear cera, enviado junto con modelo por Jorge Juan durante su misión como espía industrial en Londres (Archivo General de Simancas, M. P. y D. XV-64, Leg. Marina, 316).*

El espionaje, tanto militar como técnico, tenía milenios de antigüedad, por lo que existían sistemas de contraespionaje en las naciones más avanzadas técnicamente, cuya actividad remarcan los viajeros al ponderar el peligro de sus misiones. Un paradigma de espía industrial fue Jorge Juan[82], cuya actividad en el Reino Unido sobresalió por la información remitida y por sus gestiones para que cualificados artesanos emigrasen a trabajar a España[83]. No obstante, ni éste, ni Ulloa, ni ninguno de cuantos les siguieron en tan peligrosa actividad lograron siquiera acercarse a lo considerado como la "tecnología punta" del momento: los cronómetros de Harrison para la Marina y la siderurgia del carbón mineral desarrollada por Darby[84].

Resulta tan interesante como curiosa la actividad de los espías, no sólo hispanos sino de todas las naciones, que se movían por las cortes europeas a la caza y captura de secretos militares e industriales, propiciando un "mercado" de innovaciones en el que se movían aventureros y timadores, que pretendían enriquecerse a costa de los agentes urgidos por sus gobiernos para conseguir resultados tangibles[85]. La carencia de efectivo y la cautela de las autoridades hacían fracasar algunas tentativas fraudulentas, pero en Londres era vox pópuli que los enviados del rey de España eran, con gran diferencia, los más espléndidos entre los agentes europeos.

Se ha citado la deficiente formación científica que presentaban los universitarios y militares hispanos al comienzo de la centuria, pero no era menor el déficit de las obras de referencia e instrumentación[86]. De hecho, la construcción y el manteni-

---

82 A. LAFUENTE y J. L. PESET REIG: «Política científica y espionaje industrial en los viajes de Jorge Juan y Antonio de Ulloa (1748-1751)», *Mélanges de la Casa de Velázquez*, XVII, 1981, pp. 233-262.

83 Entre la maquinaria, instrumentos, mecanismos e instalaciones de las que el marino remitió noticias, dibujos, memorias detalladas e incluso modelos, figuran máquinas para la limpieza de fondos marinos; instrumentos e ingenios operativos en los arsenales británicos; diques, hornos, grúas, cabrestantes y otros diversos aparatos para arbolar y desarbolar navíos; máquinas para blanquear cera; modelos de arsenales y diques para carena de navíos. Múltiples informaciones, en AGS, Secretaría de Marina, legajo 316.

84 En 1805 un circunstanciado informe de dos científicos españoles aseguraba formalmente la imposibilidad de conseguir arrabio utilizando carbón mineral como combustible para los altos hornos, afirmando que tal noticia no podía ser sino una intoxicación informativa de los servicios secretos de Su Graciosa Majestad para confundir a sus enemigos.

85 Las tortuosas relaciones entre el espía español Dámaso de Latre y el aventurero, presuntamente italiano y noble, conde Baldini tienen tanto de novela de misterio como de folletín bufo. S. VILLAS TINOCO: «Epígonos de Jorge Juan y Antonio de Ulloa: sobre el espionaje español en Europa», en *Estudios en Homenaje a la Dra. M. I. Pérez de Colosía* (en prensa).

86 El tema estaba relacionado con la deficiente formación teórica y práctica de los mecánicos y no era un problema exclusivamente hispano, pues grandes científicos del XVII (Galileo, Huygens, Leibniz, Pascal, Torricelli, Von Gericke) se fabricaban sus propios instrumentos; Newton, aunque con cierta renuencia, construyó su propio telescopio reflector, y Hooke comenzó como ayudante e instrumentista de sir Robert Boyle, porque el trabajo manual, por muy técnico que fuese, no figuraba entre las actividades honorables de un científico aristócrata.

miento de los instrumentos de precisión fue un problema constante durante toda la centuria, que no pudo resolverse pese a los intentos para montar la infraestructura correspondiente, bien trayendo a maestros para diseñarlos y construirlos, o enviando personal a Inglaterra para adquirir la formación precisa[87]. Por eso, durante el siglo ilustrado la importación de instrumentos fue una constante de la Corte de Madrid, primero destinados a la Marina y el Ejército y luego a las instituciones científicas civiles, aunque a veces incluyó elementos para disfrute de la regia familia[88]. Londres fue la principal fuente de abastecimiento, y la relación de proveedores y artículos forma una serie interminable[89], pudiéndose observar tres etapas diferenciadas: la primera corresponde al reinado de Fernando VI, que es la más estructurada y coherente; la segunda, a la década de 1760-70, como un período de reorganización; y finalmente la década de 1780, cuando las compras fueron masivas.

Junto a los instrumentos interesaban las obras de referencia; en este caso ignoramos cuáles fueron adquiridas, aunque sabemos las que concitaron la atención de Dámaso de Latre: libros de álgebra, astronomía, dióptrica, fortificación, hidrostática, historia natural, matemática, micrografía, óptica, ornitología y trigonometría, siendo de destacar, por la fecha de edición, un ejemplar de los *Principia* de 1726 y la colección de las *Philosophical Transactions*, entre 1672 y 1752[90]. Con los instrumentos y libros se importaron útiles y herramientas, y junto a las bombas antiincendios y otras novedades técnicas, como un nuevo arado (del que no se obtuvo utilidad alguna, como ocurrió con inventos similares hispanos)[91], llegaron algunas herramientas de carpintería que habían sido inventadas por los ebanistas del antiguo Egipto.

---

87 A. SELLÉS: «El problema de la construcción de instrumentos náuticos en la España del Setecientos», en *Actas del V Congreso de la Sociedad...*, tomo III, 1991, pp. 1913-1927; y «La política de instrumentos científicos en la Marina de la Ilustración», en *Ciencia. Técnica y Estado...*, 1990, pp. 3-12. José María Baleato y Miguel Borges fallaron en el intento de establecer talleres para el Ejército y la Armada, y entre las razones del fracaso están la urgencia, que ocasionaba una deficiente formación, la jerarquización inherente a las iniciativas militares y la carencia de un mercado civil subsidiario que rentabilizase el esfuerzo inversor.

88 AGS, Estado, legajo 8168. Una mesa y un estuche de dibujo para el Príncipe de Asturias; dos bombas anti-incendios para el servicio en los sitios reales; botas, suelas, pieles y calzones de punto para uso del príncipe y arañas de iluminación y otras piezas de cristal para el Real Servicio.

89 AGS, Secretaría de Marina, legajo 319; Guerra Moderna, legajo 966. Entre los proveedores descuella el portugués Jean Hacynte de Maguellán; y entre los encargos, la construcción de un *cutter* que suscitó la desconfianza del Almirantazgo, por lo que la diplomacia debió actuar con la mayor diligencia.

90 AGS, Guerra Moderna, legajo 966, «Londres, 22 de mayo de 1753. D. Dámaso de Latre. Remite relación de los mejores autores ingleses para las ciencias matemáticas».

91 Valgan de ejemplo la sembradora inventada por el presbítero Vicente Asensio o la vertedera con ruedas de Antonio Perla. J. FERNÁNDEZ PÉREZ: «Ciencia y técnica en la agricultura Ilustrada. Instrumentos y experiencias agronómicas», en *Ciencia, Técnica y Estado*, 1990, pp. 47-72.

Además de la información e instrumentación, se necesitaba el personal científico y técnico para montar el sistema de investigación y producción estable que constituía la meta final del programa de modernización, lo cual implicaba un problema añadido, pues a su vez estas personas precisaban una infraestructura básica en la que iniciar su tarea formativa, y salvo las instituciones militares citadas nada existía al respecto. En tanto que extranjeros[92] algunos planteaban un problema ideológico, pues los territorios de Su Majestad Católica no podían recibir científicos y técnicos no católicos[93].

Mientras que entre los científicos[94] no hubo problemas de celos profesionales graves, entre los técnicos en construcción naval[95] se suscitaron en gran medida, hasta el extremo de que los tres principales fueron destinados a tres departamentos marítimos distintos para evitar disfunciones producidas por su antagonismo profesional[96]. También hubo una difusión tecnológica forzada, por la aplicación a la industria de prisioneros de guerra[97]; en conjunto, sus aportaciones técnicas pueden calificarse de positivas, mucho más teniendo en cuenta la desconfianza y prevención con que eran acogidos pese a contar con el beneplácito de las autoridades, que en más de una ocasión hubieron de intervenir para limar asperezas y suavizar el rechazo de los naturales del país, que se sentían lesionados en su tradicionalismo profesional y en sus intereses económicos[98].

La capacidad de realimentación del sistema se aseguraba con las publicaciones[99] que difundían los conocimientos adquiridos, cuestión que alcanzaba su culminación

---

92 S. VILLAS TINOCO: «Extranjeros en España y sus aportaciones a la ciencia y la técnica ilustradas», en *Los extranjeros en la España Moderna*, vol. II, Universidad, Málaga, 2003, pp. 781-791.

93 AGS, Secretaría de Guerra Moderna, legajo 706. El informe que menciona tal dificultad corresponde a la primera mitad del XVIII, aunque a veces se impuso el pragmatismo acudiendo a subterfugios.

94 Beaumont, Bowles, Cervi, Chabaneau, Godín, Herrgen, Jacobe, Proust, Rieger, entre quienes vinieron a trabajar en España; y Born, Nordonflicht y Werner, que instruyeron a viajeros españoles en sus cátedras de diversos países europeos.

95 Bryant, Dowling, Hill, Mullan, Rooth y Seidel, entre otros, siendo el constructor Ricardo Rooth y su discípulo Mateo Mullan quienes plantearon mayores dificultades por el egocentrismo del primero.

96 AGS, Secretaría de Marina, legajo 318, «Londres 11 de mayo de 1750». Correspondencia entre Ensenada, Jorge Juan y Cosme Álvarez entre el 24 de abril y el 30 de junio de 1750.

97 A. GONZÁLEZ ENCISO: «Un modelo de difusión tecnológica: prisioneros ingleses en Sevilla en el siglo XVIII», en *Actas del I Congreso de Historia de Andalucía*, tomo I, M. de P. y C. de A. de Ronda, Córdoba, 1978, pp. 257-268.

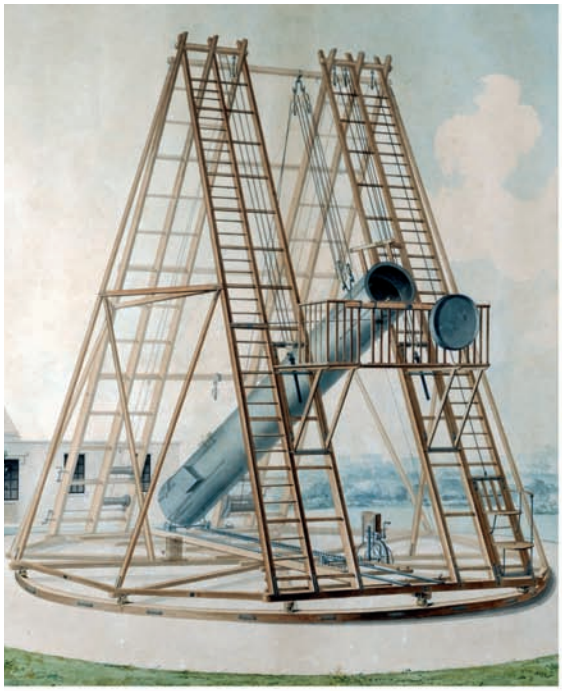
98 AGS, Secretaría de Marina, legajo 318. «Carta de Abreu a Ensenada, Londres 1.º de octubre de 1750». Como simple anécdota citaremos el encargo de Jorge Juan (desde Bolonia) a la embajada en Londres para localizar y embarcar en secreto dos criadas británicas para el servicio de los constructores precitados, que no se terminaban de aclimatar al entorno hispano.

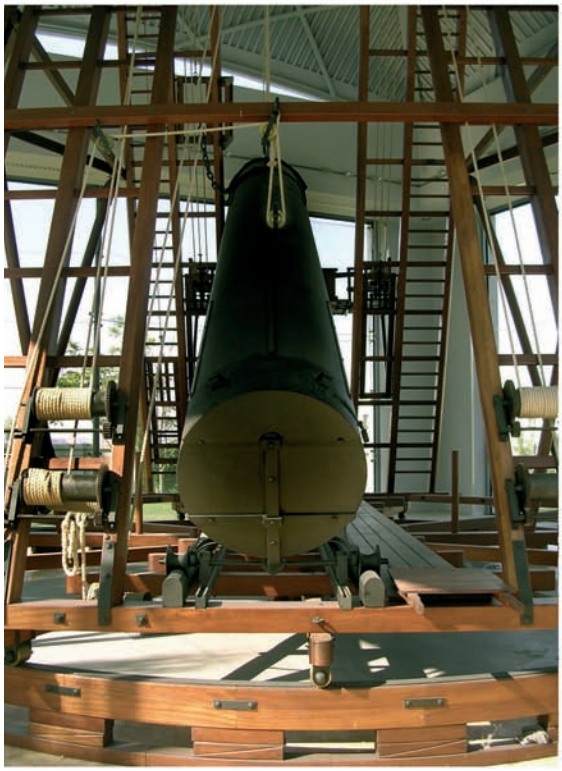
99 F. AGUILAR PIÑAL: *Bibliografía de autores españoles del siglo XVIII*, 8 vols., CSIC, Madrid, 1981-1995; A. GONZÁLEZ-BUENO: «Impresores y lectores», en *Madrid, Ciencia y Corte*, CSIC, Madrid, 1999, pp. 283-289.

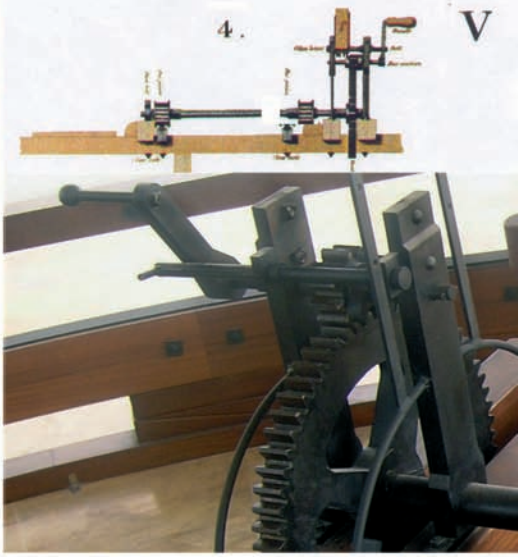
2.8. Ingeniero extraordinario (teniente). *Uniforme del cuerpo, según el estado de fuerzas de 1785 (Brown Library, Rhode Island, EE.UU.), y portada de los* Principios de fortificación *(1772) de Pedro de Lucuce, director de la Real Academia Militar de Matemáticas establecida en Barcelona.*

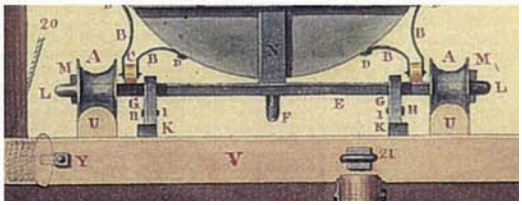
con aquellas obras, numéricamente escasas, en que la investigación autóctona superase el saber foráneo. Entre la gran cantidad de libros editados hay obras de todo tipo: estudios originales, traducciones científicas y técnicas, memorias informativas, etc., aunque interesa especialmente incidir en las circunstancias que rodeaban su aparición. Por una parte, proliferaron libros de militares y para militares, como los tratados de fortificación; es de notar la publicación de los ejercicios efectuados en la Escuela de Guardias de Corps, donde en 1752 ya se resolvían problemas relativos a la "Matemática sublime", nombre con el que se denominaba al cálculo infinitesimal[100]. Pero más que los logros es interesante abordar las dificultades para la publicación, entre las que destacan el secretismo oficial, las resistencias del medio y el escaso mercado para este tipo de libros. Ejemplo del primer caso son las *Noticias Secretas de América*, de Jorge Juan y Antonio de Ulloa, que no aparecieron hasta el siglo XIX en Inglaterra, aunque, al tratarse de una obra con un análisis real de la situación colonial, el supremo interés nacional aconsejó mantenerlo en secreto. Más difícil es comprender el ostracismo

[100] AGS, Secretaría de Guerra Moderna, legajo 3778.






4.
V


20
B
A
M
L
U
N
E
F
G
H
K
Y
V
21

2.9. El telescopio de Herschel, de 25 pies de largo, del Observatorio Astronómico de Madrid

En 1790 se iniciaron las obras del Real Observatorio Astronómico de Madrid, una de las últimas instituciones ilustradas fundadas en España. Estaba destinado a ser un centro de indagación y estudio de los movimientos celestes, de enseñanza teórica y práctica de la astronomía, de construcción de instrumentos y, junto con el Jardín Botánico y varios gabinetes, un referente cultural para la ciudadanía. Además de dar una imagen culta de la Monarquía, se encargaron al Observatorio tareas concretas y se le dotó del mejor telescopio de la época, construido por William Herschel.

Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822) fue el mejor constructor de telescopios de finales del siglo XVIII. Tras realizar varios de gran tamaño, llegó a la conclusión de que el mayor telescopio de alto rendimiento que era capaz de fabricar debía tener 25 pies (unos 7,5 m) de longitud y que debía dotarlo de un espejo de dos pies (unos 60 cm) de diámetro. Construyó este telescopio, y, según sus propias palabras: «[Urano] está mejor definido en este instrumento de lo que jamás he visto».

El encargo tuvo lugar en 1796 y costó al menos 300.000 reales, a los que habría que añadir el coste del transporte. Se encomendó al astrónomo y capitán de navío José de Mendoza y Ríos (1763-1816) seguir al detalle las fases de su construcción, documentar sus piezas y redactar instrucciones adecuadas para su montaje y uso. El telescopio desmontado salió de Londres en 1802, y la estructura, de unos 9 m de diámetro y otro tanto de altura, fue emplazada en los terrenos del Observatorio. La primera observación de la que se tiene noticia ocurrió en agosto de 1804. El telescopio sería destruido por las tropas francesas que ocuparon Madrid en 1808, pero los astrónomos salvaron los espejos y su documentación.

El telescopio tiene un diseño original de William Herschel, que empleaba un solo espejo metálico con el fin de reducir la pérdida de luz causada por su baja reflectividad. En el fondo del tubo se fijaba un gran espejo esférico que concentraba la luz en la boca de éste, donde se colocaba una lente ocular, por lo que el observador debía situarse en la galería. Un auxiliar de observación, desde una caseta auxiliar, tomaba nota de la secuencia de observaciones. Movimientos grandes, como son el giro de la estructura móvil o el cambio de la inclinación del tubo del telescopio, eran realizados por al menos dos ayudantes. La típica maniobra de ligera oscilación de la inclinación del tubo, que permitía explorar una zona del cielo aprovechando el giro aparente de éste, la efectuaba uno de los ayudantes mediante un cabrestante desde la caseta.

En 1997 la Dirección del Observatorio Astronómico Nacional se planteó la posibilidad de reconstruir a tamaño real este telescopio, al disponer de los planos y cuadernos que Mendoza redactó. Tras realizar un estudio de viabilidad, un proyecto detallado y una maqueta, se construyó la réplica del telescopio y en el año 2004, coincidiendo con el bicentenario de su primera luz, fue instalado en un nuevo pabellón del Observatorio.

Los procesos de documentación y de reconstrucción del telescopio fueron especialmente instructivos al permitir apreciar al detalle la complejidad del instrumento, la adecuación de las soluciones adoptadas en su época, descubrir alguna deficiencia e inconsistencia en los planos y apreciar la utilidad de los cuadernos de Mendoza, en que se describen las piezas y maniobras, para despejar éstas y otras dudas que surgieron. El sistema óptico también fue reconstruido, realizándose la maniobra de instalación del espejo según se describe en los planos y cuadernos. Sólo la alineación final del sistema óptico se realizó con técnicas actuales.

Pere Planesas (Observatorio Astronómico Nacional)

Bibliografía: El gran telescopio de W. Herschel del Observatorio Astronómico Nacional, *1978, Instituto Geográfico Nacional.*

(Las imágenes de los planos pertenecen a la documentación enviada por José de Mendoza y Ríos desde Londres, Observatorio Astronómico Nacional, Madrid. Fot.: M.S.S. y P.P.B.).

que padeció otra obra náutica de la plenitud de Ulloa[101], que mostraba su profundo conocimiento de la Marina de su época, aunque sin desvelar ningún secreto militar ni político.

Los intereses corporativos de los albéitares parecían estar amenazados por un pequeño manuscrito cuyo autor intentó imprimirlo infructuosamente durante ocho años, sin recibir más que dilaciones de Floridablanca, quien se excusaba con que el tema era de la competencia del Consejo de Guerra (por la materia del tratado) o bien del Supremo de Castilla, como instancia que debía aprobar todas las publicaciones[102]. La tercera causa devenía de la inanidad científica del país en su conjunto, donde el mercado para la obra de José Radón denominada *Lecciones de Matemáticas*, que había tenido un alto costo de publicación institucional, era tan sumamente escaso que los ejemplares que sobraron se regalaron al autor como compensación a su esfuerzo creativo[103].

Este tipo de remuneración no podía revitalizar el interés por la técnica, por lo que esto debía intentarse mediante sistemas más alentadores: la promoción profesional y social, los beneficios mercantiles y los premios en metálico. El primero era la vía más idónea para los nobles, los militares y los oficiales de la Administración, que mejoraban su estatus mediante su competencia profesional e ingenio técnico, pues tanto la nobleza de privilegio como los oficiales de las secretarías vivían en auténtica simbiosis con el sistema ilustrado, en el cual los méritos personales podían rivalizar, al menos en cierta medida, con las consolidadas clientelas políticas. Por cuanto se refiere a los militares, debe recordarse que no existía una "carrera a la vista", por lo que todos eran sometidos a continuas altas y bajas en su currículum profesional en función de las necesidades del Ejército[104], con lo cual las habilidades técnicas demostradas suponían un cierto plus de seguridad para el mantenimiento de los empleos y la promoción en la milicia. También sabemos que varios de los antiguos militares/espías finalizaron su vida activa dedicados a tareas administrativas de la Secretaría de Marina, lo

---

101 J. HELGUERA QUIJADA: «Estudio Introductorio», en *La Marina: fuerzas navales de Europa y costas de Berbería, de Antonio de Ulloa*, Universidad, Cádiz, 1995.

102 AHN, Estado, legajo 3182, caja 2, libro 5, expediente 160, «Tratado sobre el mecanismo de las partes del pie del caballo. 1781-1792». Hubo decenas de casos en que Floridablanca, desde la Primera Secretaría de Estado, tomaba decisiones mucho más comprometidas, siempre y cuando el proponente viniese avalado por padrinos influyentes; y en este caso se trataba de un pobre inválido de guerra sin apoyo alguno.

103 AHN, Estado, legajo 3182, caja 1, libro 1, expediente 96, documento 1, «Impresión de una obra de matemáticas. 1799».

104 F. ANDÚJAR CASTILLO: *Los militares en la España del siglo XVIII. Un estudio social*, Universidad, Granada, 1991; y «La situación salarial de los militares en el siglo XVIII», en *Ejército, ciencia y sociedad en la España del Antiguo Régimen*, I. Juan Gil Albert, Alicante, 1995, pp. 87-109. M. GÓMEZ RUIZ y M. ALONSO JUANOLA: *El Ejército de los Borbones*, 4 vols., Ministerio del Ejército, Madrid, 1989-1995.

2.10. Observatorio Astronómico de la Armada en Cádiz. *Importantísima institución científico-técnica impulsada por el ilustre marino Jorge Juan y Santacilia.*

que implicaba seguridad personal y el sustento familiar una vez que sus circunstancias personales les retiraban del servicio activo en los ejércitos de Su Majestad.

Para los civiles, una patente de invención[105] que viniese a premiar su ingenio podía ser la solución ideal para la supervivencia, aunque para la segunda mitad de la centuria los monopolios o "estancos" chocaban frontalmente con las ideas e impulsos librecambistas que se iban imponiendo en la economía política española, al tiempo que la perpetuación temporal de los privilegios planteaba tantas dificultades legales como límites ponía al ingenio y utilidad públicas[106]. También existía la costumbre de otorgar apoyo financiero para obras de méritos contrastados, cuyos autores no podían editarlas por carecer de los medios necesarios[107].

---

105 J. P. SÁIZ GONZÁLEZ: *Invención, patentes e innovación en la España Contemporánea*, Ministerio de Industria y Energía, Madrid, 1999.

106 AHN, Estado, legajo 2944, libro 6, expediente 442, años 1775 y 1778.

107 De entre una enorme diversidad de casos citaremos el *Tratado de Geometría descriptiva* del ingeniero Jaime Sicre: AGS, Secretaría de Guerra Moderna, legajo 3.778, petición al Excmo. Sr. duque de Montemar fechada en Pamplona el 28 de junio de 1740; y las *Lecciones prácticas de Agricultura y Economía* de Vicente del Seijo: AHN, Estado, legajo 3215, caja 1, expediente 221, «Lecciones prácticas sobre economía del campo. 1798».

IV

Las garantías del sistema

Cualquier modelo productivo que aspire a una mínima eficiencia necesita prever unos elementos internos de control que aseguren la rentabilidad de las inversiones y la operatividad del proceso en cada una de sus fases. Tales cautelas implican diseñar una organización, controlar la producción detectando las disfunciones, errores técnicos y posibles fraudes, así como garantizar que las innovaciones e invenciones no sean copiadas o saboteadas desde el exterior.

Con referencia a la planificación, ya desde la primera mitad del siglo hubo unas normas detalladas para realizar las comisiones de servicio y las tareas de inspección de los militares en los centros de producción, donde se ponía cuidado para que la diferencia de estatus entre visitante y visitados –lo que no era infrecuente– fuese provisionalmente alterada en beneficio del real servicio. Incluso las ordenanzas emanadas de importantes autoridades técnicas eran analizadas por unos subordinados que estaban obligados a dar cuenta de las deficiencias o disfunciones que observaran en ellas. Ya hemos expuesto la exhaustividad de los reglamentos de fabricación y las pruebas de resistencia establecidas por Jorge Juan, y en su crédito debemos recordar que fueron mantenidas en vigor incluso cuando las técnicas de construcción naval británica que él propició fueron sustituidas por el modelo francés implantado en tiempos de Carlos III.

Como elementos de seguridad, muy pronto fueron establecidos pasaportes para controlar el personal militar y civil que viajaba entre los departamentos marítimos, y también fueron sometidos a información reservada familias de asentistas con simpatías filobritánicas[108], a quienes denunciaban sus vecinos como desafectos al sistema. Más tarde se implantaron sistemas de contraespionaje en los arsenales y maestranzas, lo que implica que su nivel técnico debía ser lo suficiente elevado como para suscitar el interés de otras potencias europeas. El habitual control de los visitantes y la estrecha vigilancia de los trabajadores fueron complementados con barcas dotadas de guardias armados que durante la noche patrullaban la embocadura de las instalaciones para evitar la acción de posibles espías y saboteadores[109]. Igualmente trataron de erradicar las disfunciones y los enfrentamientos que surgían entre los departamentos marítimos, muy celosos de su autonomía, al mismo tiempo que se inventariaba la materia prima de las fundiciones de bronce, donde el defectuoso abastecimiento de

[108] AGS, Secretaría de Guerra Moderna, año 1727. Carta desde Barcelona en que el marqués de Resburg solicita del ministro Castelar un pasaporte para que Esme Janot pasase a la Corte. AGS, Secretaría de Marina, legajo 660. Carta de D. Joseph del Campillo al Excmo. Señor D. Joseph Patiño, fechada en Guarnizo a 16 de septiembre de 1726.

[109] AGS, Secretaría de Marina, legajo 319. Cartas fechadas en Aranjuez, Madrid y Cádiz entre el 20 de abril y el 12 de junio de 1751.

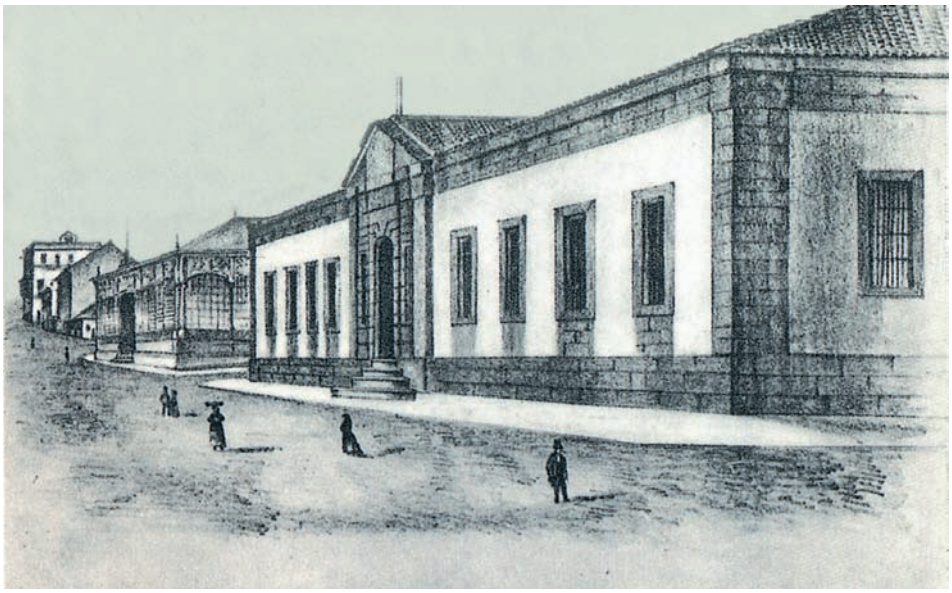
cobre y estaño impedía a los asentistas cumplir los cupos que les exigían los contratos, motivo por el cual se les obligaba a transferirse materia prima entre ellos.

La meticulosidad del control se manifiesta en los múltiples y detallados informes que fluían a Madrid desde todas las contratas que la administración tenía establecidas con los artesanos civiles, tanto quienes trabajaban en instalaciones castrenses como los que producían en sus talleres particulares[110]. La velocidad con que se remitían, recibían, analizaban y contestaban es asombrosa, tanto como la diversidad de temas abordados, que abarcaban desde la calidad de la materia prima, el análisis comparativo entre dos fabricados similares, los métodos para coser el velamen, formas de tejer la lona, estado de los telares y diferentes sistemas para el tintado de los hilos, hasta el número y la distribución de los obreros que estaban a cargo de un mayoral.

Frente a lo indicado, se deben reflejar dos circunstancias negativas que a nuestro entender tuvieron gran importancia en el desarrollo de la técnica civil. En primer lugar hay que reconocer que la mayoría de la documentación aparecida es de carácter militar, sin que nos haya sido factible encontrar una correspondencia similar referida a fábricas de carácter civil; y aunque consta que en éstas también existieron contro-

2.11. Palacio Real para la Compañía de Cadetes del Real Cuerpo de Artillería. *En el Alcázar segoviano se instaló en 1764, bajo el mando del conde de Gazola, el Real Colegio de Artillería. Junto a las academias de guardiamarinas de Cádiz, Cartagena y Ferrol, y las academias de matemáticas (especialmente ingenieros) de Barcelona, Ceuta y Orán, la de Artillería de Segovia ha permitido afirmar que la ciencia ilustrada fue una ciencia militarizada. En el seno del Colegio estuvo el principal de los laboratorios químicos hispanos, en el que trabajó Louis Proust en una de las primeras leyes de la química moderna (fot.: M.S.S.).*

110 P. MOLAS RIBALTA: «La política del tinte en la España del siglo XVIII», *Espacio, Tiempo y Forma*, serie IV, 7, 1994, pp. 55-67; y «L'Etapa final del consolat del Pont de Campdera. Un tribunal técnic de la industria drapera a Barcelona», *Pedralbes*, 1989, 139-155.



2.12. Real Instituto Asturiano de Náutica y Mineralogía de Gijón (1794). *Diseñado por Juan de Villanueva, su impulso creador fue una persistente labor de Gaspar Melchor de Jovellanos. A mediados del siglo XIX, en este edificio se instaló la Escuela Superior Industrial de Gijón, donde se cursó la carrera de ingeniero industrial, hasta 1860 en que los estudios fueron clausurados.*

les[111], aparecen en escasa cantidad y con mucha menor efectividad. Secundariamente, la exhaustividad informativa corresponde a la época de Ensenada y Jorge Juan, decreciendo luego en lo que respecta a los aspectos técnicos, aunque no tanto en los administrativos.

V

Hacia un balance de resultados

Si al iniciarse el siglo ilustrado la ciencia y la técnica modernas sólo existían en España a nivel testimonial –la primera– y potencial –la segunda–, en la penúltima década de esa misma centuria algunas disciplinas científicas y ciertas especialidades técnicas se situaban en pie de igualdad con los mejores referentes europeos, pese a lo cual durante el siglo XIX el desfase tecnocientífico entre España y Europa era incluso

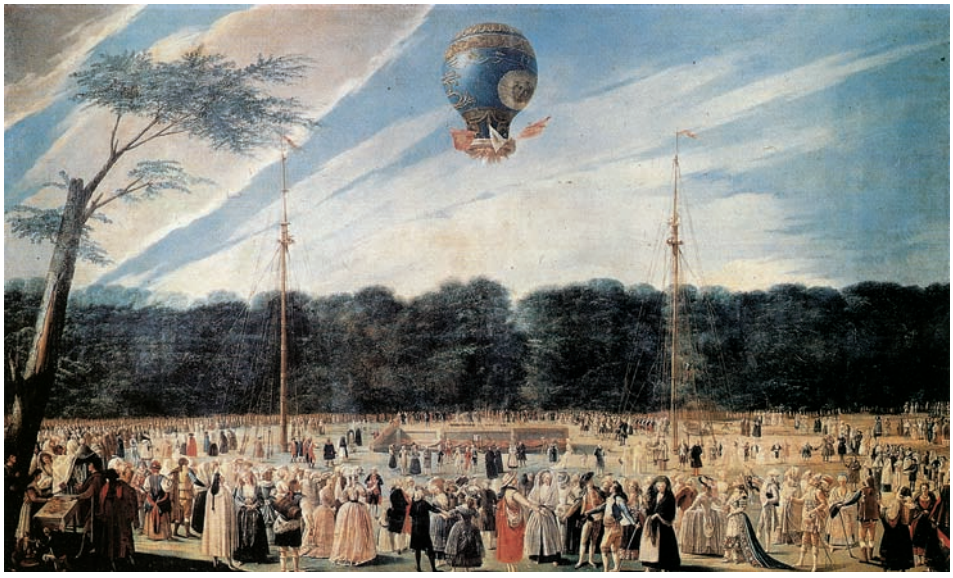
111 AHN, Estado, legajo 3215, caja 2, libro 8, expediente 249. «Crisoles con lápiz-plomo de la mina de Marbella. 1784». E. LLUCH: «Juan López de Peñalver en los orígenes de la economía matemática», en *Escritos de López de Peñalver*, Instituto de Cooperación Iberoamericana, Quinto Centenario, Antoni Bosch e Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, 1992, pp. XIII-CXXXIV.

superior al que existía cien años antes, como consecuencia directa de los caóticos reinados de Carlos IV y Fernando VI y de las nefastas circunstancias en las que tuvo lugar el final del Antiguo Régimen en España.

El juicio que nos merecen los resultados obtenidos por la dinamización ilustrada de la ciencia y la técnica resulta muy distinto si lo efectuamos en función de tres puntos de vista netamente diferenciados:

A Desde un planteamiento específicamente político, partiendo de los objetivos gubernamentales y estableciendo en qué medida éstos fueron conseguidos.
B Considerando exclusivamente la óptica económica, comparando la inversión efectuada y los beneficios obtenidos.
C Si analizamos objetivamente el nivel científico y técnico del reino al inicio y al final de la centuria ilustrada, teniendo en cuenta además su proyección posterior.

En el primer caso, y asumiendo que no hubo una dinámica inversora de similar intensidad durante toda la centuria, ni tampoco una estrategia a largo plazo, aparece un acusado paralelismo entre las propuestas y las realizaciones, muy especialmente en la primera mitad de la centuria, con total seguridad por lo que se refiere al sector militar y con bastantes reservas en cuanto a la sociedad civil, pues parece como si esta última no se hubiese sentido concernida por el dinamismo oficialmente impulsado.



2.13. Primer lanzamiento de un globo aerostático en España. *Agustín de Betancourt dirigió la operación con uno de 1,96 m de diámetro en tafetán barnizado. Fue lanzado en presencia del monarca en la Casa de Campo, en Madrid, en noviembre de 1783, mismo año en que los hermanos Montgolfier realizaron sus importantes lanzamientos (A. Carnicero, Museo del Prado).*

El segundo plano implica una grave limitación, pues la reflexión debe realizarse en un nivel estrictamente cualitativo, ya que resulta imposible cuantificar la inversión: ni existe un presupuesto detallado que nos informe de lo gastado en ciencia y en técnica ni tampoco resulta factible desglosar tales conceptos a partir de unos gastos militares que superaban el 50% de la inversión estatal. Además, este planteamiento podría incurrir en un gravísimo error de partida, pues mutatis mutandis, y utilizando el lenguaje actual, una gran parte de las iniciativas deberían considerarse como "empresas públicas", y éstas no miden su rentabilidad en términos de beneficio económico sino en relación con las estrategias globales de gobierno o, expresado en términos del XVIII, en función de la "Razón de Estado", para la que, sin duda, el gasto resultó muy eficaz.

El tercer aspecto tampoco resulta fácil de elucidar, pues, aunque racionalmente no es posible discutir los avances dieciochescos, sí es lícito establecer la relación entre la enorme inversión efectuada y la escasa consolidación de las estructuras científicas y técnicas, sobre todo al constatar la paupérrima evolución tecnocientífica posterior. No obstante, parece que algunos de los negativos juicios que a este respecto han sido emitidos están más relacionados con una visión "internalista" de la ciencia y la carencia de eminentes científicos hispanos durante la Ilustración y el Romanticismo, que con un análisis de la realidad estructural española de los siglos XVIII y XIX.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR PIÑAL, F.: *Bibliografía de autores españoles del siglo XVIII*, 8 vols., CSIC, Madrid, 1981-1995.

ANDÚJAR CASTILLO, F.: *Los militares en la España del siglo XVIII. Un estudio social*, Universidad, Granada, 1991.

ANES ÁLVAREZ, G.: «Oposición a los "Amigos del País" en la España de finales del siglo XVIII», *Hacienda Pública Española*, 87, 1984, pp. 199-208.

AYALA-CARCEDO, F. J.: *Historia de la Tecnología en España*, 2 vols., Valatenea, Barcelona, 2001.

BABIO WALLS, M.: *El Real Colegio seminario de San Telmo, 1681-1981. Bosquejo de su fundación*, Escuela Universitaria, Sevilla, 1981.

BALAGUER PERIGUEL, E.: «La ciencia y la técnica», en *Historia General de España y América*, Tomo X-1 *(La España de las reformas. Hasta el final del reinado de Carlos IV)*, Rialp, Madrid, 1983, pp. 177-231.

CAPEL, H.; SÁNCHEZ, J. E. y MONCADA, O.: *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los Ingenieros militares en el siglo XVIII*, Serbal-CSIC, Barcelona, 1988.

CAPEL, H.: «Sobre ciencia hispana, ciencia criolla y otras ciencias europeas. (A manera de síntesis del coloquio)», *Asclepio*, XXXIX, 1987-2, pp. 317-336.

DÍEZ TORRE, A. L.; MALLO, T. y PACHECO, D.: «Introducción», en *De la Ciencia Ilustrada a la Ciencia Romántica*, Doce Calles, Aranjuez, 1995.

FRÍAS NÚÑEZ, M.: *Tras El Dorado vegetal. José Celestino Mutis y la real expedición botánica del nuevo Reino de Granada (1738-1808)*, Diputación, Sevilla, 1994.

GÓMEZ RUIZ, M. y ALONSO JUANOLA, M.: *El Ejército de los Borbones*, 4 vols., Ministerio del Ejército, Madrid, 1989-1995.

GONZÁLEZ-BUENO, A.: *Plantas americanas para España. Génesis, desarrollo y ocaso del proyecto español de expediciones botánicas*, Editorial Complutense, Madrid, 2000.

GUIRAO DE VIERNA, A.: «Clasificación de las expediciones españolas a América durante el siglo XVIII según su finalidad y disciplina científica», en *La Real Expedición botánica a Nueva España*, 1987.

IGLESIAS, M. C. (dir.): *Nobleza y Sociedad en la España Moderna*, Fundación Central Hispano, Oviedo, 1997.

KAMEN, H.: *La guerra de Sucesión en España (1700-1715)*, Grijalbo, Barcelona, 1974.

LAFUENTE, A. y SELLÉS, M. A.: *El Observatorio de Cádiz*, Ministerio de Defensa, Madrid, 1988.

LÓPEZ DE PEÑALVER, J.: *Descripción de las máquinas del Real Gabinete*, Consejo Interministerial de Ciencia y Tecnología, Aranjuez, 1991.

MARAVALL, J. A.: «El principio de la utilidad como límite de la investigación científica en el pensamiento ilustrado», en *Estudios de Historia del pensamiento español. Siglo XVIII*, Mondadori España, Madrid, 1991, pp. 476-488.

MORALES MOYA, A.: *Poder político, economía e ideología en el siglo XVIII español: la posición de la nobleza*, Universidad Complutense, Madrid, 1983.

PINO DÍAZ, F. del: «Utilidad y honor nacional en la Política Científica Ilustrada», en *Ciencia, Técnica y Estado*, Min. de Educación y Sociedad Española de Historia de las Ciencias, Madrid, 1990, pp. 31-43.

RODRÍGUEZ CAMPOMANES, P.: «Discurso sobre las escuelas patrióticas», en *Apéndice a la educación popular de los artesanos*, Madrid, 1775, tomo 2, parte I, XXX-CCXVI.

RUMEU DE ARMAS, A.: *Ciencia y tecnología en la España Ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos/Turner, Madrid, 1980.

—*El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro*, Fundación Juanelo Turriano/Castalia, Madrid, 1990.

SÁIZ GONZÁLEZ, J. P.: *Invención, patentes e innovación en la España contemporánea*, Ministerio de Industria y Energía, Madrid, 1999.

SALA CATALÁ, J.: «La Ciencia en las expediciones de límites hispano-portuguesas. Su proyección internacional», *Dynamis*, 12, 1992, pp. 23-33.

SÁNCHEZ RON, J. M.: «Introducción», en *Ciencia y Sociedad en España: de la Ilustración a la Guerra Civil*, El Arquero/CSIC, Madrid, 1988.

VILLAS TINOCO, S.: «Extranjeros en España y sus aportaciones a la ciencia y la técnica ilustradas», en *Los extranjeros en la España Moderna*, vol. II, Universidad, Málaga, 2003, pp. 781-791.

VOLTES BOU, P.: *La Guerra de Sucesión,* Planeta, Barcelona 1990.

VV. AA.: *La Academia de Matemáticas de Barcelona. El legado de los ingenieros militares. 1720-1803*, Inspección General del Ejército, Barcelona, 2004.

3

Sobre la institución y el desarrollo de la ingeniería: una perspectiva europea[1]

Irina Gouzevitch
École de Hautes Études en Sciences Sociales, París

Hélène Vérin
Centre National pour la Recherche Scientifique, París

La historia de los ingenieros, de la ingeniería y de los expertos técnicos es, desde hace algunas décadas, objeto de numerosos trabajos en diferentes países de Europa. Sin embargo, estos estudios no están relacionados con nuestro propósito, ya que se centran casi exclusivamente en los siglos XIX y XX. Además, se consagran básicamente a un ámbito nacional, siendo los estudios comparativos (entre dos o más países) bastante raros[2]. También se puede observar, siguiendo una antigua tradición, una clara tendencia a abordar el tema indirectamente por medio de biografías de grandes ingenieros que aportaron innovaciones técnicas o que se impusieron por la importancia de sus trabajos, o bien en la historia de una técnica concreta. Esta aproximación, que durante mucho tiempo se ha integrado en una ideología del progreso o, más recientemente, de la innovación, ha permitido explicar el conjunto de actividades de un determinado campo de la ingeniería presentando sucesivamente las biografías de los grandes ingenieros especialistas en él. Es el caso, por ejemplo, de la conocida obra de A. W. Skempton, *Civil engineers and engineering in Britain, 1600-1830*[3], que estudia los ingenieros civiles ingleses de antes de la aparición del ferrocarril y que sigue siendo un texto de referencia indiscutible; trata, básicamente, de los ingenieros

---

[1] Traducido del francés por Diana Villarmín Ramos. Revisado por Manuel Silva Suárez.

[2] Sin embargo, estos estudios comparativos se desarrollan en trabajos como los de Liliane Hilaire Pérez sobre la invención en Francia e Inglaterra en el siglo XVIII. Ver L. HILAIRE PÉREZ (2000). Apuntemos también los trabajos del Frankreichszentrum de Berlín y del CURAPP (Universidad de Amiens/CNRS), lo que nos remite al coloquio organizado en Amiens los días 24 y 25 de junio de 2004 por Pascale Laborier, Frédéric Pudren, Paolo Napoli y Jacob Vogel, sobre el análisis comparativo de las modalidades del ejercicio práctico de la Administración en los Estados absolutistas europeos (Francia, Estados alemanes e italianos), *Les sciences camérales: activités pratiques et histoire des dispositifs publics.*

[3] A. W. SKEMPTON: *Civil engineers and engineering in Britain, 1600-1830*, 1996.

encargados de la mejora de las vías de comunicación: puentes, puertos, ríos y canales. La historia de 1760 a 1830 se relata por medio de los grandes proyectos de cinco de ellos: Smeaton, Brindley, Jessop, Rennie y Telford. Por supuesto, sus líneas de trabajo fueron continuadas por Robert Stephenson, Isambard K. Brunel y otros ingenieros victorianos, pero sus carreras se desarrollaron después de este período.

Esta aproximación, centrada en biografías a menudo hagiográficas, pierde actualmente terreno en beneficio de obras más sociológicas que retoman el tema de los conocimientos científicos y técnicos estudiando sus condicionantes y su papel social o socioeconómico. Por otra parte, algunos autores se han dedicado a analizar cómo han evolucionado históricamente las relaciones de poder y las negociaciones que se establecían entre las instituciones políticas, científicas y jurídicas y los poseedores del poder económico, en torno a los técnicos, los inventos y sus inventores. A este respecto, el libro de Liliane Hilaire Pérez sobre el siglo XVIII en Francia e Inglaterra es ejemplar, y su razonamiento comparativo ha cuestionado muchas ideas previas. Finalmente, otros estudios proponen un análisis centrado en las profesiones y los expertos "profesionales", haciendo surgir divergencias en la interpretación del papel de los ingenieros.

Estas divergencias son, por supuesto, resultado de las diferencias entre los modelos culturales utilizados por los respectivos autores. Si se plantea la cuestión del lugar que ocupa el ingeniero en la sociedad, se puede ver, por ejemplo, que el sociólogo alemán Jakob Vogel la estudia en el marco del servicio de los oficiales de la administración cameral, mientras que en la literatura anglosajona los ingenieros se engloban en el modelo de las profesiones liberales, definiendo a los "profesionales" por sus conocimientos individuales. Para un historiador francés, educado en el "sentido del Estado", y propagando la imagen del ingeniero al servicio del bien común, imagen que todavía permanece viva en Francia, España o Italia, la aproximación anglosajona resulta profundamente desconcertante.

Se observan, pues, importantes divergencias de interpretación en función de la tradición cultural a la que pertenece el historiador. El resultado es que una de las dificultades con que se encuentran los análisis comparativos es precisamente la de las diferencias entre los historiógrafos de cada país. El estudio de estas diferencias y de su impacto sobre la imagen del ingeniero es apasionante pero extraordinariamente complejo. El presente trabajo no pretende sino una aproximación sintética que se apoye sobre puntos de convergencia históricos con el fin de dar una visión lo más articulada posible de la ingeniería en Europa. Ello, sin ignorar que el siglo XVIII no es todavía el de la expansión de la profesión. Esta observación quiere subrayar los riesgos que entraña una visión que podría proyectar la imagen de los ingenieros del siglo XIX sobre los del XVIII.

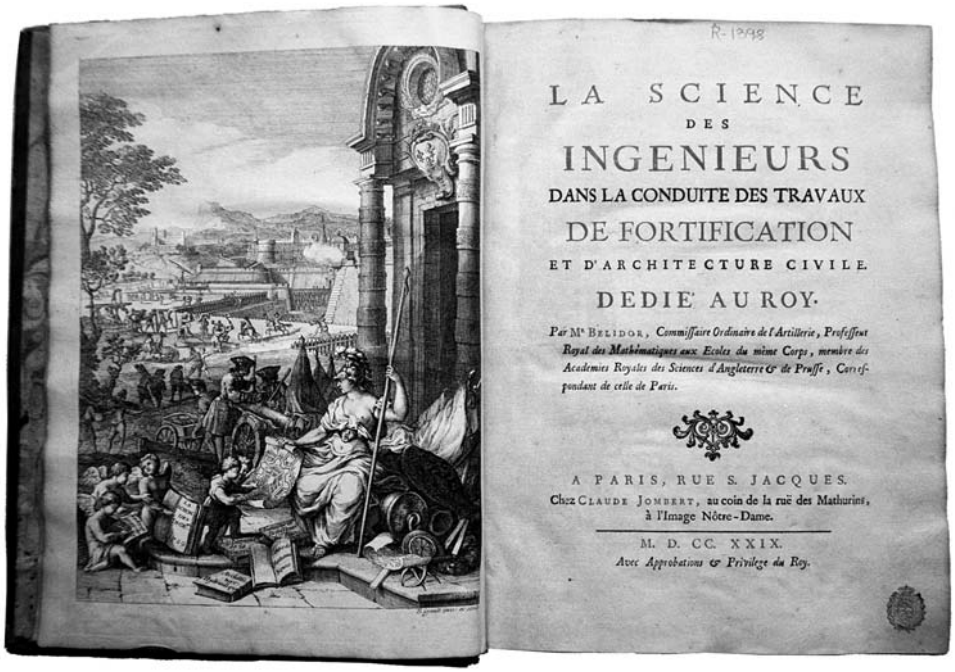
I

El ingeniero del siglo XVIII: una primera aproximación

I.1. El ingeniero y la ciencia: la tesis del "ingeniero postnewtoniano"

Esta confusión, que proyecta sobre el ingeniero del siglo XVIII rasgos característicos que no adquirirá hasta el XIX, ha sido arrastrada durante mucho tiempo por la visión positivista, que interpretaba en términos de "ciencia aplicada a la industria" las prácticas de los ingenieros del Siglo de las Luces. Con esta interpretación conviene ser extremadamente prudente. ¿Se puede definir una "ciencia del ingeniero" en el XVIII? Al menos tres factores impiden esta generalización: el primero tiene que ver con la distinta forma en que se recurre a la ciencia según el campo en el que se ejerce la profesión; el segundo, con las disparidades geográficas europeas, que se reflejan en el lugar que ocupan los ingenieros en sistemas productivos más o menos avanzados; el tercer factor lo constituyen los progresos en el desarrollo de la función relacionados con los progresos de los conocimientos, los físicos en particular.

En efecto, entre el comienzo y el final del siglo los cambios son considerables, y dan cuenta de ello los escritos sobre el arte y la ciencia del ingeniero. Se pueden tomar como ejemplo obras francesas ampliamente difundidas en Europa que explican esta



3.1. **La Science des ingenieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile *(París, 1729),*** *libro de gran impacto en la formación de los ingenieros dieciochescos, escrito por Bernard Forest de Bélidor, comisario ordinario de Artillería en Francia (Bibl. RSE Aragonesa; fot.: M.S.S.).*

evolución. *La science de l'ingénieur* de Bernard de Bélidor, publicada en 1729, describe una ciencia que, según el autor, culmina con la realización de un presupuesto de los trabajos que controle hasta los imprevistos. Si la "ciencia" interviene, es a menudo de forma puntual y para sentar sobre cálculos matemáticos las decisiones o innovaciones técnicas, pero las proposiciones apoyadas sobre teorías físicas son a menudo también sostenidas por otros criterios, en concreto por los que defiende la tradición artesanal. Aun así, la voluntad de basar científicamente las decisiones técnicas es el ideal del ingeniero, y su realización futura no suele ser puesta en duda.

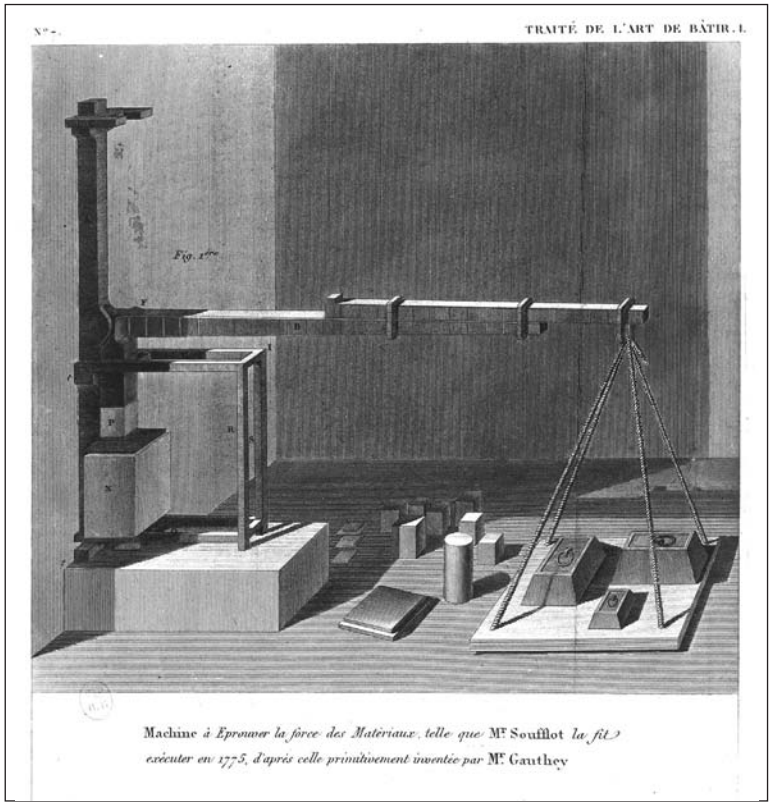
A mediados del siglo XVIII, la *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* de Diderot y D'Alembert explica, en particular bajo el impulso de D'Alembert, las esperanzas puestas en la aplicación a la ingeniería de los nuevos avances de las ciencias, sobre todo de la newtoniana. Pero es evidente, al hojear esta obra, que las prácticas constructivas e industriales todavía estaban dominadas por métodos empíricos, incluso artesanales. Encontramos en ella los trabajos de los mecánicos de la Académie des Sciences, que desarrollan "teorías locales"; y, sin duda, si existe una "ciencia del ingeniero del siglo XVIII", parece mostrarse precisamente bajo esta forma de "teoría" aplicable a situaciones concretas, sin la pretensión de universalidad de la ciencia especulativa. A este respecto, se podría decir que el proyecto de Diderot y D'Alembert llegó en un momento muy poco anterior al de la transformación del arte del ingeniero en una verdadera técnica. Esto es lo que reflejan las diferencias existentes –a veces considerables– entre la imagen del ingeniero y sus funciones que ofrece la *Encyclopédie* de Diderot con la de la *Encyclopédie méthodique*. Entre la publicación de estas dos obras transcurrieron menos de treinta años y, sin embargo, con la segunda se tiene verdaderamente la impresión de entrar en otro mundo, en el que la aplicación de las ciencias es una prioridad y objeto de experimentación por parte de los ingenieros, en lo sucesivo formados en estructuras académicas en las que las ambiciones teóricas aumentan. Los ingenieros constituyen incluso un vivero al que se acude en busca de futuros sabios y para suscitar vocaciones.

Para continuar nuestras reflexiones sobre esta ciencia, echaremos un vistazo sobre ciertas hipótesis, o interpretaciones, recordando en primer lugar los trabajos de Margaret Jacob. Ella presenta como tesis que la ingeniería europea en el siglo XVIII debe ser básicamente definida como postnewtoniana. Pero ¿qué significa eso?

En *The Cultural Meaning of the Scientific Revolution*[4], Margaret Jacob se propuso redescubrir el universo cultural que permitió la revolución científica del siglo XVII. En un artículo más reciente, mostraba cómo ese universo cultural había hecho posible a la vez la obra de Boulton y de Watt[5]. Su postura fue una reacción a la interpretación que se interesaba sobre todo por examinar los riesgos económicos de la tecno-

[4] Margaret JACOB: *The Cultural Meaning of the Scientific Revolution*, Nueva York, 1988.

[5] Margaret JACOB: «The Cultural Foundations of Early Industrialization», 1998.



3.2. Jean Baptiste Rondelet (Lyon, 1743-París,1829),* Traité théorique et pratique de l'art de bâtir *(París, 1802): *máquina de ensayo de materiales (1775).*

logía, y por hallar en la motivación de los técnicos e inventores únicamente la búsqueda del beneficio. A esta visión, que consideraba demasiado estrecha, opuso la necesidad de tener en cuenta aspectos "culturales" más amplios que incluyesen, además de los intereses económicos, valores, sistemas de conocimiento y consideraciones de estatus y poder. Las razones de esta nueva visión nos interesan porque Margaret Jacob las presenta como medios para llegar a explicar por qué ciertas regiones disponían de una industria floreciente y ya habían pasado a la etapa de la fábrica (hablamos de Inglaterra), mientras que otras, casi todas las demás, no lo habían conseguido y continuaban en el estadio de la manufactura.

Estos desfases en la industrialización de los países europeos forman parte de nuestras condiciones previas y están en relación, evidentemente, con la técnica del ingeniero. Jacob se interesa por este problema en relación con "el universo cultural" que estos estudios precedentes habían descubierto, y muestra cómo tempranamente apareció en Gran Bretaña una nueva cultura científica basada en la aplicación de la mecánica newtoniana, lo que debe ser considerado la condición que permitió el

advenimiento precoz de la industrialización en este país. Así pues, todo reposa sobre el principio de aplicación de las ciencias más abstractas a la ingeniería. Según Margaret Jacob, hacia 1750 los agentes principales del cambio tecnológico fueron los ingenieros de Europa occidental, siendo el ingeniero británico, apenas profesionalizado a mediados de siglo, a menudo autodidacta y formado individualmente, el personaje que va a llevar más pronto y mejor esta "ciencia aplicada" hasta la producción industrial. Por consiguiente, se han de encontrar los medios para comprender las circunstancias en las que transformaron el conocimiento mecánico en resultados industriales con gran éxito.

El punto principal de su argumentación puede ser brevemente recapitulado: los ingleses, tanto como los ingenieros y empresarios continentales de finales del siglo XVIII, se vieron ayudados por la mecánica newtoniana aplicada. En efecto, destaca, después de 1687 y de la publicación de los *Principia*, las neumáticas, la hidrostática y la hidrodinámica se organizaron y sistematizaron gracias a la difusión de la síntesis newtoniana. Los divulgadores del siglo XVIII, de Willem J. Gravesande[6] a Jean Desaguliers[7], el abad Nollet[8] y James Ferguson[9], tradujeron al inglés, francés y holandés los manuales que hacia mediados de siglo hicieron accesible el conocimiento mecánico aplicado. Esto tenía una importancia decisiva, pero la profundidad y la extensión de su difusión se retrasaron mucho, con la excepción de Gran Bretaña, donde lo que Larry Stewart llama ciencia "pública" hizo su aparición hacia 1720[10].

El retraso continental, y en particular el de Francia o los Países Bajos españoles, se atribuye al poder de la Iglesia católica y, en la educación, al de los jesuitas, poco favorables, hasta aproximadamente 1740, a las tesis newtonianas. Esta opinión encuentra, sin embargo, un argumento contrario en la medida en que, en la segunda mitad del siglo XVIII, los ingenieros franceses formados en escuelas especiales tuvieron acceso a la mecánica newtoniana, pero la aplicaron poco o nada al perfeccionamiento de máquinas. Según Margaret Jacob, las razones hay que buscarlas en su origen social (procedían de la aristocracia y les gustaban poco los negocios) y en su estatus de servidores del Estado. A estos nuevos ingenieros –muy interesados, en cambio, en los aspectos teóricos, hasta el punto de llegar a veces a ser ineficaces–

---

6 Willem Jacob GRAVESANDE: *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata...,* 1748.

7 John Theophilus DESAGULIERS: *A Course of Experimental Philosophy*, 2.ª ed., corr., W. Innys, London, 1744-1745. Esta obra fue publicada en francés como *Cours de physique expérimentale* por Jacques Rollin y Charles-Antoine Jombert, París, 1751.

8 Jean-Antoine NOLLET: *Leçons de physique expérimentale*, 3.ª ed., Guérin, París, 1749 (1.ª ed.: París, 1643-45). Esta obra fue editada en diez ocasiones hasta fin de siglo.

9 James FERGUSON: *Lectures on select subjects in Mechanics, hydrostatics, pneumatics, and optics...,* 1764.

10 Steward LARRY: *The rise of public science: rhetoric, technology, and natural philosophy in Newtonian Britain, 1660-1750*, 1992.

opone el ingeniero civil inglés, que apareció en 1760 a iniciativa de algunos "ingenieros" y expertos técnicos. Afirma repetidamente que «la carretera que conduce de los *Principia* (1687) a las minas de carbón de Derbyshire o a los canales de las Midlands fue trazada por los divulgadores de Newton, que hicieron la aplicación de la mecánica tan normal como la armonía y el orden mismos del gran sistema matemático de Newton»[11].

Si nos hemos detenido en esta tesis es porque aporta un intento importante de reflexionar sobre la ingeniería del siglo XVIII en Europa, de dar pistas comparativas, y porque más adelante se tendrá ocasión de volver a ella. Frente a esta aproximación cultural, anclada en la famosa oposición entre el avance británico y el retraso continental –y que, a pesar de sus logros y atractivos, propaga numerosos tópicos–, hay otra que trata de integrar más a los ingenieros en la historia política y económica de su país, al tiempo que mantiene la idea de una ciencia del ingeniero al servicio del interés general, principio que propagó en particular la *Encyclopédie*.

I.2. La ingeniería en la clasificación de los conocimientos: la Encyclopédie

Diderot y D'Alembert, en el *Discours préliminaire* de la *Encyclopédie* y en el «Avertissement» publicado en su primer volumen, plantean la siguiente pregunta: en la clasificación de los conocimientos, ¿habría que colocar la ingeniería con las matemáticas y la física, o más bien hacerla depender de las ciencias morales y económicas, ciencias sociales en cierto modo?[12] De forma completamente sorprendente, Diderot y D'Alembert deciden no resolver el asunto, dejando al lector elegir. Tratando de las ciencias morales y políticas, afirman:

> «No se puede negar que la arquitectura civil y naval, el arte militar, etcétera, no están aquí colocados en su lugar de origen, pero nada impide al lector reubicar estas partes bajo las matemáticas, que tratan de sus principios si lo juzga necesario»[13].

En este caso, serán colocadas con las matemáticas, y seguidamente, de forma más específica, con la física; después, según el caso, con la estática, la hidrostática... lo que hoy nos parece la única clasificación legítima. Razón de más para detenernos en esta declaración de Diderot y D'Alembert, según la cual la ingeniería pertenece a las ciencias morales. ¿En qué tradición histórica puede incluirse tal afirmación?

Hay que recordar que en el siglo XVI los ingenieros declararon que la base de su actividad consistía en aumentar el bienestar del soberano y de su pueblo, lo que enca-

---

11 Margaret JACOB: «The Cultural Fondations of Early Industrialization», 1998.

12 «Si se considera que las sociedades no están menos obligadas a ser virtuosas que los individuos, se verán nacer sus deberes, que podrían llamarse: jurisprudencia natural; economía; comercio interior, exterior, por tierra y mar; y política» (D. DIDEROT y J. D'ALEMBERT: *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*, Gonthier, París, 1965, p. 162).

13 En el «Avertissement» que será publicado un año más tarde (1751), al principio del primer volumen de la *Encyclopédie*.

ja con el ejercicio de una ciencia práctica dedicada al interés público; este aserto, de tintes humanistas propios de aquella época, se expresó en los siglos XVII y XVIII en términos de incremento del poder del reino, es decir, conforme al principio dominante en una lógica mercantilista. De ahí la pregunta: ¿cómo esta orientación "mercantilista" de las políticas reales ha contribuido a transformar el estatus de los ingenieros? Parece útil proponer una interpretación de amplio espectro, aunque sea a costa de ciertas simplificaciones.

El poder de una nación es militar y económico. Se mide en la competencia entre estados, y se organiza en tratados mediante los que se sanciona la influencia del rey sobre un territorio, definido por fronteras. En el interior, se mide por el ejercicio efectivo de la autoridad del soberano sobre sus recursos (en particular, por el fisco) y habitantes. El crecimiento de su poder económico se expresa en términos de balance positivo del comercio, que se cree asegurar por el proteccionismo y la mejora de la producción. Es en esta situación en la que se crean las condiciones para el desarrollo de la técnica y de las funciones del ingeniero.

Para que estas funciones encuentren su lugar propio, es necesario que el reino, definido como una jerarquía de los estamentos en que se dividía el cuerpo social, pueda apoyarse sobre esta estructura sociopolítica para, en cierto modo, sobrepasarla, afirmándose como un territorio puesto en valor por individuos que aseguran igualmente (aunque de forma diversa) el poder del reino en sus aspectos militar, económico y político, pero también en toda su geografía, tanto en el centro como en la periferia, en las ciudades como en los campos. Esto se traduce, en la administración del reino y en vista de la afirmación del poder real, en una influencia mejor organizada sobre el territorio. A este respecto se podría decir que la misma intención recomienda desarrollar el fenómeno de Corte en el siglo XVIII, que se advierte en todos los países de Europa, con efectos bien conocidos de sumisión política de la nobleza, y conduce a extender, por todo el territorio, administradores, con el fin de asegurar la autoridad del rey sobre sus súbditos, y también a que el reino se apoye en expertos con una misión específica. Los ingenieros son parte de estos expertos y contribuyen a esa influencia territorial, tanto por los importantes trabajos públicos que dirigen como por su considerable producción cartográfica, tan característica de la época. Se puede destacar que, en Francia, el refuerzo de las prerrogativas del Estado tiene como finalidad hacer cohabitar de la mejor manera posible las dos formas del ejercicio del poder del rey, privilegiando una el gobierno de los hombres y otra la administración de las cosas, según la fórmula de los positivistas; en Inglaterra se obtienen resultados económicos y técnicos similares por otras vías: la regulación de las funciones y de las realizaciones prácticas se hace mediante una competencia más directa entre los actores económicos.

Mientras que en Francia en control de las "cosas" (riquezas, producciones) supone la creación de una jerarquía fundada sobre la competencia técnica en el sistema administrativo controlado por el Estado, en Inglaterra la aparición de los grandes

ingenieros obedece a modelos diferentes, anclados en la sociedad civil. Recuérdese cómo los describe Margaret Jacob: «autodidactas» y «apenas profesionalizados». Estos dos ejemplos muestran que no hay una historia sino varias historias de los ingenieros en Europa. Si volvemos al caso de Francia, la historia de los ingenieros responde al modelo de la función administrativa. Así se comprende mejor el significado de la posición adoptada por Diderot y D'Alembert y la justificación de la doble pertenencia, por un lado a las ciencias matemáticas y por otro a las ciencias morales, que ellos reconocen a los ingenieros. Para concluir este punto, citaremos lo que escribe acerca de esto Terry Shinn:

> «Los ingenieros de todos los cuerpos del Estado tienen dos tipos de responsabilidades, técnicas y administrativas. Las primeras conllevan la aplicación de tecnologías experimentadas y principios científicos del análisis matemático a problemas concretos relacionados con las minas, las carreteras, los puentes, las fortificaciones... Por otra parte, estas responsabilidades no tienen nada que ver con la puesta a punto de nuevas técnicas de investigación. Pero hay que destacar que la orientación principal de los ingenieros del Estado es, sobre todo, de orden administrativo. Los del cuerpo de ingenieros civiles, aunque también los militares o de la construcción naval, están encargados en primer lugar de examinar y ratificar los planes o proyectos presentados por las empresas privadas para las contratas públicas, en campos esenciales para la seguridad y la estabilidad política. Una vez aceptado el proyecto, deben supervisar los trabajos y asegurarse de que respetan completamente el plan inicial»[14].

Puede que se esté exagerando un poco este aspecto puramente administrativo del trabajo de los ingenieros. Contratados por el rey, tienen también una función de gestión y producción. En los trabajos de importancia son ellos quienes conciben el proyecto y redactan el presupuesto y la memoria. Al igual que el intendente, el comisario de marina o el inspector, el ingeniero debe asumir una doble autoridad, a la vez sobre las "cosas" –según criterios de estandarización (de los productos), unificación (de los métodos) e igualdad (en todo el territorio del reino)– y sobre los hombres, bajo el principio del servicio al rey. Los ingenieros asumen, así, también una misión económica, la de asegurar la mejora de la productividad y de la circulación de las riquezas, en resumen, de "aumentar las ventajas del reino". Quizás la apreciación de la importancia reconocidas a esta misión en el ejercicio profesional permitiría establecer comparaciones entre los ingenieros de Europa.

Dicho esto, querríamos integrar las reflexiones sobre la ingeniería europea en una aproximación más histórica, que tuviese en cuenta también los acontecimientos y circunstancias militares y diplomáticas que han dado forma a la Europa del siglo XVIII. Estos acontecimientos se relacionan con los ingenieros en toda la diversidad de sus condiciones de trabajo. En efecto, mientras que en las grandes potencias las estructuras de producción de los proyectos civiles y militares importantes presentan

---

[14] Terry SHINN: «Des corps d'État au secteur industriel: genèse de la profession d'ingénieur, 1750-1920», 1978, p. 43.

numerosos rasgos comunes, mientras las técnicas disponibles y los conocimientos científicos aplicables son difundidos por Europa, e igualmente inventos y capitales atraviesan las fronteras, se observan profundas diferencias en las estrategias de apropiación de los conocimientos y en los modos de intervención del Estado sobre el desarrollo de la ingeniería. Es este punto el que nos parece interesante. La diversidad de disposiciones adoptadas en Europa para desarrollar las competencias y las funciones del ingeniero ¿puede dar lugar a reagrupamientos según tipologías que permitirían, a pesar de estas diferencias, representarse la Europa técnica como un conjunto identificable?

El primer factor constitutivo de esta historia de las técnicas del ingeniero en Europa está en relación con los grandes conflictos habidos entre las naciones que la componen en el siglo XVIII. Esto es así, en principio, porque los ingenieros son, básicamente hasta la segunda mitad del siglo y en todos los países de Europa, militares. Implicados en guerras que a veces les conducían lejos de sus países, conocieron experiencias, realizaciones técnicas y competencias que acabaron trayendo consigo de las campañas. A estos efectos en cierto modo directos, hay que añadir los que derivan de la preparación de las guerras, y también de las victorias o derrotas, que conllevan revisiones en la organización de los cuerpos y en la distribución y organización de las competencias y responsabilidades. Así, cuando en 1748 acaba la guerra de Sucesión de Austria y se hace balance, al gobierno francés se le impone la idea de dotarse de los ingenieros más competentes, y por consiguiente de los mejor formados. Ello condujo a la creación de la École du Génie de Mézières.

II

Las guerras europeas y la ingeniería militar: el "gran siglo XVIII"

El período de nuestro estudio, centrado en el siglo XVIII, tiene, sin embargo, un marco cronológico más preciso que el meramente temporal, determinado por una serie de decisiones diplomáticas de la más alta importancia para el conjunto de sus territorios, tanto desde el punto de vista geopolítico (reconfiguración de las fronteras, organización del Estado, relaciones de poder en el terreno internacional, etc.) como del económico y social.

Se puede decir que el siglo XVIII comienza en Europa cuando se firman, primero en Ryswick (septiembre-octubre de 1697) y después en Karlowitz (octubre de 1698-enero de 1699), los acuerdos diplomáticos que ponían fin, por un lado, al brazo de hierro que oponía Francia a los países de la Liga de Augsburgo[15] (1688-1697) y, por

[15] La Liga de Augsburgo (1686), formada para hacer frente a la expansión francesa en Europa occidental, agrupaba a Holanda, al Sacro Imperio, España, Suecia, Baviera, Sajonia, Pomerania y, más tarde, Inglaterra (1689).

otro, a la guerra de la Santa Liga[16] contra el Imperio otomano (1683-1698). El final de este período coincide con el segundo tratado de París (20 de noviembre de 1815), que, tras la batalla de Waterloo (18 de junio de 1815) y con la constitución de la Santa Alianza (26 de octubre de 1815), marca el final de las guerras napoleónicas y el establecimiento del nuevo orden europeo.

El largo período en cuestión (que hemos llamado el "gran siglo XVIII") constituye una época de desarrollo que tiene sus características propias. Históricamente, marca en sus principios la separación progresiva de la tradición clásica y la eclosión del espíritu de los ilustrados, relevado a principios del XIX por las primeras expresiones del positivismo. Política e ideológicamente, el siglo XVIII ve la llegada, y después la decadencia, de los despotismos ilustrados, barridos por la revolución y las consecutivas guerras, y por el ascenso de los nacionalismos. En materia de pensamiento económico, constituye una etapa de transición entre el mercantilismo heredado del siglo precedente y una serie de teorías nuevas que prefiguran el desarrollo del capitalismo. Desde el punto de vista militar, es la gran época de las guerras de coalición y de los movimientos independentistas que, a su vez, estimulan e intensifican la actividad diplomática oficial, oficiosa y secreta (espionaje y contraespionaje). En cuanto a técnicas e industria, es el momento de los grandes trabajos para asegurar un mayor control sobre el territorio, y en el que, con diferencias notables entre países, las producciones artesanales y manufactureras retroceden progresivamente ante el empuje del maquinismo, que conducirá a la revolución industrial. Estos factores contribuyen a promover una cultura técnica que, merced a las guerras y a la competencia internacional, preparará la llegada del ingeniero moderno.

Estos dos aspectos, militar y competitivo, íntimamente ligados, son particularmente característicos del "gran siglo XVIII", y su papel en el impulso de la ingeniería en el continente no debe ser subestimado. Un vistazo a la cronología de la época[17] muestra que los conflictos de todos los géneros se encadenan casi sin interrupción. Incluso calculado de forma grosera (es decir, no teniendo en cuenta más que las grandes campañas internacionales y los conflictos interiores largos y significativos), su número, de 1697-98 a 1815, se eleva a 35. También sintomáticamente, las más importantes de estas campañas militares, que dominaron todo el período, arrastraron a toda Europa: la guerra del Norte (1700-1721) y la guerra de Sucesión española (1701-1713), la guerra de Sucesión de Austria (1740-1748) seguida muy de cerca por la guerra de los Siete Años (1756-1763), y finalmente, una serie de conflictos revolucionarios, más las guerras del Imperio (1789-1815), a las cuales puso fin la derrota de la aventura de los Cien Días.

---

[16] La Santa Liga, constituida en 1684 frente al imperio otomano, agrupaba al Sacro Imperio, Venecia, Polonia y Rusia (a partir de 1697), con la participación del papa y de la isla de Malta.

[17] Jean DELORME: *Chronologie des civilisations*, PUF, París, 1956, pp. 242-289.

Estas contiendas son etapas en la historia de la técnica. Por dar un ejemplo, existe un antes y un después de la guerra de los Siete Años, si creemos lo que nos dicen los historiadores. Ken Alder estudia la ingeniería militar en Francia a partir de 1763[18]. Patrice Bret, igualmente, hace comenzar en 1763 su estudio sobre la aparición de una investigación pública en Francia[19]. Jakob Vogel, estudiando la puesta en funcionamiento de un cuerpo autónomo de expertos de minas, señala que «es primero en Sajonia, después de la guerra de los Siete Años, cuando el cuerpo de oficio se constituye y toma la forma que sería adoptada más tarde en otros países de Europa, en particular en Prusia y en Francia»[20]. Más tarde la campaña de América, con una flota francesa de diecisiete naves comandada por el conde D'Estaing, destinada a socorrer a los insurgentes americanos, contribuyó a acelerar la racionalización de la construcción naval en Francia. En efecto, durante esta campaña, de abril de 1778 a diciembre de 1779, el caballero de Borda (1733-1799), que fue el autor de esta racionalización, desempeñó las funciones de mayor general de la escuadra[21]. Detengámonos en este ejemplo.

II.1. La guerra de América y la normalización de los buques de guerra: la reforma de Borda

Borda había comenzado su carrera en el cuerpo de ingenieros y se interesó por los problemas de hidráulica, después por las ciencias náuticas, y fue admitido en la Marina en 1767[22]. Mientras participaba en las operaciones de 1778 a 1779 en las cos-

---

18 Ken ALDER: *Engineering the Revolution: Arms and Enlightenment in France: 1763-1815*, Princeton, 1997.

19 Patrice BRET: *L'État, l'Armée, la Science. L'invention de la recherche publique en France (1763-1730)*, 2003.

20 Jakob VOGEL: «Les mines dans les pays germaniques et en France aux 18e et 19e siècles: genèse et frontières d'une expertise scientifique et administrative», en *Colloque: les sciences camérales*, CURAPP, Amiens, julio de 2004.

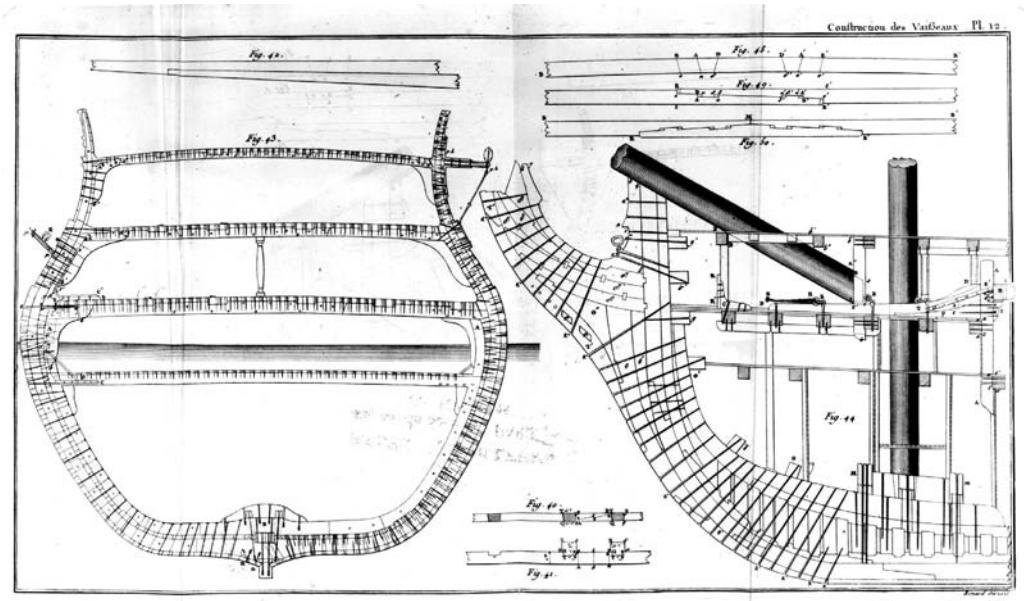
21 La guerra entre las coronas de Francia e Inglaterra había estallado en junio de 1778. El 8 de julio, la flota francesa de D'Estaing atracó frente a la desembocadura del río Delaware, descubrió que la flota británica había huido y llegó a Sandy Hook el 14 de julio. Desde allí, el vicealmirante francés decidió hacer salir a los británicos de Newport (Rhode Island), pero esto fue impedido por la táctica del almirante Howe y por una tempestad que dispersó las dos flotas. D'Estaing volvió a Boston para poner de nuevo a punto su flota y partió rumbo a las Antillas el 4 de noviembre de 1778. El 9 de septiembre de 1779, viniendo de La Granada, la escuadra de D'Estaing echó el ancla en la desembocadura del río de Savannah. Después de un desembarco de 3.000 hombres, D'Estaing y el general americano Lincoln observaron el asedio a Savannah. Por culpa, en parte, de la mala coordinación francoamericana, esta operación se saldó con una derrota y D'Estaing tuvo que reembarcar (octubre de 1779).

22 Borda fue miembro de la Académie des Sciences, de la Académie de Marine, del Bureau des longitudes, en 1790 de la Commission du système métrique, en 1795 del Institut national. Ingeniero, hidrógrafo, inventor, profesor, fue una de las figuras sobresalientes del movimiento científico en la Marina en la época de la Ilustración.

tas americanas y en las Antillas, proseguía sus trabajos científicos y la puesta a punto del *Cercle de réflexion* que lleva su nombre. Se encuentran en su expediente, en los archivos de la Académie des sciences de París, dos elogios históricos. El primero es de Lacroix, académico de principios del siglo XIX. Hablando de la campaña en América escribe:

> «El fruto que [Borda] obtuvo de esta campaña no se limitó al honor de haberla resistido [...], sino que presintió que las evoluciones de una armada no podrían tener éxito asegurado mientras no hubiese una perfecta similitud en las formas y en los aparejos que diese a todas las naves una misma facilidad y una misma prontitud para ejecutar los movimientos prescritos por el general. Propuso, pues, a su regreso suprimir los buques de 50 y 64 cañones, por ser demasiado débiles para entrar en línea; no construir más que de tres tipos (el último era de 74 cañones); hacerlos todos a partir de unas dimensiones proporcionales [...]. La uniformidad que estableció también en los aparejos tuvo la ventaja de facilitar las reparaciones y de procurar recambios a todos los buques de guerra, cualquiera que fuera el puerto de Francia en el que hicieran escala»[23].

Otro miembro del Institut, el vicealmirante Paris, en uno de sus discursos, relaciona todavía más estas disposiciones normalizadoras con la campaña de D'Estaing,



3.3. Honoré-Sébastien Vial du Clairbois (París,1733-Brest,1816),* Essai géométrique et pratique sur l'architecture navale, à l'usage des gens de mer *(París, 1776). *Ingeniero constructor ordinario en Brest (1783), en 1785 fue nombrado miembro de la Academia de Marina, y en 1800 director de la Escuela de Ingenieros Constructores de Brest (Fot.: J. Guillerme).*

---

[23] S. F. LACROIX: *Éloge historique de J. Ch. Borda*, s. d., pp. 26-27. Archivos de la Académie des sciences de París, expediente Borda.

puesto que afirma que, a continuación de esta campaña, «fue ordenado por M. de Castrie, mariscal de Francia[24], a todos los constructores, enviar los planos de los tipos adoptados, y a Borda le encargó juzgarlos»[25]. Es necesario revisar esta historia simplificadora y más o menos hagiográfica; pero si se siguen las aventuras de esta normalización de los buques de guerra de finales del siglo XVIII, es evidente que el desarrollo de las actividades coloniales y también de la guerra en el mar, del mismo modo que la guerra de Independencia americana, determinaron un aumento y una renovación de las flotas que no tuvieron sólo como efecto la estandarización de los buques, sino también la creación de nuevos cuerpos de ingenieros constructores de la Marina, y de escuelas capaces de formarlos en las disciplinas matemáticas y físicas, de las que se esperaban las condiciones para un control de los mares.

II.2. Los grandes debates sobre el arte de la guerra y la fortificación

Si atendemos a los ingenieros reales, encargados de las fortificaciones y del ataque y defensa de las plazas, no sorprende ver cómo los conflictos militares influyen en las técnicas empleadas y en las discusiones teóricas de ingenieros y oficiales. Veamos dos ejemplos que manifiestan el enfrentamiento de ideas habido en el siglo XVIII en estos campos.

II.2.1. ¿Guerra de campaña o guerra de asedio?

En Francia, como en otras grandes naciones europeas, el carácter sistemático de la guerra de asedio se extendió a la guerra de campaña. En 1748, el mariscal de Puységur, en su *Art de la guerre par principes et par règles*[26], destaca que, en lo sucesivo, el ataque y la defensa de las plazas, con la manera de fortificarlas, son «establecidos sobre principios conocidos». «Esta práctica –precisa– extrae sus principios de la geometría y se demuestra»[27]. En efecto,

> «en todas las naciones de Europa se ha escrito tanto sobre esta materia, se han hecho tantos presupuestos para atacar y defender los diferentes sistemas de fortificación, el resumen está tan bien demostrado, que esta partida no puede perderse más»[28].

Él va a intentar, a su vez, alcanzar estimaciones comparables en las guerras de campaña, ya que, entre tanto, la guerra de Sucesión de Austria ha servido de forma cruel para tomar conciencia, en los Países Bajos, de que las plazas han sido muy mal

---

[24] Castries es entonces ministro de Marina.

[25] Discurso del señor vicealmirante Paris, miembro del Institut, en la *Inauguration de la statue du chevalier de Borda*, Dax, 24 de mayo de 1891. Archivos de la Académie des sciences, París, expediente Borda.

[26] Jean-François de Chastenet, marqués de PUYSEGUR: *Art de la guerre par principes et par règles...,* 1748.

[27] Marqués de PUYSEGUR, *op. cit.*, p. 37.

[28] *Ibid.*

defendidas: en 1745 se toman Tournal, Audenarde y Nieuport; Brujas y Ostende se rinden, Gante se toma escalando. En 1746, Bruselas, Amberes, Mons y Namur ceden sin mucha resistencia. La caída de Berg-op-Zoom, en julio de 1747, adquiere un valor simbólico: se le había apodado "la doncella". Se asiste entonces a un verdadero movimiento de opinión y el debate toma pronto un carácter "teórico", que enfrenta a los ingenieros del rey con los artilleros y oficiales del Estado Mayor en la evaluación de las ventajas que procuran las fortificaciones en relación con la estimación de su coste. Lo que está en juego es la sustitución de la guerra basada en la defensa de plazas por la de campaña.

Una de las razones que ayudan a entender estas discusiones es que las guerras del siglo XVIII llevaron a muchos oficiales fuera de su país, lo que les condujo a pensar en términos de guerra de campaña, abierta. Estos conflictos bélicos también impulsaron mejoras en la artillería, tanto en potencia de tiro como en facilidad de transporte, suscitando nuevas reflexiones sobre el arte de la guerra. La obra del caballero De Folard (1669-1752) es representativa a este respecto. Después de ser trasladado al servicio de Malta, fue a servir a Carlos XII de Suecia, que había suscitado su admiración por sus grandes campañas en el Este de Europa. Ch. de Folard, que se había interesado por la historia del arte militar, codificó el nuevo arte de la guerra del soberano sueco en sus *Nouvelles découvertes sur la guerre*[29] y en sus *Commentaires sur Polybe*[30]. Destaquemos que estas reflexiones se desarrollan con ocasión de campañas en que los ingenieros no fueron llamados a intervenir más que en las fases de ataque y asedio de las plazas, de manera que, como observa Anne Blanchard,

> «su razón de ser [...] no está directamente relacionada con la guerra de movimiento tal como tiende entonces a desarrollarse, bajo la influencia de los teóricos sino, principalmente, bajo el impulso de grandes capitanes como Mauricio de Sajonia o Federico de Prusia»[31].

Aun así son importantes, ya que las derrotas francesas de la guerra de los Siete Años favorecen a los defensores de la "guerra de movimiento" o campaña, ligados a

---

[29] Charles, Chevalier de FOLARD: *Nouvelles découvertes sur la guerre, dans une dissertation sur Polybe, où l'on donne une idée plus étendue du commentaire entrepris sur cet auteur, et deux dissertations importantes détachées du corps de l'ouvrage, par le Sieur de Folard*, Jean-François Josse, París, 1724.

[30] Charles, Chevalier de FOLARD: *Histoire de Polybe, nouvellement traduit du grec par dom Vincent Thuillier, bénédictin de la congrégation de Saint-Maur, avec un commentaire ou un corps de science militaire, enrichi de notes critiques et historiques où toutes les grandes parties de la guerre... sont expliquées, démontrées et représentées en figures... par M. de Folard...*, Amsterdam, a expensas de la compañía, 1729. Las ideas de De Folard sobre las órdenes de batalla fueron retomadas por MESNIL-DURAND: *Projet d'un ordre français en tactique, ou la Phalange coupée et doublée, soutenue par le mélange des armes, suivant la méthode du chevalier de Folard et du maréchal de Saxe*, París, 1755.

[31] Anne BLANCHARD: *Les ingénieurs du «roy» de Louis XIV à Louis XVI...,* 1979, pp. 395-396.

las tesis de Mauricio de Sajonia[32] y de Federico II de Prusia[33], mientras que los ingenieros encuentran en ellas la ocasión de reforzar su propia concepción de la defensa territorial.

En efecto, con la paz, a partir de 1772, se retoman las discusiones sobre la fortificación defensiva, que enfrentan a ingenieros y oficiales de artillería. Estos últimos pasaron al terreno de la teoría y no sólo denigraron el concepto del arte de la fortificación que se enseñaba en la escuela de Mézières, donde en lo sucesivo se formaron los ingenieros reales, sino que en sus tratados propusieron nuevas soluciones, fundadas sobre otro análisis de la relación ataque-defensa. Es el caso del marqués de Montalembert, autor del enorme *Traité des fortifications perpendiculaires. L'art défensif supérieur à l'offensif...*, cuyas reediciones (de 1776 a 1796) integran los argumentos que se le opusieron y sus correspondientes réplicas. Detengámonos en este caso, que ilustra cómo las circunstancias de la guerra influyen en la evolución de la ingeniería.

II.2.2. Los orígenes del sistema fortificado de Montalembert: algunas hipótesis

Uno de los grandes debates sobre el arte de la guerra en el siglo XVIII en Francia enfrentó a los seguidores de los sistemas clásicos "a lo Vauban" con un oficial de artillería, Montalembert, que propuso nuevos dispositivos de fortificación[34]. Se considera que Montalembert fue el heredero de algunas ideas de Rimpler[35], quien había elaborado, sobre todo, el sistema de las tenazas y del frente poligonal. Entre las apor-

---

32 Maurice de SAXE: *Les rêveries ou mémoires sur l'art de la guerre*, Pierre Gosse, La Haya, 1758.

33 FREDERIC II, Roi de Prusse: *L'esprit du chevalier Folard...*, 1761.

34 Para las obras de referencia relacionadas con Marc René Montalembert (1714-1800), ver los siguientes trabajos: de Janis LANGINS: «Un discours prérévolutionnaire à l'Académie des sciences: l'exemple de Montalembert», en *Annales historiques de la Révolution française*, 2000; n.º 2, «Sciences et techniques autour de la Révolution française: Approche interdisciplinaire», en Patrice BRET y Marcel DORIGNY (eds.), pp. 159-172; «Eighteenth-century French Fortification after Vauban: the Case of Montalembert», en *Proceedings of the War and Science During the Old Regime*, Conference at the William Andrews Clark Library, UCLA on 20-21 November 1998, pp. 1-26; *Conserving the Enlightenment: French Military Engineering from Vauban to the Revolution*, The MIT Press, 2004.

35 Rimpler, que estuvo presente en el sitio de Candil (tomada por los turcos en 1669) y que murió en el de Viena en 1683, ha ejercido una gran influencia. Había quedado marcado por la debilidad de los bastiones italianos en Candil, y editó en 1673 un libro de fortificación que proponía prácticamente un trazado poligonal. Ver Georg RIMPLER: *Sämtliche Schrifften von der Fortification als: I. Der dreyfache Tractat von Festungen. II. Die befestigte Festung. III. Die an Major Scheitern abgefertigte Schrifft. IV. Das Bedencken von Verstärckung der ehemahlingen Fortification des Fischer-Thors in der Stadt Strassburg... Welchen als ein Anhang beygefüget...* 1724, Dresde, Christoph Hekels, 1724; Adolf de ZASTROW: *Mémoires sur la fortification tenaillée et polygonale...*, París, 1828; Adolf von ZASTROW: *Geschichte der beständigen Befestigung*, Leipzig, K. F. Köhler, 1839. La primera edición fue publicada en 1828 con el título *Handbuch der vorzüglichsten Systeme und Muster der Befestigungskunst*. Zastrow piensa que Rimpler inspiró a Montalembert. Desgraciadamente éste no dejó ningún dibujo para ilustrar sus ideas.

taciones de Montalembert destacamos la utilización habitual de casamatas y el desarrollo de fuertes aislados que se protegían mutuamente. Estas innovaciones se impusieron en el siglo XIX y abrieron una nueva página tanto en la fortificación como en el ataque y defensa de plazas.

Un episodio de la carrera militar de este artillero, relacionado con la guerra de los Siete Años, sugiere que algunas de estas ideas provienen de sus experiencias en Rusia[36]. En mayo de 1759, Montalembert, destinado como representante de Francia en el Estado Mayor sueco y ruso, viajó a San Petersburgo. En diciembre de 1760, la Academia de Ciencias de esta ciudad le eligió miembro honorario, de modo que tuvo la libertad de visitar Kronstadt, complejo fortificado que defiende el acceso a la capital rusa en el golfo de Finlandia, y de conocer las casamatas de sus plazas y su sistema de fuertes interactivos. Como el texto donde expone los principios de este sistema data de 1761, es lícito suponer que Montalembert explicó en él esta reciente experiencia.

Esta hipótesis puede fundamentarse en algunos aspectos de la historia de las fortificaciones de Kronstadt, que data de 1703 y que no puede separarse del conjunto de realizaciones en toda una región fortificada al sur de Rusia, junto al mar de Azov, tras la conquista por los rusos de la fortaleza turca de Azov en 1696. Estos dos casos, que forman parte de la misma compleja coyuntura geopolítica de las conquistas petrovianas, representan dos realizaciones de la ingeniería militar rusa íntimamente ligados entre sí: los trabajos de fortificación llevados al cabo en el sur entre 1696 y 1711 sirvieron de referencia y de campo de ensayo para el acondicionamiento del complejo defensivo en el Báltico.

Las dos experiencias tienen otra cosa en común, y es que ofrecen las mismas características de la modernización acelerada propias de Rusia, como es habitual, por otra parte, en la periferia europea. La ausencia de competencias locales necesarias, en fortificación clásica de la utilizada en Europa occidental, se combina aquí con una gran capacidad de integrar las experiencias venidas de todas partes, siempre que respondieran a las necesidades de la defensa de un lugar determinado. Vistas en conjunto, estas realizaciones rusas permiten medir el impacto de tradiciones locales no teorizadas que pueden facilitar la importación de innovaciones.

Las fortificaciones del sur, ganadas a los turcos, reacondicionadas y ampliadas, acumulan las dos características citadas. Construido en 1663, el complejo defensivo turco está compuesto, además de por la fortaleza de Azov, por tres obras separadas

---

[36] Para los detalles y una vasta bibliografía sobre esta cuestión, ver I. GOUZEVITCH: *Le transfert du savoir technique et scientifique et la construction de l'État russe (fin du XVe-début du XIXe siècles),* tesis doctoral, 2001, t. 1, pp. 410-418. Ver también *SABIX: Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque de l'École polytechnique*, n.º 33 (número especial); I. GOUZEVITCH: *Le transfert du savoir technique et scientifique et la construction de l'État russe,* síntesis de la tesis defendida por Irina Gouzevitch para la obtención del grado de doctor, Palaiseau, marzo de 2003.

(dos torres de vigilancia y un fuerte) que parecen aumentar su capacidad de resistencia. Habiendo decidido erigir, sobre esta base, una poderosa región fortificada que defendiera el litoral conquistado, el zar se apoyó sobre dos precedentes: uno pertenece a la tradición rusa de fortificaciones fronterizas que encadenan terraplenes naturales y artificiales y donde se distribuyen, en toda su longitud (más de mil kilómetros), puestos de vigilancia y fortines dispuestos de tal manera que cada uno de ellos pudiese acudir en ayuda de los dos más próximos. Como esta idea de defensa asentada sobre fuertes interconectados era familiar a los rusos, aplicarla a la protección de una ciudad era mucho más sencillo que importar toda una tradición estratégica basada en potentes construcciones "a lo Vauban". La apuesta de los rusos por utilizar las antiguas fortificaciones turcas adaptadas a las singularidades del terreno encuentra aquí una explicación. Es necesario considerar, en esta elección técnica, la intervención de ingenieros extranjeros, en primer lugar austriacos, cuyos proyectos de extensión del

3.4. Fortificaciones en el mar de Azov *(sur de Rusia), defensa ante la amenaza turca: Plano con las fortalezas Petrouskaâ y de Azov (colección del Museo de la Región de Azov. Dibujo basado en el proyecto del ingeniero Laval, Archivos Centrales de Hechos Antiguos de Moscú).*

sitio protegido incorporan el sistema de fuertes interconectados. Dos obras de Borgsdorf, uno de los autores de este proyecto, resumen la experiencia[37]. Los historiadores son bastante reservados en cuanto al interés real de sus ideas, salvo las que tienen que ver con las casamatas[38], importantes porque fueron muy utilizadas en la construcción de los fuertes de Kronstadt y constituyen un elemento muy destacado del sistema fortificado propuesto por Montalembert.

Sin embargo, las casamatas no agotan todas las realizaciones técnicas aplicadas en el complejo fortificado sobre el Báltico. Para imaginar lo que pudo ver Montalembert, recuérdese que en veinte años se erigió allí un conjunto imponente de obras, reagrupando baterías y fortines, atrincheramientos, puertos y embarcaderos, calas y canales, pero también una serie de fuertes aislados en la isla principal y en sus alrededores[39]. Finalmente, en 1723 fue fundada la fortaleza central de Kronstadt, que reunía en un único sistema todas las fortificaciones de la parte este de la isla. Apuntemos que la mayor parte de sus elementos fueron construidos en madera, tierra y arcilla. ¿Cómo no recordar, así, lo que intentó Montalembert en la isla de Aix en Bretaña (1779), esto es, el acondicionamiento de un fuerte marítimo en madera que suscitó primero fuertes reticencias y después una gran perplejidad entre los ingenieros militares franceses? ¿No se inspiró para ello en referencias de entre las que la fortaleza de Kronstadt constituía en el siglo XVIII un ejemplo singular?

---

37 Ernst Fridrich, baron von BORGSDORF: *Pobežd aûšaâ krepost'...*, Moscú, 1708 y 1709 (*La fortaleza victoriosa...*); Idem, *Poverennye voinskie pravila kako nepriâtel'skie kreposti siloj brati...*, Moscú, 1709 (*Las reglas militares aprobadas sobre la manera de tomar por la fuerza las plazas enemigas...*); Idem, *Voinskie pravila kako nepriâtel'skie kreposti siloj brati...*, Moscú, 1709; Idem, *Voinskie pravila kako nepriâtel'skie kreposti siloj brati...*, Moscú, 1710.

38 En realidad, la idea de las casamatas fue formulada en 1527 por Alberto Durero en *Etliche Underricht zu Befestigung der Stett, Schloss und Flecken*, publicado en Nuremberg. En este trabajo, el sabio propone de hecho un nuevo sistema de fortificación cuyas ideas fundadoras no fueron realmente comprendidas hasta el siglo XVIII, incluyendo a Montalembert. Las casamatas son la excepción de esta regla porque fueron aceptadas más temprano: V. DANILEVSKIJ: *Russkaâ tehničeskaâ literatura pervoj četverti XVIII veka*, Moscú-Leningrado, 1954, pp. 97-98 (*La literatura técnica rusa del primer cuarto del siglo XVIII*); Galina MATVIEVSKAJA: *Al'breht Dûrer-učënyj: 1471-1528*, Nauka, Moscú, 1987, pp. 202-207 (*El sabio Alberto Durero: 1471-1528*).

39 Aunque subrayando el interés de este conjunto para la historia de la fortificación, vale más evitar los extremos y no pretender, como hacen los autores de la obra *La fortaleza de Kronstadt*, que gracias a Kronstadt la implantación de los fuertes fuera de la muralla de la fortaleza principal se pusiese en práctica por primera vez en el mundo (ver Anatolij A. RAZDOLGIN y Jurij A. SKORIKOV: *Kronštadtskaâ krepost',* Strojizdat, Leningrado, 1988, p. 418). Basta con recordar el fuerte de San Andrés del Lido, que defendió a partir del siglo XVI la entrada de la rada, en Venecia, o los fortines avanzados que defendían la ciudadela de Saint-Malo, entre otros. La originalidad del complejo fortificado de Kronstadt y, en general, del sistema de defensa de San Petersburgo, consistía en el hecho de que no era una ciudadela como tal; fue en principio pensada y realizada como un sistema de fuertes que, vistos en conjunto, formaban lo que hoy llamaríamos una región fortificada. Y es justamente esta idea la que encontró su expresión teórica en los trabajos de Montalembert.

3.5. Fortificación de Kronstadt, *en el golfo de Finlandia, puerta de obligado acceso por mar a San Petersburgo. Las trazas de los disparos posibles muestran el potencial defensivo de los fortines mutuamente protegidos.*

Las guerras, su preparación, los desplazamientos y contactos que implican, sin olvidar los efectos propios de las conquistas, no son más que uno de los numerosos factores que han favorecido la tecnificación de las producciones en Europa y su estandarización. Se puede además observar que el fenómeno no es propio del siglo XVIII, pues desde Aristóteles[40] hasta la actualidad está claramente establecido. Lo que diferencia al Siglo de las Luces es que estos acontecimientos contribuyen a acelerar la aplicación en ingeniería de los conocimientos técnicos y científicos disponibles. Es interesante averiguar en qué condiciones llegan a ser efectivamente aplicables, y es lo que se intentará más adelante, a través del estudio de varios casos. Observemos primero que esto implica muy particularmente modificaciones profundas en los modos de aprendizaje, de formación, de los ingenieros. En los distintos países de Europa ocurre con ritmo diferente, pero en todos los casos la legitimación de la función por la formación llegará a ser uno de los elementos básicos de identificación del ingeniero.

[40] Al final de su *Política*, Aristóteles hace una descripción de la inevitable "carrera armamentística" y de los medios de defenderse que caracterizan al arte del ingeniero militar.

III

La identidad del ingeniero europeo

La palabra *ingeniero* se impuso en la Italia del Renacimiento para designar a un grupo de expertos que practicaban, al servicio de los príncipes y autoridades municipales, actividades que consistían, por un lado, en asegurar técnicamente el arte de los asedios, el ataque y la defensa de las plazas, y por otro, en dirigir los trabajos de utilidad pública, militares y civiles (fortificación, acondicionamiento urbano, trabajos hidráulicos, también cartográficos, etc.). En el siglo XVII, el hecho de ver multiplicarse y diversificarse sus competencias incitó a los estados europeos a promover la organización de estos expertos en cuerpos jerarquizados, que definían sus funciones y las condiciones de obtención del título de ingeniero. Este proceso se inició con la creación del cuerpo de ingenieros militares y con la aparición, al lado de los aprendices en las obras y en las campañas bajo la dirección de un ingeniero, de las primeras enseñanzas académicas especializadas.

Es en el siglo XVIII cuando se elaboran las características que confieren al ingeniero una identidad específica: sistema de formación propio, carrera definida, título profesional, estatus social. El grupo evoluciona mucho en la esfera militar y cada vez más en actividades civiles, como las obras públicas, en general realizadas para el Estado o para regiones y ciudades de vocación industrial. Al margen de eso, cualquiera que sea su perfil disciplinar, el estatus que les atribuya la sociedad o las relaciones que mantengan con el aparato del Estado, todos los ingenieros están, de un modo u otro, implicados en el mismo proceso de producción de objetos técnicos, de creación de saber científico y de organización y dirección del trabajo colectivo que asegura esta producción.

Para tener una aproximación sintética del campo de acción en el que se constituye la identidad del ingeniero en el siglo XVIII, atenderemos a tres criterios principales. El primero es el Estado: su administración y gobierno. El segundo es la empresa: la producción para el beneficio empresarial mediante actividades estructuradas según las dos grandes instancias que son las sociedades que reúnen capitales y personas que se comprometen con la empresa y el mundo de los oficios. En tercer lugar, los conocimientos y su transmisión: universidades, aprendizajes, escuelas especiales, pero también academias, sociedades de sabios, sociedades de fomento. El lugar del ingeniero se ubica en el campo de fuerza creado por estas instancias y la observación de las diferencias de estatus del ingeniero según cada país de Europa gana al ser relacionada con estos importantes factores. Que pueden ser reagrupados bajo dos grandes temas: ejercicio de la profesión y la formación[41].

[41] Dada la extensión del tema que se pretende abordar, esto es, el "ingeniero europeo" a grandes rasgos, los ejemplos que sirven aquí para ilustrar la diversidad europea en este campo son forzosa-

III.1. El ejercicio de la profesión

III.1.1. El Estado: administración y creación progresiva de los cuerpos

Los cuerpos de ingenieros del Estado se constituyen a partir del siglo XVII para la categoría de ingenieros militares, y más tarde para los encargados de trabajos civiles en relación con puentes, caminos y minas. Estas categorías se definen por sus modos particulares de integración en el aparato del Estado, en su sistema de transmisión de

---

mente selectivos, limitados e incompletos, y no tienen la pretensión de cubrir ni todos los casos ni todos los países. Ante el enorme compromiso de elegir, hemos optado por la solución de proporcionar, cada vez, los ejemplos más típicos y explícitos, esforzándonos al mismo tiempo en diversificar al máximo la geografía, lo que responde, a fin de cuentas, al primer objetivo de este trabajo. Por la misma razón, no hemos podido desarrollar aquí ciertos ejemplos que merecerían, en otras ocasiones, ser tratados con más profundidad, sobre todo los de los países que han manifestado, en diferentes momentos del siglo XVIII, dinámicas particulares en la puesta en marcha del oficio del ingeniero y a la vez en la elaboración de su estatus. Tal fue, notablemente, el caso de España, donde el proceso se desencadenó temprano en el siglo XVIII, y conoció hacia el final un auge espectacular. En el presente volumen, al estar dedicado a la historia del ingeniero en España, especialistas reconocidos detallarán todos estos aspectos. Por dicha razón nos hemos contentado con recordar algunos de esos procesos comunes que se desarrollaron entonces en el continente.

Existe una rica bibliografía sobre los ilustrados en la historia de la ingeniería española del siglo XVIII, y este volumen proporcionará, sin duda, una lista representativa de ella. Citaremos aquí, a título indicativo, algunas obras: L. SÁNCHEZ AGESTA: *España al encuentro de Europa*, Biblioteca de Autores Cristianos, Madrid, 1971; J. A. MARAVALL: *Estudios de la historia del pensamiento español: siglo XVIII*, Biblioteca Mondadori, Madrid, 1991; A. CAPITÁN DÍAZ: *Historia de la educación en España, tomo 1: De los orígenes al Reglamento General de Instrucción Pública: 1821*, Dykinson, Madrid, 1991, pp. 746-760; H. CAPEL, J. E. SÁNCHEZ y O. MONCADA: *De Palas a Minerva: la formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Serbal/CSIC, Barcelona, 1988; P. CASTRO RODRÍGUEZ y A. SÁENZ SANZ (dirs.): *Betancourt: los inicios de la ingeniería moderna en Europa*, Centro de publicaciones del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 1996; A. VELAMAZÁN: *La enseñanza de las matemáticas en las Academias militares en España en el siglo XIX*, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 1994, pp. 13-23; F. J. AYALA-CARCEDO (dir.): *Historia de la tecnología en España*, 2 tomos, Barcelona, 2001; J. L. GARCÍA HOURCADE *et alii: Estudios de historia de las técnicas, la arqueología industrial y las ciencias: VI Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas (Segovia-La Granja, 9 al 13 de septiembre de 1996)*, Junta de Castilla y León, 1998 (Estudios de Historia de la ciencia y de la técnica, n.º 13); A. RUMEU DE ARMAS: *Ciencia y tecnología en la España ilustrada: la Escuela de Caminos y Canales*, Turner, Madrid, 1980; S. MADRAZO: *El sistema de comunicaciones en España: 1750-1850*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Turner, Madrid, 1984, pp. 118-125; J. FERNÁNDEZ PÉREZ e I. GONZÁLEZ TASCÓN: *Ciencia, técnica y Estado en la España ilustrada*, Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, Zaragoza, 1990, pp. 3-12; A. LAFUENTE, J. DE LA SOTA y J. VILCHIS: «Dinámica imperial de la ciencia: los contextos metropolitano y colonial en la cultura española del siglo XVIII», en *El reformismo borbónico: una visión interdisciplinar*, Alianza Universidad, Madrid, 1996, pp. 175-202; C. PUIG-PLA: «Promoters of Technical Schools in Barcelona: 1750-1850», en *Actes of the XXI International Congress of History of Science*, México, 2002.

las decisiones y de las obligaciones de servicio según los diferentes órganos centrales y locales: ministerios, secretarías de Estado, poderes provinciales. El ingeniero militar forma parte de estas funciones administrativas, y los más competentes asumen el mantenimiento de las plazas fuertes y su preparación para los asedios en caso de guerra. El establecimiento de estas responsabilidades da origen a la función de dirección de fortificaciones, asegurada por los mandos técnicos locales que organizan y rinden cuentas a los poderes administrativos.

¿Se podría, por tanto, trazar una historia del ingeniero en la época moderna en Europa tomando como criterio discriminatorio la constitución de un cuerpo específico constituido según una jerarquía de poderes y una evaluación fundada en criterios de competencia técnica? Está bastante claro que esta forma de proceder dejaría fuera a una gran cantidad de ingenieros que no tenían ese título más que por habérselo apropiado. Las últimas décadas del siglo XVIII los ven multiplicarse en toda Europa, y se les puede asimilar con los famosos "ingenieros civiles" ingleses que, como ya hemos visto, han sabido encontrar en la fundación de su sociedad, la Institution of Civil Engineers (1818), un modo de institucionalización indispensable para el reconocimiento de su importancia social y económica.

III.1.2. La empresa y la normalización de los presupuestos

Si atendemos al ejercicio de la profesión, el lugar del ingeniero debe confrontarse con el que ocupa en el sistema productivo en el que la tarea asegura la puesta en marcha de los proyectos privados importantes, pero también de los públicos. El siglo XVIII es el de madurez del sistema empresarial y, en el caso de las obras encargadas por el Estado, de un mejor funcionamiento de las convocatorias a concurso en las subastas públicas. Esto afecta particularmente a los presupuestos. En Francia se ve muy pronto, bajo el impulso de Vauban y después de Belidor, la puesta en marcha de una normalización de los presupuestos para las grandes obras públicas, militares y civiles, que permiten un mejor control de los ingenieros sobre los empresarios implicados merced a subastas públicas; sin duda, sería interesante realizar un estudio comparativo sobre su redacción y funcionamiento en las diferentes regiones de Europa.

Es necesario recordar que muchos ingenieros (mecánicos, hidráulicos, expertos en instrumentos matemáticos) no son otra cosa que empresarios, y que, incluso en Francia y para el ingeniero de Estado, la frontera no es siempre impermeable con éstos, con sus funciones y, sobre todo, con la búsqueda de beneficio empresarial, lo que da lugar a complicaciones jurídicas. Las colusiones y los abusos de poder, las malversaciones y los cohechos no son un invento reciente; las obras de acondicionamiento de puentes y caminos, así como de las fortificaciones, con su sofisticación cada vez mayor, y la multiplicación de los cuerpos defensivos, ponen en juego sumas considerables. En consecuencia, el ingeniero es también a veces el que toma la iniciativa de los trabajos y participa en sociedades en busca de beneficio, lo que significa que se compromete con un modelo que ya no tiene nada que ver con la figura del oficial del ejército o del funcionario contratado por el Estado. En Francia, estas

3.6. Jean-le-Prestre Vauban (Saint-Léger-Vauban, Nivernais, 1633-París, 1707) presenta los planos de la fortaleza de Belfort, 1687 (dib. de Tony Robert Fleury). *Ingeniero militar, Luis XIV le nombró comisario general de Fortificaciones en 1678, con la responsabilidad de defender las fronteras. Innovador en los sistemas de ataque y defensa, diseñó un costoso sistema de fortalezas adaptadas al terreno y eficaz ante la nueva potencia artillera (*Le Magasin pittoresque, *París, 1883).*

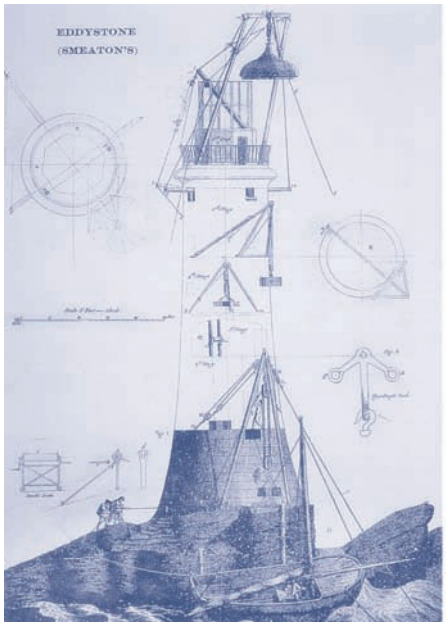
prácticas en las que un experto técnico puede intervenir bajo una doble vertiente, la del ingeniero y la del empresario, dieron lugar a ordenanzas que trazaron límites estrictos y amenazaron con graves sanciones a quienes los sobrepasaran. Fue el caso de uno de los ingenieros más célebres, Vauban, que escapó por poco de un proceso por su participación en la empresa que fortificó Neu Brisgau[42]. El ingeniero, incluso el ingeniero de Estado, puede, por tanto, acumular diferentes tipos de remuneración que distinguen las diversas facetas del ejercicio de sus competencias.

[42] Sobre Vauban, véase Michèle VIROL: *Vauban, de la gloire du roi au service de l'État*, 2003.

III.1.3. Las sociedades

Para construir su identidad, los ingenieros que no pertenecían a ningún cuerpo del Estado no disponían más que de su experiencia profesional y de sus redes de relaciones. Así pues, estaban en competencia y debían inventarse una estructura que les permitiera reunirse, reconocerse y obtener herramientas de promoción colectiva. Una de esas herramientas fue la creación de sociedades de ingenieros. El ejemplo más característico es la Sociedad de Ingenieros Civiles de Inglaterra, fundada en 1771 bajo los auspicios del ilustre Smeaton, y conocida como Smeatonian Society. A ella se debe la creación de una identidad propia, la del ingeniero civil, puesto que allí se inventó el término que los identificaba. Pronto se sintió la necesidad, sobre todo entre los jóvenes, de disponer de una institución formal que organizara actividades y reuniones regulares en las que discutir y presentar trabajos. Así nació la Institution of Civil Engineers, en enero de 1818, con Thomas Telford como primer presidente (1820).

La creación de sociedades tiene por objeto principal paliar la falta de una institución en la que se relacionen los ingenieros "civiles", en la medida en que ellos no pueden obtener el reconocimiento social ligado al ingreso en un cuerpo del Estado, ni siquiera una formación concreta que les distinga. Se trata, por supuesto, de estos ingenieros "autodidactas" que estudia Margaret Jacob. ¿En qué medida se les puede definir así, y qué lugar ocupan en cada país de Europa? La cuestión sigue abierta.



3.7. John Smeaton (1724-1792), *considerado en el ámbito anglosajón el «padre de la ingeniería civil», diseñó puentes, canales, puertos, faros y máquinas. Fue miembro de la Lunar Society (Birmingham).*

Se puede avanzar la idea de que lo que diferencia a la época moderna y se acelera en el siglo XVIII es la separación entre la aplicación del conocimiento de los ingenieros y su aprendizaje. Sobre este último punto encontramos las preguntas clásicas: ¿hasta qué punto, y a partir de qué momento, los innegables progresos de las ciencias matemáticas y físicas que caracterizan al XVIII llegan a materializarse en la ingeniería? Si hay una característica común a los ingenieros europeos, parece ser una superioridad de los militares sobre los civiles en los saberes que se les exigen y en el nivel científico del aprendizaje académico que muy pronto se les va a proporcionar. El Siglo de las Luces se caracteriza, principalmente, por un incremento de las exigencias técnico-científicas ligadas a la admisión de candidatos al título de ingeniero y por lo que necesariamente surge como consecuencia de ello, es decir, la creación de escuelas.

III.2. La formación: ensayo de una tipología

Para comprender cómo se independiza esta categoría profesional, tomaremos como punto de partida los tipos de formación al uso en los diferentes países de Europa. ¿En qué medida la enseñanza de los ingenieros se va a integrar en los modelos tradicionales o bien a desmarcarse de ellos?

Se pueden distinguir grandes secuencias de transmisión de conocimientos a partir de las que se crearon las escuelas de ingeniería: los oficios con sus sistemas de aprendizaje en el marco gremial; los gabinetes de curiosidades o las colecciones de modelos: gabinetes de física y de máquinas; los colegios y universidades, con una ambición teórica y donde la enseñanza se imparte en latín; finalmente, las academias militares que forman a los altos mandos del Ejército. Intentemos ver cómo, a partir de estas estructuras, aparecen en el XVIII las enseñanzas específicas destinadas a los ingenieros.

III.2.1. Las asociaciones corporativas

La formación de los futuros directivos del mundo artesanal, en particular en el campo de la construcción, se encuadra en el régimen del aprendizaje, pero muy pronto, y en concreto para las matemáticas, aparecieron escuelas que proporcionaban una enseñanza fuera de la obra. Hay que tener presente que los oficios, sobre todo los relacionados con las obras, en todos los países de Europa, constituían un mundo muy jerarquizado, y en las ciudades un verdadero poder económico, social y jurídico[43]. La formación de los jóvenes estaba reglamentada y a veces daba lugar a la organización de colegios que supieron adaptarse a las transformaciones sociales y técnicas de las profesiones.

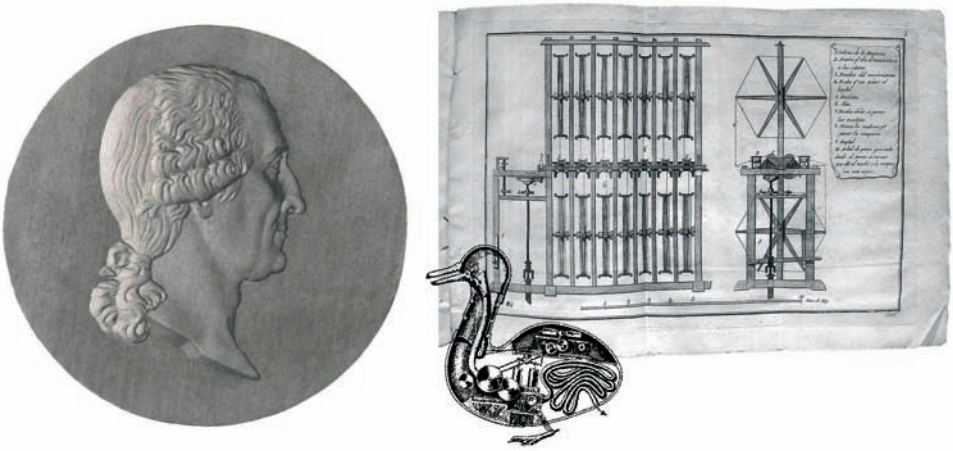
[43] Una tesis francesa reciente, centrada en la Chambre des bâtiments de París, hace balance sobre este mundo de la construcción. Robert CARVAIS: *La Chambre royale des bâtiments, juridiction professionnelle et droit de la construction à Paris sous l'Ancien Régime*. Esta tesis está en proceso de publicación.

El caso del colegio de ingenieros y arquitectos de Milán es interesante en la medida en que continúa la tradición del antiguo colegio fundado en la ciudad en 1563. Se trataba de una asociación de carácter corporativo centrada en los oficios de la construcción. De 1563 a 1797, con el acuerdo de los gobiernos español y austriaco, el colegio tuvo la prerrogativa de la formación de los ingenieros y arquitectos y de la expedición de los diplomas para el ejercicio de la profesión. Ejerció igualmente una función jurídica en la resolución de controversias surgidas en los campos de su competencia. Las sentencias emitidas, bajo el título de *stilati* ('redacciones'), creaban jurisprudencia. En 1797, con la ley de la República Cisalpina, el colegio fue cerrado debido a las disposiciones de libre constitución, que imponían la disolución de las antiguas asociaciones de carácter corporativo; las prerrogativas del colegio pasaron entonces a la Universidad de Pavía. Es a partir de esta época cuando algunas universidades incorporan en sus cursos las enseñanzas técnicas.

III.2.2. Colecciones de modelos

Las colecciones de máquinas, en los gabinetes de curiosidades o, más seriamente, en los gabinetes de física, constituyeron a veces el punto de partida de enseñanzas técnicas dirigidas más bien a los maestros del oficio y a los empresarios. Un ejemplo es el de Suecia, que, hasta las primeras décadas del siglo XIX, desarrolló sus propias tradiciones educativas. El llamado "padre de la educación técnica sueca", el gran inventor Christopher Polhem, había fundado en 1697 el Laboratorium Mechanicum, que más tarde llegó a ser la cámara real de modelos. En 1798, junto a esta institución se creó la escuela mecánica de Estocolmo, con dos profesores, uno encargado de enseñar las materias teóricas y el otro las prácticas. En Europa, en general, en esa época se estaban desarrollando las enseñanzas técnicas destinadas a artesanos o a empresarios, y había, por tanto, que utilizar métodos adaptados a ellos, acostumbrados a aprender en la obra o en el taller, en contacto con las herramientas, instrumentos y máquinas.

Francia saca provecho de la situación creada por la Revolución y la nacionalización de los bienes para reunir las colecciones de máquinas que existían y organizar demostraciones sobre invenciones mecánicas. Estas demostraciones dedicadas a los mecánicos desembocaron rápidamente en una línea de formación accesible a todo el que quisiera formarse en un oficio en el Conservatoire National des Arts et Métiers (1794). A partir de 1819, este establecimiento funcionó en régimen de cursos libres, abiertos a todos, con una matrícula simbólica y profesores competentes. Eran cursos de iniciación que trataban de ser concisos y se centraban en temas industriales, económicos y, más tarde, agronómicos, sin obligación de un seguimiento riguroso, sin controles ni selectividades o exámenes finales. Más tarde, estas cuestiones se completaron con otras más teóricas y se empezaron a formar ingenieros. Si hacemos balance de esta escuela, el CNAM y, más en general, este tipo de enseñanza, parece representar una tradición importante en la historia de los técnicos, con una formación centrada en la observación de las máquinas y mecanismos, más pragmática que teórica y que



3.8. Jacques de Vaucanson (Grenoble, 1709-París, 1782) *fue un excepcional automatista, cuyo saber mecánico y talento innovador incorporó a procesos productivos, al ser nombrado en 1741 inspector de la manufactura de la seda en Francia. En la imagen, su célebre pato se superpone a una ilustración del libro de Josef Lapayesse,* Tratado del arte de hilar, devanar, doblar, y torcer las sedas, según el método de Mr. Vaucanson *(Valencia, 1784). De su pato (1739), con más de cuatrocientas piezas, se ha dicho que podía aletear, beber agua, digerir granos e incluso defecar. En su tarea de automatizar la fabricación textil, empleó cartas perforadas, procedimiento que medio siglo después perfeccionaría Joseph-Marie Jacquard. A su muerte legó su colección de máquinas a Luis XVI, siendo posteriormente el núcleo fundacional del gabinete del Conservatorio de Artes y Oficios, fundado en París en 1794, bajo la Revolución.*

recurre a cualidades intelectuales que tradicionalmente se le presuponen al ingeniero, dotado de astucia e inventiva. Esta tradición se desarrolló en Francia e Italia, después en Alemania y Flandes, mediante la publicación de los teatros de máquinas y en las colecciones de los gabinetes de física con sus "demostraciones". Tiene que ver, sobre todo, con ingenieros sin un estatus social claramente definido pero que contribuyeron a la introducción y puesta en marcha de nuevas técnicas en toda Europa.

III.2.3. Colegios y universidades

A diferencia de las ramas que interesan a un mundo complejo que comprende artesanos superiores, inventores y toda clase de expertos técnicos, la enseñanza en colegios y universidades se dirige a alumnos procedentes de las categorías sociales más elevadas: gran burguesía y nobleza.

Los colegios, regentados a menudo por jesuitas, se extienden por toda Europa y pretenden proporcionar una formación en matemáticas prácticas o mixtas que comprenden, además de aritmética y geometría, cursos de fortificación, mecánica, dibujo y, en las regiones marítimas, de hidrografía. Éstos cursos van siendo cada vez más elaborados y sistematizados en tratados, especialmente en los de fortificación que se encuentran en las bibliotecas de los ingenieros. Estos darán lugar, en el siglo XVIII, a críticas acerbas contra los conocimientos proporcionados por estos "hom-

bres de gabinete"[44]. Sin embargo, influyeron de forma determinante en la formación de los mandos administrativos y militares[45], cuya práctica complementaria se ejercía sobre el terreno, al lado de un profesional, como se puede ver con Vauban, que formó a numerosos ingenieros.

Con respecto a las universidades, hasta la segunda mitad del siglo XVIII no imparten enseñanzas técnicas. A lo sumo se observan intentos para organizarlas en relación más o menos reglada con la enseñanza de las matemáticas –que ya de por sí han tenido problemas para imponerse–. Se puede citar aquí el intento precoz y duradero de Simon Stevin, en 1600, al crear una escuela de ingenieros en la que las enseñanzas estuvieran coordinadas con las de la Universidad de Leiden[46]. Estos cursos no se impartían en latín, como en la universidad, sino en flamenco. En efecto, desde el Renacimiento en Italia hasta el siglo XVI en las grandes ciudades de Europa, existían, en torno a las universidades, cursos privados de matemáticas impartidos en lengua vernácula por profesores que a veces pertenecían a las universidades. El caso más célebre es el de Galileo en Padua, hacia 1590. Estas enseñanzas podían estar impulsadas por los concejos, como en Basilea y en Ginebra, con los cursos de Jacques Besson, ingeniero y profesor de matemáticas, que había enseñado también en París, Ruán y Orleans[47]. En España, la Real Academia Matemática de Madrid (1582)[48], fundada bajo el impulso de Juan de Herrera y dirigida por el cosmógrafo Juan Bautista Lavanha, con cursos impartidos en castellano, funcionó al margen de las universidades, bajo el patrocinio regio de Felipe II.

Podríamos citar muchos otros casos hasta el siglo XVIII. Por ejemplo, la escuela de ingenieros civiles y militares en Praga que llegó a institucionalizarse. Su creador, Christian Joseph Willenberg (1655-1730), había adquirido conocimientos matemáticos y técnicos durante su servicio en el ejército francés. De vuelta a Praga, en enero de 1705, pidió permiso al emperador Leopoldo para abrir una escuela en la que enseñaría las ciencias del ingeniero. El 18 de enero de 1707, el hijo de Leopoldo, el emperador José I, mediante decreto, ordenó a los Estados Generales checos crear esa escuela. Los comienzos fueron modestos, con una docena de estudiantes en los apartamentos privados del propio Willenberg. La formación duraba dos años y los cursos incluían aritmética, geometría, geometría práctica –en particular, geodesia– y fortificación. El

---

[44] H. VÉRIN: *La gloire des ingénieurs: l'intelligence technique du XVIe au XVIIIe siècle*, 1993.

[45] Antonella ROMANO: *La Contre-Réforme mathématique, constitution et diffusion d'une culture mathématique jésuite à la Renaissance*, 1999.

[46] Georges SARTON: «Simon Stevin of Bruges», *Isis*, n.º 21, 1934, p. 244.

[47] H. VÉRIN y L. DOLZA: «Dal livre al Theatrum di Jacques Besson», 2001, pp. 1-49.

[48] Para un amplio panorama de instituciones técnicas en España en el XVI: M. ESTEBAN PIÑERO: «Instituciones para la formación de los técnicos», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e Ingeniería en España, I. El Renacimiento*, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico y Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004, pp. 165-202.

número de alumnos fue aumentando a lo largo del siglo, bajo las direcciones sucesivas de Jan Ferdinand Schor (1686-1767), autor de un manual sobre las matemáticas explicadas en el instituto, y de Frantisek Antonîn Herget (1741-1800), particularmente reconocido por las conferencias destinadas a contramaestres, artesanos y oficiales que daba los sábados y domingos sobre las aplicaciones prácticas de la mecánica. Herget explicaba también en la universidad y se interesaba por el desarrollo de sociedades de sabios en los países checos[49]. Sin embargo, será necesario esperar a la segunda mitad del siglo XVIII para que, en muchos países de Europa continental (monarquía de los Habsburgo, países alemanes, Polonia), las enseñanzas de ciencias naturales y técnicas penetren en las universidades. La Facultad de Letras de la Universidad Carlos en Praga daba cursos de geometría, mecánica, arquitectura civil y militar, ciencias mineras y metalúrgicas, física, economía rural (1790). Las ciencias mineras tuvieron una cátedra en esta universidad de 1763 a 1772. El curso duraba cuatro años y fue enseguida transferido a la academia de minas en Schemnitz (Banska Stiavnica), en Hungría.

III.2.4. Academias

Este último ejemplo nos invita a señalar la singularidad del caso de las minas, en que se proporcionó una formación especializada en las propias explotaciones mineras. Las escuelas elementales técnicas fueron precoces en este campo, en particular en las regiones austriacas y alemanas. Así en Schemnitz, uno de los centros mineros más importantes de Europa, se creó la academia de minas que acabamos de mencionar. En origen existía una escuela de minas, fundada en 1735; transformada en academia de minas en 1762, se convirtió en una institución única en Europa. En las últimas décadas del siglo XVIII, numerosos estudiantes de Italia, los países alemanes, Dinamarca, Rusia, Francia y España estudiaban allí o hacían prácticas. Esta academia perdió importancia en el paso del siglo XVIII al XIX al haberse quedado retrasada en las enseñanzas de química y ciencias mineralógicas y geológicas, y también porque le era imposible recibir más estudiantes asegurándoles la formación práctica. Los alumnos dieron entonces prioridad a la academia de minas de Friburgo, donde las ciencias mineras se impartían desde 1765. En 1829, la corte de Viena se esforzó en reorganizar la academia de Schemnitz y en fundar otras en los países checos[50].

Apuntemos también las academias de arquitectura creadas a finales del siglo XVII. Deben tenerse en cuenta porque a veces tuvieron importancia en la formación de los ingenieros fortificadores. Es el caso de Francia, donde quienes pretendían desarrollar estas funciones tenían que haber seguido los cursos de la academia de arquitectura de París para poder presentarse a los exámenes y entrar en el cuerpo

[49] Marcela EFMERTOVA: «L'évolution de l'enseignement technique tchèque aux XVIII et XIXe siècles», 1999, p. 69.

[50] Íd., pp. 64-65.

de ingenieros del rey. Finalmente, hay que destacar la formación de ingenieros militares integrada en las estructuras del ejército y, en consecuencia, en los procedimientos propiamente militares. Esto fue común particularmente en Gran Bretaña, donde tanto ingenieros como artilleros eran a menudo también oficiales de infantería.

III 2.5. Los ingenieros militares

Su organización toma progresivamente el carácter de verdaderos "cuerpos" a partir del momento en que se dotan de una jerarquía fundada en competencias técnicas, adquiridas gracias a formaciones especiales. En los distintos países de Europa la aparición de estas enseñanzas es muy diferente. Si, como hemos visto, ya se hizo un intento en Leiden en 1600, o en Portugal desde 1647, en Francia hay que esperar a 1697 para que la obtención del diploma de ingeniero del rey dependa de un examen ante el comisario general de fortificaciones. En España los exámenes ante la autoridad para obtener el nombramiento de ingeniero constituyen una práctica que se remonta al siglo XVI. Por otro lado, la Academia Real Militar de Bruselas, al cargo de Sebastián Fernández de Medrano, operó a partir de 1675.

Las primeras décadas del siglo XVIII ven el auge de las formaciones destinadas a estos ingenieros: es el caso de Chequia, ya citado, donde en 1707 se crea la escuela de Praga; o el de Rusia, donde Pedro I abre en 1709 la escuela de ingenieros de Moscú, primer establecimiento ruso enteramente dedicado a la formación de expertos en ingeniería militar; finalmente, en Saboya, desde 1711, la figura tradicional del arquitecto-ingeniero al servicio del príncipe comienza a difuminarse en beneficio de una especialización entre el arquitecto dedicado a las edificaciones civiles y el ingeniero militar, que es un fortificador. En España, la academia de ingenieros militares de Barcelona, heredera intelectual de la bruselense, así como de otra previa en la misma capital del Principado, se crea en 1720.

En el XVIII se observa también, sobre todo en Gran Bretaña y Francia, que las enseñanzas de fortificación y de artillería fueron sucesivamente unidas y separadas, a menudo en relación con los conflictos que no han dejado de enfrentar a estos dos cuerpos. Finalmente, apuntemos que en Francia se crea a mediados de siglo la escuela de ingenieros de Mézières (1748), y a partir de 1790 se multiplican en otros países de Europa, como la escuela real de fortificación, artillería y dibujo de Lisboa (1790), e incluso a principios del siglo XIX en los países escandinavos: en Suecia en 1818, o en Dinamarca en 1830[51]. En cuanto a Noruega, esta enseñanza tardó en desarrollarse, lo que se explica por el hecho de que, tradicionalmente, los jóvenes se expatriaban para

---

51 T. K. DERRY y T. I. WILLIAMS: *A Short History of Technology from the Earliest Times to A. D. 1900*, OUP, 1960; Michael F. WAGNER: «Danish Polytechnical Education between Handicraft and Science», en Dan. Chr. CHRISTENSEN: *European Historiography of Technology*, Odense, Odense University Press, 1993; Ídem: *Det polytekniske gennembrud, romantikkens teknologiske konstruktion 1780-1850*, Aarhus, Aarhus Universitetsforlag, 1999.

realizar sus estudios, sobre todo a Alemania y Suiza[52]. Estos fenómenos de intercambio y de circulación son un elemento determinante en la historia de los ingenieros europeos después del Renacimiento.

IV

Intercambios y circulación de modelos, hombres y conocimientos

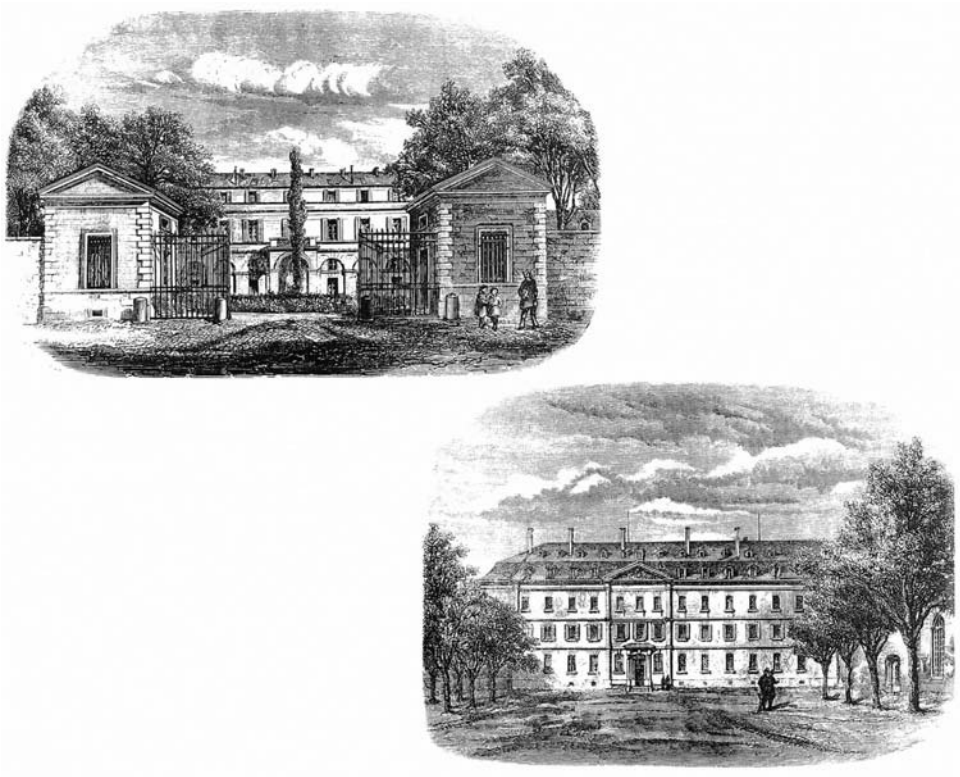
Las formaciones especializadas han desempeñado un papel de avance en la constitución de la Europa técnica. Se observa, en particular, la circulación de algunos modelos de enseñanza concurrentemente vehiculados, en esencia gracias a la movilidad de especialistas. Los modelos concurrentes son aquellos que han marcado, de manera precoz y eficaz, algún campo específico en la actividad del ingeniero, como la escuela de Friburgo para las minas o la de Barcelona o Mézières para la ingeniería militar. Su elección, así como las condiciones de su aclimatación local en el caso de intercambio del modelo, dependen del contexto cultural y de la necesidad concreta del país que lo implanta. Unos pocos países que, por razones específicas, conocen en el siglo XVIII avances considerables en tal o cual campo de la ingeniería se colocan inevitablemente como pioneros y difunden los modelos que los demás tienden a imitar, adaptándolos. Durante la segunda mitad del siglo XVIII se ensayan tres modelos de referencia: el del ingeniero civil inglés, hombre de obra y de taller, empresario y autodidacta; el del experto técnico alemán, orientado en particular a las condiciones prácticas de la profesión; y el del ingeniero estatal francés, propugnador de la ciencia del ingeniero, muy anclado en las matemáticas y en las teorías físicas más avanzadas de la época. Este último modelo es el propuesto por la École Polytechnique de París.

IV.1. La École Polytechnique de París

En 1794 la formación de los ingenieros en Europa dio un giro decisivo. Es entonces cuando se puso en funcionamiento en Francia la École Centrale des Travaux Publics que se llamó desde el año siguiente École Polytechnique. Esta institución se encuentra en el origen de un sistema de enseñanza técnica superior, cuya notoriedad desborda rápidamente las fronteras de Francia para extenderse por el continente europeo y más allá.

Reúne, en efecto, un conjunto de características innovadoras esenciales. La primera es la formación profesional superior en dos ciclos, con la escuela politécnica como núcleo de formación teórica general, y un abanico de escuelas aplicadas especializadas que preparan a los alumnos en ingeniería militar, artillería, construcción naval, puentes

52 T. MYLLYNTAUS: «Foreign models and national styles in teaching technology in the nordic countries», en I. GOUZEVITCH, A. GRELON y A. KARVAR: *La formation des ingénieurs en perspective: modèles de référence et réseaux de médiation: XVIIIe-XIXe siècles*, 2004, pp. 141-152.



3.9. École Polytechnique: *edificio y patio de alumnos (antiguo Colegio de Navarra) y edificio de la administración (antiguo Colegio de Boncourt) (Dibujos de Lancelot.* Le Magasin pittoresque, *París, 1859).*

y caminos, y minas. Los programas de las otras escuelas "de servicios públicos", ya fueran creadas antes o después de la politécnica, como la de artillería de Châlons, la de ingeniería de Mézières, la de puentes y caminos, la de ingeniería marítima, la de minas, la de ingenieros geógrafos o incluso la de artillería de la Marina, fueron en consecuencia, desde 1801, revisados y modificados, «de manera que la enseñanza estuviese allí en armonía y enteramente coordinada con la de la escuela politécnica»[53].

La segunda característica básica tiene que ver con el principio igualitario –tan querido a sus fundadores republicanos–, que hacía de la excelencia personal el único medio de promoción. Este sistema acabó por afectar a las estructuras educativas francesas, incluyendo la enseñanza secundaria (pensemos en la creación de las clases preparatorias, otra invención francesa destinada a preparar a los candidatos para el concurso oposición a la Polytechnique), y dio lugar a la creación de nuevas elites,

53 A. FOURCY: *Histoire de l'École Polytechnique*, Belin, París, 1987, p. 219.

promovidas a las carreras eminentes en el seno del aparato burocrático del Estado que Bruno Belhoste ha calificado de tecnocrático[54]. Conviene también remarcar que se trata de un sistema educativo con vocación académica, calificado posteriormente de sistema de *grandes écoles*, que se desarrolló en paralelo con otras instituciones formativas, como las universidades, y se desmarcó definitivamente de éstas por el rigor de sus exámenes de ingreso y sus clasificaciones de salida. Destáquese finalmente el elemento fundador estructurante que sirve a la vez de criterio de selección y de excelencia: la matematización al más alto grado de la enseñanza y la atención tan particular que se presta a la teoría.

Los orígenes de esta formación superior técnica han sido tema de discusión entre los historiadores. Bruno Belhoste reconoce aquí los temas preferidos de los ilustrados[55]. En este caso era concebible en otros países donde se propagaban estas ideas. Así lo demuestra un ejemplo precoz, proporcionado por un país muy alejado de Francia.

IV.1.1. La reforma de Shuvalov: un antecedente histórico o las lecciones de un proyecto abortado

Una reforma de las escuelas técnicas rusas intentada en 1760-1762 por Ivan Shuvalov, curador de la Universidad de Moscú[56], aparece como un antecedente de la famosa reforma francesa lograda con brillantez por los sabios, ingenieros y hombres de Estado republicanos a finales del siglo XVIII.

Concretamente, el proyecto de Shuvalov pretendía reorganizar tres establecimientos: el cuerpo de cadetes de la Marina (1752), el cuerpo de cadetes nobles (1731-1732) y la escuela de artillería e ingeniería (1758-1762). Ello no era más que una parte de un proyecto mucho más ambicioso, el de promover un sistema de enseñanza general único, armonizado a tres niveles en el conjunto del país, que permitiera formar a todos los futuros funcionarios del Estado, del servicio tanto civil como militar. Con esta idea, Shuvalov propuso encadenar, según un criterio jerárquico, selectivo y meritocrático, la enseñanza elemental de las escuelas primarias, la ofrecida por los gimnasios y la superior, general y especializada, impartida en las grandes instituciones civiles, técnicas y militares, en este caso las universidades y la escuela de cadetes.

Destinada a acoger a los hijos de las familias nobles, esta nueva escuela tenía por objetivo formar especialistas altamente cualificados para el ejército, la armada, la artillería y la ingeniería militar, pero también para el servicio público. Su programa fue en

---

54 B. BELHOSTE: *La formation d'une technocratie: l'École Polytechnique et ses élèves de la Révolution au Second Empire*, Belin, París, 2003.

55 B. BELHOSTE: «A propos des missions de l'École Polytechnique: une réflexion historique», en *Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique (SABIX)*, n.º 26, diciembre de 2000, pp. 23-25.

56 Sobre la reforma de Shuvalov, ver en detalle D. GOUZEVITCH e I. GOUZEVITCH: «La Russie et la culture technique française: quelques exemples de la circulation des idées», en *L'influence française en Russie au XVIIIe siècle: Actes du colloque*, París, 2003, pp. 554-558.

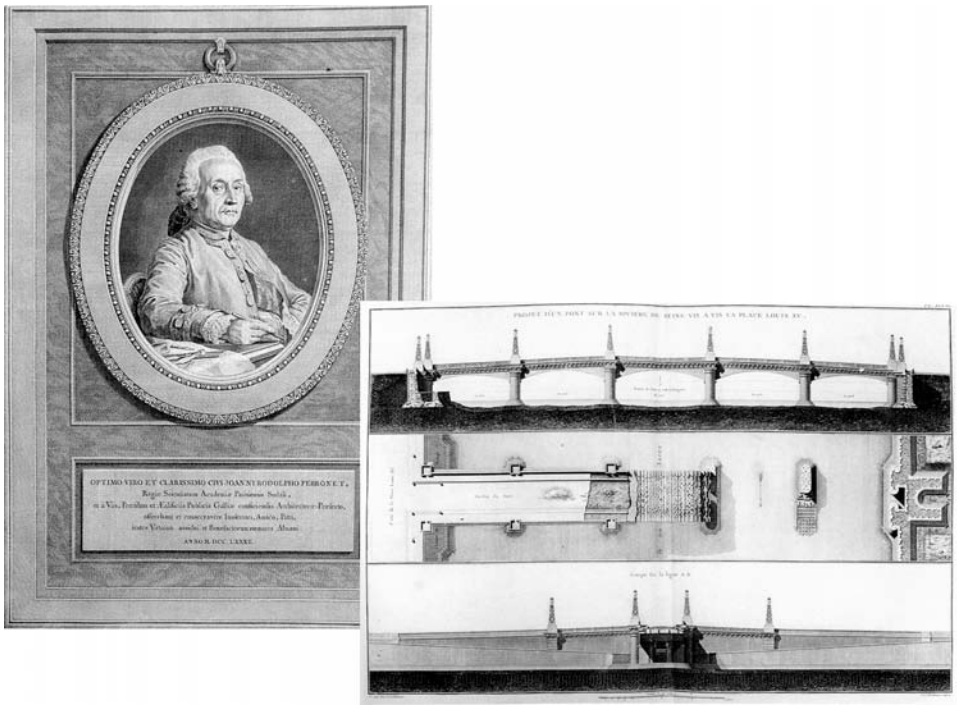
principio concebido en dos ciclos, el primero único y común para todos los alumnos, más una especialización posterior adquirida mediante cursos específicos y estancias de prácticas. El perfil profesional final debía decidirse en función de los resultados escolares y los conocimientos adquiridos. La formación práctica de los estudiantes debía continuarse en su lugar de servicio. Los profesores de esta escuela debían reclutarse entre los mejores estudiantes de la Universidad de Moscú, enviados para estancias prácticas a la Universidad de Königsberg[57]. Redactado en 1760, el proyecto de Shuvalov sufrió largos problemas burocráticos para ser, finalmente, retirado por Catalina II.

Se plantea la cuestión de cuál era el fondo racional del proyecto de Shuvalov. Ciertamente, las dos reformas, rusa y francesa, tuvieron una idea común, que era proporcionar la misma formación inicial a los oficiales civiles y militares, con una especialización posterior. Queda por definir cómo este proyecto se integraba en una visión de las ciencias y su relación con la formación práctica. ¿En la concepción clásica que desarrolla primero los saberes teóricos abstractos, para entrar a continuación en la diversidad técnica de los campos de aplicación?; ¿o más bien hay que ver en esta organización de la formación la idea de que no podría haber perfeccionamiento o incluso progreso de las ciencias del ingeniero sino en el esfuerzo constante por favorecer la continuidad de los saberes?; o, como decían los fundadores de la escuela politécnica de París, "la cadena de las ciencias"[58], lo que se relaciona con la visión característica de la época ilustrada. El éxito de la reforma francesa no significa que la Rusia de la década de 1760 debiese también obtenerlo con la suya. En efecto, la ingeniería no había alcanzado aún el nivel de matematización que aseguró el éxito de la experiencia francesa treinta años más tarde, de manera que probablemente no se habría podido esperar más que una pluridisciplinariedad superficial incapaz de poder formar buenos especialistas.

En la Francia de 1790, la situación era diferente por otra razón importante. El sistema educativo del Antiguo Régimen fue completamente reformado por la Revolución. Veintidós universidades fueron cerradas por decreto, sin que ninguna institución las reemplazara. El Collège de France, la École des mines y la École des ponts et chaussées se encontraban entre las raras instituciones que no fueron clausuradas, pero todas ellas exigían una reorganización Esta nueva situación pedía, y también hacía posibles, soluciones originales, en la medida en que el conjunto del sistema, y no sólo algunos de sus elementos, debía ser reorganizado. Además, la formación de los ingenieros era una de las más urgentes, puesto que la República los necesitaba para asegurar su supervivencia. El momento para crear el sistema de enseñanza técnica superior en dos ciclos, con un tronco teórico y matemático común, fue entonces

57 Esta ciudad prusiana estaba entre las conquistas rusas de la guerra de los Siete Años.

58 Roshdi RACHED: *Condorcet, Mathématique et société*, 1974.



3.10. Jean Rodolphe Perronet (Suresnes, 1708-París, 1794) fue un destacado *constructor de puentes y el director fundador de la École des Ponts et Chausées (1747), nombrado «Premier ingénieur» en 1763. Quizás su obra maestra sea el puente de Luis XVI (1787-1791), hoy de la Concordia, con sus característicos arcos "atirantados".*

el oportuno. La reforma fue concebida y puesta en marcha por las mejores mentes francesas de la época, como Monge, Laplace, Lagrange o Berthollet. El programa era adecuado, la coyuntura favorable, el nivel científico suficientemente elevado, la necesidad urgente. La dinámica revolucionaria dio a la idea de los ilustrados un nuevo impulso y aseguró su éxito. Pero, paradójicamente, a pesar de su influencia internacional, y de su papel de modelo pionero, el sistema francés de escuelas de ingenieros fue único, no siendo jamás reproducido íntegramente.

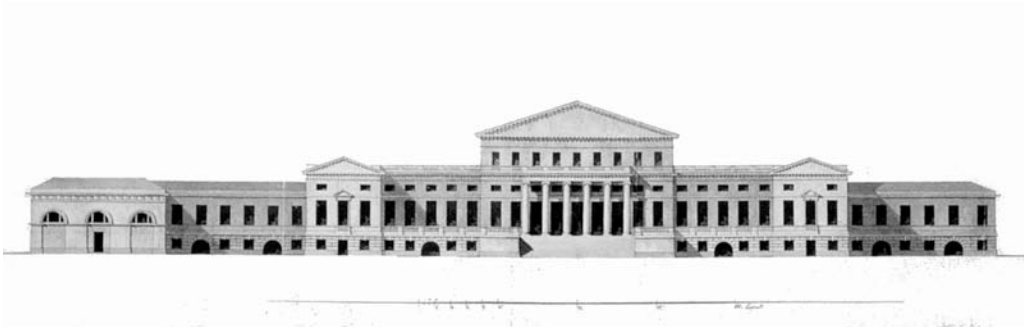
IV.1.2. El modelo de la Escuela Politécnica de París en Europa

En un artículo escrito con ocasión del bicentenario de la Escuela Politécnica, Robert Fox analizó esta paradoja, apoyándose en ejemplos sobre diferentes sistemas de enseñanza europeos[59]. Para lograr la implantación del "modelo politécnico" era

[59] Robert FOX: «Les regards étrangers sur l'École Polytechnique: 1794-1850», en Bruno BELHOSTE, Amy DAHAN DALMEDICO, Dominique PESTRE y Antoine PICON (eds.): *La France des X: deux siècles d'histoire,* Economica, París, 1995, pp. 63-74.

necesario valorarlo como apropiado para las necesidades del país de acogida y compatible con su estructura social, su economía y sus tradiciones culturales, lo que, visto el ejemplo extremo británico, podía ser considerado como muy discutible. En la misma Francia, la creación, por ejemplo, de la École Centrale des Arts et Manufactures de París (1828)[60] se hizo como reacción al modelo politécnico, que no se consideraba idóneo para formar a los directores e ingenieros para la (gran) empresa industrial. La École Centrale no fue una creación de la Administración francesa, sino una iniciativa privada que sólo en 1857 pasó a ser soportada por el Estado. Tuvo como objetivo prioritario el formar un nuevo tipo de ingenieros no militares que denominaron *civiles*, en oposición a los *ingenieros del Estado*. Desde su fundación, representó un claro talante liberal y civil, muy alejado de las conexiones castrenses de otras escuelas de ingeniería como pudieran ser la Polytechnique o la de Arts et Métiers.

Como rara vez se reunían las condiciones antes citadas, el modelo politécnico no pudo ser imitado más que al precio de modificaciones a veces muy importantes. Éste es, claramente, el caso del Instituto del Cuerpo de Ingenieros de Vías de Comunicación, creado en 1809 en San Petersburgo. Habiendo emprendido, en el marco de la reforma de las obras públicas, la creación de una institución superior que faltaba hasta entonces en Rusia, sus fundadores se inspiraron en el modelo francés adaptándolo a la situación del país. Así, como un poco antes en la Escuela de Caminos y Canales española, no se adoptó la enseñanza en dos ciclos, en beneficio de un solo organismo de escolarización prolongada, sin salida intermedia[61], que, ofreciendo a los alum-



3.11. Instituto de Ingenieros de Vías de Comunicación de San Petersburgo, *fundado a instancias de Agustín de Betancourt (1809). El Instituto y la familia del ingeniero tinerfeño se instalaron en un palacio que perteneció al príncipe Yusúpov, cerca del puente Obújov.*

60 Véase C. NEUSCHWANDER: *École Centrale des Arts et Manufactures. Livre d'or,* ed. R. Lacour, Casablanca, 1960. También, A. GRELON: «La naissance de l'enseignement supérieur industriel en France», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, n.º 1, 1996, pp. 53-81.

61 En esencia, aún vigente en España, que en breve parece que cambiará, al menos preponderantemente, tras los acuerdos de Bolonia en el marco del Espacio Europeo de Enseñanza Superior.

nos fundamentos teóricos sólidos, les preparaba para la investigación, la administración y la práctica de la ingeniería[62]. El recurso a la referencia francesa se facilitó por una larga tradición de francofilia, pero también por la coyuntura política que hizo converger momentáneamente los intereses de Alejandro I y de Napoleón I en el terreno internacional.

En otros países, la influencia de la politécnica se manifestó de manera más sutil, incluso cuando, como en Bélgica, donde las reformas se emprendieron después de 1830, sus protagonistas, Jean-Baptiste Vifquain y Jean-Adolphe-Joseph de Vaux, antiguos alumnos de la politécnica (1812) y profesores de los cuerpos de puentes y caminos y de minas belgas, las llevaron a cabo de acuerdo con las enseñanzas que ellos mismos habían recibido. Tres escuelas creadas bajo sus auspicios, a saber, la real militar de Bruselas, la de puentes y caminos de Gante y la de minas de Lieja, tuvieron en común con la politécnica francesa el proporcionar el medio para acceder al mismo tiempo al ejército y a dos cuerpos de la ingeniería civil (Puentes y Caminos, y Minas), pero no se vieron acompañadas por la misma valoración que se le otorgaba en Francia. En efecto, no respondían a la necesidad más apremiante en Bélgica, es decir, la formación de ingenieros para la industria[63].

En España, la influencia de la politécnica no se hizo sentir directamente. Sin embargo, Betancourt creó la Escuela de Caminos y Canales (1802) empleando como referencia la École de Ponts et Chaussées de Perronet (anterior a la Polytechnique); más tarde, el Real Conservatorio de Artes (Madrid, 1824) se inspiró en el homónimo parisino; finalmente, en 1850, en la puesta en marcha del Real Instituto Industrial (precedente de las escuelas de ingenieros industriales de Madrid, Sevilla, Barcelona, Vergara, Valencia y Gijón), donde la enseñanza se basaba de forma importante en manuales franceses, se adoptó con diversos matices el modelo de la École Centrale des Arts et Manufactures, fundación que, como se dijo anteriormente, es una clara reacción al modelo politécnico parisino.

Entre los estados italianos, es el Reino de Nápoles el que, bajo la ocupación militar francesa, se presta mejor a integración de las innovaciones institucionales provenientes de Francia. En 1811 se creó la Scuola di applicazione per ingegnieri di ponti, acque e strade, inspirada en la École des Ponts et Chaussées. Sin embargo, sus creadores tuvieron que integrarla en la estructura existente, de manera que quienes aspi-

62 Ver, para un estudio detallado, I. GOUZEVITCH: «La circulation des modèles d'enseignement: de la Escuela de Caminos y Canales de Madrid à l'Institut du Corps des ingénieurs des voies de communication de Saint-Pétersbourg au début du XIXe siècle», en I. GOUZEVITCH, A. GRELON y A. KARVAR (eds.): *La formation des ingénieurs en perspective: Modèles de référence et réseaux de médiation: XVIIIe-XIXe siècles*, 2004, pp. 127-139.

63 Lo que acabó con la fragmentación de dichas escuelas; en 1838, la de Gante se dividió en dos: la École Spéciale du Génie Civil, y una escuela industrial (École d'Arts et Manufactures); la de Lieja dio lugar a la École Spéciale des Mines y a la École des Arts et Manufactures.

raban a ser ingenieros tuvieran que seguir primero las enseñanzas de una universidad o de una escuela de arquitectura. La Scuola en cuestión, en cualquier caso, nunca funcionó correctamente y se cerró en la Restauración; cuando se fueron los franceses, el papel de las universidades fue nuevamente reforzado. El ejemplo de una nueva Scuola di applicazione per ingegnieri, fundada en los Estados Pontificios en 1817 para proporcionar ingenieros al Corpo del genio pontificio, incluso si se relacionaba claramente con el modelo de las escuelas especiales francesas, ya era tributario de la mencionada tradición italiana de las enseñanzas universitarias. Los candidatos a la Scuola debían haber estudiado primero en una facultad de matemáticas, en Roma o Bolonia. En 1826 esta escuela se integró en la universidad romana. Este papel central de las universidades, demasiado teóricas en sus enseñanzas de matemáticas e insuficientes en las de ingeniería, hizo difícil un progreso real en la industrialización de Italia.

A pesar de estas diferencias, el dispositivo puesto en marcha para la enseñanza técnica superior en todos los países estudiados se parecía al de Francia en un punto. Se trataba de un principio consagrado según el cual los ingenieros que aspiraban a puestos de responsabilidad debían haber recibido una formación altamente teórica, proporcionada en escuelas independientes del sistema universitario.

Otros países, como Gran Bretaña o los alemanes, siguieron vías diferentes, incluso opuestas a este modelo francés. En Gran Bretaña esto se explica, por una parte, por una fuerte tradición de aprendizaje y formación en el propio trabajo y, por otro, por la ausencia de equivalentes de un cuerpo de puentes y caminos o de un cuerpo de minas, por no hablar de escuelas técnicas superiores. La enseñanza superior que se acabó desarrollando, después de 1850, se estructuraba en departamentos universitarios de ingenieros que continuaban haciendo hincapié sobre la enseñanza práctica.

En cuanto a los países alemanes y de Europa central (Austria, Hungría), poseían ya, mucho antes de la creación de la Politécnica, sus propias escuelas técnicas especializadas, bajo control del Estado, principalmente en materia de ingeniería militar y de minas, como hemos visto. Es difícil juzgar si las numerosas escuelas de ingenieros y de comercio, creadas en estos países durante la primera mitad del siglo XIX (*Gewerbeschulen* y *Polytechnische Schulen*) habían sido influenciadas por algún modelo francés. Según Robert Fox, derivarían más bien de una tradición local que, en Alemania al menos, tendría más que ver con las concepciones particulares de cada Estado que con cualquier modelo extranjero.

Así, el análisis de Fox tiende a confirmar que existieron pocas transferencias logradas y explícitas del modelo francés en Europa. Atribuye las referencias frecuentes a este modelo más bien a una especie de efecto retórico que servía para justificar la demanda de reformas o las peticiones de fondos. Esto no excluye, de ninguna manera, la reputación internacional del sistema francés, ni la mezcla de envidia y respeto que inspiró incluso durante el siglo XIX, en el que la tradición politécnica fue objeto de numerosas críticas tanto en Francia como en el extranjero.

IV.2. La competición internacional y la circulación del conocimiento

El carácter extremadamente diverso de los procesos de establecimiento de la profesión de ingeniero en Europa indica diferencias en el desarrollo de la ingeniería en el siglo XVIII. ¿Qué estrategias se desarrollaron en el marco de esta competición internacional? Se puede destacar que, aun cuando se elaboraron independientemente unas de otras, son en general muy similares. La primera es la creación de academias y sociedades eruditas que contribuyeron a los intercambios científicos en lo que entonces se llamó la República de las Letras, la cual se presenta como uno de los grandes factores impulsores de la Europa de las técnicas. La existencia y el vigor intelectual de esta "República", dedicada, como su nombre indica, a la *Res Publica*, al bien general, tiene por efecto, en ciertos aspectos, el hecho de que se trascendían los intereses estrictamente nacionales; sin duda, es en ella en donde se afirma con más coherencia y claridad el ideal de los ilustrados, al servicio de los "hombres", más allá de los "ciudadanos".

Las academias reales que se crean a finales del siglo XVII en las grandes capitales europeas son vectores importantes de los cambios científicos y técnicos. Su papel se desarrolla considerablemente en la Europa del XVIII, y sin duda constituyen un observatorio privilegiado para abordar lo que distingue a un país desde el punto de vista del compromiso del Estado en el desarrollo de los conocimientos científicos y técnicos. En efecto, su mayor o menor implicación en la actividad de las academias, y el interés que se concede a las ciencias especulativas, a las aplicaciones que puedan derivar de ellas o a las técnicas de los ingenieros –dicho de otra manera, la política científica que les anima– constituyen, alrededor del modelo científico general, opciones nacionales particulares y variables. Algunos países se benefician más que otros de la intervención del Estado, cuyo papel en la organización y el sostenimiento de la investigación puede a veces revelarse particularmente estimulante, y hasta decisivo. Es el caso de las academias de ciencias de París, San Petersburgo o Berlín. Las academias y los trabajos que se realizan en ellas son elementos determinantes en el tejido complejo de la República de las Letras. Cualquier gran problema abordado podría ilustrar esta observación, ya se trate de fortificación, maniobras navales, cálculo del empuje del terreno o balística. En el marco de estas academias es donde aparecen, a finales del siglo XVIII, ingenieros que son también sabios[64].

Otras estrategias de apropiación más pragmáticas se ponen en marcha en ese siglo: viajes de estudio y reconocimiento, espionaje, acuerdos comerciales, invitación de especialistas que producen y enseñan, compra de instrumentos técnicos, equipamientos y materiales, adquisición de dibujos y libros, traducción masiva de obras... Por limitarnos a este último caso, hemos tomado como ejemplo las traducciones de las obras de Bernard Forest de Bélidor, autor de dos tratados fundamentales, *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortifications et des bâtiments civils*

64 Sobre el papel de la academia, ver Roger HAHN: *L'anatomie d'une institution scientifique: Académie des sciences de Paris, 1666-1803*, 1993.

(1729), y *L'architecture hydraulique* (1737), que fueron obras de referencia reeditadas y completadas hasta la segunda mitad del siglo XIX. Consultando las grandes bibliotecas europeas se puede ver que fueron traducidas a muchas lenguas. *L'architecture hydraulique*, o algunos extractos o capítulos que la continuaban, tuvieron en Alemania cuatro ediciones de 1740 a1770, con traducción de Christian Wolf, mientras que no existe más que una traducción en inglés de un extracto en 1769, una edición portuguesa y una española en 1800, y finalmente una edición italiana en el siglo XIX.

De *La science des ingénieurs* encontramos una distribución bastante parecida: es también el alemán el que figura en cabeza con tres publicaciones (en 1757-1758, 1768 y 1857-1858). Una traducción danesa precoz data de 1734 y otra sueca, de 1785. Las traducciones al italiano son todas del siglo XIX (1832, 1840 y 1876).

Encontramos más o menos las mismas proporciones para el *Nouveau cours de mathématiques*[65]. Las bibliotecas españolas disponen de muchos ejemplares de estos libros en francés. Otros ejemplos probarían también la circulación de los escritos técnicos en otras direcciones. En particular se ven multiplicarse hacia 1780, cuando las escuelas de ingenieros navales toman impulso, circula gran cantidad de traducciones que tienen que ver con este campo entre España, Francia, Suecia, Inglaterra[66]...

De este modo la ingeniería europea se caracteriza por numerosos intercambios e intentos más o menos logrados de transferencias de orden tan diverso como la organización de los cuerpos y profesiones de los ingenieros, los métodos de enseñanza técnica o los conocimientos puramente teóricos. Querríamos terminar atendiendo a la transferencia no ya de métodos o conocimientos, sino de un objeto técnico destinado a tener un gran futuro: la máquina de vapor puesta a punto por Watt hacia 1784. Se trata de ilustrar y, sobre todo, de precisar una idea que se ha impuesto a lo largo de este estudio: la importancia de las condiciones de asimilación locales de cualquier invención extranjera, sea la que fuere (por ejemplo, una institución escolar, como hemos visto con el modelo politécnico francés), para que llegue a encontrar su lugar en el país de acogida.

IV.3. Un caso ejemplar: la máquina de vapor de Watt[67]

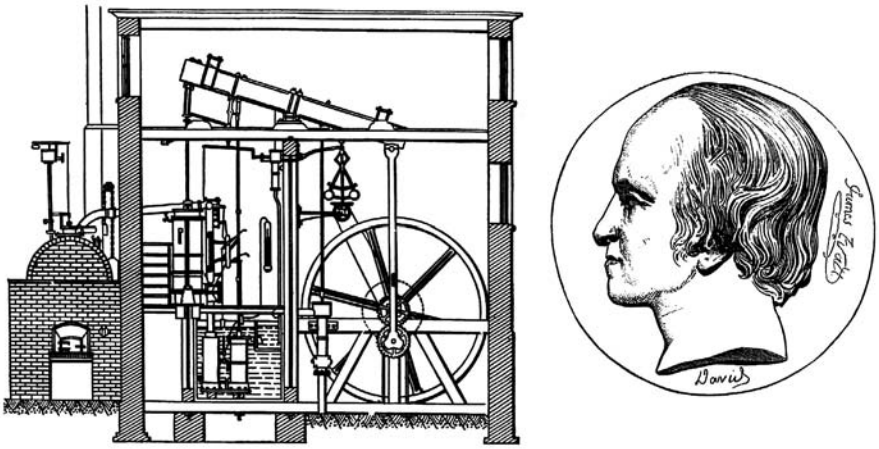
La historia accidentada de este invento ejemplifica los dos tipos de actividad más usuales frente a la recepción de novedades e inventos: la movilidad de expertos y de

---

[65] B. BÉLIDOR: *Nouveau cours de mathématiques à l'usage de l'artillerie et du génie*, París, Jombert, 1725.

[66] Es, por ejemplo, el caso del *Examen marítimo* de Jorge Juan sobre construcción naval, publicado en 1771, del que se hicieron en Francia simultáneamente numerosas traducciones, entre las que prevaleció la de Lévèque, publicada en 1783: *Examen maritime théorique et pratique, ou traité de mécanique appliquée à la construction et à la manœuvre des vaisseaux et autres bâtiments...* traducido del español con adiciones por M. LÉVÈQUE..., A.-J. Malassis, Despilly, Nantes, 1783.

[67] Esta historia se detalla en D. GOUZEVITCH e I. GOUZEVITCH: «Le "grand tour" des ingénieurs et l'aventure internationale de la machine à vapeur de Watt: un essai de comparaison hispano-russe», en *Maquinismo ibérico. Tecnología y cultura en la Península Ibérica, siglos XVIII-XX,* Madrid (en prensa).



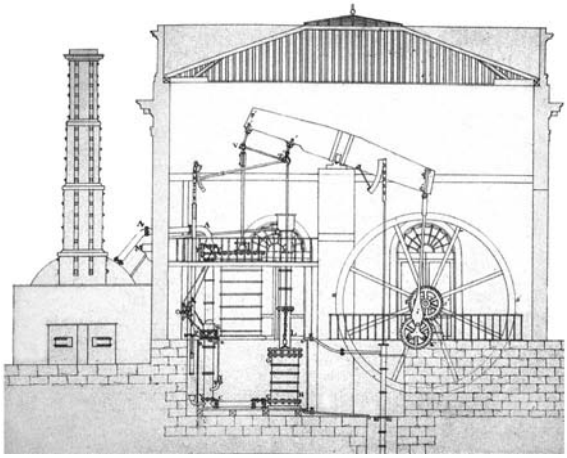
3.12. James Watt (1736-1819), *ingeniero británico que comenzó su carrera como instrumentista (medalla de David d'Angers); y máquina de vapor rotativa de doble efecto, construida por Boulton y Watt entre 1787 y 1800 (según Farey).*

estrategias de apropiación de las innovaciones (lo que implica viajes, cuestiones de reconocimiento legal e incluso espionaje) y la del intervencionismo del Estado respecto de su introducción y asimilación. Este caso revela las dificultades existentes para introducir un invento extranjero, ligadas a la diversidad de competencias técnicas implicadas o trámites emprendidos, por ejemplo; la comparación entre tres países de acogida, España, Rusia y Francia, permite analizar efectos diferentes en esa capacidad de asimilación.

Las ventajas económicas espectaculares que ofrecía este invento británico como poderosa herramienta del impulso industrial lo convirtieron, de entrada, en uno de los objetos técnicos más codiciados por sus vecinos continentales. Por ello, todavía cuando los primeros modelos estaban construyéndose en Londres, se emprendió en toda Europa una verdadera "campaña de caza" para apoderarse de la máquina.

Tres países tan diferentes como los citados pusieron en ello tal interés que como consecuencia se produjo la divulgación inmediata, entre 1787 y 1789, de lo que Watt había intentado guardar en secreto, y ello bajo formas que no pueden ser más públicas, como informes académicos (París), modelos operacionales (París y Madrid) y publicaciones con dibujos de apoyo (París, Moscú y San Petersburgo). Los causantes de esta divulgación son dos hombres: el mecánico ruso Lev Sabakin y el ingeniero español Agustín Betancourt. Hay un tercer personaje que, aunque no intentó nada por sí mismo, merece ser mencionado en la medida en que parece que fue el único beneficiario industrial inmediato de esta aventura: se trata del industrial francés Jacques-Constantin Périer, propietario de varias instalaciones mecánicas en la región parisina.

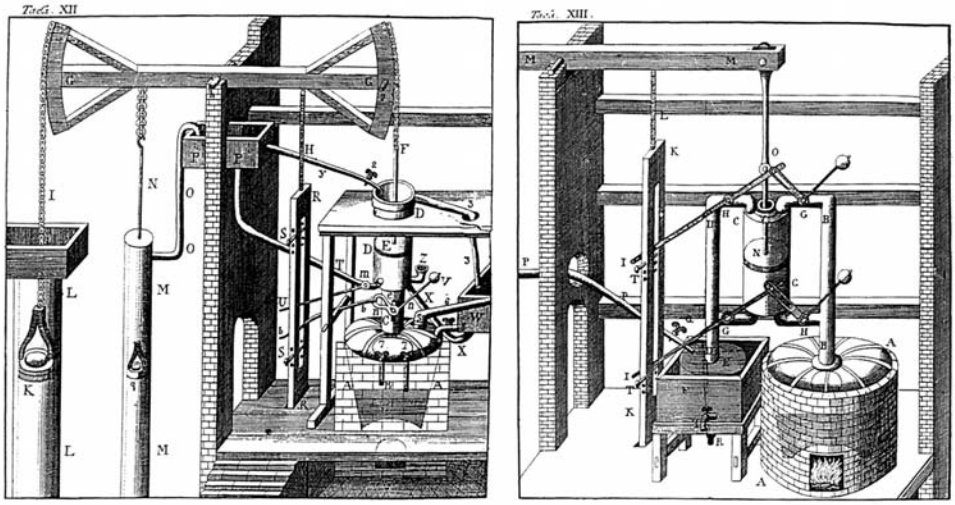
El modesto Sabakin, autodidacta sin fortuna, ha quedado en la sombra para siempre, mientras que Bétancourt, ingeniero instruido y de talento, ha acabado por adqui-



3.13. Agustín de Betancourt y Molina (Puerto de la Cruz, 1758-San Petersburgo, 1824). *Ingeniero, inventor y sabio tinerfeño que en misión de espionaje industrial consiguió observar, aunque incompletamente, el funcionamiento de una máquina de vapor de doble efecto de Boulton y Watt, diseñando a continuación una que presentó a la Academia de Ciencias de París:* Mémoire sur une machine à vapeur à double effet *(1789).*

rir –incluso como resultado de esta acción– un renombre europeo; sin embargo, la manera de actuar de estos dos hombres, de forma totalmente autónoma, posee muchos rasgos en común. Los dos fueron oficialmente enviados a Inglaterra por sus gobiernos; los dos visitaron las empresas de Boulton y fracasaron igualmente en hacer que les mostraran la máquina; los dos encontraron a continuación un medio más o menos indirecto de aproximarse a ella sorteando la autorización de sus propietarios, y, a la vuelta del viaje, ninguno de los dos tardó en hacer público su descubrimiento: el ruso mediante dos publicaciones que quedaron al alcance de muy pocos lectores, y el español bajo todas las formas citadas antes y, por tanto, con la audiencia de las esferas académicas y del público parisino. Las coincidencias quedarían aquí si no fuera porque ninguno de los dos obtuvo beneficios comerciales, ni porque nunca más se interesaron específicamente por las técnicas del vapor.

Comparado con el de Sabakin, el caso de Betancourt posee, sin embargo, una particularidad. Comisionado por el gobierno español y dirigiendo con ese título, entre 1786 y 1791, un grupo de estudiantes españoles en prácticas en la École des Ponts et Chaussées de París, tuvo por encargo principal el de crear una colección de modelos de obras civiles y de máquinas en previsión de la enseñanza que se pretendía desarrollar en España, la de los ingenieros hidráulicos. Su famosa misión en Inglaterra, realizada en noviembre de 1788, tuvo, pues, como punto de partida y de regreso la capital francesa. Fue ahí también donde, algunos meses más tarde, hizo público su propio modelo, inspirado en la máquina vista en Londres. Incluso aun cuando Betancourt no intentó disimular su antecedente, entre su proyecto y el invento de



3.14. Dibujos sobre la máquina de vapor por Lev Sabakin (1746-1813), *mecánico ruso que visitó por primera vez a Boulton y Watt en 1786, en Soho.*

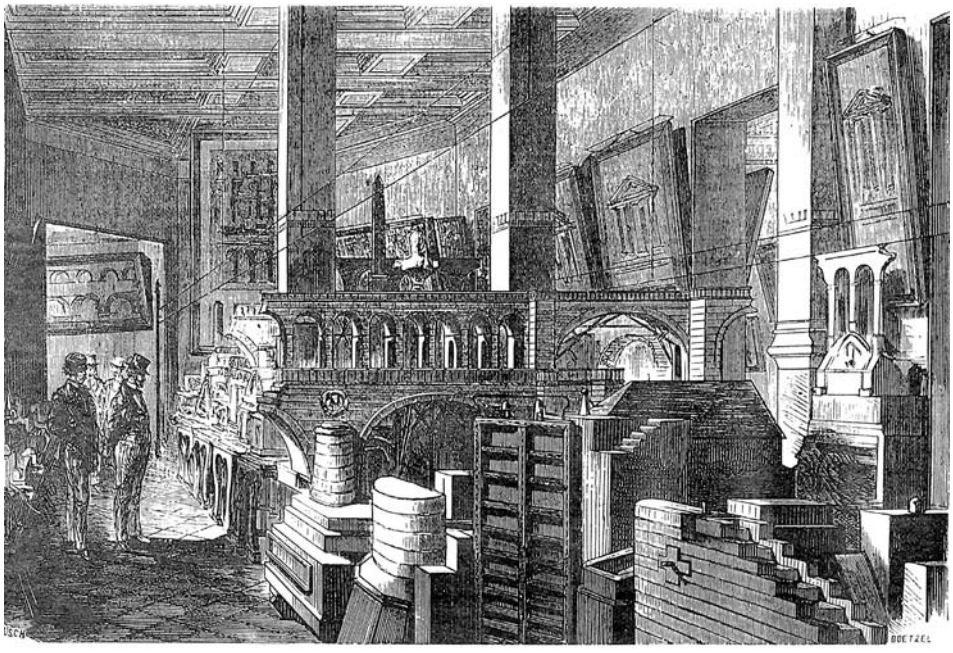
Watt hay diferencias de fondo que hacen pensar que, en lugar de copiar exactamente lo que había visto, reinventó de nuevo la preciada máquina. Ocurrió que, en efecto, en Londres logró ver muy poco en realidad, un extremo de la máquina disimulado por un lienzo de pared. Fueron la configuración y las dimensiones inhabituales las que dieron al experto ingeniero la pista del principio del doble efecto. Cuando Watt, de visita en París en 1802, expresó su rencor a Prony, editor de la descripción de la máquina realizada por Betancourt, este último llevaba ya mucho tiempo dedicado a otras ocupaciones, no habiendo obtenido de esta aventura más que el renombre académico en Francia y tener un modelo reducido de su (re)inventada máquina expuesto, entre otros 728 objetos, en el Gabinete de Máquinas que a partir de 1791 dirigió en Madrid. En cuanto a la explotación industrial del invento, dejó beneficiarse de ella a Périer, a quien se otorgó entonces el título de promotor de la máquina de vapor de doble efecto en Francia.

Volviendo a la comparación entre Betancourt y Sabakin, nos queda esbozar sus diferencias y analogías en el proceso de búsqueda de las innovaciones fijándonos en la naturaleza de su misión, en su aspecto moral y en sus resultados. Lo formal no deja ninguna duda: en los dos casos se trata claramente de un caso de espionaje. Todo juicio moral parecerá, sin embargo, anacrónico, pues hablamos de una época en la que el estatus jurídico del inventor no estaba protegido y en la que la divulgación de un secreto extranjero susceptible de dar beneficios era considerado un acto patriótico. La acción de estos hombres se inscribe en una larga lista de historias similares en muchos países. En cuanto al aspecto moral del asunto, pone a prueba dos mentalidades enfrentadas: la de los enviados del Estado que cumplen una misión en su nombre y en su beneficio, y la de los inventores-empresarios que trabajan por su cuenta y riesgo.

La noción de beneficio es muy diferente para unos y otros: para los primeros, contratados por la Administración, se asocia al reconocimiento de sus superiores o de sus colegas, que sólo la amplia difusión de sus realizaciones puede asegurar; en cuanto a los segundos, sus inventos eran su principal fuente de beneficios, la prueba de la prosperidad de su empresa y, en consecuencia, a fin de cuentas, del éxito social, por lo que les interesa mantenerlos en secreto mientras las circunstancias se lo permitan.

Sintetizando el balance de estas acciones, hay que constatar que sus esfuerzos por difundir la información sobre las máquinas de doble efecto no tuvieron consecuencias significativas ni en España ni en Rusia, y esto hasta el final del período estudiado. Esto nos lleva a reflexionar sobre las causas que llevaron, en dos países tan alejados, a resultados tan decepcionantes.

En general, para que un objeto técnico transferido se asimile, hay que tener un cierto número de empresas privadas que organicen su actividad de forma autónoma. Ni en Rusia ni en España se daban estas condiciones a finales del siglo XVIII. En cuanto a los especialistas, sus competencias eran suficientes para entender, comprender en profundidad y transferir la información e incluso, en algunos casos, reinventar lo que estaba oculto. Pero se hallaban demasiado aislados, demasiado atrapados por las obligaciones administrativas como para llegar hasta el final en la introducción de las innovaciones. Les faltaba un centro profesional receptivo, una comunidad de colegas capaces de comprender la idea para desarrollarla y aplicarla. La Administración



3.15. La sala de modelos en la École des Ponts et Chaussées.

estatal, demasiado pesada y rígida, se mostró a fin de cuentas impotente para asegurar su puesta en práctica. Una operación como ésta necesitaba una ligereza y una capacidad de reacción que eran simplemente contrarias a la naturaleza rutinaria de estos organismos. Un verdadero abismo burocrático separaba a los autores de la transferencia y a sus protectores políticos situados en puestos importantes, del terreno concreto en el que se desarrollan las aplicaciones.

Para romper este círculo vicioso existían dos medios, que España y Rusia acabaron por aplicar. El primero consistía en crear un sistema de enseñanzas técnicas y de cuerpos profesionales para reclutar expertos. El segundo, en favorecer el desarrollo de la empresa privada. Con posterioridad, estas medidas dieron resultados. Francia constituyó en este campo un ejemplo aparte. Mucho menos desarrollada que Inglaterra en materia de libre empresa, consiguió poner en marcha una formación profesional de muy alto nivel. La política de espionaje y los acuerdos de transferencia de tecnologías supusieron en este país rápidos progresos. Las innovaciones técnicas importadas de Inglaterra, encontraron enseguida aplicaciones prácticas. Se explica el retraso sufrido por Francia en el terreno industrial a finales del siglo XVIII por razones políticas. Las mismas razones se dan para España. Sin embargo, en el umbral del XIX, le enseñanza técnica francesa conoció un impulso sin precedentes. No es por casualidad que un cuarto de siglo más tarde un ingeniero y sabio francés, Sadi Carnot, iniciara la termodinámica como una teoría de la máquina de vapor. No debemos olvidar, sin embargo, que los primeros trabajos sobre este tema comenzaron en Francia gracias al español Betancourt que, en previsión de la invasión napoleónica, abandonó en 1807 su país natal para instalarse definitivamente en Rusia y crear una escuela de ingenieros.

V

Conclusión

Se han desplegado progresivamente importantes perspectivas comparativas que dan una idea de la figura del ingeniero y de las condiciones de su práctica profesional. Si los cambios fundamentales en el campo de las técnicas y de la aplicación de las ciencias a la industria no se dieron verdaderamente hasta el final del período estudiado, la experiencia unificadora que se establece continúa y se afina en los distintos campos de la técnica a lo largo de todo el siglo XVIII y constituye un elemento federador.

Convendría completar estos elementos definitorios del ingeniero del Siglo de las Luces intentando precisar algo más su situación socioeconómica y la de su actividad en el marco de la sociedad. A este respecto, en el continente europeo, el siglo XVIII es un gran momento de la ideología del ingeniero desinteresado que trabaja por el bien público. Se ha comentado que esta ideología se sostiene por dos tendencias contra-

dictorias: por una parte, la que quiere que su capacidad de servir al interés general sea correlativa al desarrollo de una ciencia del ingeniero, fundada en conocimientos que dependen del orden de lo verdadero y de lo universal. Esta representación "cientificista" del ingeniero matemático y físico está enfrentada con la que pretende que la ingeniería, aun hallándose destinada al servicio público, dependa de las ciencias morales, lo que quiere decir, recordémoslo, de la economía política.

¿Dónde se ubica, pues, el ingeniero ilustrado? Si, a mediados de siglo, Diderot y D'Alembert decidieron no involucrarse y dejar al lector decidir libremente, unos treinta años más tarde Vial du Clairbois, un ingeniero naval, en un artículo de la *Encyclopédie méthodique*, declara todavía que se ha ubicado al ingeniero allí donde nunca se había pensado colocar a nadie[68]: ni en el lugar del sabio, ni en el del artesano. Con él aparece el nuevo dominio de la técnica. Nuestra conclusión es que cada país de Europa se enfrenta a la necesidad de inventar un lugar para el ingeniero en el propio contexto científico, social y profesional, y también económico. Se entiende, pues, que las estrategias utilizadas y los resultados obtenidos no sólo hayan sido variados, sino que hayan evolucionado a ritmos diferentes. De ahí la complejidad del tema, que no hemos querido soslayar. Quedémonos con que las vías trazadas sólo esbozan una visión sintética del ingeniero y de la ingeniería en la Europa del siglo XVIII.

BIBLIOGRAFÍA

BELHOSTE, B.: *La formation d'une technocratie: l'École Polytechnique et ses élèves de la Révolution au Second Empire*, Belin, París, 2003.

BLANCHARD, Anne: *Les ingénieurs du «roy» de Louis XIV à Louis XVI, étude du corps de fortifications*, Université Paul Valéry, Montpellier, 1979.

BRET, Patrice: *L'Etat, l'Armée, la Science. L'invention de la recherche publique en France (1763-1730)*, PUR, Rennes, 2003.

CAPEL, H., SÁNCHEZ, J. E. y MONCADA, O.: *De Palas a Minerva: la formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Serbal/CSIC, Barcelona, 1988.

CASTRO RODRÍGUEZ, P. y SÁENZ SANZ, A. (dirs.): *Betancourt: los inicios de la ingeniería moderna en Europa*, MOPTMA, Madrid, 1996.

DERRY, T. K. y WILLIAMS, T. I.: *A Short History of Technology from the Earliest Times to A. D. 1900*, Oxford, Oxford University Press, 1960.

DESAGULIERS, John Theophilus: *A Course of Experimental Philosophy*, 2.ª ed. corregida, W. Innys, Londres, 1744-1745.

[68] H. S. VIAL DU CLAIRBOIS: «Architecture navale», en *Encyclopédie méthodique, Marine*, t. 1, París, Panckoucke, 1783, p. 67.

EFMERTOVA, Marcela: «L'évolution de l'enseignement technique tchèque aux XVIII et XIXe siècles», *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, vol. III, Barcelona, 1999, p. 69.

FERGUSON, James: *Lectures on select subjects in mechanics, hydrostatics, pneumatics, and optics. With theuse of the globes, the art of Dialing, and the calculation of the mean Times of new and full moons and Eclipses*, A. Millar, Londres, 1764.

FOURCY, A.: *Histoire de l'École Polytechnique*, Belin, París, 1987.

FREDERIC II, Roi de Prusse: *L'esprit du chevalier Folard: tiré de ses commentaires sur l'Histoire de Polybe pour l'usage d'un officier. De main de maître*, Châtelain et fils, Amsterdam, 1761.

GOUZEVITCH, D. y GOUZEVITCH, I.: «Le "grand tour" des ingénieurs et l'aventure internationale de la machine à vapeur de Watt: un essai de comparaison hispano-russe», en A. LAFUENTE y A. CARDOSO MATOS (eds.): *Maquinismo ibérico*, Nívola, Madrid, (en prensa).

GOUZEVITCH, I.: «La circulation des modèles d'enseignement: de la Escuela de Caminos y Canales de Madrid à l'Institut du Corps des ingénieurs des voies de communication de Saint-Pétersbourg au début du XIXe siècle», en GOUZEVITCH, I., GRELON, A. y KARVAR, A. (eds.), 2004, pp. 127-139.

—*Le transfert du savoir technique et scientifique et la construction de l'Etat russe (fin du XVe - début du XIXe siècles,* tesis doctoral en Historia de la Técnica, Universidad de París VIII, dir. A. Guillerme, París, 3-IV-2001, t. 1, pp. 410-418.

GOUZEVITCH, I., GRELON, A., y KARVAR, A. (eds.): *La formation des ingénieurs en perspective: modèles de référence et réseaux de médiation: XVIIIe-XIXe siècles*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2004.

GRAVESANDE, Willem Jacob 's: *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata: sive Introductio ad philosophiam Newtonianam*, J. A. Langerak, J. y H. Verbeek, Leiden, 1748.

HAHN, Roger: *L'anatomie d'une institution scientifique: Académie des sciences de Paris, 1666-1803*, Éditions des Archives contemporaines, París, 1993.

HILAIRE PÉREZ, L.: *L'invention technique au siècle des Lumières*, Albin Michel, París, 2000.

JACOB, Margaret: *The Cultural Meaning of the Scientific Revolution*, Nueva York, 1988.

—«The Cultural Foundations of Early Industrialization», en BERG, M. y BRULAND, K. (eds.): *Technological Revolutions in Europe: Historical Perspectives*, Cheltenham, 1998.

KEN, Alder: *Engineering the Revolution: Arms and Enlightenment in France: 1763-1815*, Princeton, 1997.

LANGINS, Janis: *Conserving the Enlightenment: French Military Engineering from Vauban to the Revolution*, The MIT Press, 2004.

LARRY, Steward: *The rise of public science: rhetoric, technology, and natural philosophy in Newtonian Britain, 1660-1750*, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.

MARAVALL, J. A.: *Estudios de la historia del pensamiento español. Siglo XVIII*, Mondadori, Madrid, 1991.

NOLLET, Jean-Antoine: *Leçons de physique expérimentale*, París, 1643-45.

PUYSEGUR, Jean-François de Chastenet, Marquis de: *Art de la guerre par principes et par règles: Ouvrage de M. le Maréchal de Puységur, mis au jour par M. le Marquis de Puységur, son fils...,* Ch.-A. Jombert, París, 1748.

RACHED, Roshdi: *Condorcet, Mathématique et société*, Hermann, París, 1974.

ROMANO, Antonella: *La Contre-Réforme mathématique, constitution et diffusion d'une culture mathématique jésuite à la Renaissance*, Éd. française de Rome, Roma, 1999.

RUMEU DE ARMAS, A.: *Ciencia y tecnología en la España ilustrada: la escuela de caminos y canales*, Turner, Madrid, 1980.

SARTON, Georges: «Simon Stevin of Bruges», *Isis*, n.º 21, 1934, p. 244.

SHINN, Terry: «Des corps d'État au secteur industriel: genèse de la profession d'ingénieur, 1750-1920», *Revue Française de Sociologie*, n.º 19, 1978.

SKEMPTON, A. W.: *Civil engineers and engineering in Britain, 1600-1830*, Variorum, Aldershot (G.B.), Brookfield Vermont (EE.UU.), 1996.

VÉRIN, H. y DOLZA, L.: «Dal livre al *Theatrum* di Jacques Besson», en *Il Theatrum instrumentorum et machinarum di Jacques Besson (Lione, 1578)*, Ed. dell'Elefante, Roma, 2001, pp. 1-49.

VÉRIN, H.: *La gloire des ingénieurs: l'intelligence technique du XVIe au XVIIIe siècle*, Albin Michel, París, 1993.

VIROL, Michèle: *Vauban, de la gloire du roi au service de l'État*, Champ Vallon, Seyssel, 2003.

VOGEL, Jakob: «Les mines dans les pays germaniques et en France aux 18e et 19e siècles: genèse et frontières d'une expertise scientifique et administrative», en *Colloque: les sciences camérales*, CURAPP, Amiens, 2004.

4

Institucionalización de la ingeniería y profesiones técnicas conexas: misión y formación corporativa

Manuel Silva Suárez
Universidad de Zaragoza

La institucionalización de la ingeniería en España, proceso que esboza este capítulo, comienza en el Siglo de las Luces en el ámbito castrense y es crucial para comprender el desarrollo científico-técnico del XVIII. Heredero del ingeniero renacentista, a veces también arquitecto o artillero, el nuevo ingeniero se perfilará, al igual que sus predecesores, como técnico esencial en la construcción del Estado moderno. Inicialmente especializado en la defensa y vertebración del territorio, también colaborará decisivamente en tareas de fomento (obras públicas, manufacturas). Su trabajo servirá para articular los dominios de la Corona, con un ejercicio profesional centrado en tres grandes áreas: la elaboración de «retratos» del territorio (cartografía), los sistemas de fortificación y arquitectura civil, y las grandes obras de infraestructura[1]. Desde un punto de vista conceptual, incluso con claro reflejo lingüístico, ingeniería y arquitec-

[1] Una amplia visión de algunas de las líneas fundamentales en que trabajaron se ofrece en el cap. 7 de este mismo volumen, debido a H. CAPEL SÁEZ: «Ciencia, Técnica e Ingeniería en la actividad del Cuerpo de Ingenieros Militares. Su contribución a la morfología urbana de las ciudades españolas y americanas». La literatura sobre el Cuerpo de Ingenieros Militares de España en el siglo XVIII es abundantísima. Al menos, se pueden destacar: el estudio-homenaje realizado con motivo del centenario de la Academia complutense, VV. AA., 1911; el repertorio biográfico e inventario de labor en H. CAPEL *et alii*, 1983, que ha sido completado y perfeccionado en numerosos trabajos monográficos, en particular mediante el reciente estudio prosopográfico de M. GALLAND-SEGUELA, 2003; imprescindible es la clásica monografía sobre la formación científica y la estructura institucional de H. CAPEL, J. E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988. Tienen amplio interés, entre otros muchos trabajos: M.ª G. CANO RÉVORA, 1994; H. CAPEL, 1987, 1991 y 2005; J. CARRILLO DE ALBORNOZ y GALBEÑO, 1997; M. GALLAND-SEGUELA, 2005; R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, 1993; O. MONCADA, 1993; J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1993; J. M.ª RUBIO PAREDES y Á. de la PIÑERA Y RIVAS, 1988; J. E. SÁNCHEZ, 1987 y 1989. En J. M. MUÑOZ CORBALÁN (coord.), 2004, se proporciona una interesante visión de conjunto sobre la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona, publicada con motivo del bicentenario de su clausura.

tura, también artillería, parecen términos claramente diferenciados a comienzos del siglo XVII[2], aunque no ocurre tanto así en la praxis profesional. De este modo, al hablar de «la dicotomía Arquitectura-Ingeniería», A. Bonet puntualiza:

> «Antes del siglo XIX, en el Antiguo Régimen, lo que diferenciaba a un ingeniero de un arquitecto no era la formación ni el título, sino la práctica profesional. Otro tanto ocurría entre el ingeniero militar y el ingeniero civil, este último profesional nacido con la Revolución Industrial. Desde la Antigüedad greco-romana hasta finales del siglo XVIII, pasando por la Edad Media y el Renacimiento, no existió una neta diferenciación entre las competencias específicas del arquitecto y las del ingeniero. La polivalencia era el signo de los constructores»[3].

Afirmación cuya rotundidad hay que comprender anotando que el autor se centra en el ámbito «de los constructores», y no, por ejemplo, en las ingenierías minera («geometría subterránea y mineralogía»), mecánica (en particular la de precisión, normalmente ligada a la construcción de instrumentos y relojes, etc.), químico-metalúrgica (muy vinculada a la industria artillera y a la de metales preciosos), naval o geográfica. Durante el siglo XVIII diversas ramas de la ingeniería, la artillería y la arquitectura, en procesos no homogéneos de especialización y diversificación, irán distinguiéndose en competencias y responsabilidades.

En la ingeniería renacentista se pueden distinguir perfiles profesionales muy variados, desde los "ingenieros del Rey"[4], pasando por humanistas con especial interés en la creación técnica y formación "científica", a técnicos cualificados procedentes del mundo de las artes o artesanos distinguidos. Puesto que en este capítulo se hablará de institucionalización profesional, el referente principal renacentista vendrá de los primeros, los titulados por el monarca. Entre los hechos que distinguen significativamente a los ingenieros renacentistas de sus "sucesores" dieciochescos, se puede anotar que:

1) Disfrutan de títulos reales, pero no forman cuerpo facultativo, dependiendo en última instancia del capitán general de Artillería[5].
2) No existe una enseñanza reglada que homogeneice sus conocimientos para ser nombrados. El título se otorga tras mostrar suficiencia en cuestiones "científicas" (básicamente, geometría euclidiana, aritmética y cosmografía), habili-

---

[2] S. de COVARRUBIAS: *Tesoro de la Lengua Castellana o Española*, Madrid, Luis Sánchez, 1611 (ed. a cargo de Martín de Riquer, Altafulla, Barcelona, 1998); para una reflexión con base lexicográfica sobre la génesis de la ingeniería moderna en España, puede consultarse M. SILVA SUÁREZ: «Sobre Técnica e Ingeniería...», 2004, pp. 23-62.

[3] A. BONET CORREA, F. MIRANDA y S. LORENZO: *La polémica...*, 1985, p. 11.

[4] Véase una amplia visión de conjunto en A. CÁMARA, 2004, pp. 125-164.

[5] Esto será cierto incluso cuando se atisbe una incipiente estructuración de los ingenieros y, por ejemplo, Tiburcio Spannocchi sea nombrado «Ingeniero Mayor» de Castilla (1601).

dad para el dibujo e interpretación de mapas y planos, y experiencia en fortificación y campaña. Ello no quiere decir que no haya instituciones docentes apropiadas[6], sino que la superación de sus estudios no lleva a la suficiencia para ser nombrados, cuestión que en el marco de profesiones que aquí pueden vislumbrarse tiene la más significativa excepción en los pilotos de la Carrera de Indias, cuya formación y examen estaban encomendados a la sevillana Casa de la Contratación.

3) No tienen necesariamente graduación militar, pudiendo ser soldados (por ejemplo, P. L. de Escrivá) o no (T. Spannochi). Es decir, son reconocidos como técnicos facultativos, no como militares, lo que no dejará de producir frecuentes conflictos de competencias entre ingenieros y mandos castrenses.

Por lo demás, entre "ingenieros del rey" renacentistas e ilustrados son numerosas las similitudes, tanto en exigencias personales (lealtad; disponibilidad total para el servicio, incluidos traslados domiciliarios, incluso a ultramar; frecuentes viajes de inspección o supervisión, cuyos costes normalmente han de avanzar, etc.) como en actividades (entre ellas, informar textual y gráficamente, a veces mediante maquetas; proyectar, supervisar y reparar construcciones muy diversas, tanto en tiempos de guerra como en los de paz). Además, los ingenieros militares dieciochescos participarán activamente en tareas de fomento y producción (arsenales, fundiciones, fábricas reales).

A pesar de lo dicho, no hay que minusvalorar las actividades artesanales, como precursoras de la moderna ingeniería. Al margen de los "ingenieros del rey", en el Renacimiento se encuentran ingenieros que trabajan para concejos, instituciones religiosas o particulares. Frecuentemente son artesanos, maestros distinguidos, que debido al prestigio de la naciente profesión así se autodenominan. Además de tareas de construcción, desarrollan otras de ingeniería los «machinarios» o «machinistas», relojeros, fontaneros y niveladores, carpinteros de ribera (construcción naval), mineros y metalúrgicos, entre otros. Varios de estos perfiles se institucionalizarán en el postrer tercio del siglo XVIII.

Durante la primera mitad del mismo siglo existen dos corporaciones técnico-científicas destacadas, ambas militares, sin duda las más importantes de la centuria: el Real Cuerpo de Ingenieros de los Exércitos y Plazas y el Real Cuerpo de Guardias Marinas. Dado que las vicisitudes esenciales de este segundo, básicamente desde la óptica científico-técnica, se analizan en este mismo volumen[7], de la Armada se considera aquí tan sólo el Cuerpo de Ingenieros de Marina (1770), aunque se hagan alusiones al primero. Baste indicar que en la Academia de Guardias Marinas se pretende enseñar desde sus comienzos las «ciencias y facultades de la matemática [...] geome-

---

[6] Véase un detallado panorama en M. ESTEBAN PIÑEIRO: «Instituciones para la formación de los técnicos», en M. SILVA SUÁREZ (ed.), 2004, pp. 165-202.

[7] M. A. SELLÉS: «Navegación e Hidrografía», cap. 11 en este mismo volumen.

tría, trigonometría, cosmografía, náutica, maniobra, fortificazión militar, theórica de la artillería y construcción de Navíos»[8].

Es decir, aunque con intensidades diferentes, se pretende cubrir desde la navegación hasta la construcción naval, pasando por la artillería y la fortificación, lo que evidencia solapes con las ingenierías[9]. La creación del Cuerpo de Ingenieros de Marina (1770) hay que interpretarla en el proceso general de ésta para alcanzar la máxima autosuficiencia, urgida por sus "sofisticadas" necesidades técnicas. Un primer hecho en esa dirección es que la Academia de Guardias Marinas (1717) comienza con profesores civiles, pero ello origina desencuentros entre la estructura docente (la Academia) y la militar (la Compañía de Cadetes); al cabo de un tiempo Jorge Juan, militar, técnico y científico de singular nivel, aúna los mandos de la Compañía y la Academia (1752), aunque invite a civiles relevantes al claustro (L. Godín, por ejemplo, como director docente). Un segundo hito viene dictado por las importantes Ordenanzas de 1748 (marqués de la Ensenada), que crean el Cuerpo de Pilotos de la Armada[10] y fundan las pertinentes escuelas de navegación, bajo control de la misma Marina. Como fruto de las mismas Ordenanzas se organiza la construcción de tres grandes arsenales[11] peninsulares, en los tres departamentos marítimos, al tiempo que Jorge Juan se encarga de coordinar el programa de diseño y construcción naval; la Marina obtiene así el control absoluto sobre productos estratégicos (básicamente navíos, las máquinas más complejas del siglo, y fragatas) y procesos de producción, lo que contribuye a la industrialización del país. El Cuerpo de Ingenieros de Marina, "heredero" de los constructores navales coordinados por Jorge Juan, asume en parte responsabilidades antes asignadas al Cuerpo de Ingenieros Militares. Con competencias en arquitectura naval, militar y civil, su fundación puede interpretarse como paso esencial del mencionado proceso de autosuficiencia, cuya culminación puede datarse en 1783, cuando la Marina crea el Curso de Estudios Mayores. Su objetivo es formar específicamente a un selecto grupo de oficiales para afrontar los retos científicos y técnicos de

---

[8] «Ynstrucción para el gobierno, educación, enseñanza y servicio de los Guardias Marinas... » (15 de abril de 1718), cit. H. O'DONNELL y DUQUE DE ESTRADA: «Mando, tripulación y guarnición de los buques de la armada naval española en el siglo XVIII», en A. GUIMERÁ *et alii* (eds.): *Trafalgar y el mundo atlántico*, Marcial Pons, Madrid, 2004, pp. 215-231.

[9] En realidad, tan ambicioso programa no se desarrolló adecuadamente hasta las reformas semiseculares impulsadas por Jorge Juan. Después volvió a perder fuelle, entre otras razones por las urgencias que marcaban los conflictos bélicos; finalmente, se puede identificar una nueva recuperación a partir de 1783.

[10] Los pilotos dejarán de ser civiles contratados, pasando a ser oficiales de mar, pero a las órdenes de los de "mar y guerra".

[11] Un arsenal es un complejo industrial con gradas, diques, dársenas, almacenes de madera, talleres, manufacturas auxiliares (jarcias, lonas...), parques de artillería... Es decir, son las más importantes instalaciones manufactureras de la época, donde se fabrican y reparan las más grandes "máquinas" del siglo, los navíos.

la época, obteniendo la necesaria independencia, aspecto al que con toda probabilidad fue impulsada la Marina en ausencia de una Academia Nacional de Ciencias[12]. Las reticencias que en el ámbito castrense plantean las formaciones científico-técnicas avanzadas hacen que en la Marina y de forma coloquial se llegue a "distinguir" entre «oficiales de caza y braza» y «oficiales científicos»[13].

Los ingenieros dieciochescos son en su mayoría funcionarios de la Administración del Estado, militares principalmente. Sólo unos pocos, con estatus civil al terminar el siglo. Como los intendentes[14], en su gran mayoría constituyen cuerpos facultativos con amplias competencias técnicas. Las atribuciones iniciales del Cuerpo de Ingenieros Militares serán amplísimas. En un paulatino proceso de especialización y diversificación se irán reduciendo frente a profesiones como arquitectos (formados principalmente en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, 1752), ingenieros de Marina (1770), ingenieros cosmógrafos (1796) e ingenieros de caminos y canales (1799), estos últimos dentro del ámbito civil. También en este ámbito, aunque con singular solicitud y otorgamiento de reconocimientos en forma de grados militares, se identifica con claridad el nacimiento de los ingenieros de minas, «geómetras subterráneos» (1777). Los sistemas de enseñanza reglada de estas profesiones estarán secularizados y se desarrollarán al margen de la universidad, institución ante la que fracasarán los planes reformistas de Carlos III[15], como le sucedió dos siglos antes a Felipe II.

El presente capítulo sólo pretende esbozar elementos de la misión, estructura corporativa y formación reglada de las nacientes especialidades de la ingeniería y profesiones afines. Los inherentes procesos de especialización técnico-administrativa conducen a la diversificación corporativa, donde se gestan cambios en las competencias que ejercer, lo que inevitablemente hace surgir conflictos de muy diferente alcan-

---

12 La que unas tres décadas antes fue objeto perseguido sin éxito por el propio Jorge Juan. Véase J. M.ª TORROJA, 1973.

13 Diferenciación que no genera realmente una clasificación. Así, Dionisio Alcalá Galiano (1760-1805) y Cosme Damián Churruca y Elorza (1761-1805), héroes en Trafalgar, son ejemplos de bravos oficiales con producción científico-técnica.

14 En la burocracia estatal borbónica, desde 1711 los intendentes fueron funcionarios regios con responsabilidades técnico-administrativas. A partir de 1718 tuvieron amplias responsabilidades de gobierno, justicia, defensa, hacienda y fomento económico. Suprimidas las intendencias provinciales en 1724, permanecieron las de las capitanías generales. Bajo el impulso de Ensenada, en 1749 se les nombró representantes de la Administración central en materias de ejército, justicia, policía, hacienda y economía. Bajo Carlos III (1766) se separaron las funciones judicial y policial, que pasaron a ser responsabilidad de los corregidores. José del Campillo fue intendente general de Aragón; Pablo de Olavide de Andalucía y, posteriormente, superintendente para la repoblación de Sierra Morena; el marqués de la Ensenada lo fue de la Marina.

15 M. PESET y J. L. PESET: *La Universidad Española (siglos XVII y XIX). Despotismo ilustrado y revolución liberal,* Taurus, Madrid, 1974.

ce. Las diversas academias de los cuerpos tuvieron por objeto proporcionar a sus efectivos una formación "completa y homogénea", estableciendo las bases culturales corporativas. En este sentido, no hay que tratar de verlas como "viveros de sabios", aunque los hubo, sino como instituciones más o menos eficientes para una formación técnica "moderna". No todas las especialidades de la naciente ingeniería tuvieron el mismo alcance hasta el comienzo de la guerra de la Independencia, ni se encuentran estudiadas con la misma intensidad, pero en su conjunto existe una ingente literatura, que aquí apenas se sobrevuela. Quede claro que las cuestiones relativas a su saber (conocimientos científicos, experimentales y metodológicos) y su hacer (en particular el patrimonio documental y material legado) no se abordan aquí, siendo objeto de diferentes capítulos en este y el próximo volumen.

Esta presentación no sigue un esquema cronológico, porque la interacción temporal entre las muy diversas iniciativas difuminaría el sentido de las diferentes líneas de evolución, particularmente en las tres últimas décadas del siglo XVIII y primera del siguiente. No obstante, una cronología simplificada ayuda a situarse en esa perspectiva temporalmente lineal. Tampoco se ha adoptado una exposición por categorías (cuerpos, enseñanzas, competencias y conflictos...), ya que se ha juzgado menos didáctica que la centrada en discursos segmentados por especialidades. Bien es cierto que esta última opción complica un poco la presentación de temas como los conflictos entre artilleros e ingenieros militares, o la relación entre ingenieros y arquitectos de la Academia de San Fernando.

Entre otras actuaciones no contempladas en este capítulo como institucionalización de la ingeniería, se ha de mencionar la labor de enseñanza y difusión de la técnica realizada por algunas escuelas o cátedras en el seno de reales sociedades de amigos del país (las de Vergara, Madrid y Zaragoza, entre otras), o de juntas (particulares) de comercio, la de Barcelona muy especialmente[16]. Por ejemplo, en su segunda etapa, bajo la dirección del ingeniero extraordinario de los Reales Exércitos Luis Rancaño de Cancio (1784), la Escuela de Matemáticas de la Real Sociedad Económica Aragonesa[17] llega a ser una "escuela de ingeniería civil" (podría decirse en términos actuales que con un programa entre Caminos e Industriales, especialidad Mecánica) organizada en cuatro cursos, que emplea básicamente los textos de Benito Bails, preparados para la docencia de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando,

[16] A las sociedades económicas se dedica el capítulo 7 del volumen III de esta colección: J. F. FORNIÉS y A. M. MORAL RONCAL, «Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País: docencia, difusión e innovación técnica». Sobre la educación técnica al margen de los grandes cuerpos del Estado, conviene consultar el texto de Agustín ESCOLANO BENITO: *Educación y Economía en la España Ilustrada,* Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 1988.

[17] Víctor ARENZANA: *La Enseñanza de las Matemáticas en España en el siglo XVIII. La Escuela de Matemáticas de la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País.* Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 1987.

CRONOLOGÍA BÁSICA

1700 Fundación de una Academia de Matemáticas en Barcelona, con esquema similar al de la de Bruselas. Las tropas austracistas la cierran en 1706.

1710 Se crea el cargo de Ingeniero General de los Exércitos y Plazas y Fortificaciones de todos los Reinos, Provincias y Estados, y Cuartel Maestre General de todos los Exércitos. J. P. de Verboom es nombrado para ocuparlo.

1710 *Reglamento y Ordenanzas para la más acertada y puntual dirección de mi Artillería*. Se divide en «Oficiales de Artillería» (Estado Mayor), «Regimiento, intitulado de la Real Artillería», y compañías provinciales.

1711 Plan General de los Ingenieros de los Exércitos y Plazas.

1714 Instauración de la Real Armada.

1716 Fundación de la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona.

1717 Creación de la Compañía y Academia de Guardias Marinas en Cádiz.

1718 Ordenanza del Cuerpo de Ingenieros Militares, que define sus funciones militares y civiles, así como la formación que sus miembros han de recibir.

1720 Abre sus puertas la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona (del Ejército en general): los dos primeros cursos son para todas las armas; el 3.º y el 4.º alcanzan sólo a ingenieros y artilleros.

1726 Creación de los tres departamentos marítimos: Cádiz, Cartagena y El Ferrol.

1732 Se constituye la Real Academia de Matemáticas de Orán.

1736 Pedro Bernardo Villarreal: *Máquinas Hidráulicas de Molinos y Herrerías y Govierno de los Árboles, y Montes de Vizcaya*.

1739 *Ordenanzas e Instrucción para la enseñanza de las Mathemáticas en la Real y Militar Academia que se ha establecido en Barcelona y las que adelante se formaren*. Se crea la Real Academia de Matemáticas de Ceuta.

1744 La Junta Preparatoria de la Academia de Nobles Artes comienza sus actividades.

1748 Ordenanzas de la Marina: creación del Cuerpo de Pilotos de la Armada (dejarán de ser civiles contratados); se fundan Escuelas de Pilotos y se decide la construcción de los grandes arsenales peninsulares en los tres departamentos marítimos.

1751 Institución de la Academia de Matemáticas del Cuartel de Guardias de Corps, en Madrid.

1751 Ordenanzas del Real Cuerpo de Ingenieros Militares.

1751 *Ordenanza e instrucción que se ha de observar en las Escuelas de matemáticas que ha mandado el Rey erigir en las Plazas de Barcelona y Cádiz baxo la dirección del Cuerpo General de ella [la Artillería].* Se crean «Escuelas Formales de Teórica, con el título de Artillería» en Barcelona y Cádiz, a las que van anejas escuelas prácticas en las compañías provinciales respectivas.

1751 Tras su viaje de espionaje a Inglaterra, Jorge Juan establece en Madrid la Junta de Constructores (navales).

1752 Fundación de la Real Academia de las Tres Nobles Artes de San Fernando; institucionalizará la enseñanza de arquitectura y ejercerá una rígida "dictadura clasicista".

1752 Jorge Juan y Santacilia renueva las enseñanzas de la Academia de Guardias Marinas de Cádiz: utilización de textos impresos frente al tradicional sistema de dictado-copiado de las lecciones.

1753 Institución, por impulso de Jorge Juan, del Observatorio Astronómico de la Marina de Cádiz, anexo a la Academia de Guardias Marinas.

1755 Fundación del Real Jardín Botánico de Madrid.

1756 Creación del Real Cuerpo de Artillería e Ingenieros. El conde de Aranda, inspector general (dimitirá en 1758).

1756 Fundación de la Real Sociedad Militar de Matemáticas de Madrid.

1757 Los primeros estatutos de la Academia de San Fernando prohíben «reglar los estudios y práctica de las tres nobles artes» a cualquier otra institución.

1760 Se disuelve la Real Sociedad Militar de Matemáticas de Madrid.

1760 Se suprime la Academia de Artillería de Barcelona.

1762 *Reglamento de Nuevo Pie en que S. M. manda que se establezca el Real Cuerpo de Artillería*. Creación de la Compañía de Caballeros Cadetes (Segovia).

1763 Separación definitiva de los reales cuerpos de Artillería e Ingenieros.

1764 Apertura del Real Colegio de Artillería de Segovia; se suprime la Academia de Artillería de Cádiz.

1765 Se funda la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País.

1767 Juan Martín Cermeño, comandante general e inspector de Fortificaciones del Reino, solicita la creación de un cuerpo especializado en Puertos, Caminos y Canales. No sería atendido.

1768 *Ordenanzas de S. M. para el régimen, disciplina, subordinación y servicios de sus Exércitos*, reorganización general que contiene las *Ordenanzas de S. M. para el servicio del Cuerpo de Ingenieros en Guarnición y Campaña.*

1768 Se funda la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de Valencia.

1768 Las Matemáticas adquieren autonomía en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Benito Bails es nombrado director de la disciplina.

1769 Traslado de la Compañía y Academia de Guardias Marinas de Cádiz a San Fernando, junto con el resto de las dependencias del departamento marítimo. El Real Observatorio queda aislado en Cádiz, hasta 1798 en que se traslada también.

1769 François Gautier (llegado a España en 1765) es nombrado «Director de Construcción de bajeles, igualmente de carenas, independiente de Comandantes Generales e Intendentes de los Departamentos», y asume así la máxima responsabilidad en la construcción naval, desplazando a Jorge Juan.

1770 Creación del Real Cuerpo de Ingenieros de la Marina. Jorge Juan es nombrado director del Seminario de Nobles de Madrid.

1771 Jorge Juan publica su *Examen Marítimo,* obra fundamental sobre arquitectura naval.

1772 *Ordenanza para el servicio del cuerpo de Ingenieros de Marina en los departamentos, y a bordo de los navíos de Guerra.*

1772 Benito Bails: *Elementos de Matemáticas* (vol. I de X). Los *Principios de Matemáticas* (3 vols.) serán publicados en 1776.

1774 *Nuevas Ordenanzas para el Cuerpo de Ingenieros Militares*, que se estructura en tres ramos: 1) Plazas y Fortificaciones del Reino; 2) Caminos, Puentes, Edificios de Arquitectura Civil y Canales de Riego y Navegación; 3) Academias Militares.

1774 Pedro Rodríguez Campomanes: *Discurso sobre el fomento de la industria popular.*

1775 Pedro Rodríguez Campomanes: *Discurso sobre la educación popular de los artesanos y su fomento.*

1775 Fundación de la Sociedad Económica Matritense.

1776 Fundación de la Real Sociedad Económica Aragonesa.

1776 *Ordenanza de S. M. para el Gobierno Militar y Económico de sus Reales Arsenales de Marina*.

1776 Dependientes de la de Cádiz (dirigida por V. Tofiño), se crean las Academias de Guardias Marinas de El Ferrol y de Cartagena.

1776 Se establece el Real Seminario Patriótico Vascongado, en Vergara.

1777 La Academia de Minas de Almadén comienza su andadura.

1781 El secretario de las Indias (J. Gálvez) ordena la edificación de la Casa-Academia de Minas de Almadén. Se ocupará en 1785.

1783 Se crea el Curso de Estudios Mayores de la Marina (cuatro años). Se impartirá en las tres academias departamentales.

1783 *Ordenanzas para la Dirección, Régimen y Gobierno del Importante Cuerpo de la Minería de Nueva España y su Real Tribunal general.*

1783 Fundación de la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos en México.

1784 Bajo la dirección del ingeniero militar Luis Rancaño de Cancio, la Escuela de Matemáticas de la RSE Aragonesa instituye un programa de ingeniería civil de cuatro años (entre Caminos e Industriales, especialidad Mecánica).

1786 La Marina asume el control de las enseñanzas en todas las escuelas de pilotos civiles, incluyendo los Colegios de San Telmo de Sevilla y de Málaga.

1786 Se crea la Comisión de Arquitectura en el seno de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Le corresponderá el control político-estético de la obra civil en los territorios del reino.

1786 Se funda el Laboratorio de Chîmia del Real Cuerpo de Artillería (dirigido por Luis Proust). Tras numerosas vicisitudes, sus clases a los cadetes comenzarán en 1792.

1787 El título de arquitecto adquiere rango de documento oficial, exigiéndose expresamente que los candidatos se sometan «al riguroso examen de la Academia».

1789 Se crea la Real Escuela de Mineralogía de Indias y el Laboratorio Químico-Metalúrgico en Madrid.

1789 Se suprimen las Academias de Matemáticas de Orán y Ceuta, creándose en el mismo año la de Zamora y al año siguiente la de Cádiz (que cerrará en 1805). Zamora permanecerá como Academia general, básica, para todos los cuerpos.

1789 Fundación del Depósito Hidrográfico de la Marina.

1790 La Marina define un plan de estudios uniforme para todas las escuelas de pilotos, incluidas las civiles. Los profesores serán pilotos de la Armada.

1790 La Escuela de Agricultura de la RSE Aragonesa se transforma en Cátedra de Agricultura; mayor nivel técnico, reglamentación y control de las enseñanzas.

1792 Bajo la dirección de Agustín de Betancourt abre sus puertas el Real Gabinete de Máquinas (fundado en 1788) en los pabellones del Buen Retiro de Madrid.

1792 El Colegio de Minería de México (fundado en 1786) inicia su andadura bajo la dirección de Fausto de Elhuyar.

1793 Se funda la Real Academia de las Tres Nobles Artes de San Luis, de Zaragoza, heredera de la Escuela de Dibujo de la Sociedad Económica Aragonesa (1784).

1794 Creación del Real Observatorio de Madrid (director, Salvador Jiménez Coronado).

1795 Vinculado a la Marina, Cayetano Sánchez (pensionado en París con Berthoud) crea el Obrador de Relojería en la isla de León (Cádiz). Desaparecerá en 1800.

1796 *Ordenanzas del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado y del Real Observatorio*. Inequívocamente plasmada su pretensión científica y técnica, adquiere estructura y estatus militar.

1797 Creación del Depósito Hidrográfico (sucede al Depósito Hidrográfico, 1789).

1799 L. Proust dirige el Real Estudio de Minerología de Madrid, creado a partir de tres instituciones previas, entre ellas el Laboratorio de Química segoviano.

1799 Creación de la Inspección General de Caminos y Canales. José Naudín y Guzmán, conde de Guzmán, es su primer inspector general.

1802 Creación de los estudios de la Inspección de Caminos y Canales, bajo la dirección de Agustín de Betancourt, inspector general de Caminos y Canales desde 1801.

1802 La Real Academia de la Purísima Concepción de Valladolid, reconocida por el Consejo de Castilla, pasa a serlo por la de San Fernando.

1802 Creación del Regimiento Real de Zapadores y Minadores.

1803 *Ordenanza que S. M. manda observar en el servicio del Real Cuerpo de Ingenieros.* Supone su concentración en tareas militares, el cierre de la Academia de Barcelona y la creación de la de Alcalá de Henares.

1803 Los estudios de la Inspección de Caminos pasan a denominarse Escuela de Caminos y Canales. Los técnicos superiores «en sus respectivas clases, se denominarán ingenieros de Caminos y Canales».

1804 Se suprime el Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos, a petición de su director. El Real Observatorio adopta una estructura civil y queda instalado el gran telescopio Herschel de 25 pies.

1807 Claudio Boutelou se encarga de la docencia de la Agricultura y Botánica Agrícola en el Real Jardín Botánico de Madrid.

1808 José María de Lanz y Agustín de Betancourt publican en París el *Essai sur la Composition des Machines*.

aunque insuficientemente asimilados por el alumnado de arquitectura. Clases prácticas sobre el manejo de instrumentos y máquinas, la realización de proyectos, organización de certámenes públicos o asesoría técnica al entorno fueron aspectos de la importante labor desarrollada en esta modesta escuela[18].

I

El Real Cuerpo de Ingenieros de los Exércitos y Plazas

Mediante decreto de 13-I-1710 se crea el empleo de «Ingeniero General de los Exércitos y Plazas y Fortificaciones de todos los Reinos, Provincias y Estados, y Cuartel Maestre General de todos los Exércitos». Se nombra a tal fin a Jorge Próspero de Verboom, de origen flamenco, que había sido ayudante de Sebastián Fernández de Medrano (1646-1705), el director de la Real Escuela de Matemáticas de Bruselas, creada en 1675 y que servía a los ejércitos españoles allí acantonados. Tras diversas propuestas e informes, el 17 de abril de 1711 Felipe V expide en Zaragoza el *Plan General de los Ingenieros de los Exércitos y Plazas*, creándose un Cuerpo militar facultativo independiente de la Artillería. Con ello se inaugura una rivalidad corporativa que se refleja, por ejemplo, en el siguiente lamento:

> «Fueron los ingenieros dependientes y súbditos de éste [el capitán general de la Artillería] como superintendente general de obras, y por falta del último Capitán general, Marqués de Canales [nombrado en 1710], en fuerza de mayor valimiento, se fue constituyendo Cuerpo separado, disfrutando más útiles honores que el principal»[19].

La primera Ordenanza del nuevo Cuerpo se promulga el 4-VII-1718. Nada reglamentista, define su misión, aspectos de estructura, formación técnica y competencias. Se le asignan tanto funciones castrenses como puramente civiles, entre ellas las de reconocimiento e intervención territorial, a través de obras públicas estructurales. Los ingenieros militares proyectan y dirigen la construcción de caminos, puentes, canales, embalses, regadíos, abastecimientos de agua, puertos, urbanizaciones, reales fábricas, hospitales, escuelas, palacios, iglesias, viviendas, etc. Tuvieron también relevantes funciones en el trazado urbanístico de ciudades y su labor cartográfica fue de primera magnitud.

Hasta la Ordenanza de 1718 el Cuerpo se compone de un centenar de individuos, en gran parte provenientes de los territorios europeos de la Corona, evidencia

---

[18] La guerra de la Independencia y la ausencia posterior de unos tributos cedidos como los que disfrutaban las escuelas de la Junta Particular de Comercio de Barcelona (denominado de periage, y que, aunque con variaciones, globalmente ascendía a varios cientos de miles de reales por año) dieron al traste con la experiencia.

[19] Texto de un artillero datado en 1748, en el AGS (cita reproducida de CAPEL, SÁNCHEZ y MONCADA, 1988, p. 348).

de la tradición de la ingeniería militar hispana: de Flandes (flamencos, valones y españoles, que se toman como base) y de Italia (italianos y españoles), así como los que ya trabajaban en la Península Ibérica, África o ultramar. El resto lo constituye un significativo contingente de ingenieros franceses cedidos por Luis XIV a su nieto, como necesario refuerzo ante los avatares de la guerra de Sucesión. Su incorporación por categorías depende de situaciones y experiencias previas. El ingreso en el Cuerpo se realiza por conocimiento de la persona o examen por el ingeniero general, lo que no excluye una importante dispersión en sus competencias técnicas, por lo que, en la tradición de las escuelas de matemáticas del ejército hispano (Bruselas, Milán, Madrid, Barcelona), se pensó en crear una academia que, impartiendo enseñanzas regladas, elevara y homogeneizara los conocimientos científicos y técnicos de quienes fuesen a entrar en la corporación[20].

Desde el centenar de individuos hacia 1718 (el Corps Royale du Génie galo tenía unos trescientos efectivos al comienzo del siglo, cantidad que se confirma por R. O. de 7 de febrero de 1744), la plantilla de la corporación española en Europa y África asciende a 150 miembros, según el *Nuevo Pie del Cuerpo* de 25-V-1765. A finales de siglo, en el conjunto de los territorios de la Corona, las Indias incluidas, sólo se superaban ligeramente los dos centenares. Como cuerpo facultativo, la promoción siempre estuvo presidida por los méritos frente a la simple antigüedad[21]. A diferencia del francés Département des fortifications des places de terre et mer (1691), que se adscribe al Intendant des finances y no al Secrétariat d'État à la Guerre, donde se prima su función técnico-económica frente a la puramente militar, el cuerpo español potenciará su integración en las estructuras castrenses. El objetivo es reducir los frecuentes conflictos jerárquicos que se observan desde el Renacimiento entre ingenieros y mandos militares. Para ello se definirá una doble escala con graduación militar, según la jerarquía de la Infantería (útil en las relaciones intercorporativas), y facultativa, específica del Cuerpo, que evidencia su carácter técnico y jerarquizado.

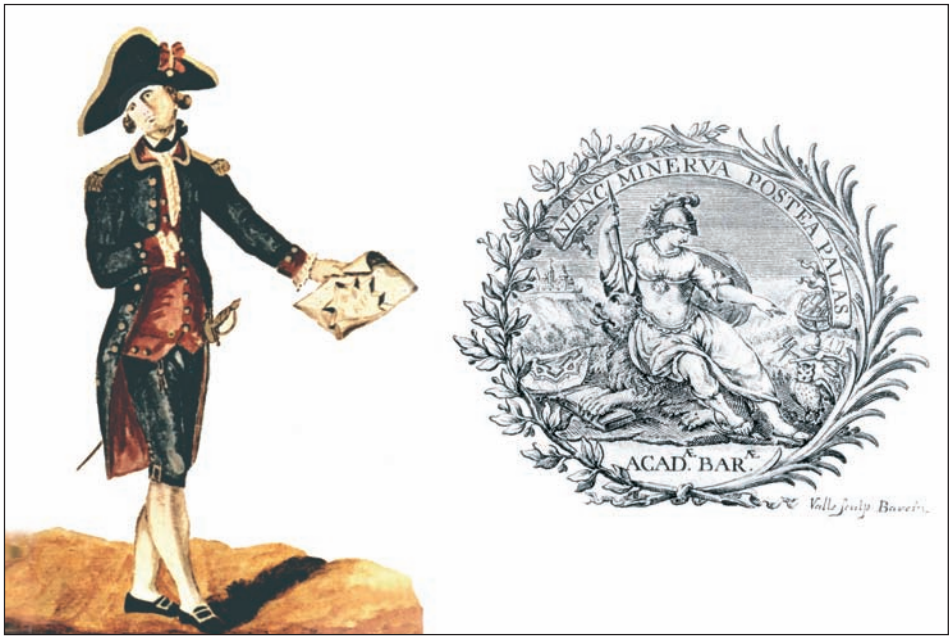
En la propuesta inicial de Verboom (1710) se mencionan las siguientes equivalencias[22]: Ing. General y Oficial General; Ing. Director y Coronel; Ing. en Jefe y

---

20 A nivel puramente simbólico cabe reseñar que, a pesar de los diversos orígenes, la autoconciencia de Cuerpo diferenciado y consolidado es tan fuerte que en 1727 se plantea el diseño de un uniforme específico, a lo que responde el monarca positivamente el 27-III-1728: Casaca y calzón azul con vueltas grana, chupa encarnada, sombrero con galón de plata y botones y ojales de plata.

21 Se atiende «más a su celo y aplicación al Real Servicio, y a la capacidad que por ello han adquirido, que a su antigüedad», según Verboom en su *Relación de Ingenieros que se hallan en activo*... (julio de 1733), reproducido en VV. AA., 1911. Justamente la anteposición del mérito y capacidad frente a la antigüedad es una de las razones por las que se producen de las más significativas fricciones entre ingenieros y artilleros.

22 Primer Plan propuesto para el establecimiento del Cuerpo de Ingenieros, 17-IV-1710, AGS, GM 2998 (cit. en CAPEL, SÁNCHEZ y MONCADA, 1988, p. 26).



4.1. Ingeniero ordinario (capitán) en uniforme *(fuente: OLAECHEA y FERRER BENIMELI, 1998, p. 37)* ***y* ex-libris *de la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona.*** *Su lema,* Nunc Minerva Postea Palas *(grabado por Ignasi Valls; fuente: MUÑOZ CORBALÁN, coord., 2004), proclama la importancia del conocimiento científico para las acciones bélicas.*

Teniente Coronel; Ing. en Segunda y Capitán; Ing. Ordinario (o tercero) y Teniente; e Ing. Delineador («designiador») y Alférez. En las primeras décadas no existe una correspondencia formal y biunívoca entre ambas escalas (cuadro 4.1), por lo que se habla de "asimilación".

Por ejemplo, en 1733 el detalle es como sigue: 1 Ing. General, Tt. General; 1 sustituto de Ing. General, Brigadier, y 9 Ing. Directores, 4 de Brigadier y 5 Coroneles; Ing. en Jefe, 3 de Coronel y 13 de Tt. Coronel; Ing. en 2.ª, 9 Tt. Coronel y 19 Capitán; Ing. Ordinario, 4 Capitán y 39 Teniente; Ing. Extraordinario, mayoría Subtenientes.

Mediante R. D. de 19-X-1756 se define oficialmente la equivalencia entre las escalas de Ingenieros e Infantería (cuadro 4.1), confirmándose en las importantes *Ordenanzas de S.M. para el régimen, disciplina, subordinación y servicio de sus Exércitos* de 1768. En suma, se consolida el avance de un grado en la escala militar, siendo así que a los ingenieros directores (de provincia, región o reino) les corresponde el rango de brigadier; o a los ingenieros en jefe (que con frecuencia ejercen como directores) el de coronel. El grado de ingeniero extraordinario refleja la existencia, en ciertos momentos, de oficiales de infantería o artillería en funciones de ingeniero.

Estado en 1723	Empleo facultativo/ "asimilación" con Infantería 1733	Nuevo Pie de 1733	Relación Ing. de 1740	Empleo facultativo/ equivalencia en Infantería 1756	Nuevo Pie de 1765	Propuesta de S. Abarca 1778
1	**Ing. general/** Tt. General -Brigadier	1	1	**Ingeniero general/** Oficial general	1	1
4	**Ing. director/** Brigadier-Coronel	10	10	**Ing. director/** Brigadier	10	10
6	**Ing. en jefe/** Coronel-Tt. coronel	16	16	**Ingeniero en jefe/** Coronel	10	10
14	**Ingeniero en segunda/** Tt. coronel-Capitán	28	20	**Ingeniero en segunda/** Tt. coronel	20	20
26	**Ing. ordinario/** Capitán-Teniente	43	30	**Ing. ordinario/** Capitán	30	27
24	**Ingeniero extraordinario/** Teniente-Subtt.	32	40	**Ingeniero extraordinario/** Teniente	40	41
---	**Ing. delineador/** Subteniente	---	24	**Ayudante de ingeniero/** Alférez	40	42
75	**TOTAL**	130	141	**TOTAL**	151	151

Cuadro 4.1. Correspondencias entre las escalas facultativas y de Infantería en el Real Cuerpo de Ingenieros y efectivos (éstas han de considerarse en primera aproximación, pues a lo largo del tiempo hay diversos matices, aunque de secundario interés. La Relación de 1740 corresponde al duque de Montemar). Por R. D. de 19-X-1756 se define oficialmente la equivalencia entre escalas [elab. a partir de CAPEL, SÁNCHEZ y MONCADA (1988)]. Se puede constatar un notorio incremento de efectivos de 1723 a 1733, procediéndose después a una distribución algo más jerarquizada al introducirse el grado de delineador (posteriormente denominado ayudante, lo que no significa lo que se conocía recientemente como ayudante de ingeniero, sino ingeniero ayudante).

La Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona se crea en 1716, según se afirma en las ordenanzas del Cuerpo de 1751. Quizás debido a la campaña de Sicilia, sus puertas no se abren hasta 1720[23]. Su primer director será un italiano, Matheo

[23] Si la Academia española de Bruselas es de 1675, o la precedente de Barcelona de 1700, el carácter innovador de la estrategia institucional docente hispana se puede valorar al constatar que, por ejemplo, la École Royale du Génie de Mézières no se funda hasta 1748 (vid. R. HAHN y R. TATON (eds.), 1986, pp. 559-615). Otra cosa será la modernidad de los contenidos y de los métodos docentes.

Calabro[24], artillero que se integrará, no sin algunas reticencias externas, en el Cuerpo de Ingenieros en 1723. En línea con lo expresado por los ingenieros renacentistas, Calabro considera que la fortificación es a la vez arte y ciencia; por otro lado, pretende una educación con amplia base matemática, válida tanto para el Ejército como para la Marina (aunque la Academia de Guardias Marinas de Cádiz date de 1717). Su planteamiento y carácter personal no disfrutan del aprecio de Verboom, quien impulsa su sustitución en 1738 por el asturiano Pedro de Lucuce. Justamente, las *Ordenanzas e Instrucción para la enseñanza de las Mathemáticas en la Real y Militar Academia que se ha establecido en Barcelona y las que adelante se formaren* (22 de julio de 1739) definen la estructura que perdurará hasta casi finales de siglo. Organizados los estudios en cuatro cursos de nueve meses (tres años), los dos primeros están dedicados a instruir a «cualquier oficial del ejército»; proporcionan una formación general, en lo que se puede reconocer como una suerte de Academia General del Ejército de Tierra, así como para algunos caballeros particulares, civiles. En los dos últimos cursos se explica «lo demás que han de saber un ingeniero y oficial de artillería para el desempeño de sus empleos», dedicándose el cuarto curso esencialmente al dibujo[25], medio de expresión y comunicación indispensable que comprendía desde el levantamiento de mapas hasta el trazado de especificaciones y levantamiento de máquinas, pasando por el de planos de edificios, siempre en un ámbito plural, civil y militar.

Por la evidente importancia de cuantificar en lo que se refiere a la técnica, el sustrato conceptual de las enseñanzas son las matemáticas, de donde viene la denominación de este tipo de academias. En los tres primeros cursos se explican las puras, y sobre todo las mixtas (aplicaciones en topografía, táctica, fortificación, arquitectura civil, cosmografía, estereometría, mecánica, hidráulica y óptica, especialmente). Según las ordenanzas de 1739, los contenidos del plan de estudios deben reflejarse en un curso redactado por el director. En su *Curso Matemático* (h. 1744), Lucuce se inspira en gran parte en el *Compendio Matemático* (1709), tratado enciclopédico del *novator* Thomas Vicente Tosca, obra a su vez de recopilación, despojándolo de los planteamientos que juzga especulativos o excesivamente formalistas. Emplea las matemáticas como soporte argumental, concentrándose en la «utilidad» para el desempeño de las funciones militares. Para el dibujo se persigue precisión y pulcritud en un marco normalizado, con reglamentación de escalas, símbolos y colores en los lavados («según las reglas del arte y convenio», en una tradición que viene desde el

---

[24] Autor de un interesante curso manuscrito, *Tratado de fortificación o arquitectura militar. Dado por el capitán de infantería Don Mateo Calabro Ingeniero en segunda de los Reales Ejércitos de Su Majestad y Director General de esta Real Academia de Matemáticas de Barcelona. Abril 1.º de 1733* (existe edición a cargo de Fernando R. de la FLOR, Universidad de Salamanca, 1991).

[25] M. GALCERÁN VILA: «El dibujo y su utilización en la transmisión de la información», en J. M. MUÑOZ CORBALÁN (coord.), 2004, pp. 155-165.

Renacimiento). Los mapas, más anchos que altos según las ordenanzas de 1718, se codifican con símbolos diversos para representar ciudades, bosques, caminos, tierras labradas, pantanos, etc.[26].

En su conjunto las enseñanzas de matemáticas, que también se imparten en las academias de Orán (1732) y Ceuta (1739)[27], comprenden diversos tratados: I) Aritmética; II) Geometría Elemental; III) Trigonometría y Geometría Práctica; IV) Fortificación; V) Artillería; VI) Cosmografía; VII) Estática y Compendio de Óptica; y VIII) Arquitectura Civil[28]. En la relación sorprende la ausencia de menciones a la Geometría Analítica y al Cálculo Sublime (integro-diferencial)[29]. Un análisis más detallado

---

[26] Posteriormente, la reglamentación del dibujo será más precisa. Por ejemplo, bajo el mandato del conde de Aranda, en 1757, se propone una definición de escalas normalizadas, así como símbolos para la confección de los planos. Al tiempo se ordena la confección de tres copias del material gráfico: una para el Despacho de Guerra, otra para la dirección del Cuerpo y una tercera para la provincia o capitanía donde se trabaje.

[27] Mediante R. O. de 22 de septiembre de 1789 se suprimen las Academias de Matemáticas de Orán y Ceuta, que se trasladan a Zamora (R. D. de 6-X) y Cádiz (R. D. de 15-II-1790; cerrará en 1805). Zamora resistirá a las reformas de 1803 y permanecerá como academia general, básica, para todos los cuerpos.

[28] Sobre el curso de Lucuce, y los textos docentes de la ingeniería militar en general, véase H. CAPEL, 1987; y H. CAPEL, J. E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988, pp. 217-254.

[29] Constatación reflejada por escrito en 1787 por Tadeo Lope y Aguilar, ingeniero militar en la esfera de Francisco Sabatini, que afirma que el *Curso manuscrito* «no trata nada de álgebra, a excepción de las ecuaciones de los primeros grados, ni del cálculo diferencial ni integral, como de la teoría de las curvas, partes en el día precisas para la inteligencia de todos los escritos mathemáticos y para poder hacer algunos adelantamientos útiles en estas ciencias [... que] en el corto número de asuntos que en él se tratan han hecho tantos progresos las mathemáticas de un siglo a esta parte, que casi han mudado el semblante» (prólogo a la traducción de los *Elementos de Física Teórica y Experimental* de Sigoud; vid. Santiago GARMA: «Las Matemáticas Españolas y la Historia de las Matemáticas del siglo XVII al siglo XIX», en S. GARMA (ed.): *El científico español ante su historia. La ciencia en España entre 1750 y 1850*, I Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias, Madrid, 1980, pp. 59-72). De lo anterior no cabe inferir incapacidad de los ingenieros militares para abordar esas temáticas. En su *Historia de la Invención del Análisis Infinitesimal y de su introducción en España* (Universidad de Salamanca, 1994), Norberto CUESTA DUTARI documenta ya en 1755 conocimientos interesantes en los profesores de la Academia barcelonesa en Geometría algebraica cartesiana y Cálculo integral, aunque declara ignorar si «conocían el uso de las ecuaciones diferenciales en la Geometría y en la Dinámica» (pp. 185-186). Por otro lado, el mismo Tadeo LOPE Y AGUILAR publica un *Curso de Matemáticas para la enseñanza de los caballeros seminaristas del Real Seminario de Nobles de Madrid* (1794-98, 4 vols.), institución en la que es catedrático desde 1790. Cubría la aplicación del álgebra a la geometría y cálculo de probabilidades. Cuatro décadas antes, Pedro Padilla, profesor de la Academia de Guardias de Corps de Alcalá de Henares, publica su *Curso Militar de Matemáticas, sobre las partes de esta Ciencia, para el uso de la Real Academia establecida en el Quartel de Guardias de Corps* (4 vols.), Impr. Antonio Marín, Madrid, 1753-56. Su volumen IV se titula *De la Geometría superior o de las curvas y los cálculos diferencial o integral y Método de Fluxiones* (1756). Como un último apunte, recuérdese que el ingeniero extraordinario Luis Rancaño de

4.2. Marqués Alfonso Taccoli: Uniformes «grande» (gala) y «pequeño» (diario) del Cuerpo de Ingenieros Militares, según el* Teatro Militar Europeo *(1760). *Definidos por R. O. de 27-III-1728, constan de: casaca y calzón azul con vueltas grana, chupa encarnada, sombrero con galón de plata y botones y ojales de plata. Los ingenieros llevan bastón, distintivo de su condición de oficiales. Obsérvense los alamares en plata, al uso por las tropas de Casa Real. A la derecha un tercer ingeniero observa con una plancheta. La imagen forma parte de la colección de trescientas setenta y cinco láminas en dos volúmenes (son dibujos a la aguada de 38 × 30 cm y fueron entregados por el autor al recién llegado soberano Carlos III, el 3 de enero de 1760). Realizadas en un estilo ingenuo, aunque con el encanto de una cierta espontaneidad, las colección de dibujos refleja la uniformidad de tres de los cuatro ejércitos borbónicos: coronas de España, Francia y Nápoles o Dos Sicilias, faltando los de Parma (Patrimonio Nacional, Biblioteca del Palacio Real).*

muestra, además, la relativamente reducida consideración de temas sobre Mecánica-Maquinaria, Hidráulica-Hidrostática u Óptica, lo que indica una especialización "edificadora". Otros anacronismos temáticos, como el geocentrismo, se pueden deber a presiones de la censura eclesiástica, de la Inquisición, aunque en los trabajos de Jorge Juan es tema ya superado.

Cancio dirige a partir de 1784 la Escuela de Matemáticas de la RSE Aragonesa, desde 1785 con un programa de estudios estructurado en cuatro cursos y empleando los *Principios de Matemáticas* (1776) y los *Elementos de Matemáticas* (1772-1783) de Benito Bails, inicialmente redactados para la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

La teoría se complementa con clases de tipo práctico (topografía, levantamiento de mapas y planos, ataque y defensa de plazas). Ausencias temáticas claves y deficiencias metodológicas, como el mantener la docencia basada en la toma de apuntes (las obsoletas prácticas amanuenses medievales, con los subsiguientes y laboriosos procesos de puesta en limpio) en vez de ofrecer un conjunto de textos impresos, hacen que la calidad de las enseñanzas no pueda valorarse muy positivamente. Incluso puede hablarse de esclerosis[30], sobre todo en la segunda mitad del siglo, en claro contraste con la actividad de la Marina, que consiguió editar numerosos textos "modernos" e incluso implantar, con diversos matices, un Curso de Estudios Mayores (1783) destinado a formar oficiales "científicos" en las academias de los tres departamentos peninsulares[31].

Buscando diferenciar su identidad, así como el control absoluto sobre el sistema de formación de sus cadetes y oficiales, el Real Cuerpo de Artillería consigue en 1751 (21 de octubre) crear dos «Escuelas Formales de Teórica» propias, en Barcelona y Cádiz. Como consecuencia de las reformas del momento, los ingenieros reciben un nuevo reglamento y ordenanza (29 de diciembre) en el que se incentiva el «deleitoso estudio, y conocimiento de las ciencias matemáticas», pero cuidando los profesores de «comunicar en su explicación a los discípulos las reglas de la verdadera aplicación de sus preceptos en la práctica». Es decir, subordina lo deleitoso a lo útil, lo que marca con claridad el objetivo esencialmente técnico, pragmático, de la formación. Se incita a utilizar los principios científicos, pero no sólo eso. Los programas no cambiarán sustancialmente, aunque el director tendrá mayor libertad organizativa; los profesores suben a seis y las clases a cuarenta alumnos (cuatro civiles).

Pedro Abarca de Bolea, conde de Aranda y teniente general de los Ejércitos, es nombrado director general de Artillería e Ingenieros en 1756[32], en lo que significa una breve e incompleta reunificación[33]. Buen conocedor de la realidad francesa, bajo su impulso se diseña un programa de actuación para elaborar un amplio conjunto de textos "modernos". Crea en octubre de 1756 la Real Sociedad de Matemáticas

---

30 Lucuce llegó a ser director más de cuatro décadas, síntoma de claro inmovilismo institucional; además, cuando Juan Caballero cogió las riendas del centro tenía sesenta y tres años y bastantes achaques, unas condiciones quizás poco propicias para abordar los necesarios cambios.

31 Resulta curioso constatar que, en el ámbito de las enseñanzas militares galas, la esclerosis se produjo en las de Marina, que se llegan a calificar de «mediocres», frente al dinamismo de las impartidas en la "joven" escuela del Corps Royal d'Ingénieurs en Mézières (1748), bajo la coordinación de Gaspar Monge (v. R. HANN: «L'Enseignement Scientifique des Gardes de la Marine au XVIIIe Siècle», en R. HANN y R. TATON, 1986, pp. 547-558).

32 M.ª R. JIMÉNEZ JIMÉNEZ: «El Conde de Aranda, director general de los Cuerpos de Artillería e Ingenieros», *Revista de Historia Militar,* XXV, n.º 50, 1981, pp. 40-50.

33 En Francia, R. O. de 8-IV-1756, se reúnen aún más fugazmente los cuerpos de Artillería e Ingenieros, pues la separación definitiva se decreta en 1758 (vid. R. HANN: «L'Enseignement Scientifique aux Écoles Militaires et d'Artillerie», en R. HANN y R. TATON, 1986, p. 518).

de Madrid, ambiciosa institución científica y técnica (reglamento de febrero de 1757) que tuvo como misión principal el visado o diseño de proyectos técnicos relevantes, así como la redacción de manuales actualizados sobre matemáticas y sus aplicaciones militares[34]. Se forma un equipo con cuatro ingenieros y otros tantos artilleros, al que con carácter de coordinador se añade Pedro de Lucuce, que por ese motivo deja transitoriamente la dirección de la Academia de Matemáticas de Barcelona. Se plantea la escritura de volúmenes de Aritmética Universal, Geometría Elemental y Práctica, Trigonometría, Cosmografía, Perspectiva, Arquitectura, Maquinaria, Fortificación y Artillería. Para ello se forma una importante biblioteca que superó ampliamente a la de la misma Academia barcelonesa, al tiempo que los miembros de la nueva Sociedad, una suerte de Academia de Ciencias de carácter militar en la Corte, disfrutan de licencia del inquisidor general para leer libros de Matemáticas. Además, se pretende crear un gabinete de modelos de máquinas e instrumentos. Pero su nombramiento no había sido bien recibido por el secretario del Despacho de Guerra, Sebastián Eslava, ni por algunos de los capitanes generales (por ejemplo, el marqués de la Mina, con mando en Cataluña), ni por muchos de sus nuevos subordinados, ya que no pertenecía a ninguno de los dos cuerpos. Desautorizado por Eslava, el conde aragonés dimite (memorial al rey de 24-I-1758) como director del Cuerpo unificado, e incluso como militar[35]. Posteriormente, bajo la dirección transitoria del artillero y mariscal de campo Maximiliano La Croix, las presiones de ingenieros y artilleros, indicadoras de la existencia de identidades profesionales diferenciadas y de una neta voluntad de separación, estallarán de nuevo. Finalmente, la Real Sociedad de Matemáticas se disuelve en 1760, con lo que el innovador programa fracasa por completo, repartiéndose el fondo bibliográfico acumulado entre las academias de Matemáticas de Barcelona y de Artillería de Cádiz.

Respecto a la producción de textos para la Academia barcelonesa, conviene reseñar la traducción-adaptación, con múltiples adiciones, que Miguel Sánchez Taramas, profesor de ella, hizo de *A Treatise* (1755), de John Muller: *Tratado de fortificación, o Arte de construir los edificios militares y civiles* (1769). Aunque original en diversos aspectos, el texto de Sánchez Taramas se basa en una traducción, manifestación de dependencia.

---

[34] En el marco de una propuesta de «arreglo y distribución de los ingenieros» (21-IX-56), que persigue la renovación científica y técnica del ejército. Según el conde, el principal problema era la ausencia de textos actualizados, ya que se empleaba sistemáticamente el método tradicional de tomar apuntes en clase al dictado, consultándose eventualmente algunos franceses, «siendo los libros los que forman a los hombres, si faltan aquéllos, faltan éstos» (R. OLAECHEA y J. A. FERRER BENIMELI: *El Conde de Aranda*, Diputación Provincial de Huesca, 1998, p. 35).

[35] Recibe como respuesta un seco: «El Rey ha exonerado a V. E., como lo solicita, de sus empleos de Director General de los Cuerpos de Artillería e Ingenieros y de Teniente General de sus Ejércitos, separándole de su Real Servicio» (28-I-1758).

Según J. E. Sánchez[36], entre 1735 y 1796 sólo un 38 % de los ingenieros que ingresaron en el Cuerpo procedía de la Academia de Barcelona, por la que pasaron más de dos mil trescientos alumnos entre oficiales y cadetes. El resto procedía de otras academias (Ceuta u Orán, por ejemplo, pero no exclusivamente), correspondía a la política de incorporación de expertos (los casos de Le Maur y Sabatini son los más señalados), a la de integración de oficiales distinguidos, o bien a jóvenes formados en el entorno de algún otro ingeniero, normalmente en el marco de relaciones paterno-filiales. Las academias sólo son medios para facilitar la adquisición del nivel necesario, pero la terminación de los estudios no es condición necesaria ni suficiente para la entrada en el Cuerpo. En presencia de vacantes, salvo en los casos de "fichaje", el ingreso se realiza mediante rigurosos exámenes públicos.

Las reglamentistas *Ordenanzas de S.M. para el servicio del Cuerpo de Ingenieros en Guarnición y Campaña* (1768) forman parte de una amplia reorganización del Ejército. Centradas en lo castrense, dedican su tratado segundo a la fortificación (dirección por asiento o por administración), incluido el «Método de levantar los mapas y formar los planos», y se ignoran las tareas del ámbito civil. Justamente en ese aspecto, Juan Martín Cermeño, comandante general e inspector de Fortificaciones del Reino, aunque no ingeniero general en esos momentos, solicita en 1767 la creación de un cuerpo especializado en Puentes, Caminos y Canales, al que se asignarían 24 ingenieros (de los 150 del Cuerpo, cuya plantilla también pide que se aumente) que ya trabajaban en esos cometidos. La especificidad de las tareas, normalmente muy alejadas de las de fortificación, así como la presión de los arquitectos titulados por la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, son las causas de la solicitud, aunque la propuesta no es atendida. A pesar de la oposición de su hijo Pedro Martín Cermeño, comandante interino, el Cuerpo se reorganiza en 1774 (R. D. de 12 de septiembre), estructurándose según el *Nuevo Pie* en tres ramos, mandados por sendos directores y comandantes, y desapareciendo el cargo de ingeniero general: 1) «Plazas y Fortificaciones del Reino», bajo la responsabilidad de Silvestre Abarca, con 101 miembros; 2) «Academias Militares de Barcelona, Orán y Ceuta y demás que se ofrezcan», con 14 profesores y Pedro de Lucuce como responsable; y 3) «Caminos, Puentes, Edificios de Arquitectura Civil y Canales de Riego y Navegación», con 29 ingenieros mandados por Francisco Sabatini, teniente de artillería en Nápoles, traído en 1760 por Carlos III y que ingresó directamente en el Real Cuerpo de Ingenieros Militares, siendo nombrado académico de honor y mérito por la Real de San Fernando en el mismo año.

Sabatini organiza un procedimiento de formación específica para "sus" ingenieros, especializado en arquitectura civil. Defiende el binomio «ciencia y dibujo»[37],

---

36 CAPEL, SÁNCHEZ y MONCADA, 1988, pp. 274-276.

37 Sin olvidar la importancia de los modelos o maquetas como medio de representación, aunque no de especificación. Sobre Sabatini ingeniero puede consultarse el interesante trabajo de A. CÁMARA MUÑOZ, 1993, pp. 437-460.

4.3. Tres ingenieros generales de muy diferente trayectoria: *1) Jorge Próspero de Verboom (1665-1744), fundador del Cuerpo y recompensado por sus servicios con el Marquesado de Verboom (1727), representa la continuidad con la tradición de la ingeniería militar española, formado en la Real Escuela de Matemáticas de Bruselas, fue ayudante de su director Sebastián Fernández de Medrano (Museo del Ejército); 2) Francesco Sabatini (1721-1797), incorporado por Carlos III al cuerpo en 1760, es el último representante de la tradición de la ingeniería dieciochesca, con amplias funciones tanto militares como civiles; 3) José de Urrutia de las Casas (1728-1803), impulsor de las amplias reformas de 1802-1803, organiza el Regimiento Real de Zapadores y Minadores, germen del Arma de Ingenieros, y crea la Academia de Ingenieros de Alcalá de Henares (retrato de Francisco de Goya, h. 1798; Museo del Prado, cat. 736).*

dejando constancia de que no es suficiente para definir un buen ingeniero, pues éste, además, ha de tener «afición al diseño», es decir, inventiva, ingenio, creatividad. La existencia de un ramo con tan explícita denominación podía provocar problemas con los arquitectos de la Academia fernandina. Por ello, el decreto de 1774 explicita la voluntad Real de que para las obras públicas civiles puedan emplearse tanto arquitectos de la Academia de San Fernando como ingenieros militares.

La experiencia de creación de los tres ramos no fue juzgada positiva, por lo que en diciembre de 1791 se vuelve al mando único. Sabatini ejercerá la dirección del Cuerpo hasta su muerte en 1797, en que sus papeles son repartidos entre el capitán general José de Urrutia, nombrado ingeniero general, y Juan de Villanueva, arquitecto mayor y director de las obras del Palacio Real, ex-director de la Real Academia de San Fernando (1792-95). Alicia Cámara ve en esta «división de los papeles [...] el fin de una época en la que la profesión arquitectónica seguía siendo deudora de la clasificación vitruviana, y el inicio de otra marcada por una especialización profesional teñida a veces de polémica entre arquitectos e ingenieros»[38]. Sin restar valor simbóli-

[38] A. CÁMARA MUÑOZ, 1993, p. 444.

co al reparto de papeles, está claro que el proceso de diferenciación se inicia bastante antes, existiendo incluso diversas reales órdenes al respecto, como se comentará[39]. Por otro lado, Juan de Villanueva es también arquitecto vitrubiano, habiendo actuado en diversas obras de caminos y canales[40]. Como José Manuel Prieto recoge, «pasa por ser el último gran facultativo en hacer coincidir las cualidades de *célebre arquitecto* con las de *distinguido ingeniero*»[41]. Teniendo en cuenta que año y medio después, el 12 de junio de 1799, se creaba la Inspección de Caminos y Canales, la división de los papeles de Sabatini cobra dimensión emblemática como la neta separación de los ingenieros militares de las obras públicas civiles, lo que quedará sancionado con las ordenanzas del Cuerpo de 1803, obra de Urrutia.

Las tres últimas décadas del XVIII son de cambios en la institucionalización de la ingeniería española. El mencionado texto de Miguel Sánchez Taramas basa parte de sus numerosas e interesantes «adiciones» en obras civiles y militares llevadas a cabo en España desde los tiempos de la imperial Roma, y en particular por el Cuerpo, entre ellas el puente de Molins de Rey o el arsenal de Cartagena; es decir, la amplitud de la ambición competencial de los ingenieros militares en las obras públicas civiles o las construcciones hidráulicas militares están claramente vigentes aún en 1769. Pero en 1770, con la fundación del Cuerpo de Ingenieros de Marina, se consolida una progresiva pérdida de responsabilidades en las importantes obras hidráulicas y fabriles relativas a la Armada (puertos, dársenas, arsenales), como se detallará más adelante. Entre tanto, el conde de Floridablanca, académico de honor de la Real de Bellas Artes de San Fernando (1773) y su protector, primer secretario de Estado desde 1777, impulsa en 1786 (22-III) la Comisión de Arquitectura de la Academia fernandina. Pensada como agente de control político-estético en lo que a edificación y construcción civil se refiere, favorece la inserción profesional de los arquitectos en las obras de la Corona, lo que a veces conlleva el desplazamiento de ingenieros militares[42]. Unos años más

---

[39] Al reflexionar sobre Sabatini, Pedro Vanvitelli o José de Hermosilla, A. CÁMARA (*op. cit.*, p. 445) afirma que «obras que hoy adscribiríamos al campo del arte se consideraban mérito para que los ingenieros ascendieran en la carrera militar». En la página siguiente apostilla: «La estrecha relación que se estableció en algún caso entre la carrera militar de los ingenieros y su excelencia en las artes y la arquitectura civil, desmiente forzadas clasificaciones profesionales *a posteriori*, tal como puede confirmar el caso de Hermosilla». En realidad, siendo el cuerpo facultativo militar, los ascensos a que se refiere se pueden leer desde la óptica puramente facultativa.

[40] C. ORDUÑA, 1924, pp. 13-14. SANTOS MADRAZO, 1984, p. 202.

[41] J. M. PRIETO GONZÁLEZ, 2004, p. 290. Que el vitrubianismo estaba vivo en el entorno de la Academia fernandina también lo prueba, por ejemplo, la cuidada y anotada edición de J. ORTIZ y SANZ: *Los Diez libros de Architectura de M. V. Polión,* Imprenta Real, Madrid, 1787 (ed. facsímil, con prólogo de Delfín RODRÍGUEZ RUIZ, Akal, Madrid, 1992).

[42] La "soberbia" de la Comisión de Arquitectura le llevó a rechazar muy diversos proyectos de ingenieros militares en ultramar, a pesar de su ignorancia de los condicionantes socio-económicos en esos tan alejados territorios, de desconocer profundamente tanto los profesionales con los que se

tarde, en noviembre de 1792, con motivo de la reforma de los planes de estudios de arquitectura en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, el consiliario Pedro de Silva propone que el arquitecto intervenga no sólo en toda clase de obras públicas sino también en las privadas (significativas), desde palacios, a hospitales, pasando por cárceles, o teatros, por un lado, y sin distinguir, también en caminos, puentes, canales, diques, muelles, arsenales... Para ello propone su especialización en tres tipos: hidráulicos, civiles y militares.

Paralelamente, a partir de 1784, desde París, Agustín de Betancourt (que llegará a contar con el decidido apoyo del conde de Fernán Núñez, embajador español desde 1787), impulsa la creación de un cuerpo de ingenieros hidráulicos civiles. No juzgado necesario por Floridablanca en esos momentos, la iniciativa terminará culminando con la creación de la Inspección de Caminos y Canales en 1799, lo que limita al Cuerpo de Ingenieros de los Ejércitos y Plazas a sus funciones técnico-castrenses. Poco antes, la creación del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado (1796) les supuso a los ingenieros militares la pérdida de competencias para la realización de tareas cartográficas mayores (Carta Geométrica del Reino y dominios de Ultramar). En su conjunto es un claro ejemplo de segmentación y especialización institucional, al que las dificultades de la Hacienda, errores como la asignación de carácter militar (el Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos es disuelto por R. O. de 31-VIII-1804) y las guerras impedirán florecer adecuadamente. La invasión napoleónica y la posterior subida al poder de Fernando VII actuarán como auténtico golpe de gracia al complejo proceso innovador.

En el marco de una comprensible "inquietud", la Ordenanza de 1803 redefinirá las competencias del Cuerpo de Ingenieros Militares, ahora en un ámbito estrictamente castrense. Impulsado por José de Urrutia, el cambio deriva del mencionado proceso de diversificación y del giro operado en las estrategias militares, donde se observa la sustitución de las confrontaciones de asedio por las de campaña, cosa que se hace patente en la guerra de la Convención o de los Pirineos (1793-95). La Ordenanza de 1803 acerca la Academia del Cuerpo a la Corte, a Alcalá de Henares; queda sentenciado el cierre definitivo de la barcelonesa y se redefinen los planes de estudio. Por otro lado, con base también en Alcalá se organiza el Regimiento Real de Zapadores y Minadores (creado por R. D. de 5-IX-1802), germen del Arma de Ingenieros, que así pasa de ser un cuerpo militar facultativo a un instituto combatiente en el Ejército.

---

podía contar para las construcciones como las características de terreno, detalles sobre su emplazamiento y entorno, o los materiales existentes. En estos rechazos se puede observar uno de los roces más importantes entre los ingenieros, cuerpo técnico de elite y buen conocedor de esos territorios desde el mismo siglo XVI, y los arquitectos de la Academia fernandina. Son los orígenes de lo que en el siglo siguiente estallará como «polémica entre arquitectos e ingenieros». Por otro lado, los ortodoxos "rediseños" académicos podían llegar a resultar inadecuados, como le ocurrió al de Manuel Martín Rodríguez, sobrino de Ventura Rodríguez, para la nueva catedral de La Habana. Pero institucionalmente creían disponer de "la verdad".

Su misión es disponer de tropa especializada para la más eficaz operación en campaña, evitándose de este modo el empleo de tropas de infantería, sin formación técnica específica. Los ingenieros militares pasarán a ser 196 miembros en España, Baleares y presidios de África, habiéndose de notar un significativo cambio en las denominaciones de los grados[43]. A pesar de no estar aún disuelto el Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos, se reafirma sin ambigüedad la función cartográfica, ordenándose a los ingenieros militares que, organizado por provincias, «se forme un atlas de las plazas y fortificaciones, con un mapa topográfico de toda ella en la escala de veinticuatro leguas por pie[44] [...] con una descripción militar, geográfica y política de la provincia» y los planos detallados necesarios.

No es objeto de este capítulo incidir sobre las cuestiones socio-económicas relativas a los ingenieros militares. A modo de apunte, y sin considerar los niveles superiores de la oficialidad, valga indicar que, como el resto del Ejército y la Marina, disfrutan de sueldos menguados, a los que hay que añadir frecuentes atrasos en los pagos, a veces de años. Debido a estas limitaciones pecuniarias, se dictan normas para potenciar el celibato; en 1732, el rey llega a amenazar de «real indignación» a los párrocos si casan a militares sin autorización, y en 1742 se matiza que la prohibición de casamiento ha de cumplirse al menos de coronel para abajo: «No se admitan oficiales casados de coronel abajo, en los regimientos de infantería, caballería y dragones de mis tropas, ni en el cuerpo de ingenieros, estado mayor de artillería»; así, los ingenieros militares no podrían casarse, de media, hasta los cuarenta y siete años[45], limitándose de este modo la formación de dinastías de ingenieros militares. El "Real cinismo", aun manteniendo las restricciones, flexibiliza un tanto la cuestión en 1760 (*Ordenanza de casamientos*), autorizando los matrimonios siempre y cuando la esposa aporte dote suficiente para vivir ella y los hijos.

Por otro lado, la importante movilidad de los ingenieros militares complica la situación, dadas las probables restricciones que puede suponer la familia, a menudo enraizada en alguna región o ciudad, así como los costes del traslado, que no siempre se cubren íntegramente por la Real Hacienda y que, caso de ser reembolsados, lo suelen ser con mucho retraso. Sin embargo, conviene apuntar que los empleos de ingeniero en jefe o de ingeniero director eran notoriamente valorados. El aludido estudio de Galland-Seguela permite una aproximación al estatus socio-económico de los

---

43 Serán ocho directores-subinspectores; doce coroneles; quince tenientes coronel; cuarenta capitanes primero; doce capitanes segundo; cuarenta tenientes, y cincuenta y cuatro subtenientes. Sesenta estarán destinados al Regimiento y el resto para el servicio de los ejércitos, plazas y fronteras.

44 Una legua son 20.000 pies, por lo que la escala será de 1:480.000.

45 Conclusión a la que se llega en CAPEL, SÁNCHEZ y MONCADA, 1988, pp. 296-297. El ascenso a ingeniero en jefe –y más, a coronel– se retrasa, en GALLAND-SEGUELA (2004), hasta los cincuenta años. Sobre los aspectos socio-económicos debe consultarse el capítulo XII de la tantas veces mencionada monografía, así como el interesante trabajo de GALLAND-SEGUELA, 2003 y 2005.

miembros de este cuerpo "de elite" a través de sus ingresos, sus inventarios de bienes o sus bibliotecas, entre otros factores; se llegan a detectar grandes disparidades, desde ingenieros fallecidos en "digna indigencia" hasta los que, enriquecidos, llegaron a codearse con la alta nobleza. Prueba del prestigio ganado con su eficacia técnica, «a fines del siglo XVIII y comienzos del XIX, buena parte de los cargos de la corona en América habían sido ocupados o lo eran en ese entonces por ingenieros militares»[46].

II

Dos inevitables especializaciones: Artilleros y Arquitectos

A comienzos del siglo XVIII, artilleros e ingenieros militares, por un lado, arquitectos e ingenieros militares, por otro, son profesionales cuyas competencias a menudo se solapan, lo que refleja una insuficiente diferenciación. Durante el siglo ilustrado ingeniería y artillería quedarán deslindadas, al tiempo que en arquitectura civil se crearán programas de estudio y exámenes conducentes a la obtención de títulos a los que se asocian competencias profesionales, algo infrecuente en el siglo XVI pero existente, por ejemplo, en el mundo de los pilotos de la Carrera de Indias o, incluso con anterioridad, en el de la medicina. Gracias al período de paz que se disfruta bajo el reinado de Fernando VI, esta diferenciación comenzará a cristalizar a finales de la década de los cuarenta y comienzos de la siguiente, en momentos en que, bajo el impulso de Ensenada, se progresa en la mejora de la enseñanza científico-técnica en diversos campos, en la Armada[47] y la arquitectura entre otros. Como contrapunto, corresponde también a estos años la desconsideración del proyecto de Jorge Juan de erigir una Academia de Ciencias en la Villa y Corte según el modelo de la parisina[48]. La crisis de la Hacienda Real a finales de los cincuenta abortará en parte este impulso.

II.1. El Real Cuerpo de Artillería

Artillería e ingeniería militar son actividades con raíces medievales que se desarrollan en íntima simbiosis. La aparición de la artillería hace que los "inexpugnables" castillos medievales, gran parte de cuya defensa radica en la altura de sus murallas y torres, pasen a ser ineficaces, puesto que, batiendo sus bases, terminan por sufrir

---

[46] R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, 1993, p. 84.

[47] Por ejemplo, en 1748 las *Ordenanzas de S. M. para la Real Armada* abrirán el camino a una importante reforma de las enseñanzas en la Academia de Guardias Marinas de Cádiz, cuya compañía pasará a dirigir Jorge Juan. Louis Godin, su amigo y académico de Ciencias de París, será nombrado director de la Academia gaditana. Poco más tarde, en 1753, Jorge Juan impulsa el Observatorio de la Armada en Cádiz. Finalmente, el alicantino se ausentará, debido sobre todo a sus compromisos en la dirección del programa de construcción naval auspiciado por Ensenada (vid. M. SELLÉS GARCÍA: «Navegación e Hidrografía», capítulo 11 en este mismo volumen.

[48] J. M.ª TORROJA, 1973.

espectaculares derrumbamientos. Ello hizo concebir nuevas fortificaciones a base de bastiones, cortinas, fosos ataludados y otros elementos, desde los que fueron viendo la luz nuevas estrategias de empleo de la artillería de plaza. Mejorando alcances, cadencias de tiro o transportabilidad de las piezas, la artillería modificó a su vez las estrategias y formas arquitectónicas[49], en un conjunto parcialmente cerrado de relaciones causa-efecto. Por ello, muchos artilleros fueron ingenieros fortificadores –incluso arquitectos, en un sentido más amplio–, y viceversa. De hecho, en sus comienzos los ingenieros fueron considerados «gente de artillería»[50], asistiendo con frecuencia unos y otros a programas de formación comunes, y cuya especialización profesional quedaba determinada por los destinos.

La artillería española se estructura orgánicamente a comienzos del siglo XVIII[51]. Con anterioridad los trenes artilleros se forman específicamente para campañas, mientras que la defensa de plazas dispone tan sólo de personal contratado bajo las órdenes de mandos facultativos. En el marco de la profunda reestructuración de los ejércitos, Felipe V, mediante el *Reglamento y Ordenanzas para la más acertada y puntual dirección de mi Artillería* (2 de mayo de 1710), la divide en «Oficiales de Artillería» (Estado Mayor); el «Regimiento, intitulado de la Real Artillería», punto de partida de la evolución orgánica del Arma; y compañías provinciales, produciéndose una separación de artilleros e ingenieros[52] que aún tardará medio siglo en consolidarse. En cuanto a las enseñanzas, se ordena que «haya hasta cuatro Escuelas de artillería y Bombas, una en Aragón, otra en Extremadura, otra en Andalucía y la otra en Galicia, en las que se adiestren, experimenten y ejerciten los artilleros a fin de crearlos prácticos y hábiles para el Real Servicio». Por "escuelas" se entendía normalmente centros prácticos de instrucción para la tropa, mientras que el término "academia" hacía referencia a centros de enseñanza teórica para oficiales[53]. Para la preparación previa a las academias se instituye en 1722 la clase de los «cadetes de regimiento», que se forman

[49] Sobre la artillería y la fortificación abaluartada en el Renacimiento véanse, por ejemplo, los capítulos de P. MORA PIRIS y F. COBOS GUERRA, en M. SILVA SUÁREZ (dir.), 2004, pp. 381-400 y 401-438, respectivamente.

[50] Hasta 1710, los «ingenieros del rey» dependieron de la máxima autoridad de la artillería, el capitán general. La independencia relativa adquirida, su hacer como principal corporación técnica de la Corona y su responsabilidad en la gobernación de la Academia de Matemáticas de Barcelona (que no es del Cuerpo, pero que controla) harán que la valoración social y la capacidad de influencia de los ingenieros militares superen a las de los propios artilleros, lo que planteará problemas en la relación de los dos Cuerpos facultativos.

[51] En A. VALDÉS SÁNCHEZ (coord.), 1994, se presenta una amplia visión de conjunto sobre su evolución.

[52] Como se mencionó al comienzo de la sección I, en enero del mismo año, se nombra a J. P. Verboom ingeniero general.

[53] José VIGÓN: *Historia de la Artillería Española,* Imprenta del Ejército, Madrid, 1947, p. 298.

en las unidades operativas bajo el control de un capitán, «maestro de cadetes». Dados los numerosos conflictos bélicos de la época, los jóvenes veían con frecuencia alterados sus estudios al ser enviadas sus unidades a los frentes de batalla.

La similitud "administrativa" con que son tratados los cuerpos facultativo-militares de Artillería e Ingenieros se puede observar en el cuadro 4.2, con efectivos y empleos comparables. Se puede comprobar la existencia de sendos grados de delineador-subteniente, según la R. O. de Artillería de 1741 (art. 4) para «formar los diseños y mapas que convenga a nuestro servicio».

Graduación en Artillería	Ordenanza Artill. 1741	Graduación en Ingenieros	Relación Ing. 1740
Capitán general/ Oficial general	1	**Ingeniero general/** Oficial general	1
Teniente provincial/ Coronel	10	**Ingeniero director/** Brigadier-Coronel	10
Comisario provincial/ Teniente coronel	16	**Ingeniero en jefe/** Coronel-Tt. Coronel	16
---	---	**Ingeniero en segunda/** Tt. coronel-Capitán	20
Comisario ordinario/ Capitán	40	**Ingeniero ordinario/** Capitán-Teniente	30
Comisario extraordinario/ Teniente	50	**Ingeniero extraordinario/** Teniente-Subteniente	40
Comisario delineador/ Subteniente	20	**Ingeniero delineador/** Subteniente	24

Cuadro 4.2. Correspondencias entre los Reales Cuerpos de Artillería (según las *Ordenanzas* de 1741) **e Ingenieros** (según la *Relación de Ingenieros* del duque de Montemar, 1740): graduación facultativa, su correspondencia en Infantería, y efectivos.

Entre tanto hay un proceso que, con altibajos, va marcando irreversiblemente el aludido proceso de bifurcación. Para lo que aquí concierne, baste reflejar que los artilleros aprecian apropiamiento de la Academia de Matemáticas de Barcelona por parte de los ingenieros, ya que, aun siendo Academia de todo el Ejército, es regentada en exclusiva por los ingenieros militares. Por ello, intentarán crear un sistema de enseñanza propio. Tras diversas vicisitudes (entre las que cabe reseñar la oposición de los ingenieros a la creación de academias por parte de los artilleros, ya que afirman que

***4.4. «Estado Mayor de Artillería», h. 1780**, formado por oficiales que dirigían técnicamente el tiro (Colección Anne Brown, Brown Library, Rhode Island, EE. UU.; fuente: VALDÉS SÁNCHEZ, ed., 1994, p. 107).*

sólo les es necesario disponer de escuelas prácticas), en 1751[54] se crean las «Escuelas Formales de Teórica, con el título de Artillería» de Barcelona[55] y Cádiz, a las que van anejas escuelas prácticas en las compañías provinciales respectivas. Obsérvese que se denominan «escuelas formales», no academias. Organizadas en cuatro cursos, tendrán un plan de estudios análogo al de la Academia barcelonesa, aunque con énfasis en cuestiones de balística, municiones (balas, bombas, pólvoras), transporte de piezas en campaña, metalurgia y fundición de cañones. A los más aventajados e interesados en el servicio en la Marina se les enseñará también «el tratado de la esfera y geografía; la formación y uso de las cartas hidrográficas y cómo se resuelven por ellas los problemas náuticos»[56]. Un director, dos ayudantes de matemáticas y otro de dibujo

[54] *Ordenanza e instrucción que se ha de observar en las Escuelas de matemáticas que ha mandado el Rey erigir en las Plazas de Barcelona y Cádiz baxo la dirección del Cuerpo General de ella,* Impr. Antonio Marín, Madrid, 1751.

[55] Sobre sus vicisitudes y plan de estudios, véase Antonio de LIZAUR y UTRILLA: «La "otra" academia de Matemáticas de Barcelona», en J. M. MUÑOZ CORBALÁN (coord.), 2004, pp. 141-151. Se cerrará por R. O. de 12-V-1760.

[56] En realidad, el tratado VI del *Curso Matemático* de Lucuce, *De La Cosmografía*, presta una atención significativa a la hidrografía y a la náutica, algo que en la tradición de las enseñanzas a los miem-

(que ha de explicar «el modo de levantar los planos y cartas geográficas, cortar los perfiles; el lavarlos con aseo, limpieza y propiedad de colores») configurarán las plantillas.

En 1756 Fernando VI suprime el empleo de capitán general de Artillería (vacante desde 1713), integrando artilleros e ingenieros en un único Real Cuerpo de Artillería e Ingenieros. Como director general del mismo, Aranda observa importantes problemas docentes[57], organizativos y logísticos en la Artillería: «Donde hay muchas cureñas no hay cañones; donde uno y otro están medianamente provistos, faltan

4.5. Cadete del Real Colegio de Artillería de Segovia y Casa de la Química. *Lleva cordones en el hombro izquierdo, antaño distintivo de los cadetes de regimiento, ahora premio estudiantil, y en el cuello la característica "granada llameante" que en 1802 será emblema de toda la Artillería, pero que desde 1769 lo es del Real Colegio segoviano (dibujo de A. Manzano, 1990; reproducido de GÓMEZ RUIZ y ALONSO JUANOLA, vol. II, 1992). La Casa de la Química se comenzó a construir en 1786; desde el Laboratorio de Chîmia, Luis Proust defendió la* ley de proporciones definidas, *y enseñó de 1792 a 1799, en que fue trasladado a Madrid (dibujo a plumilla adaptado de PIELTAIN DE LA PEÑA, 1964).*

bros del Ejército está presente en la Academia de Bruselas (también en la Academia Matemática de la Corte, en tiempos de Felipe II, auque esta institución no sea propiamente militar).

[57] De los que se ha dado cuenta en la sección anterior, creando la Real Sociedad Matemática Militar de Madrid en 1756.

balas; donde éstas sobran no hay piezas [...]», así como sobre las calidades de los cañones y municiones, llegando a llamar a los fundidores «prácticos materiales de liquidar el metal, sin el conocimiento preciso ni de purificación, ni de liquidación, ni de mezclas». Para esta última cuestión contrata a fundidores "expertos" e interviene técnicamente la fundición de bronce hispalense. Queriendo hacer algo análogo con las de hierro colado de La Cavada y Liérganes, la desautorización del secretario de Guerra, Eslava, le aboca a la ya mencionada dimisión en 1758. Por consiguiente, los problemas en la artillería siguen siendo muchos y de calado. Así lo percibe el nuevo monarca Carlos III, quien al poco de llegar le confiesa a su fiel Bernardo Tanucci que «la artillería está con un grandísimo desorden en todas partes [...]. He de ver de dar sistema a la Artillería, pues está sin pies ni cabeza»[58].

Por indicación de Tanucci, manda venir de Nápoles al conde de Gazola[59], quien se convertirá en el auténtico fundador de la moderna artillería española. En enero de 1762 se promulga el *Reglamento de Nuevo Pie en que S. M. manda que se establezca el Real Cuerpo de Artillería*. El Estado Mayor, el Regimiento Real y las compañías provinciales se integran en un Real Cuerpo, ahora estructurado en cinco departamentos, uno con sede en Segovia[60]. Artilleros e ingenieros quedan definitivamente separados desde un punto de vista orgánico. Para formar a la nueva oficialidad artillera se crea la Compañía de Caballeros Cadetes, que seguirá, en régimen de internado, un moderno plan de formación en un nuevo Real Colegio de Artillería. Con sede en el Real Alcázar de Segovia, abre sus puertas el 16-V-1764, convirtiéndose en centro paradigmático de formación científico-técnica[61] en la época, junto con las academias de Guardias Marinas y la de Matemáticas de Barcelona, que pasa a ser casi exclusivamente de ingeniería.

---

58 Correspondencia personal, AGS, Reino de las Dos Sicilias, 1761; tomado de M.ª D. HERRERO FERNÁNDEZ-QUESADA, 1990, p. 80, quien lo reproduce de F. LANUZA CANO: «Para la Historia del Colegio de Artillería», *Estudios Segovianos*, tomo XVIII, Segovia, 1966.

59 Félix Gazola (Piacenza, 1698-Madrid, 1780) sirve en el Ejército de Carlos de Borbón contra los austriacos en Nápoles como comandante general de Artillería. Llamado a Madrid, fue nombrado teniente general de los Reales Ejércitos el 2 de agosto del mismo 1761, y después inspector general de Artillería, junto con Maximiliano de La Croix. Su nombramiento como inspector general y jefe superior de la Artillería (21-IX-1763) confirma la definitiva separación de los cuerpos de Artillería e Ingenieros.

60 Cabe mencionar que por R. O. de 2 de marzo de 1763 «el Rey ha venido en conceder la denominación de Real Cuerpo de Artillería de Marina al que con el nombre de Brigadas de Artillería hay en la Armada». Es decir, en paralelo hay otra artillería de la que no podemos ocuparnos aquí.

61 P. A. PÉREZ RUIZ, 1960; R. PIELTAIN, 1964; E. HIDALGO: «La etapa fundacional de la Academia de Artillería de Segovia, 1764-1779», en J. FERNÁNDEZ PÉREZ e I. GONZÁLEZ TASCÓN, 1989, pp. 13-29; M.ª D. HERRERO FERNÁNDEZ-QUESADA, 1990 y 1992. Sobre el Laboratorio de Chîmia y Metalúrgica: L. PROUST: *Discurso...*, 1792; L. PROUST: *Anales...*, 1791 y 1795; VV. AA., 1992; R. GAGO BOHÓRQUEZ, 1988; y E. HIDALGO, 2002, especialmente pp. 433-447.

Sabiendo Gazola de los problemas entre «la pluma y la espada», dispone para el Colegio de un Consejo, similar al del Real Colegio Militar de París. En suma, el director sólo ha de dar cuenta de su proceder ante el rey, aunque por medio del ministro de la Guerra, lo que le proporciona una total autonomía frente al mando castrense. Inicialmente son sesenta los cadetes, número que se elevará al centenar por R. O. de 24-X-1781. Álgebra, cálculo, geometría, mecánica, hidráulica, hidrostática, artillería y fortificación forman el núcleo de las disciplinas de un cadete. En la política de reclutamiento, «cualquiera que se recibiere por Caballero Cadete ha de ser Hijodalgo notorio, según las Leyes de mis Reynos», prefiriéndose a los vástagos de oficiales del Cuerpo[62]. Los profesores habrán de ser solteros. La biblioteca del nuevo centro integrará volúmenes procedentes de las escuelas de Artillería de Barcelona (cerrada por R. O. de 12-V-1760) y Cádiz (que desaparece por R. O. de 23-IV-1764), definiéndose una activa política de adquisición de fondos que en 1784 eleva el total a 682 obras (2.594 volúmenes). El director y algunos profesores del Colegio disfrutaron de licencia del inquisidor general, de 30-VII-1773, «para que pudiesen tener y leer libros prohibidos que precisamente juzguen necesarios para la mayor ilustración, enseñanza y desempeño de sus cargos». Que el prestigio del Colegio es importante y atrae a los hijos de la nobleza se puede deducir de la determinación real para que «no se reciban en el Real Colegio Militar de Segovia por alumnos los Primogénitos de las Familias»[63], que buscando una excelente formación, abandonan rápidamente el Cuerpo para dedicarse a sus asuntos familiares.

El primer profesor y jefe de estudios de la nueva academia militar es un jesuita, el matemático Antonio Eximeno (1729-1808). En su lección inaugural aboga por la necesidad del conocimiento científico dentro del ámbito técnico-militar[64], afirmando:

> «El arte de la guerra debe sus progresos a las demostraciones de las matemáticas, a las observaciones de los físicos y a las luces de los filósofos [...]; razonar por principios es el método menos expuesto a error».

En términos generales, se encuentra en línea con lo "predicado" por otros "padres artilleros" como Tomás Vicente Tosca (1651-1723), sacerdote de la congre-

---

62 Obsérvese que la Compañía se denomina de «Caballeros Cadetes». Además es indicativo que por R. O. de 12-IX-1769 «se imponga el mayor rigor a los Cavs. Cads. a fin de que se traten entre sí, con la mayor atención sin permitirles por título alguno que se tuteen».

63 Carta de Gazola al Colegio, de 17-IV-1776 (P. A. PÉREZ RUIZ, 1960).

64 *Sobre la necesidad de la teoría para desempeñar en la práctica el servicio de S. M.*, oración inaugural ofrecida el 16 de mayo de 1764. La elección de Eximeno por Gazola se debe a la decidida recomendación de Sabatini (A. MARTÍNEZ: «Proyecto para reconvertir el Alcázar de Segovia en Academia de Artillería», en D. RODRÍGUEZ (coord.): *Francisco Sabatini, 1721-1797*, Electa, Madrid, 1993, p. 500). La celeridad con que se lleva a cabo el proceso de creación y puesta en marcha se debe al decidido apoyo de Carlos III, y al del siciliano Marqués de Esquilache, con quien Sabatini y Gazola forman parte de una red de italianos muy influyente, a la que habría que añadir, con matices, al genovés marqués de Grimaldi.

gación de San Felipe Neri, o por el también jesuita Tomás Cerdá (1715-1791), maestro de la mayoría de los fundadores de la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, que dedicará al conde de Gazola sus *Lecciones de Artillería* (1764). Recordando elementos de la definición de "ingeniero" por A. Furetière, «matemático hábil, experto y atrevido» (*Dictionnaire Universel,* 1727), Eximeno traza bastante hiperbólicamente al oficial artillero diciendo que debe salir graduado como «un gran matemático, un grande histórico, un gran político, un gran filósofo, un héroe».

La expulsión de los jesuitas en 1767 hace que el Real Colegio pase por dificultades, que se agrandan por las frecuentes ausencias de Gazola, hasta que en 1771 se designa segundo profesor a Cipriano Vimercati. Probablemente de ascendencia lombarda, en diciembre de 1776 será nombrado teniente de navío, pasando a director de la recién creada Academia de Guardias Marinas de El Ferrol[65]. Entre tanto, a pesar de ciertas resistencias por su extranjería, y debido al apoyo de Gazola, el abate parmesano Pedro Giannini es nombrado primer profesor de matemáticas, constando como tal en abril de 1776.

Docentemente se sigue empleando el arcaico método del dictado hasta finales de los setenta. Se publica entonces el *Curso matemático para la enseñanza de los caballeros cadetes del Real Cuerpo de Artillería* (Madrid, 1779-82), de Giannini, y sobresale después el del sevillano Tomás de Morla, exalumno de la primera promoción, director del Laboratorio de Mixtos y Fuegos Artificiales[66] (desde 1781) y autor del célebre *Tratado de Artillería para uso de los Caballeros Cadetes del Real Cuerpo Militar de Artillería, Dividido en Quatro Tomos, que tratan de las principales funciones de los oficiales de este Cuerpo en Paz y en Guerra* (1784)[67], obra pionera en España que pretende fundamentar las técnicas de la nueva industria artillera[68]. Los exámenes eran orales, alumno y tribunal en uniforme de gala, con un severo protocolo y con cadetes en formación[69].

Prueba de la ambición científica del Real Colegio es la pretensión de crear, bajo la iniciativa del conde de Lacy, sucesor del conde de Gazola en la Inspección General

---

65 En 1789 Cipriano Vimercati sustituirá a Vicente Tofiño en Cádiz al frente de las tres Academias de la Marina, participando activamente en el Curso de Estudios Mayores para oficiales de la Armada.

66 Hoy diríamos de explosivos.

67 Dos décadas después se publicó como complemento del texto un magnífico libro de ilustraciones con 62 planchas, preparadas por cuatro grabadores: T. MORLA PACHECO, *Libro de Láminas del Tratado de Artillería*, Imprenta Real, Madrid, 1803. Autor de muy diversas obras, entre las técnicas también cabe reseñar su *Arte de fabricar la pólvora*, 1800.

68 M.ª D. HERRERO FERNÁNDEZ-QUESADA, 1990, p. 30; esta autora, especialista en su figura, lo define como «verdadero ingeniero industrial, y artillero científico e ilustrado».

69 Como curiosidad, en la primera *Ordenanza de S. M. para el Real Colegio Militar de Caballeros Cadetes de Segovia* (23-VIII-1768), se introducen las "bombas" como distintivo de los cadetes. Mediante R. O. de 1-IV-1804 pasarán a ser distintivo del Cuerpo.

***4.6. Artilleros y profesores del Real Colegio segoviano**: 1) El conde Félix Gazola (1698-1780), colaborador de Carlos III en Nápoles, fundador y primer director del Real Colegio, su llamada para reorganizar la artillería española en 1761 confirma la definitiva separación de los cuerpos de Artillería e Ingenieros (Museo del Ejército, Madrid, inv. 5708); 2) Tomás de Morla y Pacheco (1747-1811), artillero de la primera promoción del Colegio, director de su Laboratorio de Mixtos y Fuegos Artificiales (1781), escribió tratados sobre diversas materias, llegando a teniente general del Ejército (Academia de Artillería, Segovia, inv. 4986); 3) Antonio de Eximeno y Pujades (1729-1809), jesuita, jefe de estudios y primer profesor de matemáticas del colegio; y 4) Luis Proust (1754-1826), investigador y profesor de química, uno de los fundadores del análisis químico moderno (recuperado a partir del grabado coloreado de la Colección de V. Carderera, Biblioteca Nacional, Madrid).*

de Artillería, una «Escuela de Chímica y Metalurgia», materias importantes para desempeñar eficazmente la dirección de las fábricas de material y munición. Desde las estatalizaciones de las fundiciones inducidas por Gazola, es responsabilidad que recae sobre el Real Cuerpo de Artillería[70], que desde mediados de siglo se muestra muy interesado en controlar la industria siderúrgica. En cierto sentido, los artilleros son "ingenieros industriales militares", tanto por el uso de "ingenios" o "artefactos" como por su implicación en el diseño y producción industrial, lo que llega a abarcar hasta manufacturas de armas blancas[71].

Con este motivo se crea en 1784 el Laboratorio de Chîmia del Real Cuerpo de Artillería, contratando el conde Aranda, por entonces embajador en París, y por recomendación de Lavoisier, a Luis Proust como profesor vitalicio, que así retorna a España a principios de 1786[72]. El químico francés se ocupará de las «aplicaciones de la Química a las artes, a las fundiciones de cañones, y a la metalurgia y mineralogía de España»[73]. Sus clases, destinadas esencialmente a subtenientes de Artillería (cadetes graduados) pero a las que asistieron civiles, no comenzarán hasta 1792[74]. Partiendo

---

[70] Un breve relato puede verse en J. HELGUERA QUIJADA: «Las industrias artilleras en la época de Proust», en VV. AA., 1992, pp. 97-136. De este modo, "fábricas" es uno de los ramos explicitados en la *Ordenanza dividida en catorce reglamentos que S. M. manda observar en el Real Cuerpo de Artillería para sus diferentes ramos de Tropas, Cuenta y razón y Fábricas*, Impr. Real, Madrid, 1802. La operación más importante de contratación de técnico extranjero fue impulsada por Gazola, que condujo a una negociación directa entre los secretarios de Estado, marqués de Grimaldi y duque de Choiseul, que acordaron (diciembre de 1765) traer a España a Jean Maritz, director general de las Fábricas de Artillería de Francia, hijo del inventor del sistema de fundición en sólido. Poco antes, ambos secretarios concertaron la venida a España de Francisco Gautier Audibert, un constructor naval prestigiado en Francia, que será el impulsor del Real Cuerpo de Ingenieros de la Marina (1770).

[71] Como la Real Fábrica de Espadas de Toledo, cuyo nuevo edificio fue diseñado por Sabatini; si bien al principio dependió directamente de la Corona, posteriormente su gestión fue cedida a los artilleros.

[72] Con anterioridad lo había sido de química en el Real Seminario de Vergara, entre noviembre de 1778 y junio de 1780. Véase I. PELLÓN y R. GAGO, 1994, pp. 37-48.

[73] L. PROUST: *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia,* tomo II, 1795, prólogo.

[74] Aunque los resultados de la investigación resultaron muy positivos, la enseñanza de la química fue en realidad un fracaso. En 1794, al terminarse el tercer curso, el entonces capitán J. M. Munárriz afirmaba que el poco adelantamiento de los alumnos se debía atribuir a ellos mismos, no a Proust. La insubordinación de Proust con respecto a los inspectores generales de Artillería que sucedieron al conde de Lacy culminaron en 1798 con la decisión gubernamental de separarlo del servicio en Segovia. Se le destina a dirigir en Madrid el laboratorio de química que había estado al cargo de Chabaneau (R. GAGO, 1990, pp. 20-27). Por R. O. de 18-IV-1799 se disuelve el Laboratorio, y por R. O. de 1-X-1800, el edificio, la «Casa de la Química», pasará a ser sede de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Segovia, en la que tan eficaz fue la colaboración de unos pocos artilleros, en particular los profesores de matemáticas del Real Colegio Vicente Alcalá Galiano, escritor prolífico y polifacético, y Juan Manuel Munárriz, discípulo de Proust. Ambos llegaron a ser presidentes de la Sociedad (J. M. VALLES y J. L. HUERTA: «La Sociedad Económica Segoviana de Amigos del País y la proyección civil del Real Colegio de Artillería de Segovia», en VV. AA., 1992, pp. 57-72).

de que las propiedades mecánicas de los materiales dependen de su composición química, en su discurso programático de inauguración[75] Proust reconoce «los cortos progresos que ha hecho la parte Chîmico-Metalúrgica de la Artillería en toda Europa», para afirmar que los habidos en las fundiciones han sido de carácter mecánico y geométrico, lo que ha llevado a perfeccionar «la figura de las piezas, mas no se mejoró la calidad de ellas [...]. Estas mejoras no necesitaban de un Chîmico Metalúrgico, y sí sólo de un buen Tornero o Machinista»[76]. Tras mencionar algunos problemas cruciales de las fundiciones (formación de cavernas y escarabajos), reclama la existencia de nociones «que son privativas del chîmico experto, y no del maquinista». Halaga a los mandos de la Artillería española, que «conocieron era ya tiempo de iluminar el caos de las fundiciones con la Antorcha de la Chîmia»; y les indica a los alumnos que «la intención del General [el Conde de Lacy] es que transportéis algún día a los Arsenales, a las Fundiciones, y a las Fábricas las luces que S. M. os proporciona hoy en este Laboratorio», que reconoce como uno de los mejores de Europa.

En realidad, el curso de Proust se puede contemplar desde sus inicios como parte de un programa que se denominará de «estudios sublimes»[77], una suerte de postgrado que tendrá importantes concomitancias con el que siguen alumnos destacados de la escuela minera de Almadén; su objetivo es el de formar unos pocos «oficiales científicos», algo análogo a lo perseguido por el mencionado Curso de Estudios Mayores de la Marina (1783). Entre las pocas referencias a los «estudios sublimes», conviene señalar el siguiente refractario apunte, realizado por un artillero un siglo más tarde: «Se ampliaban los estudios y se establecían los sublimes, que creaban dos castas de oficiales y no dieron resultado ninguno práctico»[78]. Necesitadas de importantes mejoras en productos y procesos productivos de interés estratégico, tanto la Marina como la Artillería participaron en programas de renovación industrial con actuaciones de espionaje[79].

---

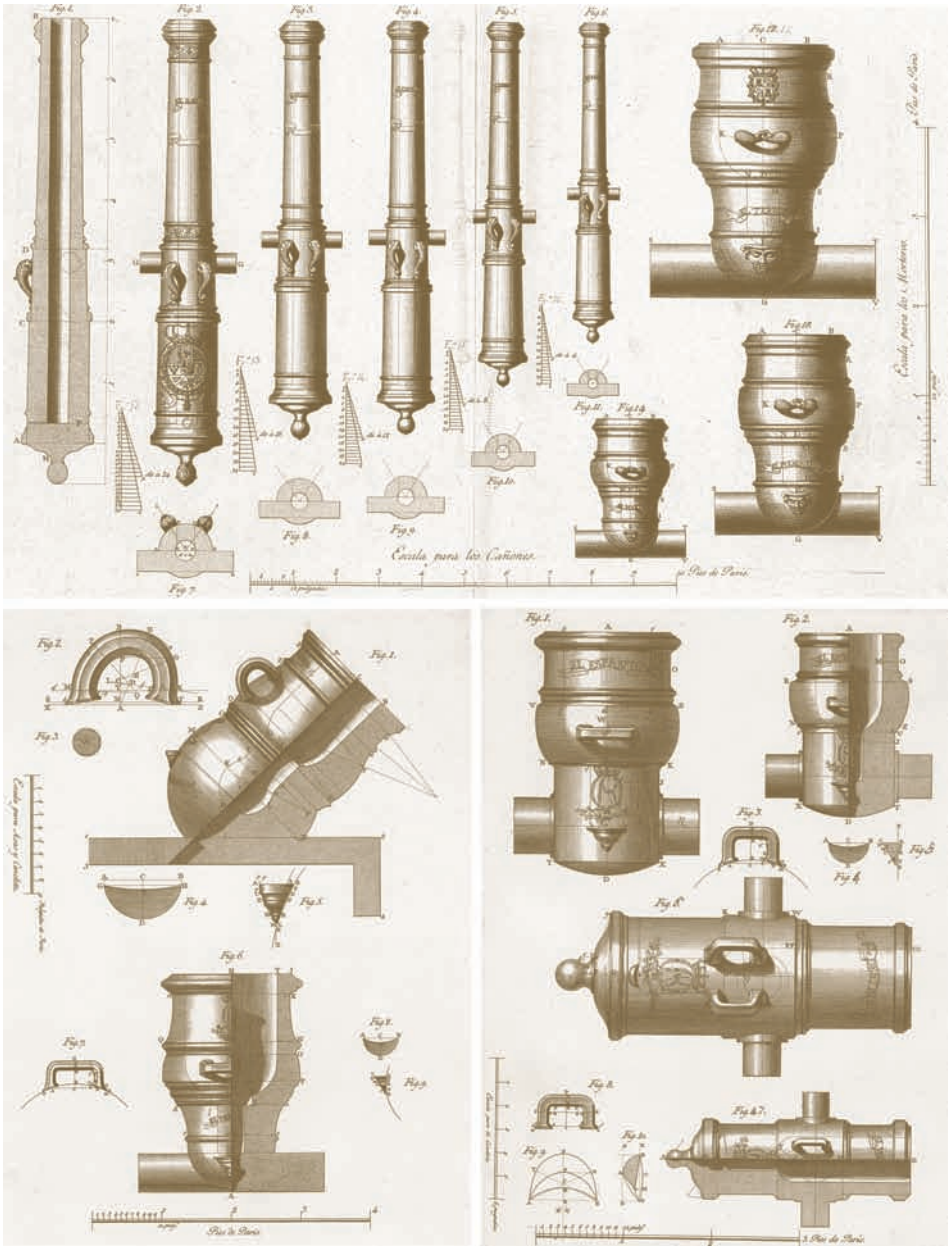
75 L. PROUST, 1992; a continuación se acotan citas textuales de las pp. XLI-XLIV y IL.

76 Está aludiendo, en parte injustamente, a los fundidores en sólido de cañones, en particular a Jean Maritz, que una década antes renovó la producción del material de bronce, especialmente en las maestranzas de Barcelona y Sevilla.

77 El Reglamento de 1804 «dispone que los subtenientes más sobresalientes de cada promoción, sin pasar de cuatro, después de cursar un año de ampliación de matemáticas en el Colegio, pasen a Madrid, en donde otro año asistían a «las escuelas públicas de Química y Metalúrgica, que eran el Laboratorio de Proust, estudios estos, de ampliación de Matemáticas y Química Metalúrgica, que se denominaban *sublimes,* y que es bastante probable estuviesen ya en práctica antes de la publicación del reglamento» (P. A. PÉREZ RUIZ, 1960, p. 333). Por R. O. de 23 de agosto de 1819 se renueva el plan de estudios del Colegio, que pasa de cuatro a cinco años, suprimiéndose ahora los «estudios sublimes».

78 *Memorial de Artillería,* serie IV, tomo IX, 1898, p. 63 (tomado de E. HIDALGO CÁMARA: «La química teórica y sus aplicaciones. Nuevas instituciones y nuevos saberes», en J. L. PESET (dir.): *Ciencia y Técnica en la Corona de Castilla, Siglo XVIII*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002, p. 457).

79 Dos de las más importantes misiones de espionaje industrial en el siglo XVIII están protagonizadas



4.7. Tomás de Morla y Pacheco: **Libro de Láminas del Tratado de Artillería *(Imprenta Real, Madrid, 1803)***. *Son ilustraciones que complementan el* Tratado de Artillería para uso de los Caballeros Cadetes del Real Colegio Militar de Segovia *(1784). Se muestran: 1) Cañones (izq.) y morteros (der.) de mediados del siglo XVIII; 2) Plancha y pedrero; y 3) Morteros cilíndricos y obuses. En las tres láminas se emplea el recurso a dobles escalas, siempre en pies de París (un pie son doce pulgadas).*

Justamente la responsabilidad del Cuerpo de Artillería en temas de química y metalurgia constituye una diferencia significativa con las preocupaciones de los ingenieros militares de la época, más próximos a la edificación-fortificación y la mecánica, en general. No deja de tener razón Proust al afirmar que[80]

> «la escasez de legítimas lecciones de Química es quien ha hecho tantas veces preferir a su estudio el de la Geometría: siendo por esta misma causa más fácil encontrarse cien Profesores de Geometría que uno de Química. Esta nuestra España está rebosando de Geómetras, pero ¿adónde están los Químicos?».

En cualquier caso, antiguos alumnos se fueron incorporando al profesorado del Real Colegio desde los primeros momentos. Entre los subtenientes promovidos a tareas docentes se encuentran Tomás de Morla y Juan Manuel Munárriz, estrecho colaborador de Proust.

Al terminar el siglo XVIII, el Real Cuerpo de Artillería había sentado unas bases sólidas para enfocar la nueva técnica, la que reduciendo el empirismo rutinario integra como recurso privilegiado el conocimiento científico. Tras la guerra contra la Convención, en 1803 entra en vigor una nueva ordenanza por la que Godoy pasa a ser el jefe supremo del Real Cuerpo, que se reorganiza de nuevo en 1806.

Si bien el Siglo de las Luces deja como herencia una neta separación institucional entre artilleros e ingenieros militares, eso no significa que los primeros no sigan desempeñando funciones de "ingeniería industrial militar", sobre todo en ambientes fabriles, arsenales y maestranzas. Dicho de otro modo, los conflictos competenciales no terminan, sino que se extenderán a ingenierías civiles en el XIX. Así ocurrirá con los ingenieros industriales, químicos y mecánicos en su origen[81]. Pero el Ministerio de Guerra llega a otorgar títulos de ingeniero industrial. Valga como apunte mencionar que en fecha tan "próxima" como 1922 (R. D. de 11-X, *Gaceta de Madrid* del 13),

> «se confirma una vez más que los títulos de ingeniero industrial expedidos por el Ministerio de la Guerra tienen para todos los efectos los mismos derechos que los de la misma clase expedidos por otros Ministerios».

Decreto suficientemente revelador de la pervivencia de una polémica con los artilleros, iniciada en la segunda mitad del siglo XIX y con diversas recidivas, de la que no cabe ocuparse aquí.

---

por miembros del Real Cuerpo de Artillería. Véase J. HELGUERA QUIJADA: «La introducción de nuevas técnicas: de la Inmigración Tecnológica al Espionaje Industrial», capítulo 1 del volumen III de esta misma colección.

80 L. PROUST: *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia,* tomo I, 1791, pág. XXVII.

81 Aunque enseñada desde los comienzos, en 1850, la electricidad sólo constituirá nueva especialidad tras la reforma de los planes de estudio de 1907 (vid. José M.ª Alonso VIGUERA: *La Ingeniería Industrial Española en el Siglo XIX*, Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid, 1961).

II.2. Los arquitectos y la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando

La ingeniería tiene raíces renacentistas complementarias en los ámbitos militar y civil. La primera línea termina dando lugar a cuerpos castrenses facultativos, no todos de cuyos miembros, inicialmente, habían sido soldados. La segunda evoluciona en paralelo, a partir de artesanos sobresalientes o de personas con una cierta formación intelectual, donde el conocimiento de las matemáticas (puras y mixtas) y el dibujo juega un papel relevante; es decir, esta evolución se produce bien por segregación desde la práctica gremial o bien a partir de un sustrato teórico. En arquitectura puede considerarse válido un esquema análogo. Baste apuntar que, por un lado, humanistas y, por otro, maestros de obras, canteros e incluso albañiles se irán promocionando a arquitectos. Ingenieros y arquitectos compartirán dominios de actuación, ya que los ingenieros de fortificación renacentistas deben saber arquitectura militar y artillería, al tiempo que algunos arquitectos, como ocurre con Juan de Herrera, son también ingenieros, involucrándose incluso en el diseño y construcción de máquinas (de elevación y transporte de materiales) o de obras de infraestructura.

Mediado el siglo XVIII, lo mismo que los ingenieros militares diseñan hospitales, palacios o catedrales, los arquitectos civiles llegarán a proyectar puertos militares o canales de navegación. Ambos profesionales se diferenciarán de los operarios constructores por su capacidad de diseñar, lo que exige un dominio del dibujo técnico. Será en pleno Siglo de las Luces cuando arquitectura e ingeniería se perfilen con mayor claridad y se institucionalicen por separado. En cualquier caso, persistirán solapamientos frecuentes, germen de innumerables conflictos de competencias, que incluso llegan a nuestros días[82].

A finales del XVIII la intervención privilegiada de los arquitectos comenzará a focalizarse en el ámbito de la edificación civil y eclesiástica; pero de ninguna manera son excepción los arquitectos dedicados a la construcción de arsenales, fortificaciones, puertos o canales navegables, es decir, centrados en la arquitectura militar o en el desarrollo de infraestructuras. Pueden darse tres ejemplos, de otros tantos académicos de mérito por la Academia de San Fernando[83]: Julián Sánchez Bort (1725-1785), Gregorio Sevilla Cabarga (h. 1742-1782) y Diego de Ochoa y de Alba (1742-1805). El

82 Existe una ingente literatura sobre la arquitectura en el XVIII español. Para el propósito aquí marcado valga mencionar: C. BÉDAT, 1989, visión de conjunto sobre la Real Academia desde sus comienzos a la guerra de la Independencia; C. SAMBRICIO, 1986, excelente panorama sobre la evolución del pensamiento arquitectónico, estructurado por generaciones; J. M. PRIETO GONZÁLEZ, 2004, reciente y atractiva síntesis sobre la formación de los arquitectos hasta la creación de la Escuela en 1844; R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, 1993, monografía sobre ingenieros militares y arquitectos, con énfasis en los territorios de ultramar; P. NAVASCUÉS PALACIO, 1975, que aborda la importante cuestión de títulos y competencias; E. GARCÍA MELERO, 1991, sobre la Comisión de Arquitectura, y 1993, sobre los exámenes para las profesiones de arquitecto y maestro de obras.

83 En 1758, 1774 y 1776, respectivamente. Además, el primero y el tercero fueron exalumnos de la misma.

primero se ocupa con Jorge Juan de las fortificaciones y arsenales de El Ferrol (donde llegó a ser director)[84], al tiempo que diseña construcciones importantes del Canal Imperial de Aragón (su acueducto sobre el Jalón, en particular) y participa activamente en la instalación de las primeras máquinas de vapor que se emplean para achicar agua en los diques secos de carenado del arsenal de Cartagena[85]; terminó como director del arsenal de La Carraca. El segundo, hombre de confianza de Ramón de Pignatelli, delinea el Canal Imperial de Aragón y proyecta su Casa de Compuertas en el Bocal de Fontellas (Navarra), donde se toman las aguas del Ebro; además diseña el Hospicio o Real Casa de Misericordia de Zaragoza, que embebe una edificación manufacturera importante. Menos conocido, Diego de Ochoa y de Alba se especializó en la ingeniería de puentes, para los que realizó diseños, construcciones e innumerables reparaciones en toda la geografía peninsular[86]. Tildado a veces de «practicón», el arquitecto turolense José Martín de Aldehuela (1719-1802), en su dimensión de ingeniero, diseñó y construyó el acueducto de San Telmo, que es la dificultosa traída dieciochesca de aguas a Málaga[87], así como muchos puentes, entre los que destaca sobremanera, a pesar de su "pesadez", el de Ronda (1784-1788).

A comienzos del Siglo de las Luces, hasta la creación por Felipe V de la Junta Preparatoria de la Academia de las Tres Nobles Artes (R. O. de 17-VII-1744, que dará lugar a la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando en 1752), los arquitectos siguen formándose bajo esquemas gremiales (por ejemplo, en la madrileña Hermandad de Nuestra Señora de Belén y Huida a Egipto), es decir, a la sombra de un maestro, en "el tajo". El desarrollo de la imprenta les permitió un mayor grado de autodidactismo, merced a multitud de tratados donde las imágenes desempeñan desde el Renacimiento un relevante papel. El dibujo y las matemáticas (geometría y aritmética elementales), junto con el conocimiento de la práctica constructiva, determinan el núcleo de la formación. Las grandes construcciones (catedrales u obras de ingeniería como los canales de navegación) siguen siendo auténticas escuelas profesionales. En esa categoría entra, en el siglo XVI, la construcción del monasterio de El Escorial[88]. Aunque

---

84 A. VIGO TRASANCOS, 2000.

85 Los diques de carenar en seco de Cartagena fueron los primeros del Mediterráneo. Debido a la escasez de las mareas en el Mare Nostrum, el achique de agua era una penosísima tarea en la que se empleaban centenares de forzados. Para resolver el problema se instalaron dos máquinas de vapor de tipo Newcomen, las primeras que funcionaron satisfactoriamente en esta aplicación y también en España (en el dique pequeño en 1773, y en el grande en 1774). Diseñadas por Jorge Juan, realizó sus piezas Diego Rostriaga. Debido a la enfermedad y muerte de Juan, Sánchez Bort dirigió su instalación y puesta en marcha. Con las máquinas se ahorraba el trabajo de varios centenares de hombres.

86 Vicente FERNÁNDEZ VÁZQUEZ: *Diego de Ochoa (1742-1805), Arquitecto y Académico de Mérito de San Fernando*, Excmo. Ayuntamiento de Ponferrada, 2000.

87 Pedro José DAVO DÍAZ: *El Acueducto de San Telmo*, Diputación Provincial de Málaga, 1986.

88 En el ámbito de la expresión gráfica, la escuela escurialense, sobre todo bajo Juan de Herrera, dará luz a un dibujo minimalista, desornamentado, no coloreado, de notable rigor geométrico y métrico,

con diferencias sustanciales que no son del caso analizar aquí, en el siglo XVIII desempeñará análoga función el Palacio Real de Madrid, fábrica impulsada tras el incendio del Alcázar de los Austrias en la Nochebuena de 1734[89]. La Academia se constituirá aneja a la fábrica del Palacio Real, para formar a los alumnos más aventajados.

Aunque la Junta Preparatoria y, posteriormente, la Academia se ocuparán de las Tres Nobles Artes: Pintura, Escultura y Arquitectura, aquí importa la última. Su actividad tiene un doble frente: por un lado, el "imponer" las nuevas corrientes estéticas, un arte basado en la razón y la ciencia, definido como «el buen gusto»[90]; por otro, y para llevar a cabo lo anterior, "educar" en esas corrientes estéticas a los profesionales que han de desarrollarlas, lo que conlleva como corolario una institucionalización de las enseñanzas en forma reglamentada, aunque la experiencia no estará exenta de insuficiencias. En otros términos, para luchar contra el «libertinaje» barroco y atajar sobrecostes innecesarios por lo que se considera «patológico» proceder estético, la Academia pone en marcha una suerte de "cruzada clasicista", frontalmente beligerante con el barroco hispano de tradición seiscentista y el churriguerismo, aunque con soluciones alternativas muy diversamente matizadas. Rasgo definitorio de un siglo que privilegió la introducción de tendencias foráneas frente a la tradición hispana:

> «A partir del siglo XVIII, la arquitectura y la teoría españolas se situaron de forma creciente en la esfera de influencia francesa e italiana. Las originalísimas aportaciones de los siglos XVI y XVII con su irradiación europea cayeron en el olvido»[91].

Como reacción autojustificativa para la elite ilustrada nacional, en 1756-57 el ingeniero militar José de Hermosilla coordinó, por orden del conde de Aranda, el levantamiento de planos y vistas del monasterio de El Escorial. El objetivo: presentarlo como modelo de la «tradición arquitectónica nacional», también clasicista y vitrubiana. Le siguieron trabajos complementarios que buscaban especificidades en obras pertenecientes a otros lenguajes arquitectónicos propios, los de influencia musulmana en particular.

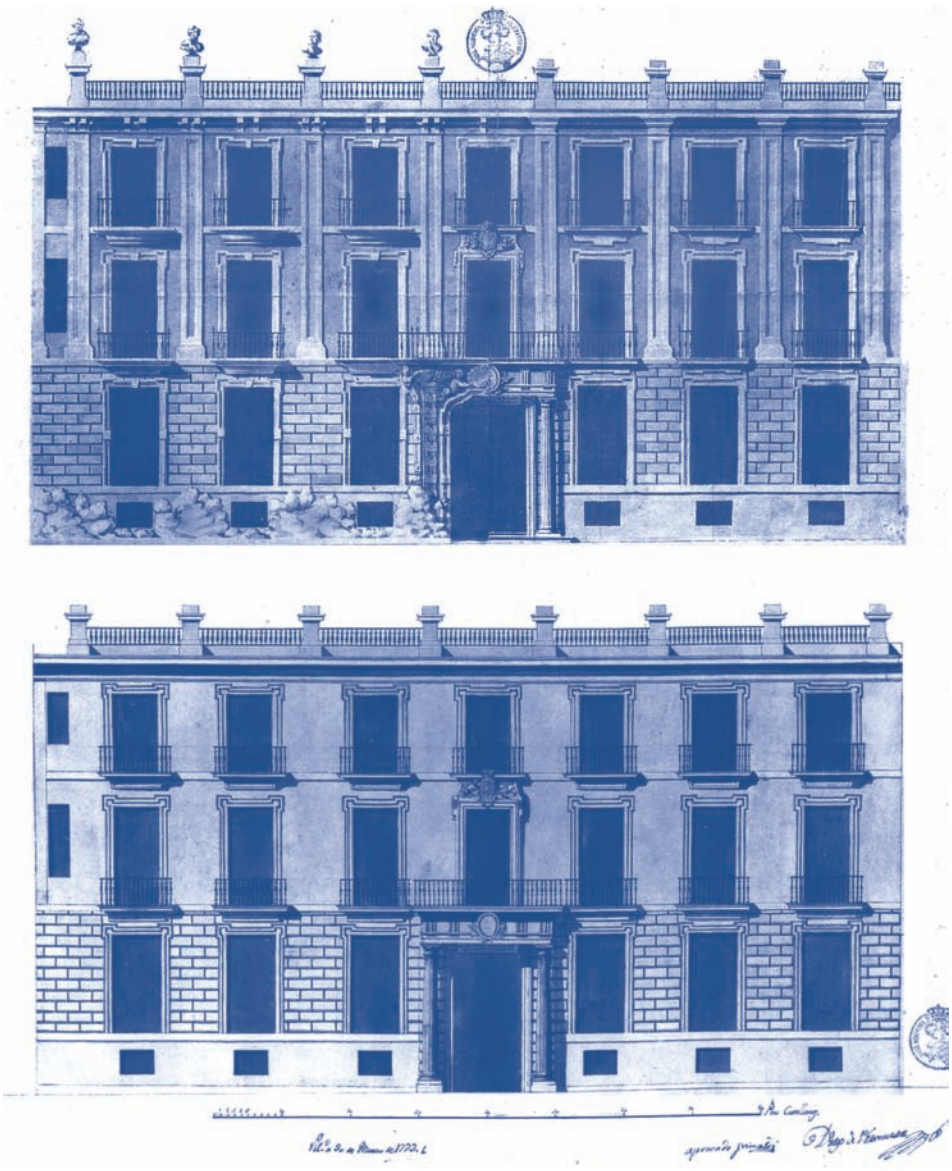
---

en una atmósfera predominantemente lineal, con tríadas planta-alzado-sección en correspondencia. Es el nacimiento de la escuela española de dibujo arquitectónico, moderno, expresivo, claro y riguroso, que permite diferenciar por completo las tareas de diseño de las de construcción. Véase M. SILVA SUÁREZ, 2004, pp. 284-286.

89 En el incendio desapareció el «Cubo de las Trazas», donde se guardaba gran cantidad de planos y maquetas de obras paradigmáticas de la arquitectura española civil y militar. Sin duda se puede atribuir valor simbólico a que la "nueva escuela arquitectónica" se organice en torno a la construcción que sustituirá al mencionado Alcázar.

90 Tipo de arquitectura desarrollada por los ingenieros militares desde la formación del Cuerpo, casi medio siglo antes.

91 Hanno-Walter KRUFT: *Historia de la Teoría de la Arquitectura (1). Desde la Antigüedad hasta el siglo XVIII*, Alianza, Madrid, 1990, p. 303.



4.8. Fachada del Palacio de Goyeneche, o Casa de la Miel, y arreglo de Diego de Villanueva *(RABASF, CN n.º invent. 2376). En 1774 la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando traslada su sede al palacio, en la calle Alcalá, n.º 13, junto con el Gabinete de Historia Natural. Por ello la inscripción en la portada reza: CAROLUS III REX/NATURAM ET ARTEM SUB UNO TECTO/IN PUBLICAM VTILITATEM CONSOCIAVIT/ANNO MDCCLXXIV (*El Rey Carlos III reunió bajo un mismo techo a la Naturaleza y al Arte para la utilidad pública en año 1774*). Como no era "posible" su residencia en un edificio realizado por José de Churriguera (1725), uno de los más representativos del barroco en la Villa y Corte, Diego de Villanueva (1773) rehizo la fachada, eliminando sus "patológicas" libertades: 1) Comparación entre la fachada de original (izq.) y la primera "limpieza" de Villanueva (der.); 2) la fachada definitiva, 3 de marzo de 1773 (abajo).*

La Academia ejerció una función policial no sólo en materia arquitectónica, sino en el ámbito de las tres nobles artes. El resultado en el reinado fernandino será un barroco clasicista, ecléctico, que bien pudiera representarse con obras de Ventura Rodríguez. Al subir al trono Carlos III, esos presupuestos serán revisados de nuevo, "forzando" posiciones más próximas al neoclasicismo, más funcional y racionalista, más acorde con los ideales ilustrados, de las que Juan de Villanueva será su representante más cualificado[92].

En lo profesional, antes de la fundación de la Academia de San Fernando, el Consejo de Castilla era el organismo habilitado para otorgar títulos de arquitecto, por lo que su relación con la Academia no fue fluida, aunque los concejos, diócesis y otras instituciones también los expedían con validez restringida a sus correspondientes demarcaciones. La Academia pasó a asumir la tarea de colacionar títulos que habilitasen para el ejercicio profesional en los territorios de la Corona, rompiendo la tradición gremial. De hecho, sus primeros estatutos (1757) prohibían «reglar los estudios y práctica de las tres nobles artes» a cualquier otra institución, mandato que no fue muy observado. Una súplica enviada al rey (14-VIII-1777) dio lugar a las R. O. de 23 y 25 de noviembre dirigidas al control por parte de la Academia de la arquitectura civil (enviada a los magistrados y ayuntamientos del Reino) y la eclesiástica (a las autoridades religiosas). A pesar de esos apoyos de Floridablanca, el título de arquitecto no será realmente documento oficial hasta 1787 (R. O. de 28-II), exigiéndose expresamente que los candidatos se sometan «al riguroso examen de la Academia». Sin embargo, las irregularidades persistieron, limitándose de facto su exigencia a los encargados de obras financiadas con fondos públicos. Por otro lado, autoconvencidos de su "trascendente" labor, los arquitectos titulados consideraron tarea suya la construcción de edificios "relevantes", ignorando en gran medida otros sectores como el de la vivienda.

Pero la tarea de disponer de un número suficiente de sujetos hábiles en arquitectura no se cumplió. Por un lado, nunca estuvo claro que los estudios realmente prepararan como debía esperarse; por el otro, dado su carácter restrictivo, fueron pocos los titulados. A una definición imprecisa de los quehaceres estudiantiles, sin una auténtica regulación académica, se vinieron a sumar el absentismo de los profesores (para los que la "singular trascendencia" de sus tareas profesionales actuaba como pretexto) y el de alumnos, e incluso la falta de disciplina y la insubordinación de éstos últimos, hasta el punto de que fue necesario destacar a un retén militar para mantener el orden dentro de la Academia.

---

92 Sobre la diversidad de lenguajes arquitectónicos en este siglo, así como sobre los aspectos diferenciadores de la arquitectura de arquitectos e ingenieros militares, véase en este mismo volumen el capítulo 6, por Arturo ANSÓN NAVARRO: «La Arquitectura de arquitectos e ingenieros militares: diversidad de lenguajes al servicio del Despotismo Ilustrado». Los ingenieros militares, que primaban la *firmitas* y *utilitas* vitrubianas, se adscribieron desde el comienzo al barroco clasicista y, posteriormente, al neoclasicismo, precediendo a los propios arquitectos.

Durante la segunda mitad del siglo XVIII se suceden las llamadas a la reflexión sobre qué enseñar y cómo organizar la docencia de la arquitectura. Una constante será la discusión en torno a la hipertrofia en la enseñanza de un dibujo repetitivo, mecánico, en gran parte de copia sistemática, poco creativo, que reduce en extensión y profundidad la formación científico-matemática (matemáticas puras y mixtas), donde habrían de encuadrarse cuestiones de hidráulica, mecánica y materiales, entre otras muchas[93].

En el seno de la Academia se integraban profesores y consiliarios. Estos últimos, por lo general aristócratas o políticos, concebían la institución como un centro de actuación política al servicio de la monarquía ilustrada, definidor de la función policial de ordenación y embellecimiento del territorio y de las ciudades. Con los estatutos de 1757, siendo protector Ricardo Wall, los consiliarios pasan a controlar la Academia en detrimento del cuerpo docente. Coincidiendo con su nombramiento como director general de Ingenieros y Artilleros, se nombra consiliario al conde de Aranda, quien envía un dictamen sobre cómo deben organizarse los estudios[94]. En parte sigue el tratado manuscrito *Architectura Civil* que su colaborador José de Hermosilla, ingeniero militar, arquitecto y exdirector de Arquitectura de la Academia (1752-1756), había redactado en Roma, en 1750. En paralelo, Aranda desarrolla su proyecto de Real Sociedad Militar de Matemáticas para la reforma de las enseñanzas de ingeniería y artillería. El influyente conde se propone definir un «método fixo» para la enseñanza, organizada en torno a la tríada vitrubiana de "firmeza" (asociada a las matemáticas y técnicas constructivas), "comodidad" (funcionalidad y tipologías arquitectónicas) y "hermosura" (estética clasicista), más allá del simple saber dibujar. Propone imprimir un conjunto de traducciones de clásicos, así como la redacción de nuevos libros y cartillas que contemplen teoría y práctica; es decir, que se abandone la tradición de los meros apuntes textuales o gráficos. En la línea del despotismo propio de la época, Aranda indica que los docentes «no tendrán la libertad de mudar el méthodo una vez aprobado por la Academia». De acuerdo con la tradición de los ingenieros, concibe las construcciones como proyectos colectivos que han de ser informados por la Aca-

---

93 Recuerda y critica Diego de Villanueva: «El principio primordial de la instrucción de la Arquitectura no son los ornamentos, sino la sabia disposición de las partes de un Edificio según su destino y calidad, y así no puedo sufrir algunos pretendidos arquitectos cuando les veo ocupados en expresar en sus diseños una multitud de ornamentos, que no tienen otro fin que educir a la vista de los que ignoran los principios en que se funda el mérito de una obra» (*Colección de diferentes papeles críticos sobre todas las partes de Arquitectura*, Valencia, 1766, carta II, pp. 8-9; ed. de Luis Moya, Valencia, 1979). En términos vitrubianos: una directa llamada de atención para valorar la *utilitas* frente al simple amaneramiento ornamental.

94 «Sobre el dictamen de el Señor Consiliario Conde de Aranda sobre el estudio de la Arquitectura en la Academia», s.f., pero de 1757. Véase Delfín RODRÍGUEZ y Carlos SAMBRICIO: «El conde de Aranda y la arquitectura española de la Ilustración», en J. A. FERRER BENIMELI (coord.): *El Conde de Aranda*, Gobierno de Aragón, Zaragoza, 1998, pp. 154-164.

4.9. Los dos arquitectos españoles más trascendentes del siglo XVIII: *Ventura Rodríguez, 1717-1785 (pintado por Francisco de Goya en 1784; el plano que sostiene en su mano izquierda bien pudiera ser la Santa Capilla del Pilar; Nationalmuseum de Estocolmo) y Juan de Villanueva 1739-1811 (Francisco de Goya, entre 1800 y 1805; Real Academia de Bellas Artes, Madrid).*

demia; esto es, tanto los proyectos como la institución son para el conde instrumentos políticos al servicio de la monarquía. Análogamente a lo ocurrido con la Real Sociedad Militar de Matemáticas, sus planes no llegaron al fin propuesto. Por ejemplo, que el manejo de libros por el alumnado fue claramente insuficiente se puede deducir del siguiente comentario de Diego de Villanueva, casi diez años después (1766):

> «Los libros para estas gentes son inútiles [...] y así no hay otras guías que las estampas, de las que copian lo que hallan a propósito, sin crítica ni elección, por lo que no son buenos sino para delinear ideas ajenas»[95].

En realidad, los alumnos no tuvieron acceso a la biblioteca hasta 1794, ¡casi treinta años después!

Las necesidades teóricas definidas para los estudios hacen que en 1766 la Perspectiva se cree como disciplina independiente. Dos años más tarde, las Matemáticas adquieren autonomía y se nombra director a Benito Bails, el más influyente matemá-

---

95 *Colección de diferentes papeles críticos sobre todas las partes de Arquitectura*, carta II, pp. 9-10 (ed. de Luis Moya, Valencia, 1979).

tico español del siglo XVIII, que escribirá los *Principios de Matemáticas donde se enseña la especulativa, con su aplicación a la dinámica, hidrodinámica, óptica, astronomía, geografía, gnómica, arquitectura y perspectiva y al calendario*, obra en tres tomos (Madrid, 1776). Pero su obra más destacada son los *Elementos de Matemáticas* (Madrid, 1772-1783), en diez tomos, el más importante tratado enciclopédico relativo a las disciplinas físico-matemáticas y sus aplicaciones publicado en castellano en el siglo XVIII. Seguidor en gran parte en diversos autores (Bezout y Euler, entre otros), su importancia se debe a su difusión, que desbordó ampliamente el ámbito de las enseñanzas arquitectónicas para afectar también a las de ingeniería militar o las de minas, por ejemplo, colaborando eficientemente a la renovación de los saberes.

Entre tanto, en 1774, se traslada la sede al antiguo palacio de los Goyeneche[96]. La Academia, que había denostado con beligerancia el barroco casticista, ¡fue a instalarse en una construcción diseñada por José de Churriguera en 1725! Ante lo insostenible de tal hecho, Diego de Villanueva propuso una nueva fachada, eliminando las "patológicas" libertades churriguerescas.

El control policial del gusto arquitectónico llegará a su máxima expresión con la aludida Comisión de Arquitectura, cuyos orígenes pueden rastrearse en una representación al rey de varios académicos (4-XII-1768), entre ellos los ingenieros militares Pedro Martín Cermeño y José de Hermosilla, quejándose de los abusos estéticos y técnicos cometidos por canteros, tallistas, retablistas y albañiles, entre otros. La mencionada Comisión de Arquitectura, se crea por R. O. de 2-IV-1786, componiéndose

> «de los Directores y Tenientes Directores de Arquitectura, y de los Arquitectos Académicos de mérito que parezca agregar, a fin de que en ella se vean, examinen y forme dictamen sobre los proyectos de obras públicas que remita el Consejo, o consulten a la Academia otros cuerpos autorizados».

Su misión fue la de aprobar, rechazar, corregir o rediseñar los proyectos enviados, siendo el caso que en las dos últimas situaciones los plazos se solían alargar en exceso, al tiempo que se creaban claras enemistades con los diseñadores de las propuestas originales, fuesen arquitectos de la propia Academia o ingenieros militares. Un efecto perverso del control que se realiza es que los más supervisados suelen ser los propios exalumnos de la academia, de modo que los maestros de obras, canteros, etc., procedentes de las estructuras gremiales, sobre todo fuera de la Corte, siguieron realizando sus obras sin supervisión académica alguna. Aunque con aciertos, la Comisión implicó en general un «complejo proceso burocrático [... con un] lento, fatigoso

---

[96] Entre otras razones, el traslado de la Academia desde la Casa de la Panadería está condicionado por la coincidencia con el interés por exhibir la colección de historia natural cedida al rey por el ecuatoriano Pedro Franco Dávila en 1771, que pasó a ser nombrado director del Gabinete de Historia Natural. Por ello la inscripción en la portada de la sede reza: CAROLUS III REX/NATURAM ET ARTEM SUB UNO TECTO/IN PUBLICAM VTILITATEM CONSOCIAVIT/ANNO MDCCLXXIV *(El Rey Carlos III reunió bajo un mismo techo a la Naturaleza y al Arte para la utilidad pública en año 1774).*

y, a veces largo viaje de ida y vuelta [...]. Así, los planos para la realización de edificios arrastraban consigo un considerable retraso»[97]. El carácter discrecional de su burocrática labor llegó a cosechar, quizás un tanto exageradamente, una peyorativa valoración por Juan de Villanueva que, nombrado director de la Academia en 1792, «consideraba innecesaria por corrupta y "despótica" la Comisión de Arquitectura»[98].

Sirvan dos testimonios internos de la Academia como reflejo valorativo tardío de su actividad, en una época en la que cabría esperar plena madurez. El primero es de Antonio de Varas, segundo director de Matemáticas, que ante la ignorancia de los alumnos en esa materia, y considerando la hipertrofia de la enseñanza del dibujo, afirma en 1792 que «ni se enseña ni se había enseñado nunca arquitectura, hasta entonces». Por otro lado, Ramón del Águila, marqués de Espeja y viceprotector de la Academia, comentará una década después (1803):

> «[la arquitectura] es la que ha costado mayores desvelos y dispendios, no habiendo conseguido la Academia [...] otro fruto que la delineación práctica de los órdenes arquitectónicos [...]; puede decirse con verdad que la Academia no forma los arquitectos, y una de las cosas que lo comprueban es que los discípulos que se hallan en esta clase son canteros o albañiles, pues los que siguen la carrera de la Arquitectura, muy al principio abandonan las aulas, y sólo concurren a casa de sus maestros»[99].

Aunque la valoración anterior contenga incontestables elementos sobre la inadecuación de la enseñanza de la arquitectura, reflejo indudable de un fracaso institucional de calado, tampoco se puede olvidar que un arquitecto como Julián Sánchez Bort[100] se manifestaba en los siguientes términos, ya en 1760:

> «No basta hidear y trazar un edificio, ni lebantar y labrar con perfección los planos; sino que es preciso también saberlos construir con acierto y conducir con economía»[101].

Sobre cuestiones socio-profesionales en el entorno académico se puede apuntar, por significativo, lo expresado por Bernardo de Iriarte, viceprotector de la Academia, en carta dirigida en abril de 1793 al duque de Alcudia, secretario de Estado y protector de aquélla[102]:

---

97 GARCÍA MELERO, 1991, pp. 283-284.

98 PRIETO GONZÁLEZ, 204, p. 288.

99 Archivo de la RABASF, «Reformas. Informes del marqués de Espeja», Junta Particular de 20-III-1803, legajo 49-11/1, s.p. Citado en PRIETO GONZÁLEZ, 2004, p. 302.

100 Singular, sin duda, por su formación de "postgrado" como arquitecto hidráulico en Francia y Holanda (h. 1752-53) y por el entorno de trabajo en el que se desenvolvió en El Ferrol, donde tuvo el privilegio de trabajar con Jorge Juan o con el ingeniero militar Francisco Llobet, director del Real Arsenal.

101 *Reberente demostración que ofrece a la Real Academia de San Fernando...*, Julián Sánchez Bort, en El Ferrol, a 30 de marzo de 1760 (Arch. RABASF, legajo 126-2/25).

102 RABASF, leg. 48-1/1. Sobre estas cuestiones véase: GARCÍA MELERO, 1991, y PRIETO GONZÁLEZ, 2004.

> «los arquitectos, sobre todo, descuellan demasiado haciendo duelo de bagatelas [...] les enorgullece la mayor proporción que tienen de ganar más que los Pintores y Escultores a causa de lo que producen las obras de cal y canto en que hallan su piedra filosofal. De aquí es que tiran a hacer una especie de estanco y monopolio de la Profesión misma, para que la distribución quede entre menos, y les alcance más, llegando al extremo de que nadie ha de ser osado a juzgar de su saber y entender».

Una cerrazón más propia de los gremios que de los espacios abiertos de libre competencia que propone la "racionalidad y modernidad" de los principios inspiradores de la Academia. Actitud contraria al proto-liberalismo que empieza a atisbarse no sin dificultades.

Entre otras reales academias de Bellas Artes que funcionaron en España se encuentran las de San Carlos de Valencia (1768), de orientación más práctica, la de San Luis de Zaragoza (1792), heredera de la Escuela de Dibujo de la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País, o la de la Purísima Concepción de Valladolid (reconocida por la de San Fernando en 1802). Asimismo, en Sevilla funcionó desde 1771 una Escuela de Tres Nobles Artes (luego Academia de Bellas Artes de Santa Isabel de Hungría), y en Barcelona la Junta Particular de Comercio creó una Escuela de Nobles Artes en 1775. En Nueva España se fundó en 1783 la Real Academia de San Carlos.

En resumen, dejando al margen la función de policía estética, si bien la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando consigue regular unas enseñanzas y controlar la expedición de títulos al margen de las ya decrépitas instituciones gremiales, no llega a formar adecuadamente a sus titulados, y las reducidas promociones de egresados no bastan para la actividad constructiva en los territorios de la Corona. Si, por un lado, ante la exigua plantilla del Cuerpo de Ingenieros Militares o el manifiesto apoyo político de Floridablanca, algunos arquitectos acceden a trabajos antes reservados a los ingenieros, es cierto que sus insuficiencias técnicas facilitan la creación de la Inspección de Caminos y Canales (1799), precedente directo del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Como rotundamente afirma J. M. Prieto,

> «la paulatina consolidación del ingeniero como profesional de la construcción y la deficiente preparación matemática de los arquitectos en el seno de la Academia de San Fernando, son fenómenos inseparables, las dos caras de una misma moneda»[103].

[103] J. M. PRIETO GONZÁLEZ: «Cuando enseñar arquitectura era sólo probable», en J. L. PESET, 2002, p. 709.

III

Especialización en el ámbito de la ingeniería militar: Ingenieros de Marina e Ingenieros Cosmógrafos

La preponderancia del Cuerpo de Ingenieros Militares en lo concerniente a las infraestructuras para la defensa y ordenación del territorio se va quebrando en el último cuarto de siglo, a pesar de la ambición competencial de sus Ordenanzas, las de 1718 y 1774 especialmente. Desde la Marina se crea en 1770 un cuerpo específico con competencias no sólo en arquitectura naval sino también en arquitectura hidráulica (diques, muelles, faros...), civil auxiliar (fábricas, hospitales...) o militar (arsenales, cuarteles...). Al mismo tiempo, el desarrollo de la astronomía como ciencia y la potenciación de sus aplicaciones, sobre todo en cartografía, darán lugar a un cuerpo de efímera existencia, pensado como civil, pero que nació militar.

III.1. El Real Cuerpo de Ingenieros de Marina

La construcción naval fue siempre una actividad estratégica para un imperio esencialmente ultramarino, que no sólo navegaba por el Mediterráneo y el Atlántico, sino que surcaba el Pacífico, durante largo tiempo conocido en Europa como «mar de los españoles». Los encargados del diseño y construcción de los barcos eran marinos avezados[104] o contramaestres carpinteros distinguidos. La necesidad de técnicos cualificados en la nueva construcción naval –el tránsito de la fase artesanal a la ingeniería– es expresada con claridad por Jorge Juan en su *Examen Marítimo Teórico Práctico, o Tratado de Mechánica aplicado a la Construcción, Conocimiento y Manejo de los Navíos y demás Embarcaciones* (1771)[105]:

> «La fábrica del Navío ha estado siempre en las manos de unos casi meros carpinteros y ninguna dependencia se creyó que tuviesen con la Matemática, sin embargo de no ser él todo sino pura Mechánica».

---

[104] Como es el caso de Antonio Garrote, autor de la *Recopilación para la nueva fábrica de bajeles españoles*, 1691 (manuscrito en el Museo Naval de Madrid), o de Antonio de Gaztañeta, autor, entre otros textos técnicos, de *Proporciones de las medidas más esenciales... para la fábrica de Navíos y Fragatas de Guerra*, impreso en Madrid en 1720. Ambos pueden ser considerados, en diferente grado, precursores de la modernización de la construcción naval, inflexión que protagonizará Jorge Juan a mediados del siglo.

[105] Su escritura fue largamente madurada por Jorge Juan, que en carta de 5-II-1750, mientras cumplía su misión de espionaje industrial y militar en Inglaterra, le dice al marqués de la Ensenada, que «este infortunado arte ha tenido la desgracia de caer siempre o en manos de un mero practicón, que por no tener luces de geometría ni mecánica no conoce las propiedades de las líneas ni fuerzas, o entre las de un gran teórico que no sabe lo que son las furias de la mar. Por ese motivo se ve hoy en el día sin el menor libro tratado con alguna racionalidad; y los más exquisitos constructores de todas las naciones trabajan la mayor parte de sus obras no más que a ojo, enmendando los yerros con el hacha» (vid. José Luis MORALES: «La Marina en la segunda mitad del siglo XVIII», en VV. AA., 1975, p. 93).

4.10. Ingeniero ordinario (teniente de navío) de Marina, 1805: *De acuerdo con la* Ordenanza para el servicio del Cuerpo de Ingenieros de Marina en los Departamentos, y a bordo de los navíos de Guerra *(1772), como «uniforme usarán el del Cuerpo General de la Armada», por lo que le corresponde el dispuesto en 1761, R. O. de 13-VI. En 1793 se modifica la uniformidad, definiéndose uniformes "grande", "pequeño" y "para guardias y demás servicio". La imagen corresponde al "pequeño" (Estado Militar de 1805; reproducido en* Uniformes de 1805, *Ministerio de Defensa, 1987).*

La evolución de la técnica constructiva naval hizo que se fueran demandando competencias más especializadas, lo que termina aconsejando la creación de un cuerpo facultativo. Paso sustancial en esa evolución puede considerarse el protagonizado por Jorge Juan, quien, tras misión de espionaje en Inglaterra, reorganiza a mediados de siglo la actividad de diseño y control de la fabricación de los buques, presidiendo en Madrid, desde 1751, una Junta de Constructores[106], en la que participa un nutrido grupo de especialistas, para coordinar los diseños, planes de producción y reparación; una "corporación" facultativa no formalizada como cuerpo del Estado.

Entre tanto, la situación que se puede observar en Francia está presidida por H. L. Duhamel de Monceau, quien interviene en las actividades de construcción[107] y

[106] Un amplio análisis de la actividad técnica, en el sector en J. SIMÓN CALERO: «Constructores, Ingeniería y Teóricas en la Construcción Naval», capítulo 12 en este mismo volumen.

[107] Lo que incluye el «aumento y conservación de montes y plantíos», de donde se extrae la madera, materia prima esencial. Duhamel de Monceau (1700-1781), importante botánico y agrónomo, fue nombrado en 1739 inspector general de la Marina; fue colaborador en la *Enciclopedia* de Diderot y D'Alembert y presidente de la Académie des Sciences. Véase, en esta colección, referencias a su obra en los apartados relativos a «La Agronomía en la España del Setecientos» y «Conocimiento científico, innovación técnica y fomento de los montes» (vol. III, capítulos 9 y 10).

docencia, creando en 1741 la Petite École. Se imparte una cultura físico-matemática general, se practica el dibujo y se explica arquitectura y construcción naval. En 1748 la escuela se instala en el Louvre, con una colección de modelos de navíos procedente de diversos puertos. Con un sistema de ingreso abierto, los alumnos se forman en los arsenales y los más aventajados pasan por la mencionada escuela parisina. Bajo el impulso del duque de Choiseul el Cuerpo de Ingenieros-Constructores de la Marina («Les constructeurs des vaiseaux de Sa Majesté seront appelés à l'avenir Ingénieurs constructeurs de la marine») se establece en 1765, al tiempo que se reorganiza la escuela[108].

Consecuencia –entre otros factores– del tercer Pacto de Familia (1761)[109], se busca una mayor uniformidad entre las Armadas gala e hispana, y Jerónimo Grimaldi, secretario de Estado desde 1763, pide a su correspondiente francés, el duque de Choiseul, que le «regalase al Rey» un constructor solvente. De este modo, Francisco Gautier Audibert (1733-1800), nombrado «Constructor en Jefe» en Francia en 1765, viene a España ese mismo año. Su inserción en las estructuras de la Marina española es notoriamente dificultosa. Gautier será considerado un "cuerpo extraño" impuesto por razones políticas en la Armada; de prepotente talante, tendrá importantes fricciones con la oficialidad, y con Jorge Juan en particular, al que termina desplazando[110]. En efecto, el apoyo político de que goza le permitirá asumir la máxima responsabilidad en el ramo: por R. O. de 25-IV-1769 se le nombra «Director de Construcción de bajeles, igualmente de carenas, independiente de Comandantes Generales e Intendentes de los Departamentos»[111], curiosamente con empleo de coronel de Ingenieros del

[108] Duhamel será sustituido en 1784 por J. Ch. de Borda (1733-1799), procedente del cuerpo de Ingenieros, que había entrado en la Marina en 1767. Tras su regreso de España, el 5 Ventoso del año VII (23-II-1799), Francisco Gautier será el director. Inicialmente ligada a la Academia de Ciencias, la escuela terminará aceptando alumnos egresados de la Escuela Politécnica, transformando la situación de los alumnos de semiciviles/semimilitares, en militares. (Datos reproducidos por P. GILLE en «Les Écoles de Constructeurs de la Marine», en R. HAHN y R. TATON, 1986, p. 479.)

[109] Supuso el desastroso apoyo de España a Francia en su conflicto colonial con Inglaterra, durante la entonces casi perdida guerra de los Siete Años (1756-1763, e iniciada en el continente americano en 1754, donde se la conoce como Guerra Francesa e India). El Pacto puso punto final a la neutralidad fernandina e inició un enfrentamiento constante con Inglaterra, cuyo siguiente gran episodio será el exitoso apoyo franco-español a la guerra de Independencia estadounidense (1775-1783).

[110] Cuando ya estaba gravemente enfermo, Jorge Juan se dirige a Carlos III en estos términos: «no me permite mi lealtad omitir el dejar traslado a Su noticia "el último aviso", que me impulsa el escrupuloso lance de la religiosa cuenta que estoy para dar a Dios, diciendo con ingenuidad positiva que la actual construcción de navíos, y demás buques destinados al uso de la Armada de V. M. que debiera ser temida, no sólo es inútil, en todas sus partes, sino que preveo el honor de las Armas, vasallos y Estado de V. M. en peligro inevitable de perderse en un solo día, sin contar con la destrucción del Erario empleado en fabricar, y costear lo que nada sirve, cuyas ruinas no se reparan en muchos siglos». (cit. en Pascual O'DOGERTY: «La Ciencia Naval en el siglo XVIII», en VV. AA., 1975, pp. 64-65).

[111] La proclamada independencia de los Cuerpos del Ministerio y General de Marina le traerá complicaciones, debiendo desenvolverse "en tierra de nadie", frente a la clásica rivalidad en el mundo castrense entre «la pluma y la espada». Véase al respecto J. M.ª SÁNCHEZ CARRIÓN y J. Á. CERROLAZA ASENJO, 2004, pp. 66-67.

Ejército, no con el análogo de la Armada, que es el de capitán de navío. Al año siguiente, a instancias de Julián de Arriaga, secretario de Marina que actúa impulsado por Grimaldi, se crea el Real Cuerpo de Ingenieros de Marina (R. O. de 10-X-1770)[112]. En su parte expositiva se dice:

> «Por cuanto conviniendo a mi servicio crear un Cuerpo de Ingenieros de Marina a cuyo cargo se construyan, carenen, recorran y cuiden los Vaxeles de mi Armada, y practiquen las demás operaciones correspondientes a este Cuerpo facultativo; y siendo también de la mayor importancia se componga de sugetos hábiles y instruidos en la theórica y practica de esta profesión, he resuelto su establecimiento y el de una Escuela de Cadetes de distinguido nacimiento, para instrucción de los individuos de que han de formarse».

En lo relativo a competencias profesionales, el nuevo Cuerpo español va mucho más allá que su correspondiente francés. A las de construcción y mantenimiento de buques, y a las de reconocimiento de montes y plantíos, adiciona otras sobre «edificios hidráulicos y civiles que fabricar». En suma, recoge las relativas a instalaciones fabriles de los arsenales, cuarteles, hospitales y obras hidráulicas (puertos y faros, en particular)[113], además de las fortificaciones propias de la Marina. Es decir, asume competencias que colisionan con las ejercidas por el Cuerpo de Ingenieros Militares. A modo de ejemplo, baste recordar la cooperación-control durante años de Jorge Juan, en lo que concernía a la construcción de infraestructuras y edificaciones, con los ingenieros militares Francisco Llobet en El Ferrol, o con Sebastián de Feringán en Cartagena (diques secos de carenar)[114]. La creación de un cuerpo propio es una oportuni-

---

112 La Ordenanza se reproduce, por ejemplo, como apéndice número 2.1 en M.ª T. PÉREZ-CRESPO MUÑOZ, 1992, pp. 379-391. Conviene apuntar que una década antes, Juan José Navarro, marqués de la Victoria, autor del célebre *Diccionario demostrativo de la configuración y anatomía de toda la arquitectura naval moderna* (1756), le había sugerido ya a Carlos III la «creación de un Cuerpo militar responsable de las construcciones navales», lo que recoge en sus *Discursos y Diferentes puntos de vista sobre la Marina*, entregados al monarca el 8-XII-1761 (vid. J. M.ª SÁNCHEZ CARRIÓN y J. Á. CERROLAZA ASENJO, 2004, p. 66).

113 Por ejemplo, en las Ordenanzas Generales de la Armada de 1770 se afirma que las obras en los puertos eran algo que «privativamente tocaba a la Marina»,y sobre ello se insiste en las RR. ÓO. de 1781 y 1786. Esto entra en conflicto con la *Ordenanza e Instrucción para la enseñanza de las Matemáticas en la Real y Militar Academia que se ha establecido en Barcelona y las que en adelante se formaren* (1739), donde se explicita entre las misiones del Cuerpo de Ingenieros Militares el «adaptar los puertos de mar remediando con el arte los defectos de la naturaleza». A pesar de que los puertos se financiaban con frecuencia por instituciones como juntas locales o corporaciones municipales, se argumenta «la importancia que todas las obras de puertos se ejecutasen por facultativos de la Marina para evitar los daños que de otra forma podían resultar y se habían experimentado».

114 Para un panorama de las actividades de los ingenieros del Ejército en el arsenal departamental mediterráneo, véase J. M.ª RUBIO PAREDES y Á. de la PIÑERA Y RIVAS, 1988; una más dilatada perspectiva en la capital gaditana en CANO RÉVORA, 1994; análogamente en El Ferrol, aunque no limitado al quehacer de los ingenieros militares, A. VIGO TRASANCOS, 1985, 1988 y 2000.

dad que aprovecha la Marina, que busca su autonomía técnica, desplazando a los ingenieros militares. En parte se pretendía evitar conflictos entre ingenieros militares y constructores navales, como el acaecido en 1758 entre Sebastián de Feringán, responsable de la infraestructura (de la instalación fabril), y el constructor naval Eduardo Bryant, responsable del producto (el navío), con motivo de una avería durante la puesta en marcha de un dique seco del arsenal cartagenero[115].

Esa voluntad de control integral, de autosuficiencia, por parte de la Marina ya se había manifestado antes. Por ejemplo, Julián Sánchez Bort, arquitecto formado en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando al que ya se ha aludido, sustituyó en El Ferrol (1762) a Llobet, nombrándole la Marina director de las obras del arsenal. Integrado posteriormente en el nuevo Cuerpo, sin actividad en la arquitectura naval, en 1775 será nombrado director del arsenal de La Carraca (Cádiz), alcanzando el grado de capitán de navío. Reservada la construcción naval propiamente dicha, además de la actividad en arsenales y puertos, la Marina irá asumiendo incluso funciones urbanísticas en las plazas portuarias, El Ferrol o Santander[116], por ejemplo.

Empleo facultativo	Graduación militar	Plantilla	Salario (escudos/mes)
Ingeniero general	Oficial general	1	Al arbitrio de la Real Hacienda
Ingeniero director	Coronel (o más, según servicios)	4	210
Ingeniero en jefe	Coronel	4	160
Ingeniero en segundo	Teniente coronel	4	120
Ingeniero ordinario	Capitán	6	65
Ingeniero extraordinario	Teniente	6	45
Ayudante de ingeniero	Subteniente	12	30

Cuadro 4.3. Plantilla fundacional del Cuerpo de Ingenieros de Marina (R. O. de 10-X-1770). Se le han de añadir «seis plazas de Ayudantes de constructor para compensar a los contramaestres carpinteros de buenos servicios, ya sea en los Arsenales, ya en los Montes, o ya en la Mar». Los sueldos se declaran idénticos a los de los ingenieros del Ejército.

115 Este caso se salda con orden expresa del propio rey, que determina que la autoridad y responsabilidad máximas correspondan al ingeniero. Eduardo Bryant, con un salario (55.000 rs./año) muy superior al de Feringán, era uno de los constructores reclutado por Jorge Juan en Inglaterra. El incidente se pormenoriza en A. de la PIÑERA y RIVAS: «Los diques de carenar del Arsenal de Cartagena en el siglo XVIII», en FERNÁNDEZ PÉREZ y GONZÁLEZ TASCÓN (eds.), 1989, pp. 539-540, y en M.ª T. PÉREZ-CRESPO MUÑOZ, 1992, pp. 73-74.

116 El teniente de navío Agustín de Colosía (1794), a quien la ciudad de Santander debe en gran parte la decisiva reforma de sus muelles, realizó un plano del puerto mostrando el trazado viario de lo que terminará por constituir su ensanche urbano en el XIX (vid. la ilustración 8.15.2, en este mismo volumen).

4.11. Constructores navales definidores de diferentes "estilos" o períodos: *1)* ***Antonio de Gaztañeta Iturrivalzaga (1656-1728),*** *almirante y tratadista naval (tanto de navegación como de arquitectura), representa el epílogo de la tradición renacentista de los galeones: período* tradicional, *o de* Gaztañeta, *1721-1750 (óleo pintado por Landsberbs, 1718, MNM, inv. 2624); 2)* ***Jorge Juan y Santacilia (1713-1773)*** *dirigió el programa de construcción naval y de desarrollo de los nuevos arsenales, por lo que a su labor científica ha de sumársele la de renovador profundo de la escuela de arquitectura naval española, con base físico-matemática y experimental, de donde se le ha llamado "primer ingeniero naval" español: período* inglés, *o* de Jorge Juan, *1750-1769 (Rafael Tejeo, h. 1828; MNM, inv. 757); y 3)* ***José Romero Fernández de Landa (1735-1807),*** *que en 1782 pasó a desempeñar las funciones de ingeniero general del Cuerpo de Ingenieros de Marina: período* español, *o* de Romero Landa, *1782-1805 (MNM, inv. 5625). No hemos encontrado imagen fiable de Francisco Gautier Audibert, impulsor del Cuerpo de Ingenieros de Marina, que dio lugar al período* francés, *o* de Gautier *(1769-1782), con el que se completa la visión de la arquitectura naval hispana en el siglo XVIII, hasta la guerra de la Independencia.*

Facultativo y militar a la vez, es sintomático que, de acuerdo con la orden fundacional (1770), las denominaciones de los empleos en el Cuerpo de Ingenieros de Marina sean análogas a las del de Ingenieros Militares y que, además, tengan su equivalencia en términos de los Reales Ejércitos (con idéntico sueldo), no de la propia Armada[117]. La plantilla fundacional del cuerpo consta de 37 ingenieros (cuadro 4.3), que han de distribuirse «según el número de Vageles que hubiere que carenar y construir, edificios hidráulicos y civiles que fabricar y reconocimientos de montes que convenga hacer». Gautier, que a veces se refiere al cuerpo como de Constructores e Hidráulicos, será nombrado brigadier.

[117] La R. O. fundacional especifica también «el encargo de los Ingenieros de Marina en los Combates», así como sus uniformes. El grande: «Casaca azul, buelta, chupa, calzón, y forro de la casaca encarnado, las faldriqueras de ella a lo largo, y el galón como el de los Oficiales de Guerra de la Marina»; el pequeño: «Parecido al grande, pero sin galón»; «Los Cadetes llebarán el mismo uniforme pequeño».

Según esta ordenanza fundacional, debía ponerse en marcha una Academia, de la que no disponemos de evidencias sobre su funcionamiento. Prevista para albergar treinta cadetes, veinticuatro habrían de estudiar

> «Arithmética, Geometría, Trigonometría, Mecánica, Álgebra y su Aplicación a la Geometría, la Física de Nolet, la Ciencia de los Ingenieros, la Hidráulica de Bélidor, el Dibujo y el Arte de disponer los planos de los Vaxeles, y Edificios hidráulicos y civiles».

Las seis plazas restantes se reservarían para hijos de oficiales que no llegasen a los catorce años, al tiempo que se disponía la existencia de «Maestros de Mathemáticas, de Architectura, y de Dibujo». Para ascender a ingeniero extraordinario, los ayudantes habían de haber «hecho una campaña de Mar, y asistido por cinco o seis meses a reconocimientos de Montes, cortas, y labras de maderas de Construcción en ellos». Para el ascenso a ingeniero ordinario se solicita que «entienda bien el Cálculo Diferencial, y integral». Además se piden «dos Campañas de Mar, y [que] presente al Ingeniero General un tratado sobre la maniobra de los Vaxeles».

La *Ordenanza para el servicio del cuerpo de Ingenieros de Marina en los Departamentos, y a bordo de los navíos de Guerra*[118] data del 13 de agosto de 1772, siendo englobada posteriormente en la *Ordenanza de S. M. para el Gobierno Militar, y Económico de sus Reales Arsenales de Marina*[119] de 1776. En esencia, desde 1772 el Cuerpo de Ingenieros de Marina, a pesar de mantener su independencia, queda agregado al Cuerpo General de la Armada. Según la primera (1772), los ingenieros embarcados,

> «como oficiales vivos que son del Cuerpo General de la Armada [...] deberán mandar los navíos cuando les toque y en caso de muerte o ausencia de los que le anteceden»,

lo que contrasta con el limitado papel militar asignado en la R. O. fundacional (1770):

> «El encargo de los Ingenieros de Marina en los Combates será recorrer las Baterías, para cuidar de que se compongan las cureñas desmontadas, y acudir a donde los balazos hubiesen abierto rumbos, disponiendo se reparen inmediatamente».

De hecho, en 1772 se especifica que como «uniforme usarán el del Cuerpo General de la Armada», síntoma de su mayor integración en la Marina. La composición de este Cuerpo Patentado aumenta a 45 oficiales, definiéndose los grados militares según su equivalencia en la Armada. La R. O. de 1791 lleva al Cuerpo a su máxima dimensión (80 oficiales), época en la que cabe observar el máximo poderío de la flota española, aun cuando la construcción de navíos y fragatas comienza un vertiginoso declive.

---

118 En Madrid, en la Imprenta de Pedro Marín, Impresor del Despacho Universal de Marina. Año de 1772.

119 En Madrid, en la Imprenta de Pedro Marín, Impresor del Despacho Universal de Marina. Año de 1776. En VV. AA.: *II Centenario de las Enseñanzas de Ingeniería Naval* (1975), se reproduce facsimilarmente el título XVII, sobre el «Establecimiento de la Academia [de Ingenieros de Marina], y reglas con que se ha de gobernar».

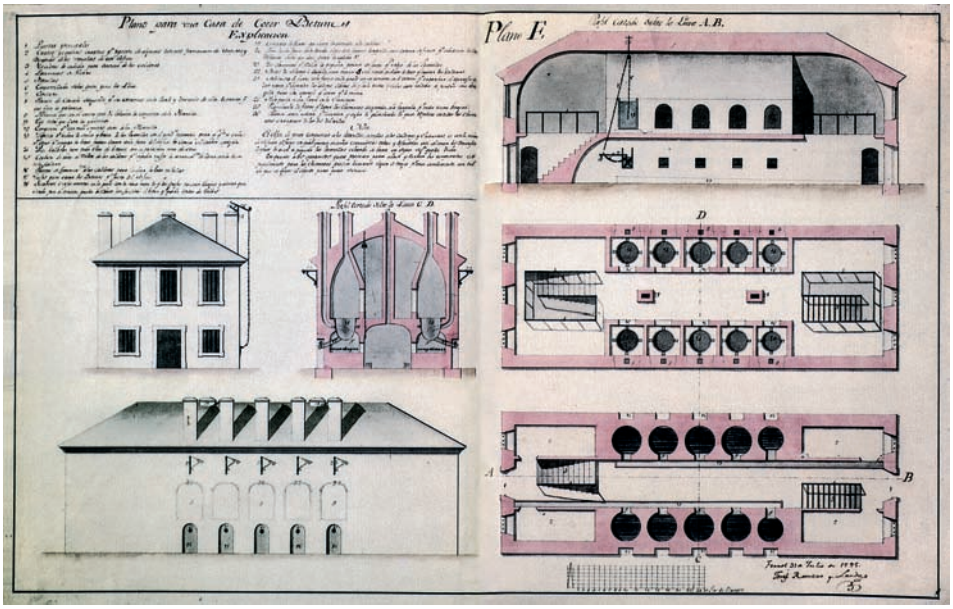
Empleo facultativo	Graduación militar	R. O. de 1772	R. O. de 1789	R. O. de 1791
Ingeniero general	Jefe de escuadra o brigadier	1	1	1
Ingeniero director	Capitán de navío o brigadier	4	4	4
Ingeniero en jefe	Capitán de navío	4	4	6
Ingeniero en segundo	Capitán de fragata	8	8	10
Ingeniero ordinario	Teniente de navío	8	12	14
Ingeniero extraordinario	Alférez de navío	8	14	20
Ayudante de ingeniero	Alférez vivo de fragata	12	18	25

Cuadro 4.4. Plantillas (con graduación militar definitiva) del Cuerpo de Ingenieros de Marina.

En las Ordenanzas de 1772 se insiste en la creación de una Academia vinculada al Cuerpo. Merece apuntarse su concepción. Los aspirantes podían haber servido como oficiales en la Marina o en los cuerpos del Ejército, ingenieros militares incluidos. Habría de cursarse: Aritmética; Geometría; Trigonometría rectilínea y esférica; Álgebra y su aplicación a la Geometría; Física; Ciencia de Ingenieros; Estadística y Movimiento; Hidráulica e Hidrostática, así como trabajos prácticos con dibujo de planos de navíos, puertos y edificios... En suma, superadas las enseñanzas de Matemáticas, Arquitectura, Dibujo, Construcción, Navegación y Maniobra, los cadetes del Cuerpo eran propuestos para su ingreso como ayudante de ingeniero (léase hoy: ingeniero ayudante) en cuyo grado continuaban los estudios de matemáticas, pues para ser nombrado ingeniero ordinario se le solicitará que «entienda bien el Cálculo Diferencial, y integral». «Para instruir a los Ingenieros de Marina en la ciencias Matemáticas, y Artes», combinación de ciencia y experiencia, el profesorado debía estar integrado por

> «tres Maestros de Mathemáticas, uno de Arquitectura, y otro de Dibujo, a las órdenes del Ingeniero General, o del Ingeniero Comandante que lo sustituya; cuyos tres maestros de Mathemática, después de formado el Cuerpo se repartirán uno en cada Departamento, a fin de que los oficiales, que sirvan en ellos, puedan continuar sus estudios teóricos [...] Además de estos Maestros habrá un Primer Piloto de la Armada, y un primer Contramaestre para enseñar a los Subalternos la práctica de la navegación y maniobra de los navíos [...] y un Ingeniero que nombrará el Ingeniero General, dará las lecciones teóricas de estas dos partes importantes del servicio [...]. En la sala que haya de enseñar la construcción de baxeles, habrá modelos de todas clases de navíos; y en la de Maniobra, uno con toda su arboladura, aparejo y pertrechos para la instrucción práctica en el manejo de todas sus partes».

Es decir, la formación del Cuerpo se refleja como etapa transitoria, pero singularmente se prevé una suerte de formación continua en cada departamento, lo que es un



4.12. «Plano para una casa de cocer betunes», *por Josef Romero y Landa (El Ferrol, 31 de julio de 1795): evidencia la implicación de los ingenieros de Marina en las industrias auxiliares de la construcción naval (Museo Naval, Madrid, inv. P3-A17).*

rasgo de modernidad. Según el volumen dedicado al *II Centenario de las Enseñanzas de Ingeniería Naval* (E.T.S.I. Navales, Madrid, 1975), la Academia del Cuerpo se puede considerar fundada merced a la R. O. de 1772, estableciéndose en El Ferrol. Durante su funcionamiento «salen de ella hasta el año 1819, 169 ingenieros que se reparten entre los astilleros con contratas para el Estado y posteriormente por los arsenales del mismo»[120].

Las dificultades para proveer plazas del escalafón con técnicos competentes en obra civil e hidráulica –algo ajeno a Gautier– hacen que a menudo participen en las obras ingenieros militares, a pesar de la exclusividad formal de competencias en lo

[120] R. CRESPO RODRÍGUEZ: «Historia de la Ingeniería Naval Española», en VV. AA., 1975, p. 34. Valga como primera aproximación los datos entresacados de los ofrecidos por el mismo autor en la lista de ingenieros "navales", para antes de la guerra de la Independencia (pp. 180-184). Se mencionan "promociones" formadas de ayudantes de ingeniero en 1783 (3 ing.), 1785 (2), 1789 (6), 1790 (3), 1792 (7), 1793 (11), 1794 (8), 1796 (2), 1798 (4), 1799 (2), 1800 (7), 1801 (2), 1803 (4) y 1805 (13), lo que representa 77 incorporaciones. Nada sabemos de las bajas, sólo que el cuerpo, según la R. O. de 1791 (cuadro 4.4) podía tener 25 ayudantes de ingeniero y 20 ingenieros extraordinarios. A diferencia de los ingenieros militares, los de Minas o los de Caminos y Canales, el Cuerpo de Ingenieros de Marina no ha recibido aún la atención que se merece, no habiendo llegado a nuestro conocimiento ninguna amplia y rigurosa monografía de conjunto.

relativo a puertos y arsenales, desde una R. O. de 1781. El proceso de sustitución corporativa inherente, unido a la necesaria "cooperación", provoca conflictos entre estos dos cuerpos. Ello tiene reflejo a nivel estructural, ya que, por ejemplo, en el arsenal de Cartagena trabaja como ingeniero director de las obras Mateo Vodopich, sustituto de Feringán. Tras consultas del ingeniero militar general Juan Martín Cermeño, el rey resuelve que ha de informar simultáneamente a los ingenieros generales de los dos cuerpos, al Militar (de Tierra) y al de Marina[121], estableciéndose una delicada doble dependencia jerárquica y funcional, germen claro de conflictos ante situaciones de diversidad de pareceres. Reflejo de la tensión a nivel corporativo es la Orden de 1789 para impedir que los ingenieros del Ejército pasen o se agreguen a los de Marina[122].

La difícil situación de Gautier en la Armada, «que nunca le reconocerá como uno de los suyos»[123], se hace patente, poco después de creado el Cuerpo, en su carta de julio de 1774 al secretario de Marina, Julián de Arriaga. Solicita «ser relevado de todos sus cargos», ya que observa

> «una declarada aversión en toda la Marina a su persona y al Cuerpo de Ingenieros [... que] a los Ingenieros que dejó en Ferrol se les haya ridiculizado, huido su trato [...], que los Comandantes generales no hacen caso del Cuerpo de Ingenieros [...], que los primeros agregados no pueden estudiar, ocupados siempre en la materialidad de sus obras»[124].

El cese se le concede a Gautier en 1782, y pasa a dirigir el Cuerpo el sevillano José Romero Fernández de Landa (1735-1807), a quien sucede el cartagenero Julián de Retamosa (1747-1827), que lo manda entre 1794 y 1805.

La situación en la Armada, como la del país, se deteriora con el cambio de siglo, como puede constatarse, por ejemplo, al observar las condiciones materiales en las que ha de salir la flota a la batalla de Trafalgar, en 1805[125]. En 1815, después de la guerra de la Independencia, los efectivos del Cuerpo de Ingenieros de Marina se reducirán a la mitad y en 1825 se crea en su lugar el Cuerpo de Constructores e Hidráulicos, denominación que explicita la doble especialización que integra el cuerpo, ahora de menor entidad intelectual, exclusivamente enfocado a la práctica.

---

121 M.ª T. PÉREZ-CRESPO MUÑOZ: *El Arsenal de Cartagena en el siglo XVIII*, 1992, pp. 71-73.

122 De 15-V-1789 (col. Aparici, doc. 6188).

123 J. M.ª de JUAN-GARCÍA AGUADO, 1998, p. 33.

124 AGS, Ingenieros 77; citado por J. M.ª de JUAN-GARCÍA AGUADO, 1998, p. 34.

125 La marinería y oficialidad con múltiples pagas atrasadas, los navíos sin el adecuado mantenimiento, hasta el punto de que los comandantes se endeudaron personalmente para pintarlos. La escuadra hispana hacía ocho años que apenas navegaba; además, la endémica insuficiencia de la marinería para la flota existente se recrudeció con epidemias, haciendo necesario completar en gran parte las tripulaciones con levas forzosas, mendigos o campesinos, de nula experiencia marinera (J. I. GONZÁLEZ-ALLER HIERRO: «Algunas consideraciones estratégicas y tácticas sobre la Campaña de Trafalgar», en A. GUIMERÁ *et alii*, eds.: *Trafalgar y el mundo atlántico*, Marcial Pons, Madrid, 2004, pp. 177-193).

III.2. El Real Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado

El origen de este Cuerpo hay que situarlo en el marco de la actividades del Real Observatorio de Madrid, de dilatada gestación. Al parecer, la idea de fundar un observatorio astronómico semejante en la Corte había sido sugerida por Jorge Juan[126], impulsor en 1753 del Observatorio de Marina en Cádiz, anexo a la Academia de Guardias Marinas. Carlos III apoyó el proyecto encargando a Juan de Villanueva los planos para el edificio que lo albergase, pero la construcción no comenzó hasta 1790.

Su director durante todo el período que nos ocupa es el escolapio Salvador Jiménez Coronado (h. 1730-1813), que en 1785 es comisionado para allegar información sobre este tipo de establecimientos. Su pensión en París para estudiar astronomía concluye en 1789, con el inicio de la Revolución francesa. A su retorno a Madrid establece una escuela de astronomía ubicada en el entorno de la iglesia de los Jerónimos, contándose en el primer curso varios alumnos que posteriormente serán profesores y astrónomos del Real Observatorio, y en 1796 miembros iniciales del Cuerpo[127]. Por otro lado, en septiembre de 1793 José Chaix es enviado un par de años a Londres «a fin de que acabase en ese tiempo la construcción de dos instrumentos que se trabajaban allí para nuestro citado Observatorio y otros objetos»[128]. A su vuelta, se incorporó como subdirector a un observatorio que aún no estaba operativo.

Entre tanto, desde el Observatorio se impulsa un taller propio de instrumentos[129]. Es decir, la enseñanza teórica se complementa con la necesaria capacidad de fabricar dispositivos para "ver" y cuantificar. Siguiéndose un esquema varias veces repetido, la teoría se perfecciona en Francia, mientras que para las actividades técnicas Inglaterra es el destino privilegiado.

Para dar servicio con continuidad al Observatorio, al que se pretende encomendar diversas tareas prácticas, así como a las enseñanzas vinculadas, el director propone la creación de un cuerpo de ingenieros, pues es objetivo fundamental la realización de «trabajos que creía él de más utilidad que la mera indagación del curso de los astros»[130]. Godoy se hace singularmente receptivo al planteamiento, incluso se apropia de la idea, llegando a hacer referencia explícita en sus *Memorias*

---

126 J. TINOCO VILLARROEL, 1951, pp. 313-314.

127 «Entre éstos sobresalieron seis, que fueron D. José Garriga, D. José Ramón de Ibarra, D. José Radón, D. José y D. Manuel Berenguer y D. Modesto Gutiérrez, a quienes por ser pobres y en premio de su aplicación, se les señalaron cuatro reales diarios a fin de que pudieran continuar sus estudios» (J. TINOCO VILLARROEL, 1951, p. 317).

128 Citado en A. RUMEU DE ARMAS, 1980, p. 288. Chaix visitó los observatorios de Oxford y Cambridge, y estudió en las Universidades de Glasgow y Edimburgo (J. TINOCO VILLARROEL, 1951, p. 321). Probablemente también estudió en Londres.

129 Para ello, con objeto de perfeccionar sus conocimientos y habilidades, los mecánicos-instrumentistas Carlos Rodríguez y Amaro Fernández son pensionados por el rey a Londres, donde construyen un telescopio gregoriano.

130 J. TINOCO VILLARROEL, 1951, p. 326.

> «al gran templo que hice alzar a esos estudios en la capital del Reino. Mía fue la fundación del ilustre cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos del Estado [...], cuyo objeto fue el estudio y cultivo de la astronomía teórica y práctica en todos sus ramos y en la plenitud de las ciencias matemáticas, con aplicación conveniente a la navegación, a la geografía, a la agricultura, la medicina, la estadística, y los usos todos de la vida social en los varios renglones que dependen de estas ciencias o que con ellas tienen relación»[131].

En Francia existía un Cuerpo de Ingenieros Geógrafos Militares desde 1726 y otro de Geodestas (organizados entre 1668 y 1672), asociados al Observatorio de París. El Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos español se inspira en ambos e integra sus funciones. Sus Ordenanzas (R. O. de 19-VII-1796), donde se especifican sus cometidos y organización, se publican en 1796[132], quedando claramente plasmada su pretensión científica y técnica:

> «Todo establecimiento literario pierde su energía, y tal vez se hace inútil con el curso de los tiempos, si desde los principios no se organiza del modo más conveniente para que la ciencia a que se destina haga continuos progresos, [la] deterioración proviene esencialmente de no llevar paralelos los dos ramos que forman la teórica y la práctica de ella, como también sus aplicaciones y usos en la vida social».

También se concretan los objetivos generales:

> «He resuelto dar a mi Real Observatorio Astronómico de Madrid un arreglo y orden que abrace los tres puntos indicados, esto es: 1.º el cultivo de la teórica y práctica de la Astronomía; 2.º sus usos y aplicaciones en la vida civil, Navegación, Medicina, Agricultura y Geografía; 3.º el modo de que siempre haya Profesores que lleven adelante las útiles miras que en dicho establecimiento me he propuesto».[133]

Desde un punto de vista práctico, se indica la función cartográfica como trascendental:

> «Para que además de la ocupación del cultivo de la Astronomía tenga este Cuerpo una en que constantemente pueda emplear sus individuos con utilidad del público, es mi Real ánimo que a su cargo quede la formación de la Carta Geométrica del Reyno y de qualesquiera otras particulares o generales que de estos mis dominios se hayan de formar [...]. Lo mismo se entenderá de mis dominios ultramarinos; por manera que al cargo de dicho Cuerpo estará el levantar y formar las Cartas Geográficas, ya sea dentro del Continente, ya sea fuera de él en mis dominios de América».

Además de funciones docentes, la «enseñanza pública de la Astronomía teórica y práctica», se encarga al Cuerpo la elaboración de la *Historia celeste Carolina*, una

---

131 M. GODOY, PRÍNCIPE DE LA PAZ, *Memorias,* 1, p. 203.

132 *Ordenanzas del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado, y del Real Observatorio*, Madrid, Imprenta Real, 1796. Una reproducción se ofrece como anexo en M. RUIZ MORALES, 2003; se realizó una edición facsimilar por el Instituto Geográfico y Catastral, con ocasión de la prevista inauguración del Observatorio Astronómico Nacional de Yebes, Guadalajara [s.f.].

133 *Ordenanzas del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado*..., 1796, pp. 3-4.

recopilación de las observaciones astronómicas, realizadas no sólo desde el observatorio madrileño, así como tareas de observación meteorológica. También «la formación del Calendario para todos mis dominios, quitando y aboliendo qualesquiera privilegios que a esto contradigan», cuestión que sirve para allegar fondos a la maltrecha economía del Observatorio, fruto de los tiempos belicosos en que la iniciativa tiene vigencia. Cuerpo militar facultativo, el director daba cuenta directa a su jefe, el mismísimo primer ministro de Estado, el Príncipe de la Paz.

Las disciplinas que han de impartirse definen la especialización científica y técnica del Cuerpo: Aritmética y geometría; Cálculo infinitesimal y mecánica sublime; Trigonometría plana y esférica; Óptica con todas sus partes; Astronomía sintética; Astronomía física; Astronomía práctica; Meteorología y sus aplicaciones; Hidrostática e hidráulica; Formación de cartas geográficas y geométricas; Diseño y formación de planos. Para el ingreso es necesaria una formación matemática de al menos dos años. Según las Ordenanzas (art. I.10), «los aspirantes desde luego que sean recibidos en el Cuerpo asistirán a la clase de cálculo infinitesimal, en la qual perseverarán por espacio de seis meses sin asistir a ninguna otra». Como cuerpo facultativo, los ascensos son por méritos en el ámbito de las disciplinas específicas: astronomía, matemáticas, mecánica y meteorología.

No cabe duda de que la nueva creación supone una amputación de funciones al Cuerpo de Ingenieros Militares, para el que la cartografía terrestre había sido hasta entonces, y habría de seguir siendo, una tarea esencial. Puede sorprender que un cuerpo de carácter tan científico-técnico[134] se cree como militar, partiendo incluso de miembros con nulo contacto previo con la milicia. De hecho, el plan propuesto desde la dirección del Observatorio es la creación de un cuerpo civil, y así lo recoge el propio Godoy, quien en sus *Memorias* reconoce el objetivo de «formar un cuerpo luminoso de geografía física, matemática y civil de todo el reino». Los empleos facultativos (director, vicedirector, profesores, sustitutos y aspirantes) así lo hacen intuir. Pero la Ordenanza es inequívoca:

> «Para manifestar el aprecio que merecen en mi Real ánimo los sujetos que se dedican al estudio de la Astronomía, he tenido a bien crear de todos estos individuos un Cuerpo militar con la denominación de Ingenieros Cosmógrafos de Estado, concediéndoles las mismas preeminencias que a los demás Cuerpos facultativos de mi Exército».

Cierto es que en el Antiguo Régimen la valoración social de la milicia, muy vinculada a la nobleza, era importante, pero quizás la creación como cuerpo militar amortiguara las suspicacias de los ingenieros militares y probablemente también de la Marina. Al tiempo se perpetúa la tradición setecentista de dar carácter castrense a las

[134] «Los jóvenes quando entran en el Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado traen el espíritu acostumbrado al raciocinio matemático, y por consiguiente tienen más facilidad que otros en adaptar la exactitud y rigor demostrativo a las ideas que se les presentan», se dice en la p. 18 de sus *Ordenanzas*, que nunca hacen mención explícita a tareas militares.

4.13. Capitán del Real Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado y edificio del Real Observatorio de Madrid. *Según J. TINOCO (1951, p. 323), el uniforme es: casaca verde con chupa, solapa, collarín y vuelta encarnada, botón dorado, sombrero sin galón y tres estrellas de oro por emblema en la vuelta. El dibujo corresponde al Estado Militar de 1801 (Anne Brown Collection, Brown University Library, Rodhe island, EE. UU.). Tanto el documento que porta el ingeniero (plano de una fortificación) como el fondo de la escena (fortificación) son impropios para este cuerpo, lo que sugiere una reutilización del grabado o, muy hipotéticamente, la proclamación de una cierta "proximidad" al Cuerpo de Ingenieros Militares. A comienzos del siglo XIX, la casaca verde era utilizada por los estados mayores de Artillería e Ingenieros, teniendo, por tanto, un marcado sentido de oficial facultativo. El edificio del Real Observatorio es una de las obras maestras de Juan de Villanueva, 1790 (fot. solarizada: M.S.S.).*

instituciones estatales relacionadas con la técnica y la ingeniería, exceptuados los arquitectos, que desde el comienzo se definen como profesión civil y liberal. Además, la financiación dentro del marco del Ejército y la obediencia debida seguían pesando en este tipo de decisiones.

Dirigido por S. Jiménez Coronado, el cuerpo se organiza de forma jerárquica con graduaciones castrenses no muy altas: el vicedirector (J. Chaix, catedrático de Astronomía física) y los tres profesores primeros (J. Garriga, de Astronomía sintética; J. R. Ibarra, de Astronomía práctica y de Formación de cartas geográficas; M. Gutiérrez, de Cálculo infinitesimal) ostentan el grado de capitán. Otros tres profesores el de teniente (J. Larramendi, de Meteorología; R. de Oviedo, de Trigonometría plana y esférica y

óptica; y P. Dalanova, de Geografía y Calendario). Además se crean cuatro plazas de sustitutos de profesores con grados de alférez, y cuatro de aspirantes (cadetes) de número, con sueldo, así como ocho supernumerarios, sin sueldo.

Empleo facultativo	Graduación militar	Plantilla	Salario en rs./año
Director	Capitán	1	15.000
Vicedirector	Capitán	1	12.000
Profesor	3 Capitanes 3 Tenientes	6	11.000
Substituto (o ayudante de profesor)	Alférez	4	4.400
Aspirante de número	Cadete	4	2.920
Aspirante supernumerario	Cadete	8	–

Cuadro 4.5. Plantilla fundacional del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado (R. O. de 19-VIII-1796). Bajas graduaciones y salarios mínimos, curiosamente sin diferencias entre capitanes y tenientes (alférez, 400 ducados/año; cadete, 8 rs./día).

La historia de este cuerpo, pretendidamente civil pero finalmente militar, es muy breve. Un primer síntoma de su debilidad es el desafortunado episodio de confrontación con la Marina que dio al traste con la confección de la «Carta Geométrica del Reyno». El 2 de octubre de 1796[135], tras retornar la conocida expedición de Malaespina, el capitán de navío Dionisio Alcalá Galiano[136], uno de los héroes de Trafalgar, se dirigió a Godoy en respuesta a una *Instrucción para los geógrafos, hidrógraphos y astrónomos que hayan de trabajar en cosmografía en España*. En ella define un plan de trabajo según el cual «se dividirá todo en tres partes, una tocará a la geografía del reyno, otra a la orografía de sus costas y otra que será común para con las dos anteriores a la astronomía»[137]. Alcalá Galiano propone dos métodos de trabajo. El primero

[135] El rey refrendó las Ordenanzas del *Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos...* el 19 de agosto anterior, es decir, ¡tan sólo mes y medio antes!

[136] Dionisio Alcalá Galiano, junto con José Espinosa y Tello, y José M.ª de Lanz, entre otros oficiales destinados al Observatorio de Marina de Cádiz, colaboraron en el levantamiento cartográfico de las costas peninsulares y de sus correspondientes africanas, trabajo para el que fue comisionado en 1783 Vicente Tofiño. Los resultados se publicaron entre 1785 y 1788 como *Atlas Marítimo de España*, trabajo en el que se utilizó el método de triangulación, combinándose observaciones terrestres y marítimas, lo que marca el comienzo de la cartografía náutica española moderna. Alcalá Galiano fue el primero que calculó la latitud por medio de la altura polar, observada a una distancia arbitraria del meridiano, en su viaje al estrecho de Magallanes en 1785.

[137] En este episodio seguimos el relato de S. GARMA PONS, 2002, pp. 329-330.

consiste en determinar mediante observaciones astronómicas la posición de las capitales, así como algunos puntos notables por provincia, cerrando por triangulación las determinaciones intermedias a partir de las absolutas. El segundo, de mayor precisión y coste, se basa en establecer una triangulación minuciosa a partir del meridiano de Madrid, alcanzando toda la península. Godoy aprueba este segundo método, que, con dos equipos, se piensa dará el resultado apetecido en unos seis años. De este modo, Juan Vernaci, el director del segundo equipo, se va a Londres a comprar los instrumentos necesarios. Enterado Jiménez Coronado, le pide al Príncipe de la Paz que se cumplan las Ordenanzas del Cuerpo, con lo que se aborta la iniciativa de la Marina. Por su parte, Jiménez Coronado presenta un plan alternativo en 1800, pero aunque se comienzan los trabajos, no se conocen sus resultados. En suma, unos por otros, la tarea por resolver. *¡Nihil novum sub sole!*

La definición como cuerpo militar facultativo contribuye, en análisis del propio Jiménez Coronado[138], a su rápida disolución, dado que, aunque esencialmente científico y civil por misión, se exigen «circunstancias de hidalguía y asistencias» a los aspirantes (en contra de lo que fue la captación previa al cuerpo). Por otro lado, los salarios que se ofrecen son bajos (algo quizás comprensible en el entorno belicista y con la enorme crisis de la Hacienda en que esta operación se desarrolla). Finalmente se añaden los problemas de promoción en un ámbito que no debía ser tan jerarquizado:

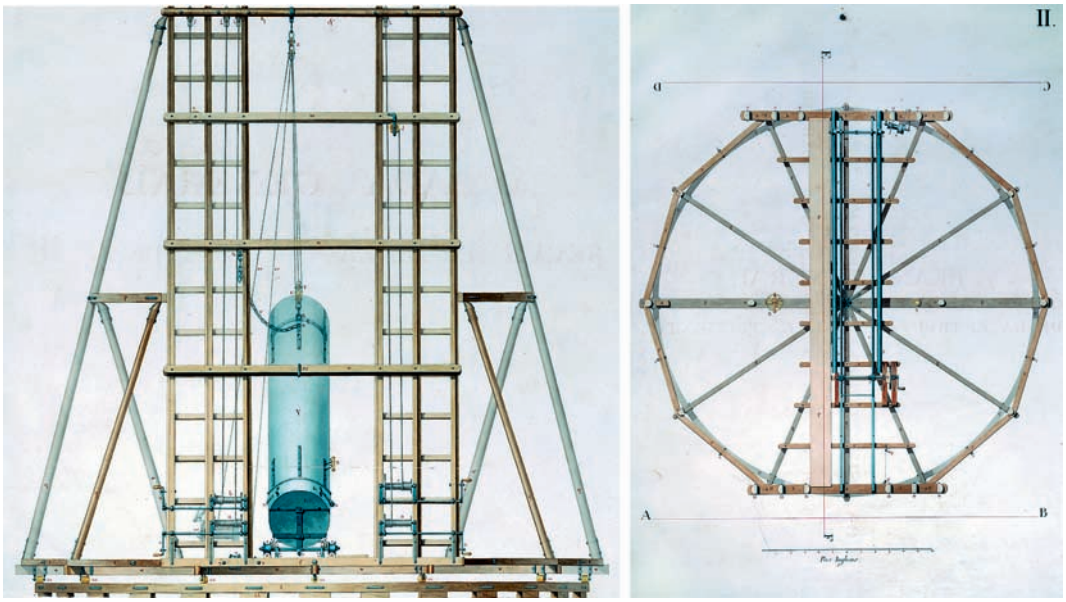
> «Siendo pocas las plazas de Capitanes, a que todos aspiran, y debiendo ser muchas más las de jefes de cuadrilla, sucederá indispensablemente que a la vuelta de dos años se hallarán Cadetes y supernumerarios haciendo los mismos trabajos que los capitanes, sin tener ni tanta utilidad, ni tanto ascenso, y ni aun esperanza de conseguir lo uno y lo otro sino después de muchos años».

Equilibrio "inestable" desde un punto de vista profesional, según Jiménez Coronado:

> «Los jóvenes [...], apenas se hallan instruidos, piensan en ver cómo han de desamparar el establecimiento en el que recibieron las luces e instrucción. Testigos de esto pueden ser los Cuerpos de Ingenieros de Marina, de campaña, y aun la Artillería, sin hacer cuenta de los que han salido para Caminos, para el de Balanza, Química y Mineralogía. Por manera que puede decirse que este establecimiento ha sido útil para todo menos para sí mismo; siendo, entre otras cosas principales, una la organización militar que tan lentamente les proporciona sus adelantamientos».

Desalentador análisis que se puede comprobar, por ejemplo, con el abandono en 1799 del teniente J. A. de Larramendi, así como del subteniente F. J. Van Baunberghen (uno de los profesores sustitutos), sólo tres años después del nacimiento del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos. Ambos se incorporaron a la Inspección General de Caminos y Canales. Además, aunque no en exclusiva, el capitán J. Chaix pasó a for-

[138] En escrito de 15 de mayo de 1804 al ministro de Estado, Pedro Cevallos.



4.14. Telescopio Herschel de 25 pies instalado en Madrid en 1804*: Alzado trasero y planta, según los dibujos enviados desde Londres por José Mendoza y Ríos, comisionado para supervisar la construcción del telescopio reflector construido por William Herschel para el Real Observatorio de Madrid (Observatorio Astronómico Nacional, Madrid).*

mar parte de la plantilla de profesores de los estudios de la citada Inspección, en el momento de su fundación por Betancourt, en 1802.

En el escrito del que se entresacan las frases anteriores, el director propone la supresión del Cuerpo, a lo que accede el monarca (R. O. de 31-VIII-1804), dando al Real Observatorio una estructura civil, aunque más reducida; incluso le exonera de la realización de la «Carta Geométrica del Reino», ya que únicamente deberá coordinar los trabajos que realicen las intendencias. Jiménez Coronado seguirá de director del Real Observatorio, mientras que J. M. de Sarasa será profesor de Astronomía teórica, y J. Chaix de Astronomía práctica; M. Gutiérrez atenderá la Meteorología y J. R. de Ibarra se encargará del telescopio Herschel de 25 pies, con el que comenzó a observarse el 18 de agosto del mismo año. Poco después, cuando la nueva organización esté en condiciones de producir sus primeros frutos, las tropas napoleónicas tirarán por tierra toda esperanza, llegando a quemar parcialmente la biblioteca e incluso a destruir gran parte del instrumental, en particular su pieza emblemática, el gran telescopio Herschel.

IV

«Geometría Subterránea y Mineralogía»: la ingeniería de Minas

La minería y la metalurgia tienen un marcado interés estratégico para la Corona, no sólo en lo relativo a las explotaciones argentíferas y auríferas en ultramar, la «savia del Imperio» (lo que implica la significada atención a la producción de azogue en Almadén, *Al-ma'din,* 'La mina'), sino también en cuanto a las de cobre y estaño (necesarios para hacer los cañones de bronce), de hierro y de carbón mineral. Este último será sustituto imprescindible del carbón vegetal, ya que las explotaciones forestales intensivas agotan las reservas madereras o erosionan gravemente los equilibrios ecológicos[139].

La génesis de lo que terminará formalizándose como Cuerpo de Ingenieros de Minas[140] puede rastrearse en una de las creaciones más notables para la enseñanza minera en el último cuarto del siglo, la «que menos llamó la atención en su origen»[141], la Academia de Almadén (1777). Entre otras iniciativas paralelas se encuentran el Real Seminario Patriótico Vascongado (fundado en 1776), sito en Vergara, que proveerá a la Academia almadenense de alumnos distinguidos, especialmente tras estudiar en las Cátedras de Química y Mineralogía[142]; la Escuela en el centro productivo de La Cavada[143]; las diversas escuelas en el ámbito químico-minero-metalúrgico que se crearán en Madrid[144]; y el Real Instituto Asturiano de Náutica y Mineralogía (1794), con sede en Gijón[145]. El Seminario de Vergara, creado a instancia de la Real Sociedad Económica Vascongada de Amigos del País (fundada en 1764), es una de las instituciones más significativas de la ciencia y la técnica hispana setecentista, que puso en marcha

---

139 Sobre la evolución de las técnicas empleadas y la producción, véase Julio SÁNCHEZ GÓMEZ: «Minería y metalurgia en España y la América Hispana en tiempo de Ilustración: el Siglo XVIII», capítulo 5 del volumen siguiente de esta colección. A ello ha de añadirse la actividad del Real Cuerpo de Artillería en lo concerniente a la fundición de cañones (hierro y bronce) y sus municiones, en parte esbozado en J. HELGUERA QUIJADA: «La introducción de nuevas técnicas: de la inmigración tecnológica al espionaje industrial», capítulo 1 del volumen III de esta colección; también aludido en E. HIDALGO, 2002, especialmente pp. 433-447.

140 Creado en 1833 a instancias de Timoteo Álvarez de Veriña y Cadrecha, antiguo alumno del Real Instituto Asturiano.

141 Seguimos particularmente en esta sección, con respecto a la Academia manchega, los trabajos de E. MAFFEI, 1877; LÓPEZ DE AZCONA, 1978; y MATILLA TASCÓN, 1987.

142 L. SILVÁN, 1953; I. PELLÓN y R. GAGO, 1994; I. PELLÓN y P. ROMÁN POLO, 1999.

143 J. ALCALÁ ZAMORA Y QUEIPO DE LLANO: *Historia de una empresa siderúrgica, los altos hornos de Liérganes y la Cavada, 1622-1834,* CSIC/Diputación Provincial, Santander, 1974.

144 Véase, por ejemplo, A. RUMEU DE ARMAS, 1979; y E. HIDALGO, 2002.

145 A. RUIZ DE LA PEÑA SOLAR: «El Instituto de Gijón: un paraíso perdido», en *Jovellanos, Ministro de Gracia y Justicia*, Fundación La Caixa, Barcelona, 1998, pp. 80-89.

cátedras de Mineralogía y Química[146]; pese a su esplendor inicial, hacia 1794 ambas se encontraban en franca decadencia, sufriendo además la destrucción de los laboratorios por las tropas francesas en la guerra contra la Convención; no se reconstruirán debido a la endémica escasez de alumnado. Por otro lado, hacia 1803, con la caída en desgracia de su influyente mentor, Gaspar Melchor de Jovellanos, el instituto gijonés quedó circunscrito a las enseñanzas náuticas.

Entre tanto, por R. O. de 14-VII-1777, se designa director del establecimiento minero de Almadén al «ingeniero subterráneo» Enrique Cristóbal Storr, llegado desde Clausthal-Zellerfeld, en el Harz, en 1755. Particularmente activo y eficiente en la lucha contra el incendio declarado en las minas en 1756, ostenta la categoría de delineador[147], ejerciendo funciones de director. En su nuevo convenio, Storr propone la creación de unas enseñanzas especializadas, asumiendo la

> «obligación de enseñar a los jóvenes profesores de Mathemáticas que se remitirán de estos Reynos, y los de América, para que se destinen e instruyan en la theórica, y prácticamente, en la Geometría Subterránea y Mineralogía».

Éste es el modesto nacimiento de la Escuela de Delineadores o Geómetras Subterráneos de Almadén, que en sus primeros años no se reconoció propiamente como escuela o academia; simplemente recibía personas para ser instruidas en el «estudio de la Mineralogía y Geometría Subterránea». La captación de alumnos no fue tarea fácil, dado que se puso como requisito el conocimiento previo de las matemáticas, además de que eran muy positivas las perspectivas pecuniarias en ultramar para todos los que destacaban en el ramo. En 1778 se autoriza a seis jóvenes para ir a Almadén a cursar estudios (con 12 reales diarios como manutención); tres eran castellanos y tres catalanes, los últimos seleccionados por Pedro Lucuce, director de la Academia de Matemáticas de Barcelona. El progreso en los equipamientos se atisba al comprobar que en ese mismo año Storr contacta con un mecánico-instrumentista de Barcelona, Juan González, para que realice seis juegos de instrumentos para los alum-

---

146 A ellas se incorporaron en 1778 L. Proust y F. Chabaneau, que en 1786 consiguió (con la colaboración de F. Elhuyar y J. M.ª de Eguía, marqués de Narros) la purificación del platino, el «metal exclusivo de los españoles». También allí descubrieron el wolframio los hermanos Elhuyar en 1783.

147 En el XVIII los facultativos superiores y directores dedicados a la explotación minera se suelen llamar «delineadores», término que en esa época y en el sector minero-metalúrgico tiene un significado diferente al del extinto Cuerpo de Delineantes de Minas, o al que se le daba en el ámbito de los cuerpos facultativos militares de Ingenieros y Artillería. Se refiere a las personas que delinean, trazan, definen el camino a seguir. La situación cambia a finales de siglo, cuando se comienza a utilizar el término «ingeniero» (así lo solicita, por ejemplo, el primer director general de Minas de España, Francisco de Angulo, en un conocido informe de 1794). Como observación, el *Diccionario de Autoridades* de la Real Academia Española (vol. de 1733) no define ni «delineador» ni «designiador». Sin embargo, el *Diccionario Castellano con las voces de Ciencias y Artes* (Madrid, Viuda de Ibarra, 1786-1793) de Esteban Terreros y Pando, dice «delineador, el que hace diseños», al tiempo que «delinear, término de Arquitectura» es «expresar algún mapa, objeto o idea».

nos[148]; o que a iniciativa de José de Gálvez, secretario de Indias, mediante R. O. de 8-VI-1781, se ordena la edificación de la Casa Academia de Minas[149], para que también sea habitada por el director con su familia. En octubre de 1781 Carlos III expide a Storr «Real título de Director o Delineador de las especificadas Minas, que os sirva también de maestro de las Ciencias de Geometría Subterránea y Mineralogía».

Jubilado Enrique Cristóbal Storr en contra de su voluntad en julio de 1785, los alumnos se instalan en el nuevo edificio a finales de ese mismo año. La separación del servicio de Storr se debe a diversos incidentes, algunos motivados por sus creencias luteranas, otros por su avanzada edad y problemas de salud, que le llevaron a hacer dejación de responsabilidades docentes en los últimos dos años. Entre los alumnos de Storr sobresalen Francisco de la Garza, que llegará a ser director de la Academia en 1816, y Andrés Manuel del Río, profesor del Real Seminario Metálico de México a partir de 1794.

En 1783 se hace cargo de la dirección de las minas Juan Martín Hoppensack, que dos años después ya ejerce como director de la Academia. Introduce diversas mejoras tanto en la docencia como en la explotación del complejo minero[150]. Con objeto de reordenar las enseñanzas (informe de diciembre de 1785), el director denuncia la falta de textos adecuados en castellano, y precisa los requisitos para admitir alumnos, que deben estar «impuestos en los tratados de aritmética, Geometría especulativa, y práctica, algo de Dinámica y Arquitectura del Dibujo». Entre ellos destacaron Joaquín Cabezas, que fue profesor en la Real Escuela de Mineralogía de Madrid, y Diego de Larrañaga, director del centro almadenense desde 1802. El siguiente director será también de origen alemán: Juan Meyer (1791-1796).

Los directores centroeuropeos fueron competentes técnicamente, pero no satisficieron las expectativas. Además, cuestiones culturales, desde su conceptualización como "herejes" por parte del pueblo, o dificultades para la comunicación debido a las diferencias lingüísticas, hicieron recomendable su sustitución por profesionales españoles, a partir de 1796. El primero, Manuel Angulo, hermano del director general y visitador de las Minas del Reino, expensionado durante tres años en las academias de Schemnitz y de Freiberg (1791), ejercerá entre 1796 y 1799.

---

148 En una memoria de 1779 se describen y representan gráficamente modelos de brújula, nivel, semicírculo, angulario, estuche de compás, escales, reglas de metal, regla de granadillo, grapa de metal, mesilla de nogal, carrillo para devanar cuerda, anilla de metal, libro de memoria, piedra imán armada, candelero de latón, caja de cintura porta instrumentos, pie para mesilla y alicates (según J. M. LÓPEZ DE AZCONA, 1978, p. 71).

149 «Casa capaz, que sirva para la asistencia de éstos, con las oficinas correspondientes a la explicación de aquéllas, dibujo, planos, librería y demás que sean conducentes y conceptúe Storr».

150 Racionalizó las tareas de extracción, e impulsó la instalación de la primera máquina de vapor en una mina hispana, tarea que no llegó a cristalizar bajo su dirección.

4.15. Cadete de la Academia de Almadén *(uniforme según la reconstrucción de J. M. LÓPEZ DE AZCONA, 1977; dibujo de J. M.ª Bueno Carrera)* ***y Casa de la Academia de Minas.*** *Aunque con cordones de cadete, el uniforme no es exactamente el del Regimiento de la Corona de Nueva España (v. AGS, M. P. y D., XIV-83; S. G., leg. 6956), al que quedaron adscritos. El edificio de la Academia fue diseñado por Storr en conjunción con el maestro arquitecto Antonio del Villar y se culminó en 1785. De sólida fábrica, con fachada neoclásica en piedra berroqueña (en el proyecto era de ladrillo), tiene dos plantas.*

El plan de estudios en la academia manchega es bastante cambiante y las enseñanzas no todo lo formalizadas que cabe imaginar, aunque al parecer eficaces. Desde comienzos de la década, los estudios se van estabilizando bajo un esquema estructurado en tres ciclos: 1) "pregrado", que ha de proporcionar a los jóvenes aspirantes una buena base en matemáticas puras y mixtas (que, por ejemplo, obtienen en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando); 2) "grado", que realizan en la Academia de Almadén, donde residen unos tres años; 3) una suerte de "postgrado" o "perfecciona-

miento", como mínimo de un semestre, en las cátedras matritenses de matemáticas, mineralogía y química, al tiempo que unos pocos tendrán el privilegio de ir pensionados a academias o instalaciones relevantes de Centroeuropa. El "postgrado" en mineralogía y química se estudia en la Real Escuela de Mineralogía de Indias (y el Laboratorio Químico-Metalúrgico)[151], donde enseñan F. Chabaneau (de 1789 a 1797), el mineralogista y geognosta C. Herrgen (a partir de 1790) y el exalumno de Almadén J. Cabezas (a partir de 1794), con cursos sobre mineralogía, geognosia, metalurgia y laboreo de minas (investigación de criaderos, levantamiento de planos, construcciones subterráneas, rompimientos, entibaciones, etc.); o bien, a partir de 1799, en el

4.16. Uniformes profesionales de la Minería: *1) Maestro de la escuela práctica de Mineralogía y Metalurgia de La Cavada cuya Real Fábrica fue encomendada a la Marina en 1781 (privilegio de hidalguía concedido en 1784 y de uniforme en 1794); 2) Director de Beneficio de Minerales del Reino del Perú (privilegios de hidalguía y de uniforme concedidos en 1788); 3) Miembro del Importante Cuerpo de la Minería de Nueva España (la graduación corresponde a presidente del Real Tribunal); fundado por Carlos III en 1776, el uniforme les es concedido en 1811 por José Bonaparte (el Importante Cuerpo de la Minería del Reino del Perú se constituyó formalmente en 1785, otorgándoles Fernando VII el derecho a uso de uniforme en 1815). Los tres dibujos proceden de LÓPEZ AZCONA, 1977, debiéndose a J. M.ª Bueno Carrera.*

151 Creada en 1789 por el Ministerio de Hacienda, tras el éxito de la purificación del platino por Chabaneau en el Real Seminario de Vergara. Véase RUMEU DE ARMAS, 1979.

Laboratorio de Química dirigido por L. Proust, creado tras el abandono de Chabaneau y los problemas de Proust con la Inspección General de la Artillería, momento en que la Escuela de Mineralogía pasa a denominarse Real Estudio de Mineralogía. A los alumnos más aventajados se les envía pensionados a las academias de Freiberg (Sajonia, fundada en 1765) o Schemnitz (Hungría, fundada en 1770), con programas complementarios de visitas a explotaciones mineras importantes.

Como muestra de la valoración que otorga a la formación y trabajo riguroso en las artes de la minería, Carlos III concede como estímulo a los alumnos de Almadén los Cordones del Regimiento de Infantería de la Corona de Nueva España. De ahí que a «los jóvenes profesores de Mathemáticas» se les pase a denominar «cadetes»[152], aunque no se dé la condición de «alumnos de una academia militar»[153]. En realidad, la real concesión de estatus militar se produce a petición de los alumnos de la primera promoción (los castellanos en septiembre de 1778, los catalanes en enero de 1779), que solicitan «de S. M. le sean dispensados los Cordones de Cadetes de uno de los Regimientos de América para que este distintivo los autorice en sus empleos y evite gastos de vestidos»[154]. Lo anterior puede comprenderse mejor al recordar que, para aceptar su nombramiento como director de las minas, Carlos H. Koehler, el predecesor de Storr, solicitó el grado de capitán de Infantería, argumentando que «era costumbre de Alemania conceder patentes militares a los oficiales empleados en las minas»[155]. En este punto interesa resaltar que, recogiendo las conclusiones del informe de 1794 (22 de agosto) de Francisco de Angulo, primer director general y visitador de Minas del Reino (plaza creada en diciembre de 1788), Maffei afirma:

---

[152] Los cordones constituyen una divisa que distingue a los militares de cierto empleo y destino. Por lo tanto, a los alumnos de Almadén se les reconoce tal dignidad por iniciar su carrera en el ramo de la minería a través de la Academia (que, sin embargo, no es militar). El Regimiento de la Corona de Nueva España fue fundado en 1767 con residencia fija en la plaza de Veracruz y en el castillo de San Juan de Ulúa, donde continuó hasta finales del siglo XVIII (su uniformidad en 1788 se dibuja en AGS, M. P. y D., XIV-83; S. G., leg. 6956).

[153] Acepción común (DRAE). La derivada de su origen etimológico (del francés *cadet*) es aún más restrictiva: «Joven noble, generalmente segundón, que inicia la carrera militar».

[154] J. M. LÓPEZ DE AZCONA, 1978, p. 69.

[155] A. MATILLA TASCÓN, 1987, tomo II, p. 142. Koehler, al primero de la serie de directores germanos, fue traído a Almadén por el naturalista irlandés Guillermo Bowles, a su vez captado por Antonio de Ulloa, que contrató a diversos mineros alemanes para renovar las técnicas de explotación. Según A. MATILLA TASCÓN, 1987 (tomo II, p. 151-152), con posterioridad los cadetes de la primera promoción F. C. de la Garza y A. J. Rodríguez solicitaron sin éxito, con diferentes motivos, que se les promoviera al grado de alférez; lo mismo le ocurrió a F. A. Palacio. Sin embargo, según LÓPEZ AZCONA, 1977, p. 6, el rey termina accediendo a la pretensión el 13-IX-1781. Por otro lado, el número dos de la primera promoción, Andrés Josef Rodríguez, profesor de matemáticas del Real Colegio de Minería de México, fue a ultramar con el grado de capitán. También, Juan Enrique Storr, hijo del director, que ingresa en la Academia en 1781, se le concede el nombramiento de subteniente de tropas de Indias, adonde embarca en 1785 para trabajar como ingeniero en el ramo de la minería.

> «Sus conocimientos tenían más conexión con la profesión de ingeniero que con la del regimiento a que estaban agregados, en el cual por lo menos debían tener el grado de alféreces, siquiera los que fueren destinados a viajar»[156].

En suma, les "corresponde" una denominación de ingenieros que en esta época «no se daba siempre a los funcionarios destinados a la explotación de las minas», y que ha dejado de asociarse en exclusiva al ámbito militar. Angulo establece como principio que para ejercer empleos facultativos, económicos o gubernativos en explotaciones mineras, es preciso haber cursado estudios en la Academia almadenense o en una institución análoga. El sistema formativo está, pues, dejando de ser de tipo gremial, para exigirse una formación científico-técnica "reglada", como ya ocurre con los ingenieros militares, los artilleros o los arquitectos, por ejemplo.

Por R. O. de 23-VII-1800 pueden ser hasta veinticuatro los cadetes (la mitad con 12 rs./día de sueldo). En 1801, tras el retorno de los primeros pensionados (Fco. de la Garza y D. Larrañaga), la Academia cuenta ya con tres profesores para las materias de geometría subterránea, mineralogía y dibujo, además de matemáticas. Será director en 1799-1802 Manuel Pérez y Estala, hermano de Tomás, ingeniero de la Compañía de Paños de Segovia (1789) y comisario ordenador honorario del Ejército (1798), que había sido enviado a Almadén e impulsó la introducción de la máquina de vapor para achicar agua.

Al comienzo del nuevo siglo, Carlos IV reconoce en una R. O. de 1800 la «necesidad de no perdonar gasto ni diligencia para proporcionar los profesores más sobresalientes en la ciencia de las minas». Como consecuencia, el director general de Minas propone una formación estructurada en: química mineralógica y metalúrgica; arte de minas; geometría subterránea; delineación; y (como muestra de la dependencia científico-técnica) alemán. En la subsiguiente reforma de los estudios, Francisco de la Garza pasa a ser profesor de Química, Diego de Larrañaga de Mineralogía, Metalurgia y Arte de minas, y Agustín Ugena de Dibujo y de Matemáticas (en clases abiertas, no sólo restringidas a los alumnos de la Academia). Las nuevas condiciones de ingreso hacen que en 1800 sean diez los candidatos que se incorporen.

El último director del período que nos ocupa es Diego de Larrañaga y Arrambarre, exalumno de la Academia, nombrado en 1802, al que le tocará sufrir las penalidades de la invasión napoleónica y que culminará su mandato en 1814. En la R. O. en que Larrañaga es nombrado director, se denomina al centro almadenense «Colegio de Minería y Geometría». Durante su mandato se separan la Mecánica Aplicada de la Geometría Subterránea o minería práctica (R. O. de junio de 1802).

En el período aquí visado, 1778-1808, ingresaron en la Academia de Almadén sólo 33 alumnos, es decir, una media de poco más de un alumno por año. Durante el mandato de Mayer, se dispusieron exámenes de ingreso. Como anécdota, cabe men-

---

156 E. MAFFEI, 1877, p. 13.

4.17. Alumno del Real Colegio y Palacio de la Minería de México. *Concedido el privilegio de hidalguía a los alumnos, a iniciativa de Elhuyar le seguirá el de uniforme (1792), añadiéndole la dirección del centro distintivos de distinguido por su conducta y por su aplicación (fuente: LÓPEZ AZCONA, 1977; dibujo de J. M.ª Bueno Carrera; véase también: FLORES CLAIR, 2002, pp. 198-199, y SEFI, 1979, pp. 74 y 78). Puramente civil, símbolo de distinción frente a otros estudiantes o a los mineros, al tiempo que reduce la manifestación de diferencias sociales entre los compañeros, al uniforme se le terminó añadiendo un espadín. El monumental palacio, «templo de las ciencias» y magnífico símbolo del poder del Importante Cuerpo de la Minería Novohispana, es un singular edifico neoclásico con reminiscencias barrocas italianizantes, en claro contraste con la arquitectura imperante en la ciudad; fue diseñado por el escultor y arquitecto valenciano Manuel Tolsá (1757-1816); construido entre 1797 y 1813, el colegio se comenzó a ocupar en 1811 (dibujo atribuido a Tolsá, Archivo de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM).*

cionar que a Juan López de Peñalver se le deniega la entrada en julio de 1783; colaborador de Francisco de Angulo en 1786-1787[157], aparecerá en el entorno de Agustín de Betancourt en París en 1788.

Una iniciativa de la Corona que en este contexto no se puede olvidar es la creación del Colegio de Minería de México[158], organizado dentro de las *Ordenanzas para la dirección, régimen y gobierno del importante Cuerpo de la Minería de Nueva España y su Real Tribunal General* (1783), y que abrió sus puertas en 1792. Su creación se sitúa en el marco de la creación de estímulos a la decaída minería novohispana, que arranca con la R. O. de 1-VII-1776, mediante la cual Carlos III dispuso que «el importante Gremio de la Minería de la Nueva España se pudiese erigir, y erigiese en Cuerpo

4.18. Fausto de Elhuyar y de Suvice (1755-1833) y Andrés Manuel del Río Fernández (1765-1849) *(el primero es un retrato atribuido a A. Mengs, Consejo General de Minería, Madrid; el segundo pertenece al Real Seminario de Minería de México). Los hermanos Elhuyar descubrieron el tungsteno o wolframio (1783) y Del Río el vanadio (1801). Fueron insignes director y profesor, respectivamente, del Real Seminario de Minería novohispano, la primera escuela de ingeniería de América.*

157 E. LLUCH: «Juan López de Peñalver en los orígenes de la economía matemática», estudio preliminar de *Escritos de López de Peñalver*, Instituto de Cooperación Iberoamericana, Antoni Bosch editor, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, 1992, pp. XXIV-XXVII. En J. M. LÓPEZ de AZCONA, 1978, p. 79, se abre la puerta a una negación del ingreso debido a estar completas las plazas.

158 E. FLORES CLAIR, 2002; J. L. PESET, 1989.

formal, como los Consulados de Comercio de mis Dominios»[159]. El 4-V-1777 se procedió a su erección en «Cuerpo Formal»[160].

Fausto de Elhuyar y Zuvice, antiguo profesor del Seminario de Vergara, en México desde 1788 (había sido nombrado director en 1786), atrajo al Real Colegio a algunos antiguos alumnos de la Academia de Almadén o formados en Schemnitz. Entre éstos llega a finales de 1794 Andrés del Río, descubridor del vanadio (1801, al que llama pancromo o eritronio)[161]. La propuesta inicial de Elhuyar para el plan de estudios consta de cuatro cursos[162]:

> «El primer año las Matemáticas puras en que se comprenderá la Aritmética, el Álgebra, la Geometría elemental, la Trigonometría plana, y las secciones cónicas.
>
> El segundo la Geometría práctica, cuyas aplicaciones se dirigirán a las operaciones propias y usuales en la Minería, comprendiendo por consiguiente en ella la que llaman Geometría Subterránea, y a continuación la Dinámica, y la Hidrodinámica.
>
> El tercer año la Chîmia, reducida a la parte del reyno Mineral, y comprendiendo también en ella la Mineralogía o conocimiento de los Minerales [...] y a continuación la Metalurgia que trata de los diversos métodos y operaciones con que se benefician generalmente todos los productos subterráneos.
>
> El quarto año la Física subterránea o Teoría de las Montañas, como introducción al laboreo de las Minas que debe seguir y comprender todas las faenas que ocurren en las escabaciones subterráneas, desde el primer reconocimiento de un terreno hasta la extracción de los frutos y demás materias fuera de ellas.»

---

159 Preámbulo de las mencionadas Ordenanzas de 1783.

160 Aquí «Cuerpo Formal», no tiene el sentido de Cuerpo Facultativo del Estado, sea civil o militar, como son los de Ingenieros, o el de Artillería. En este caso se trata de «conjunto de personas que desempeñan una misma profesión» (DRAE), que poseen un estatus especial. Está formado por los empresarios, los dueños de las empresas mineras. Buscan un mayor prestigio social (que tratarán de reflejar en la construcción de edificios representativos o en el uso de uniforme privativo) y un fuero y juzgado propios, el Real Tribunal General de la Minería que se constituye el 24 del mismo mes de mayo.

161 Durante el Siglo de las Luces y hasta la guerra de la Independencia fueron doce los nuevos elementos encontrados, tres de ellos por españoles. Además del wolframio y del vanadio, Antonio de Ulloa y de la Torre identificó en Nueva Granada la platina que, como se ha mencionado, fue refinada por Chabaneau en Vergara. Pues bien, dos de los descubridores fueron profesores en el Colegio Novohispano, la más importante institución de ingeniería de la América del momento, alabada por el propio Humboldt.

162 En el *Plan del Colegio de Minería presentado al Real Tribunal General, por su Director* (12-I-1790), Fausto de Elhuyar propone que los alumnos vistan «un uniforme, y como menos manchoso, podría escogerse uno azul, con Collarín y buelta encarnada y botón dorado, y en éste por divisa la estampa de las dos letras C. M. iniciales de Colegio, o Cuerpo de Minería o en su lugar la de un pico y una cuña cruzados en aspa, o bien los tres signos del oro, la plata y el azogue».

Las cuatro cátedras establecidas en el Seminario Novo Hispano fueron: Matemáticas puras; Dinámica, hidrodinámica y geometría subterránea; Química mineralógica y metalúrgica; y Teoría de las montañas y laboreo de las minas. Según el *Plan del Colegio de Minería* (1790), de Fausto de Elhuyar:

> «concluidos los quatro años del Colegio se repartirán los Colegiales a los Reales de Minas, en donde dirigidos por los peritos facultativos, se exercitarán en la práctica de las operaciones y laboríos, durante dos años, al cabo de los quales, examinados en el Tribunal, se les despacharán los títulos correspondientes, para que en qualquiera parte puedan exercer su facultad».

En suma, del mismo modo que los arquitectos de la peninsular Academia de Bellas Artes de San Fernando, se expiden títulos civiles con competencias profesionales. Como muestra del prestigio y de las esperanzas puestas en el centro, el ministro de Indias ordena en 1798 que sus egresados sean reconocidos en todo ultramar:

> «Verificado el examen de los jóvenes de más aplicación y aprovechamiento, propongan el maestro, el director y éste, por medio de V. E., aquellos que tengan disposición y ninguna dificultad para pasar con el destino de directores e ingenieros de Minas a los virreynatos del Perú y Buenos Aires, y a las provincias de Guatemala, Quito y Chile a establecer el mejor, más seguro y económico método de extracción y beneficio»[163].

La experiencia ganada por Fausto de Elhuyar al frente del Tribunal del Importante Cuerpo de la Minería y del Colegio le permite, a su regreso a España tras la independencia de México, renovar el panorama legislativo (ley de Minas de 1825) y técnico-administrativo, sentando las bases para la creación del Cuerpo de Ingenieros de Minas, e indirectamente para el traslado de la Academia de Almadén a Madrid (1835), quedando transformada la manchega en Escuela de Práctica. La valoración social de los nuevos ingenieros de Minas, educados sobre la base de enseñanzas regladas tanto en los territorios europeos como en los americanos, fue creciendo frente a la de los técnicos empíricos, formados en prácticas gremiales en el tajo. Como en otras especialidades, su aceptación en los medios productivos no fue un proceso lineal, ni se dio sin resistencias. Cabe reseñar que la incorporación de los «cadetes» de Almadén al trabajo en las minas supuso los mismos problemas socio-profesionales que, por ejemplo, la nueva tecnificación del pilotaje de barcos en el XVI, donde los cosmógrafos eran tildados de «pilotos de salón» y los marineros de «rudas personas». Veedores y entibadores aceptaron mal la presencia de estos nuevos profesionales. Según relato

---

163 S. RAMÍREZ: *Datos para la historia del Colegio de Minería*, México, 1890. Reproducido de J. L. PESET, 1989, p. 242. No obstante, hay una lectura complementaria, menos triunfal, que apunta la lucha del director «para conseguir prebendas y privilegios para los estudiantes», ante la cerrazón de las elites mineras locales (FLORES CLAIR, 2002, p. 217). Esta visión ha de contemplarse también desde la perspectiva de los clásicos enfrentamientos entre facultativos con rigurosa formación y "prácticos" nacidos en clanes profesionales con poder.

de uno de los jóvenes matemáticos de la primera promoción de la Academia manchega, le manifestaron que

> «todos los de su Nación y todos los de su casta no eran capaces de aprender, ni de entender, por más que se les enseñasen, lo que debe saberse en las minas, y que somos unos inútiles, que ni para descalzarle ni limpiarle los zapatos servíamos»[164].

Inicialmente centrados en las áreas técnicas relacionadas con el espacio subterráneo y los geo-recursos, los ingenieros de minas ampliarán su quehacer a lo largo del siglo XIX a cuestiones de energía y, posteriormente, de materiales.

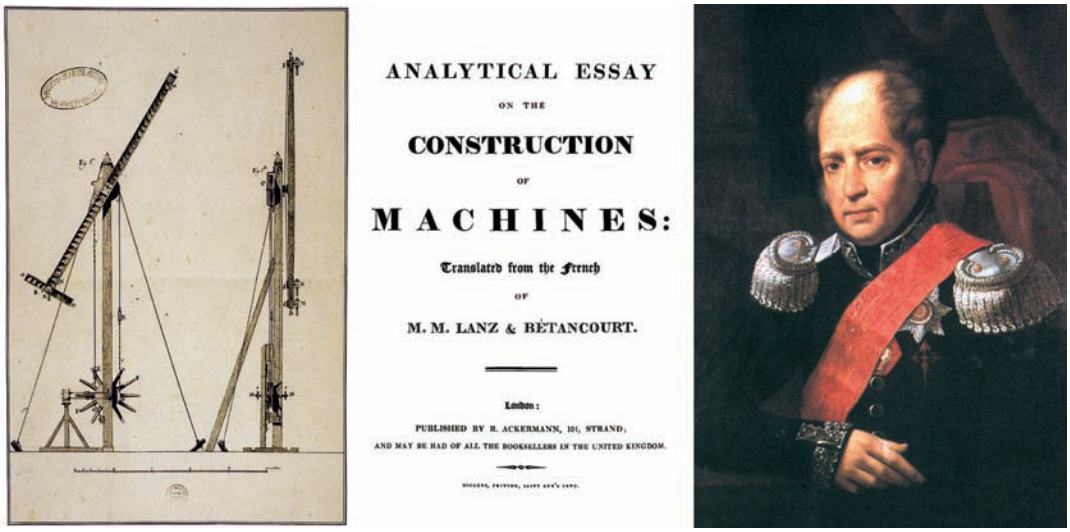
V

La creación de una especialidad civil de ingeniería para la obra pública: la Inspección de Caminos y Canales

Como se ha dicho, los ingenieros militares, además de funciones castrenses, tenían desde sus comienzos la misión de actuar técnicamente en la ordenación del territorio a través de las infraestructuras necesarias, tarea que pasa a tener una importancia estratégica en el Estado centralizado que impulsan los Borbones. Pero se ha de evidenciar la inexistencia de un órgano específico de la Administración dedicado a la programación, ejecución y mantenimiento de las obras públicas, ya que si las actuaciones esenciales de estructuración del territorio (principales caminos radiales y grandes canales de navegación o regadío, en particular) dependen de la Corona, otras obras importantes, aunque de carácter más local, están al cargo de corporaciones municipales, nobleza territorial, señoríos eclesiásticos o entidades de muy variada condición. Desde esa perspectiva, las ordenanzas de los ingenieros militares de 1774, creando el ramo de «caminos, puentes, edificios de arquitectura civil y canales de riego y navegación», muestran una voluntad decidida de potenciación de este sector, máxime cuando es Sabatini, persona de gran confianza del rey, quien se encarga de su dirección. Pero la creación de este ramo específico puede contemplarse dualmente como una especialización necesaria o como una "defensa" frente a los arquitectos de la Academia de San Fernando, que empiezan a ganar posiciones en la oficialización de las prerrogativas profesionales de sus títulos. Por otro lado, a comienzos del último cuarto del siglo, la pervivencia de las atribuciones de los ingenieros militares en el ámbito puramente civil comienza a ser, ciertamente, un anacronismo, como le indica por carta el conde de Fernán Núñez a Floridablanca en 1788. Pero los arquitectos no son los únicos facultativos competidores[165], ni los más

[164] J. M. LÓPEZ de AZCONA, 1978, p. 75.

[165] También participaban maestros de obras, picapedreros, técnicos extranjeros de diversa cualificación y acierto, e incluso eclesiásticos, frailes en particular, supervivientes de una tradición secular.



4.19. Agustín de Betancourt, 1758-1824 *(retrato anónimo con el uniforme de teniente general del ejército ruso y venera de la Orden de Santiago; E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos, Madrid). Fundador de la escuela madrileña y de la correspondiente rusa, fue prolífico proyectista e inventor. Auténtico ingeniero enciclopedista, impulsor del primer experimento aerostático en España (1783; vid. ilustración 2.12), introdujo en el continente europeo una máquina de vapor de doble efecto (1789; vid. ilustración 3.13), y en colaboración con Louis Breguet inventó un nuevo telégrafo y lenguaje telegráfico (1796; al que corresponde la fig. 1 de esta ilustración). Su* Ensayo sobre la Composición de las Máquinas *(con J. M.ª de Lanz, 1808) se considera el primer texto de Cinemática Industrial (aquí, portada de su traducción al inglés, 1820). El Real Gabinete de Máquinas fue reutilizado por el Real Conservatorio de Artes (1824), germen del Real Instituto Industrial, primera escuela superior de ingeniería industrial (1850).*

importantes. Baste recordar que en Francia existe un cuerpo de Ponts et Chaussées que se puede considerar creado en febrero de 1716[166], aunque la formación y métodos de trabajo de sus miembros en las primeras décadas de existencia del cuerpo, con algunas excepciones notables, dejase que desear. A modo de oficina cartográfica de éste, en 1744 se crea el Bureau des Dessinateurs, del que tres años después será nombrado director Jean-Rodolphe Perronet, miembro del cuerpo desde 1735, con el doble cometido de (orden de 14-II)

> «dirigir e inspeccionar a los geógrafos y dibujantes de planos y cartas, instruir a los dibujantes en ciencias y prácticas necesarias para llegar a desempeñar con capacidad los diferentes empleos de los mencionados [ingenieros de] Puentes y Calzadas, y guardar los planos y memorias correspondientes».

166 G. SERBOS: «L'École Royale des Ponts et Chaussées», en R. HANN y R. TATON (eds.), 1986, pp. 343-363. En 1733 tenía un inspector general, un arquitecto primer ingeniero, tres inspectores y 21 ingenieros.

Es decir, se trata de una oficina central de diseño que contiene una incipiente escuela. Esta última irá ganando peso hasta el reglamento de 1775, que fija una duración de tres cursos y 30 alumnos por clase. La escuela desaparecerá con la Revolución para "reaparecer" en el marco de la reforma que condujo a la creación de la École Polytechnique[167].

En abril de 1784 el tinerfeño Agustín de Betancourt y Molina llega a París pensionado por la Secretaría de Indias para estudiar «geometría y arquitectura subterránea», con el objeto de dedicarse a la dirección de trabajos en el ramo de minas[168]. Sin embargo, tras su previa visita de inspección a las obras de Canal Imperial de Aragón[169] y su aproximación a la École des Ponts et Chaussées, se orienta hacia la ingeniería hidráulica; en palabras de Floridablanca[170], para trabajar en «hidráulica y maquinaria, en que ha mostrado particular genio y adelantamiento». Al año siguiente llega a la capital francesa un grupo de pensionados, el denominado «equipo hidráulico», destinado a formarse en contacto con la École des Ponts et Chaussées; el grupo es dirigido por Betancourt. El equipo hidráulico se dedicó a construir o adquirir, de forma sistemática, una magnífica colección de máquinas para traerlas a España y propagar con ellas la innovación técnica en el país. De las maquetas, unas son réplicas en miniatura de grandes ingenios existentes, otras materializan diseños interesantes de la literatura, finalmente también hay máquinas inventadas por miembros del propio equipo, Betancourt en particular. Con este material se crea en 1788, aunque no abre sus puertas hasta 1792, el Real Gabinete de Máquinas[171], que encuentra acomodo en uno de los pabellones del Buen Retiro de Madrid. Se nombra director a Betancourt y subdirector al ingeniero y economista malacitano Juan López de Peñalver y de Sayas, que

---

167 A. FOURCY, 1828; B. BELHOSTE *et alii* (dirs.), 1994.

168 No se olvide que el joven Betancourt había informado sobre el estado de las minas de Almadén en 1783. Véase sobre sus informes A. MATILLA TASCÓN, 1987; I. GONZÁLEZ y J. PÉREZ (eds.): *Memorias de las Reales Minas de Almadén, 1783,* CICYT, Madrid, 1990. No sabemos a qué centro comenzó a asistir en París; en cualquier caso, la parisina escuela de Minas puede considerarse organizada a partir de la cátedra de mineralogía docimástica encargada al farmacéutico Baltasar-Jorge Sage, 1740-1824 (véase A. BIREMBAUT: «L'Enseignement de la Minéralogie et des Techniques Minières», en R. HAHN y R. TATON, eds., 1986, pp. 365-418).

169 Según Agustín de Betancourt, «la obra más grande en su género que jamás han emprendido los españoles y en nada cede a las más celebradas en otras naciones», en VILLANUEVA DEL PARDO (Marqués de) y Agustín de BETANCOURT: *Noticia de la Acequia Imperial, o Canal Real de Aragón,* 1783. Recogida en VV. AA.: *Canal Imperial de Aragón,* Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1984. Este entusiasta comentario habría que atemperarlo al considerar el otro gran canal hispano del siglo, el de Castilla, aunque diseño, ejecución y terminación responden a circunstancias muy diferentes.

170 AHN, Estado, leg. 4.169, caja 1.ª, doc. 11; cit. por RUMEU DE ARMAS,1980, p. 38.

171 Dispuso de 270 modelos, 359 planos y 99 memorias textuales. A. RUMEU DE ARMAS, 1990; J. FERNÁNDEZ e I. GONZÁLEZ (eds.): *Descripción de las Máquinas del Real Gabinete*, CICYT, Ediciones Doce Calles, Aranjuez, 1991.

también había iniciado su pensión en el ramo de minas[172], incorporándose al «equipo hidráulico» parisino en 1788.

Interesa señalar que, conocedor de la realidad parisina, y sin duda influido por Betancourt, el conde de Fernán Núñez se manifiesta en 1788 en los siguientes términos:

> «Los ingenieros militares tienen bastante que hacer dirigidos al ramo militar, y el de levantar los planos topográficos de las provincias del reyno (en que en tiempo de paz pudieran y aun debieran emplearse), a fin de tener un mapa grande, exacto, de todo él como sucede aquí, en Inglaterra, Holanda, Países Bajos y otras partes. Los ingenieros ydráulicos de marina tendrán bastante que hacer con las ovras hidráulicas anexas a su ramo y el agregado de la construcción de los buques marítimos correspondientes a él. Este tercer ramo de ingenieros ydráulicos de tierra y de Puentes y Calzadas serviría para cuidar privativamente de estos importantes objetos y del de la navegación interior de los ríos y canales del reyno»[173].

El embajador se erige en inequívoco defensor de una nueva ingeniería no castrense. En los años siguientes, el Gabinete va tomando forma al tiempo que Betancourt insiste en la idea de que se forme un cuerpo de ingenieros civiles. En este sentido, hasta 1788 es abundante la correspondencia de los embajadores de España en París, condes de Fernán Núñez y de Aranda, con Floridablanca, pero la muerte de Carlos III y la Revolución francesa aparcaron el proyecto. En 1791, Betancourt y Peñalver elevan a Floridablanca una *Memoria sobre los medios de facilitar el comercio interior* que aborda la construcción de carreteras y canales e incide sobre los errores cometidos en el pasado, presentándose como corolario la necesidad de contar con técnicos competentes en la materia. Aunque Rumeu de Armas la considere anecdótica[174], juzgamos muy clarificadora la definición que hacen de las cualidades y circunstancias que deben concurrir en un director de caminos:

> «Haber hecho un estudio sólido de la geometría y la trigonometría, con sus aplicaciones a la práctica; saber el uso de los mejores instrumentos para levantar los planos; medir distancias y alturas; nivelar un terreno; calcular con facilidad y exactitud desmontes y terraplenes; delinear y lavar un plano para poder representar un proyecto con claridad; conocer los materiales que corresponden a cada clase de obras, y la resis-

---

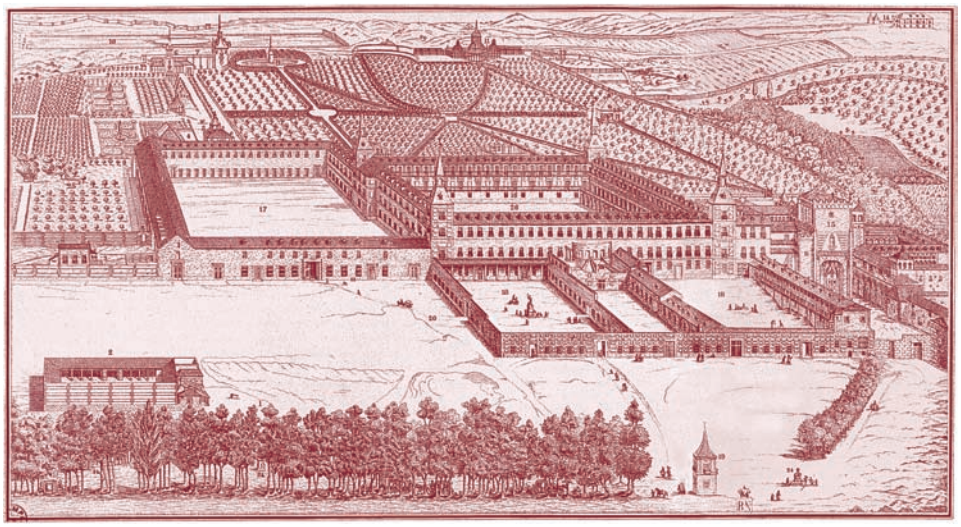
172 Había trabajado con Francisco Angulo, el primer director general de Minas del Reino, ya mencionado. Fue enviado a la Escuela de Minas de Schemnitz para formarse en cuestiones relativas al plomo, pero «tenía la mayor antipatía a andar bajo tierra» (J. EZQUERRA DEL BAYO, 1854). Esgrimiendo problemas de salud («no puedo soportar ni andar en agua, ni exponerme continuamente al fuego en fundiciones y otras mil operaciones de la Minería», afirma Ezquerra que decía), se desplazó a París en 1788. En 1807 será director del Canal Imperial de Aragón, y en 1824 el primer director del Real Conservatorio de Artes de Madrid, adonde irá a parar parte de los fondos del Gabinete. Impulsor teórico y práctico del maquinismo en España, desde muy pronto declaró su interés por las «Artes y Fábricas».

173 AHN: Estado, leg. 4.088, lib. 2, doc. 153; cit. por A. RUMEU DE ARMAS, 1980, p. 45.

174 A. RUMEU DE ARMAS, 1980, p. 60.

> tencia de las piedras, por principios ciertos; saber los varios métodos para fundar en el agua, en un terreno de arena, de tierra o peña, para aplicarlos según circunstancias; estar instruido de las diferentes especies de puentes que se han imaginado, ya de madera, de piedra o de hierro, para executarlos donde convenga; tener noticia de las muchas máquinas que se han inventado para trabajar con economía en los puentes y caminos; saberlas variar o modificar, según lo exijan los varios casos en que se han de emplear; poder juzgar con seguridad cuándo se debe preferir el trabajo de los hombres al de los animales o el de éstos al de aquéllos; calcular las causas políticas que deben influir en la dirección que se puede dar a un camino. En fin, permítasenos decirlo, tener una educación no vulgar, la cual no solamente hace recomendables los hombres en el trato con los demás, sino que también da discernimiento y aquel tacto fino que en ciertos casos suele servir aún más que la ciencia».

La Inspección General de Caminos y Canales es el precedente inmediato del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos. Fue creada por R. O. de 12-VI-1799, en parte propiciada por una catástrofe constructiva más, el hundimiento del puente del Rey en la carretera de Madrid a Valencia a mediados de 1798[175]. Tras el desastre, José Naudín



4.20. El palacio del Buen Retiro, sede del Real Gabinete de Máquinas (1792) y de la Escuela de la Inspección de Caminos y Canales (1802). *A esta primera sede de la Escuela se entraba por el patio de los Oficios, n.º 18 (grabado de la época, Museo Municipal de Madrid).*

[175] Otra de las tragedias constructivas importantes del XVIII tendrá lugar el 14-V-1799, un mes antes de que se diera la mencionada R. O.: la presa del Gasco, diseñada por Carlos Lemaur y construida por sus hijos Carlos y Manuel hasta los 93 metros de altura, al llenarse parcialmente el vaso tras una tormenta, colapsó parcialmente en su parte central, aunque sin víctimas mortales. El proyecto quedó olvidado.

y Guzmán, conde de Guzmán, propugna el establecimiento de una Inspección de Caminos, con su cuerpo facultativo y casi total independencia del ramo de Correos, al que estaban supeditadas las obras públicas. La Junta de Gobierno del ramo de Correos acepta la propuesta no sin reticencias, condicionándola en diversos puntos. En particular, recomienda la anexión del ramo de Canales, competencia que, por cierto, no tenía la Junta. No obstante, su argumentación era sólida: «Por dirigirse ambos a facilitar la comunicación interior del Reino», habida cuenta que «de nada sirven los canales si no hay caminos por donde conducirse a ellos». Es decir, la definición inicial de la Inspección parte con la idea de la comunicación y el transporte interior, en perfecta consonancia con lo argumentado por Betancourt desde 1785. El conde de Naudín será inspector general del nuevo cuerpo facultativo, según la Junta de Gobierno mencionada «en todo igual al Director de Correos». Ejercerá de 1799 a 1801, en que le sucede Betancourt. La plantilla inicial fue de

> «tres Comisarios de la Inspección, de ocho facultativos sobresalientes en calidad de Ayudantes, de cuatro facultativos de los caminos de Sitios Reales e Imperiales, de un facultativo en calidad de celador para cada diez leguas de las comprendidas en las seis carreteras principales del Reino y de un Peón caminero en cada legua».

Los comisarios habrían de ser «sujetos instruidos en Matemáticas, exercitados en la Geometría práctica y uso de instrumentos, particularmente en los ramos de la arquitectura civil e hidráulica, además del mucho ingenio y las buenas cualidades que los hagan dignos de optar al empleo de Inspector». Dos de los comisarios fueron José Agustín de Larramendi (1769-1841), teniente del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos[176], y Francisco Javier Barra (h. 1764-1841), ingeniero de Marina (donde ingresó en 1790 como Ayudante), al servicio de la Real Hacienda; el tercero fue, probablemente, Manuel Martín Rodríguez, arquitecto y sobrino de Ventura Rodríguez, que participó en la construcción del acueducto de Noaín, elemento esencial del abastecimiento de aguas a Pamplona.

El siguiente gran hito en lo que a este ramo se refiere es la fundación, en 1802, de los Estudios de la Inspección General de Caminos y Canales, gracias también al empuje de Betancourt, que desde diciembre de 1801 es inspector general. Repetidos derrumbamientos en obras hidráulicas –de la presa de Puentes[177], en particular– dan los últimos argumentos al tinerfeño para la creación de los estudios, que también se sustentan en la mejora de proyectos, donde a la solidez y funcionalidad se añade la economía (por ejemplo, evitando desmontes excesivos por un mal diseño de trazados en los caminos). Los dos comentarios que siguen resultan significativos del cam-

176 F. SÁENZ RIDRUEJO, 1990, lo califica en la p. 17 de «primer ingeniero de caminos».

177 La presa del pantano de Puentes (Lorca), fundada sobre un banco de arena, se rompe por sifonamiento el 30-IV-1802. En la catástrofe murieron 608 personas, produciéndose cuantiosos daños materiales. Este tema se menciona en el capítulo 8 de este volumen, Juan José ARENAS DE PABLO: «Ingeniería y obra pública civil en el Siglo de las Luces».

bio de mentalidad de la Ilustración, en pos de una ingeniería sólidamente fundamentada, usuaria no sólo del arte del ingeniero sino también de saberes contrastados:

> «Para proyectar y dirigir esta obra [Puentes] con acierto, es necesario que haya una Persona de unos conocimientos más que regulares en la parte teórica y práctica de la Hidráulica, que tenga la docilidad necesaria para instruirse de los mismos Labradores antes de proyectar nada [...] y que juzgando por principales estas prácticas, o rutinas establecidas por una larga experiencia, proceda a formar los planos del modo que sea más sencillo, sólido y económico. En suma esta Empresa no se debe mirar como una obra común en que bastan unos simples principios de Arquitectura»[178].

> «Pero ¿qué proyectos, qué cálculos, qué aciertos se podían esperar con la clase de estudios que han hecho la mayor parte de los sujetos que hasta ahora se han empleado en las obras públicas, ni qué medios se han puesto para facilitar la instrucción de unas personas en quienes se depositan los intereses, la seguridad, la confianza y una gran parte de la prosperidad de la nación? En España no ha habido dónde aprender, no sólo cómo se clava una estaca para fundar un puente, pero ni aun cómo se construye una pared. En la Academia de San Fernando y en las demás del reino que se titulan de las bellas artes, no se enseña más que el ornato de la arquitectura. Los arquitectos se forman copiando unas cuantas columnas y agregándose a alguno de la profesión, donde suele ver y oír cuatro cosas de rutina, y con esta educación y estos principios es examinado por otros que tienen los mismos, queda aprobado y se le da la patente para acometer cuantos desaciertos le ocurran en edificios, puentes, caminos y canales»[179].

No se le puede negar a Betancourt un fundado conocimiento sobre los estudios en la Academia de San Fernando, ya que fue alumno en ella, colaboraba episódicamente, e incluso había participado en la redacción de su nuevo plan docente para arquitectura (1799). Resulta obvio que señalando con tanta virulencia la "incompetencia técnica" de los arquitectos[180], marginando también a los ingenieros militares

---

178 *Informe dado por D. Agustín de Betancourt sobre los Pantanos y reparos que deben hacerse en Lorca*, julio de 1802 (vid. una reproducción comentada en J. MUÑOZ BRAVO: «Agustín de Betancourt en Lorca», en VV. AA.: *Betancourt. Los inicios de la Ingeniería Moderna en Europa*, CEHOPU, Madrid, 1996, pp. 89-97). Con el visto bueno del arquitecto Juan de Villanueva, el diseño y la dirección de obras se debió al también arquitecto Jerónimo Martínez de Lara, que tras la tragedia fue condenado a destierro, doscientos azotes y diez años de galeras, de lo que sólo cumplió en parte lo primero, aunque cambió su nombre por Martínez Briceño. Posteriormente, por real orden, Betancourt y el ingeniero de la Marina, Tomás Briant, director del Departamento de Cartagena, deberán determinar si se repara o se abandona la presa. Nótese que un lustro antes, en diciembre de 1797, el ingeniero en jefe de Marina profetizó la rotura de la presa.

179 A. BETANCOURT: *Noticia del estado actual de los caminos y canales de España, causas de sus atrasos y defectos y medios para remediarlos en adelante,* abril de 1803.

180 En la misma *Noticia*, al hablar de la mala construcción de los puentes en España, él, que había tenido un fluidísimo contacto con Perronet, afirma categóricamente: «La total ignorancia de los arquitectos en este género de obras, por no tener la menor idea de los principios de hidráulica, es causa de este lastimoso mal. Sería largo el catálogo de los que por su defectuosa fundación se han caído pocos años después de terminados».

cuya formación no se había actualizado convenientemente en el último tercio de siglo, busca la apertura de un espacio propio para los funcionarios de "su" Inspección General, es decir, para el que será Cuerpo de Caminos y Canales[181]. Al mismo tiempo, apoya claramente la creación de los Estudios de la Inspección, que tuvieron su sede en el Palacio del Buen Retiro, y funcionaron hasta mayo de 1808.

Mediante R. O. de 26-VII-1803, esos estudios pasan a denominarse Escuela de Caminos y Canales, se reorganiza la plantilla de la Inspección y se reconoce a sus técnicos superiores una nueva denominación:

> «Todos estos individuos, en sus respectivas clases, se denominarán ingenieros de Caminos y Canales, iniciándose con este nombre una carrera de honor y de personas facultativas que dedican sus tareas al servicio del rey y del público en un ramo tan importante a la prosperidad del estado».

Los alumnos recién egresados serán «ayudantes terceros», sustituyendo a los anteriores celadores; los «ayudantes segundos» tendrán funciones de reconocimiento, levantamientos de planos y diseños específicos (de puentes, por ejemplo); los «ayudantes primeros» tendrán responsabilidades sobre trazados, construcciones y mantenimientos importantes. El objeto de los estudios asociados a la Inspección se hace explícito en la convocatoria de los primeros exámenes de ingreso (19-X-1802), que comprenden aritmética, álgebra, geometría, trigonometría plana y esférica, secciones cónicas, cálculo diferencial e integral y principios de la física experimental[182]:

> «La enseñanza de la mecánica y la arquitectura hidráulica, con todas las aplicaciones necesarias a la construcción de caminos, puentes, canales y a las demás obras y objetos particulares que tienen conexión con ellos; agregándose a esto la delineación de planos y demás que se requiere para la perfecta instrucción».

Los estudios se estructuran en dos años: geometría descriptiva, estereotomía, dibujo, mecánica, hidráulica y empujes de tierras y bóvedas, en el primero; conocimiento de materiales, construcción de máquinas, puentes, encauzamiento de ríos y construcción de caminos y canales, tanto de navegación como de riego, en el segundo. Los profesores de la institución integrarán un corto pero magnífico plantel: Betancourt, López de Peñalver, Chaix y Lanz, todos formados en el extranjero. El exguardia marina Lanz, conocedor de la experiencia de la École Normale parisina, propuso un nuevo plan en 1804, que lamentablemente se ha perdido.

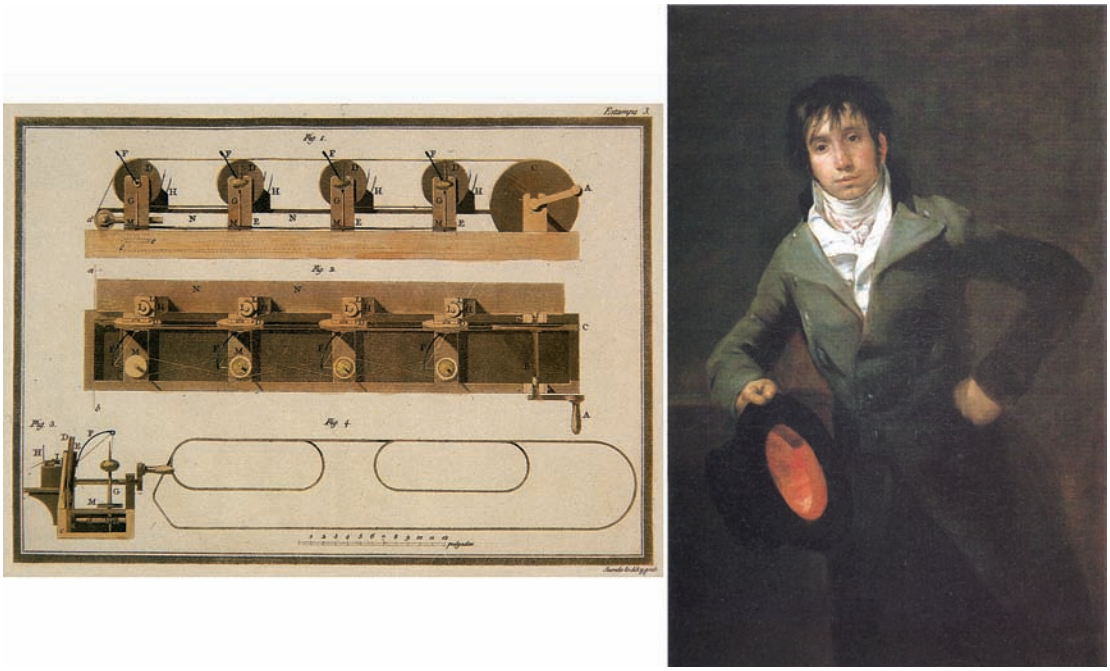
La promoción de alumnos a ingenieros de la Inspección fue muy exigua: tan sólo once individuos[183]. La guerra obligó a cerrar la escuela, también conocida como Estu-

---

181 Como se dijo al comienzo de este capítulo, los conflictos entre arquitectos e ingenieros de diversas ramas –especialmente de Caminos, Canales y Puertos– adquirirán un brío notable durante el XIX (A. BONET CORREA *et alii*: *La polémica Ingenieros-Arquitectos en España, Siglo XIX,* 1985).

182 A. RUMEU DE ARMAS, 1980, p. 280.

183 F. SÁENZ RIDRUEJO, 1993, p. 49-50, da el detalle: cinco en 1804, uno en 1805 y cinco (dos provenían de la segunda promoción) en 1807.



4.21. Bartolomé de Sureda y Miserol (1769-1851): *Técnico y artista vinculado a Betancourt, fue miembro del Real Gabinete de Máquinas (1792), del Real Conservatorio de Artes (1824) y director de varias reales fábricas. La máquina, dibujada y grabada por Sureda, es una devanadora. Se reproduce en la tercera memoria de Juan López de Peñalver sobre* Descripción de las máquinas [...] del Real Gabinete *(Imprenta Real, 1798). Sureda le enseñó a Francisco de Goya la técnica del grabado a la aguada (h. 1797), quien, agradecido, le hizo (h. 1803-1804) el retrato reproducido, de factura casi romántica, así como otro a su esposa (los dos en la National Gallery de Washington), ambos poco después de casados.*

dios de Hidráulica del Buen Retiro, en mayo de 1808. El centro que aún tenía carácter experimental, también había sufrido la enemiga de directores de instituciones alternativas en la Villa y Corte, como los Reales Estudios de San Isidro, que «se consideraban lesionados en sus privilegios e intereses»[184]. En cualquier caso, ausente Lanz desde el comienzo del curso 1805-1806, así como Betancourt, desde mayo 1807, es probable que la propia escuela languideciera antes de su cierre. Tendrá un efímero renacer durante el Trienio Liberal, para ser refundada con carácter definitivo en 1834, en tiempos en que los vientos políticos soplaban liberales.

[184] S. MADRAZO, 1984, vol. I, p. 121.

VI

A modo de epílogo

Las ingenierías se institucionalizan en el siglo XVIII bajo la forma de Reales Cuerpos facultativos, fundamentalmente militares, también civiles. En el primer caso se encuentran los Ingenieros de los Ejércitos y Plazas (1711), los Ingenieros de Marina (1770) y, menos explicable, los Ingenieros Cosmógrafos (1796). En el marco civil, los Geómetras Subterráneos (ingenieros de Minas, 1777), que aunque no constituyen formalmente un Cuerpo, solicitan una agregación militar que les llega vía el Regimiento de la Corona de Nueva España, y la Inspección de Caminos y Canales (1799). La Artillería es otro Real Cuerpo militar, mientras que la Arquitectura es profesión civil y liberal, cuyos miembros están privilegiados por un título que les otorga la Academia fernandina. Frente a los ingenieros, cuyos proyectos son normalmente corporativos, pudiendo intervenir muy diversos especialistas en una misma actuación en función de necesidades del servicio que escapan a la obra misma, los arquitectos, imbuidos de un cierto "síndrome de artista", personalizan en extremo sus actuaciones.

En las instituciones docentes que imparten los estudios reglados relativos a las diferentes profesiones, los regímenes del alumnado no son homogéneos. Los hay con internamiento y rígida disciplina castrense, como en las Academias de Guardias Marinas o el Real Colegio de la Artillería (Segovia), donde se constituyen compañías de cadetes (considerado en su más estricto sentido, de jóvenes nobles, generalmente segundones, que inician la carrera militar). En el otro extremo se encuentran planteamientos completamente abiertos, como el adoptado por la Real Academia de San Fernando para los alumnos de sus Tres Nobles Artes, que no pertenecen a ningún Cuerpo. Las academias de los cuerpos de Ingenieros Cosmógrafos (militares) y de Caminos y Canales (civiles) emplean esquemas análogos al de los arquitectos, viviendo cada alumno (los aspirantes al primero, como cadetes) según sus posibilidades, aunque integrados en el marco de cuerpos del Estado. Los estudiantes y egresados de la academia de Almadén, sin formar Cuerpo, ni ser militares en sentido estricto (aunque nombrados cadetes), viven bajo un régimen de internado, utilizando el mismo techo que el director y su familia, en la Casa de la Academia.

La enseñanza está basada en gran parte en esquemas medievales de dictado y copia, método docente que tiene su primera gran crisis a mediados de siglo. Por un lado, Pedro Padilla, profesor de la Academia de Guardias de Corps de Alcalá de Henares, publica su *Curso Militar de Matemáticas, sobre las partes de esta Ciencia, para el uso de la Real Academia establecida en el Quartel de Guardias de Corps* (1753-56, 4 vols.). En el marco de la renovación de los estudios impulsada por Jorge Juan[185], en

[185] Consecuencia, por un lado, de las Ordenanzas de la Marina de 1748, que obligan a una mayor formación teórica de los cadetes en temas como matemáticas, astronomía y mecánica; por otro, del

la gaditana Compañía de Guardias Marinas, se producen textos de impacto como su *Compendio de Navegación para el uso de los Cavalleros Guardias-Marinas* (1757) o el *Compendio de Matemáticas* (1758), curso básico de Godin. En esos mismos años fracasa el interesante plan docente del conde de Aranda para los «cuerpos sabios» del Ejército, pues la Real Sociedad Militar de Matemáticas apenas fructifica en sus poco más de tres cortos y complejos años de vida (1756-1760).

A finales de la década siguiente, la ausencia de textos adecuados en castellano vuelve a manifestarse. En el ámbito de la Academia barcelonesa aparece el *Tratado de fortificación, o Arte de construir los edificios militares y civiles* (1769), que es una traducción de *A Treatise* (1755) de John Muller, aunque con múltiples adiciones prácticas de Sánchez Taramas; en paralelo, en el marco de la Academia matritense de San Fernando, a Bails, buen conocedor y hábil presentador de las matemáticas, se le encarga escribir unos tratados de carácter enciclopédico para la docencia. Aunque poco originales, sus *Elementos de Matemáticas* (1772-1783) y sus *Principios de Matemáticas* (1776) suponen una muy importante puesta al día de lo sabido en esos momentos. En esta "hornada" se publica una de las obras cumbres de la técnica y la ciencia españolas del XVIII: el *Examen Marítimo Teórico Práctico, o Tratado de Mechánica aplicado a la Construcción, Conocimiento y Manejo de los Navíos y demás Embarcaciones* (1771), de Jorge Juan, donde resume su saber como "ingeniero naval", tras un par de décadas dirigiendo la construcción española de buques de guerra; lo publica poco después de ser relegado de esa función por "políticos" que ceden el mando a Gautier (1769), quien impulsa el Cuerpo de Ingenieros de Marina (1770).

En el primer lustro de la década de los ochenta se vuelve a replantear la cuestión: hacen falta textos "modernos" en castellano. En el Real Colegio de Artillería de Segovia se gestan el *Curso Matemático* de Giannini (1779-82) y el importante *Tratado de Artillería* (1784) de Morla. Paralelamente se desarrolla un significativo programa de renovación en el marco de las enseñanzas para guardias marinas, del que saldrán diversos volúmenes. Hacia 1785, en la modesta Academia de Almadén, también se percibe la ausencia de textos adecuados; se piensa en hacer traducciones, pero no fructifican los débiles esfuerzos. Los profesores de los Cuerpos de Ingenieros Cosmógrafos (1796-1804) y de Caminos y Canales (escuela desde 1802) utilizan libros franceses y producen otros, entre los que sobresale, aunque escrito en francés, el *Essai sur la Composition des Machines* (1808) de Lanz y Betancourt[186], contribución de van-

concepto del sabio alicantino que busca una nueva racionalidad (énfasis en los *porqués* explicados mediante demostraciones, frente a simples reglas prácticas, hábito dominante desde el Renacimiento).

186 En J. M. LANZ y A. de BETANCOURT: *Ensayo sobre la composición de las Máquinas,* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1990, se recogen sendos facsímiles de la primera edición francesa y la inglesa, así como su traducción al español.

guardia sobre Teoría de Máquinas y Mecanismos, el primer tratado europeo sobre cinemática industrial. Con la reorganización del cuerpo de los Ingenieros Militares y la creación de su Academia complutense (1803), se establece una comisión para la redacción de textos, pero la invasión napoleónica impedirá que la reforma fructifique. Al margen de lo dicho en el ámbito de la Academia de Barcelona, el ingeniero militar Tadeo Lope y Aguilar publica el *Curso de Matemáticas para la enseñanza de los caballeros seminaristas del Real Seminario de Nobles de Madrid* (1794-98, 4 vols.).

Para terminar con este rápido comentario, obsérvese que, acordado el Tratado de Utrecht (1714), punto final a la guerra de Sucesión española, se da vía libre a la organización de las Academias de Guardias Marinas (Cádiz, 1717) y Militar de Matemáticas (Barcelona, fundada en 1716, sus puertas se abren en 1720); firmada la Paz de Aquisgrán (1747), que cierra la guerra de Sucesión de Austria, el Ejército y la Marina sufrirán una importante reforma (Ordenanzas de 1748, dentro de las que hay que interpretar la presencia de Jorge Juan en la academia gaditana). Abierto el Colegio segoviano en 1764, tras las reformas militares de 1768 (el Tratado de París de 1763 concluye la guerra de los Siete Años), se puede comprender un nuevo interés por la renovación docente, al igual que la firma del Tratado de Versalles (1783), que cierra la guerra de la Independencia de los Estados Unidos, permite otra actualización de las enseñanzas militares, sobre todo de los guardias marinas, también perceptible en la Artillería (por ejemplo, la cátedra de Química se crea en 1785). La guerra de la Convención (1793-1795) y la asunción del poder por Urrutia, tras la muerte de Sabatini (1797), están en el origen de los importantes cambios en lo docente para la nueva academia del Cuerpo de Ingenieros, a partir de 1803.

Otra dimensión que conviene subrayar es el desarrollo de formaciones de "postgrado" o "perfeccionamiento". El Curso de Estudios Mayores de la Marina o los Estudios Sublimes en la Artillería, sin equivalente en la ingeniería militar, se pensaron para formar a una selecta minoría de oficiales, no sólo cultos e ilustrados, sino también científicos. En el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, seguidores de esquemas más utilitaristas, desde la imposición de Verboom a la Academia barcelonesa que se saldó con el cese de Calabro y la llegada de Lucuce, no hubo lugar para aventuras especulativas. Los reglamentos y la permanencia de Lucuce en la dirección durante cuatro décadas bloqueó, por otro lado, las posibilidades de renovación en los contenidos. En los ámbitos de sus respectivas academias, la producción y modernidad de los textos de los marinos supera claramente a la de los ingenieros militares. Si en la Academia de Barcelona todos los profesores fueron militares, en la de Guardias Marinas de Cádiz intervienen personajes como Cedillo o Godin, hasta que la institución pudo autoabastecerse de enseñantes de calidad. En Segovia, de indudable tutela italianizante en sus comienzos, la máxima responsabilidad de las matemáticas recae en gran parte en religiosos, Eximeno y Giannini en particular. Al margen del estamento militar, los «geómetras subterráneos» tuvieron la mencionada formación de postgrado en Madrid, para algunos además en Centroeuropa; por otro lado, a unos pocos arquitec-

tos se les concedía como premio unas pensiones para su "perfeccionamiento". Su objetivo fundamental era ver, mirar y vivir la arquitectura más allá de lo que permitían intuir las láminas, lo que en otros términos se traducía, esencialmente, en que pudieran "hacer las italias", Roma en particular.

En otra dimensión, frente a esquemas explicativos del período que cuasi-exclusivizan la importación de saberes desde Francia, hay que señalar que la minería encontró sus fuentes renovadoras en Sajonia y Hungría; la Marina (oficiales de «caza y braza» e ingenieros), tanto en Francia como en Inglaterra. Relativamente más dependientes de Francia que de Inglaterra serán los ingenieros Militares, los Cosmógrafos de Estado y los de Caminos y Canales; finalmente, en el caso de la arquitectura o la artillería las influencias italianas, también galas, fueron significativas.

***

Desde el punto de vista institucional, los primeros años del siglo contemplan el nacimiento del Cuerpo de Ingenieros Militares (1711), que adquiere una primera autonomía con respecto a la Artillería, de la que dependía desde sus inicios. Las ordenanzas de 1718 otorgan a los ingenieros militares responsabilidades que trascienden lo puramente castrense. Mediado el siglo, artilleros e ingenieros, tras la fugaz reunificación por el conde de Aranda (1756), adquieren plena autonomía a comienzos de la década de los sesenta. Los arquitectos irán ganando en presencia dentro del mundo de la edificación y la obra pública civil gracias a la creación de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1752), y sobre todo bajo el posterior patrocinio de Floridablanca. Las insuficiencias en su formación "justificarán" la creación de los especialistas en Caminos y Canales (1799), en 1803 definidos como ingenieros. Entre sus efectivos iniciales hay arquitectos e ingenieros militares, cosmógrafos y de Marina. La reducida dimensión del Cuerpo, el exiguo lapso temporal hasta la guerra de la Independencia, así como la posterior persecución fernandina[187], no permiten vislumbrar con claridad su traza hasta el segundo tercio del siglo XIX. Por otro lado, ante la creación de la Inspección General de Caminos y Canales (1799), los ingenieros militares ven amenazadas sus competencias en el ámbito civil.

En efecto, las ordenanzas de 1803[188] centran al Real Cuerpo de Ingenieros Militares en sus tareas castrenses, trasladando la Academia de Matemáticas de Barcelona a Alcalá de Henares. El Regimiento Real de Zapadores y Minadores (1802) es el antecedente histórico directo de las actuales unidades del Arma de Ingenieros. Pero otras

---

187 Varios de sus más destacados miembros (Lanz, López de Peñalver y Bauzá, entre otros) colaboraron con el ejército invasor. También un marino como Mazarredo, un ingeniero de minas como Francisco Angulo o un químico industrial como Garriga y Buach (J. R. BERTOMEU SÁNCHEZ, 1996).

188 *Ordenanza que S. M. manda observar en el servicio del Real Cuerpo de Ingenieros, De orden Superior,* Imprenta Real, Madrid, 1803 (dos tomos). Siguen a la Real Orden de 31-VII-1802 aprobando el plan de nueva constitución del Real Cuerpo de Ingenieros. Mss., ACA, Comandancia de Ingenieros, caja 185.

4.22. Félix de Azara y Perera (1742-1821), *ingeniero del Ejército y brigadier de la Armada (1802). Geógrafo y cartógrafo, es uno de los naturalistas más importantes de la Ilustración hispana, profusamente citado por Darwin. Posa con el uniforme de brigadier y aves disecadas de las que describe en su* Apuntamientos para la Historia Natural de los Páxaros del Paraguay y Río de la Plata, *1802-1805 (Francisco de Goya, 1805, col. Ibercaja, Zaragoza).*

ingenierías civiles más "modernas" estarán también enraizadas en la actividad de los ingenieros militares. Así, a mediados del siglo XIX colaborarán decisivamente en la gestación del sistema de telegrafía nacional, para el que se creará el Cuerpo de Telégrafos, en el que surgirá, ya en 1921, la ingeniería de Telecomunicación. El general Carlos Ibáñez, especialista en geodesia y organizador de instituciones geográficas de carácter civil, ascendió militarmente gracias a su actividad al margen del marco castrense. Adicionalmente, a comienzos del siglo XX, en colaboración con ingenieros Industriales y de Caminos, el Cuerpo de Ingenieros Militares participó de forma decisiva en la organización de la Aerotecnia española, germen directo no sólo del Ejército del Aire, sino también de los estudios (civiles) de ingeniería aeronáutica. Si bien realizaron una correcta ingeniería y cartografía, los ingenieros militares decimonónicos, como los oficiales de la Armada, tuvieron una menor relevancia en el ámbito de la ciencia y la técnica que en el siglo XVIII. No obstante, «las funciones asignadas al cuerpo de ingenieros del ejército por las Ordenanzas de 1803 quedaron claramente superadas a lo largo del siglo [XIX]»[189].

La creación del Real Cuerpo de Ingenieros de Marina (1770), con su singular definición de competencias, hay que situarla en el proceso de autosuficiencia de la Armada española en sus más diversas dimensiones. Su apogeo se sitúa hacia 1791, con una plantilla de 80 oficiales (de ayudante ingeniero-alférez vivo de fragata, para arriba). En 1815 sus efectivos se reducirán a la mitad, siendo suprimido en 1825. En su lugar se creará el Cuerpo de Constructores e Hidráulicos, más puramente técnico que ingenieril.

Los especialistas en «geometría subterránea y mineralogía» comienzan en las instalaciones productivas de Almadén una enseñanza reglada (1777) que, tras importantes mutaciones, dará lugar a la ingeniería de Minas. Es singular que, concebida como civil por la Administración, los estudiantes soliciten su "agregación" a la milicia (los alumnos son denominados «cadetes»), sin que por ello pasen a formar un cuerpo castrense. En el informe de Francisco de Angulo de 1794 se reivindica la denominación genérica de «ingenieros» para estos especialistas, aunque ya había sido empleada en diversos documentos oficiales. Por ejemplo, la misma R. O. de 1777 en que se nombra a Enrique Cristóbal Storr director del establecimiento minero de Almadén le identifica como «ingeniero subterráneo». Fausto de Elhuyar, al retornar de Méjico en 1821, pondrá en marcha un complejo plan para renovar la minería. Su sucesor en la Dirección General de Minas, Timoteo Álvarez de Veriña y Cadrecha, antiguo alumno del Real Instituto Asturiano, culmina parte del plan trazado con la creación (R. O. de 21-IX-1833, promulgada ocho días antes de morir Fernando VII) del Real Cuerpo Facultativo de Minas, germen del Cuerpo de Ingenieros de Minas.

189 J. I. MURO MORALES, 2002.

Sorpresivamente, el Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado (1796) se alumbró como militar, terminando su fugaz existencia en 1804. A continuación, el Real Observatorio matritense adoptará una estructura civil, eliminado de sus atribuciones la realización directa de la Carta Geométrica del Reino. En este cuerpo cabe ver el más remoto precedente institucional del que, tras infructuosas tentativas, se fundará como Cuerpo de Ingenieros Geógrafos (1900)[190].

En el plano docente y militar, no es de extrañar que las menciones básicas hayan sido a los artilleros, ingenieros militares y marinos, las «armas sabias». Por su especial implicación en los procesos productivos de recursos estratégicos (buques, cañones, municiones), ingeniería naval e industria militar, Marina y Artillería se involucraron en programas técnicamente más modernos. Las reformas de Juan, seguidas por Tofiño y Mazarredo, tres gestores y técnicos con excelente formación científica en el ámbito naval, y las de los condes Gazola y de Lacy, esencialmente gestores en el artillero, no tienen una correspondencia directa entre los ingenieros militares.

***

La única creación de José Bonaparte, aquí reseñable casi a título de anécdota, es un Conservatorio Nacional de Artes y Oficios (R. D. 13-VI-1810), según reza un informe preliminar del ministro del Interior, marqués de Almenara, para «reanimar las artes industriales [... donde] se reúnan máquinas, instrumentos, modelos, dibujos, y libros que más contribuyeren a sus adelantamientos». Como reconoce la exposición previa del decreto, se funda con base en el Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro, acopiado por el «equipo hidráulico» en París. Concebido a imagen y semejanza del Conservatoire National d'Arts et Métiers de la capital francesa, no llegó a ser operativo[191].

Durante el reinado de Fernando VII se arrastran las consecuencias económicas de la guerra, se produce la independencia de las colonias continentales del Nuevo Mundo –lo que supone la pérdida de importantes mercados y suministros– y, sobre todo, se impone una terrible involución ideológica que atenta contra los avances más significativos del siglo anterior. Las enseñanzas, las técnicas en particular, sufren un grave retroceso, excepto durante el breve Trienio Liberal, en que destaca la promulgación de un *Reglamento General de Instrucción Pública* (R. D. de 29-VI-1821). Se intentan racionalizar las enseñanzas técnicas superiores, militares y civiles, ordenándose la creación de una Escuela Politécnica; concebida para proporcionar formación común y preliminar para diferentes «escuelas de aplicación», se observa el influjo de la parisina École Polytechnique. Según el Reglamento de 1821, las escuelas de aplica-

190 M. RUIZ MORALES: *Los Ingenieros Geógrafos. Origen y creación del Cuerpo*, 2003.

191 Véase J. R. BERTOMEU SÁNCHEZ y A. GARCÍA BELMAR, 2001. Además, se pretendió poner en marcha un Instituto Nacional de Ciencias y Letras que tomaba como modelo al Institut de France y un Real Museo de Historia Natural, cuyo proyecto de decreto reunía el «Jardín Botánico, el Gabinete de Historia Natural, y las Escuelas de Química y Mineralogía» en un solo establecimiento (1810), inspirado en el Museo de Historia Natural de París.

ción han de ser seis: Artillería; Ingenieros (Militares); Minas; Caminos y Canales; Ingenieros Geógrafos; y Construcción Naval. Para ello, el Gobierno debía crear varias escuelas de aplicación, pero no hubo ocasión de hacerlo. La entrada en España del duque de Angulema en 1823, al mando de los Cien Mil Hijos de San Luis, da fin a la experiencia liberal.

Del "catastrófico" reinado fernandino, la única creación destacable es el Real Conservatorio de Artes de Madrid (R. O. de 18-VIII-1824), que heredó parte del Real Gabinete de Máquinas y que tuvo como primer director a Juan López de Peñalver. No fue una escuela de ingeniería, aunque sí una institución para potenciar el desarrollo de la innovación técnica, incluidas funciones de exhibición de los productos nacionales (R. D. de 30-III-1826). El Real Instituto Industrial (1850), primera escuela española de Ingeniería Industrial, "procederá" de ese conservatorio[192]. En efecto, su director, Joaquín Alfonso recibió el encargo de diseñar un plan de escuelas industriales para el Reino. Inspirado en la parisina École Centrale des Arts et Manufactures, tras diversos recortes y adaptaciones, se convierte en el acta fundacional de los estudios de Ingeniero Industrial, merced al R. D. de 4-X-1850.

Finalmente, cabe señalar que las raíces de las enseñanzas de Ingeniería Agronómica[193] se pueden rastrear en la actividad de la Cátedra de Agricultura (1790) de la creativa Real Sociedad Económica Aragonesa, organizadora del primer centro docente agronómico formalmente instituido en España[194]. Posteriormente, y con mayor trascendencia, en las cátedras de Agricultura del Real Jardín Botánico y sus jardineros mayores. El primero, Claudio Boutelou (1774-1842), tras estudiar botánica, agricultura y horticultura en Francia y Gran Bretaña, fue nombrado en 1799 profesor de botá-

---

192 En *De la Instrucción pública en España,* Antonio Gil de Zárate afirma que «el Conservatorio entró en una era de suma postración y abatimiento». En 1844 se nombró de nuevo director, cargo que recayó en Joaquín Alfonso. Junto con Cipriano Segundo de Montesino y con Eduardo Rodríguez, Alfonso fue uno de los tres exalumnos del Conservatorio pensionados a la École Centrale des Arts et Manufactures de París, que así se convierte en la referencia básica del modelo español de Escuela de Ingenieros Industriales. Fundada en 1828 (abrió sus puertas en 1829), la École Centrale no fue una creación de la Administración francesa, sino una iniciativa privada que sólo en 1857 pasó a ser soportada por el Estado. Tuvo como objetivo prioritario el formar un nuevo tipo de ingenieros no militares que denominaron *civiles*, en oposición a los *ingenieros del Estado* (los encuadrados en los cuerpos de ingeniería, los de Ponts et Chaussées y los de Mines, en particular). A sus alumnos les imprimió un perfil de ingeniero generalista, orientado hacia el desempeño profesional en la (gran) industria francesa. Desde su fundación, representó un claro talante liberal y civil, muy alejado de las conexiones castrenses de otras escuelas de ingeniería galas como pudieran ser, en los extremos intelectuales del espectro, la Polytechnique o la de Arts et Métiers.

193 J. CARTAÑÀ I PINÉN: «La Agronomía en la España del Setecientos», capítulo 9 del volumen III de esta colección; en especial, su sección dedicada a la "Enseñanza Agrícola".

194 En sus inicios fue Escuela Rústica de Agricultura (1779), perteneciente al catálogo de escuelas patrióticas (elementales); en 1785 se orientó hacia la formación de los hijos de labradores. En 1790 adquiere mayor nivel técnico, reglamentación y control de las enseñanzas.

nica, encargándose de la docencia de la Agricultura y Botánica Agrícola en 1807, al tiempo que su hermano Esteban (1776-1814) era contratado como profesor de Agricultura y Economía Rural. No obstante, desde mediados del siglo XVIII se pueden identificar notables esfuerzos por difundir la nueva agricultura, en lo que tienen un papel relevante las reales sociedades económicas de amigos del país. Las enseñanzas en el sector forestal también tienen sus orígenes en el Real Jardín Botánico matritense, así como en las mismas cátedras de agricultura[195]. Tras un infructuoso intento en 1835, en el marco de un unificado Cuerpo de Ingenieros Civiles que no pasó del papel, abrirá sus puertas la Escuela Especial de Ingenieros de Montes (1848); graduada la primera promoción, el Cuerpo será organizado mediante R. O. de 17-III-1854. La Escuela Central de Agricultura de «la Flamenca» se creó en 1855 y su primera promoción se tituló en 1861. No obstante, el Cuerpo de Ingenieros Agrónomos no será reglamentado hasta un cuarto de siglo después (R. D. de 14-II-1879).

BIBLIOGRAFÍA

ALZOLA y MINONDO, Pablo: *Historia de las obras públicas en España*, Imprenta Casa de Misericordia, Bilbao, 1899. [Reeditado en Madrid, por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1979, 3.ª ed. 1994.]

APARICI y GARCÍA, José: *Ingenieros-personal-Siglo XVIII.* Colección Aparici; manuscrito del S.H.M.

BÉDAT, Claude: *La Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1808),* Fundación Universitaria Española, RABASF, 1989. [1.ª edic. francesa, Toulouse-Le Mirail, 1974.]

BELHOSTE, B.; DAHAN DALMEDICO, A. y PICON, A. (dirs.): *La formation polytechnicienne, 1794-1994,* Dunod, París, 1994.

BERTOMEU SÁNCHEZ, José Ramón: «La colaboración de los cultivadores de la ciencia españoles con el gobierno de José I (1808-1813)», en A. GIL NOVALES (ed.): *Ciencia e independencia política*, Madrid, Ediciones el Orto, 1996, pp. 175-213.

—y GARCÍA BELMAR, Antonio: «Tres Proyectos de Creación de Instituciones Científicas durante el Reinado de José I. Un estudio sobre la transmisión de la ciencia en el marco de la Guerra de la Independencia», en José A. ARMILLAS VICENTE (coord.): *La Guerra de la Independencia. Estudios*, Zaragoza, 2001, vol. I, pp. 301-327.

BETANCOURT, Agustín de: *Noticia del estado actual de los caminos y canales de España*, Madrid, 1803. [Reproducida por la *Revista de Obras Públicas*, 1869.]

BONET CORREA, A.; MIRANDA, F. y LORENZO, S.: *La polémica Ingenieros-Arquitectos en España. Siglo XIX,* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Turner, Madrid, 1985.

195 V. CASALS COSTA: «Conocimiento Científico, Innovación Técnica y Fomento de los Montes durante el Siglo XVIII», capítulo 10 del volumen III de esta colección.

CÁMARA MUÑOZ, Alicia: «El ingeniero Sabatini», en D. RODRÍGUEZ RUIZ (coord.): *Francisco Sabatini, 1721-1797. La arquitectura como metáfora del poder,* Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Electa, Madrid, 1993, pp. 437-460.

—«La profesión de ingeniero: Los ingenieros del rey», en M. SILVA SUÁREZ (ed.), 2004, pp. 125-164.

CANO RÉVORA, M.ª Gloria: *Cádiz y el Real Cuerpo de Ingenieros Militares, 1697-1847. Utilidad y firmeza*, Universidad, Cádiz, 1994.

CAPEL, Horacio: «Cursos manuscritos y textos impresos en la enseñanza científica de los ingenieros militares», *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, CSIC, Madrid, 1987, vol. XXXIX (2), pp. 161-169.

—«Remediar con el arte los defectos de la naturaleza. La capacitación técnica del Cuerpo de Ingenieros Militares y su intervención en Obras Públicas», *Antiguas Obras Hidráulicas en América*, CEHOPU, MOPT, Madrid, 1991, pp. 507-542.

—«Construcción del Estado y creación de Cuerpos profesionales científico-técnicos: Los ingenieros de la monarquía española en el siglo XVIII», en A. CÁMARA MUÑOZ y F. COBOS GUERRA (eds.): *Fortificación y Frontera Marítima,* Eivissa, 2005 (en CD).

—*et alii*: *Los ingenieros militares en España, siglo XVIII. Repertorio bibliográfico e inventario de su labor científica y espacial,* Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, 1983.

—SÁNCHEZ, J. E. y MONCADA, O.: *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII,* Serbal/CSIC, Barcelona, 1988.

—y CASALS COSTA, V.: «Los ingenieros o el matrimonio de la Ciencia con las Artes útiles», en J. L. PESET (ed.), 2002, pp. 567-602.

CARRILLO DE ALBORNOZ y GALBEÑO, J., *et. alii*: *Abriendo Camino. Historia del Arma de Ingenieros,* Fundación Central-Hispano, Madrid, 1997.

CASALS COSTA, V. y CAPEL SÁEZ, H.: «La ingeniería a la conquista del territorio», en A. BONET CORREA (org.): *Un reinado bajo el signo de la paz: Fernando VI y Bárbara de Braganza, 1746-1759,* Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Fundación Caja Madrid, Madrid, 2003.

FERNÁNDEZ PÉREZ, J. y GONZÁLEZ TASCÓN, I.: *Ciencia y Técnica en España: La Ilustración*, Soc. Española de Historia de la Ciencia y la Técnica, Zaragoza, 1989.

FLORES CLAIR, E.: *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1821,* Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 2002.

FOURCY, Ambroise: *Histoire de l'École Polytechnique*, École Polytechnique, París, 1828 (facsímil con introd. de Jean DHOMBRES, Belin, París, 1987).

GAGO, Ramón: «The New Chemistry in Spain», *Osiris,* 2nd series, 1988, vol. 4, pp. 169-192.

—*Luis Proust y la Cátedra de la Química de la Academia de Artillería de Segovia*, 1990, introducción a L. PROUST, 1791 y 1795.

GALLAND-SEGUELA, Martine: *Les ingénieurs militaires espagnols de 1710 à 1803. Étude prosopographique et sociale d'un corps d'élite.* Tesis doctoral, École des Hautes Études en Sciences Sociales, París, 2003.

—«Las condiciones materiales de la vida privada de los ingenieros militares en España durante el siglo XVIII», *Scripta Nova,* diciembre de 2005, vol. VIII, n.º 179 <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-179.htm>.

GARMA PONS, Santiago: «La enseñanza de las Matemáticas», en J. L. PESET (ed.), 2002, pp. 311-346.

GARCÍA MELERO, J. E.: «Arquitectura y burocracia: el proceso del proyecto de la Comisión de Arquitectura de la Academia (1786-1808)», *Espacio, Tiempo y Forma,* Serie VII, Historia del Arte, t. 4, 1991, pp. 283-347.

—«El debate académico sobre los exámenes para las distintas profesiones de la Arquitectura (1781-1783). El arquitecto según Juan de Villanueva», *Espacio, Tiempo y Forma*, serie VII, Historia del Arte, t. 6, 1993, pp. 325-378.

GODOY, M., PRÍNCIPE DE LA PAZ: *Memorias* (edición y estudio preliminar de C. SECO SERRANO), BAE, Atlas, Madrid, 1956.

GÓMEZ RUIZ, M. y ALONSO JUANOLA, V.: *El Ejército de los Borbones* (4 vols.), Ministerio de Defensa, Servicio Histórico Militar y Museo del Ejército, Madrid, 1990-1995.

GUTIÉRREZ, Ramón, y ESTERAS, Cristina: *Arquitectura y Fortificación. De la Ilustración a la Independencia Americana*, Tuero, Madrid, 1993.

HAHN, Roger y TATON, René: *Écoles Techniques et Militaires au XVIIIe Siècle*, Coll. Histoire de la Pensée, Hermann, París, 1986 (1.ª ed., 1964).

HERRERO FERNÁNDEZ-QUESADA, M.ª Dolores: *La enseñanza militar ilustrada. El Real Colegio de Artillería de Segovia,* Biblioteca de Ciencia y Artillería, Academia de Artillería, Segovia, 1990.

—*Ciencia y milicia en el siglo XVIII: Tomás de Morla, artillero ilustrado*, Patronato del Alcázar, Segovia, 1992.

HIDALGO, Encarnación: «La química teórica y sus aplicaciones. Nuevas instituciones y nuevos saberes», en J. L. PESET, 2002, pp. 417-464.

JUAN-GARCÍA AGUADO, J. M.ª de: *José Romero Fernández de Landa. Un ingeniero de Marina en el siglo XVIII*, Universidade da Coruña, A Coruña, 1998.

LÓPEZ DE AZCONA, Juan Manuel: *Los Uniformes de la Minería, 1777-1977,* Bicentenario de la Fundación E.T.S.I. Minas, Madrid, 1977.

—«La enseñanza de la minería en el Mundo Hispánico (Noticias Históricas): IV. Enseñanza en Almadén, 1777-1835», *Boletín Geológico y Minero*, Madrid, tomo LXXXIX, mayo-junio 1978, pp. 67-92.

MADRAZO, Santos: *El sistema de transportes en España, 1750-1850* (2 vols.), Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Turner, Madrid, 1984.

MAFFEI, Eugenio: *Centenario de la Escuela de Minas de España (1777-1877),* Madrid, 1877. [Ed. facsímil por la E.T.S.I. de Minas de Madrid, 1977.]

MATILLA TASCÓN, A.: *Historia de las minas de Almadén (desde 1646 a 1799),* vol II, Minas de Almadén y Arrayanes, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, 1987.

MONCADA, Omar: *Ingenieros militares en Nueva España. Inventario de su labor científica y espacial. Siglos XVI al XVIII*, UNAM, México, 1993.

MUÑOZ CORBALÁN, Juan Miguel: *Los ingenieros militares de Flandes a España, 1691-1718* (2 vols.), Ministerio de Defensa, Madrid, 1993.

—(coord.): *La Academia de Matemáticas de Barcelona. El legado de los Ingenieros Militares,* Ministerio de Defensa, 2004.

MUÑOZ DUEÑAS, M.ª D.: «La formación de una elite minera: la escuela de Minas de España (1777-1877)», *Mélanges de la Casa de Velázquez*, tomo XXVIII (3), pp. 21-36.

MURO MORALES, J. I.: «Ingenieros militares en España en el siglo XIX. Del arte de la guerra a la profesión de ingeniero en particular», *Scripta Nova,* vol. VI, núm. 119 (93), agosto de 2002. <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn119-93.htm >.

NAVASCUÉS PALACIO, Pedro: «Sobre titulación y competencias de los arquitectos de Madrid (1775-1825)», *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, XI (1975), pp. 123-136.

Novísima Recopilación (1805)... de las leyes de España. Dividida en XII libros. En que se reforma la Recopilación publicada por el Señor Don Felipe II en el año de 1567, reimpresa últimamente en el de 1775: Y se incorporan las pragmáticas, cédulas, decretos, órdenes y resoluciones Reales, y otras providencias no recopiladas, y expedidas hasta el de 1804. Mandada formar por el Señor don Carlos IV, Madrid, 6 tomos en 6 vols, s. e., 1805-1807. [Ed. Facsímil, Madrid, BOE, 1976.]

ORDUÑA, Carlos: *Memorias de la Escuela de Caminos*, Voluntad, Madrid, 1924.

PELLÓN, Inés y GAGO, Ramón: *Historia de las Cátedras de Química y Mineralogía de Bergara a finales del siglo XVIII*, Ayuntamiento, Bergara, 1994.

—y ROMÁN POLO, Pascual: *La Bascongada y el Ministerio de Marina. Espionaje, ciencia y tecnología en Bergara (1777-1783)*, Real Sociedad Bascongada, San Sebastián, 1999.

PÉREZ-CRESPO MUÑOZ, M.ª Teresa: *El Arsenal de Cartagena en el siglo XVIII*, Editorial Naval, Madrid, 1992.

PÉREZ RUIZ, Pedro Antonio: *Biografía del Colegio-Academia de Artillería de Segovia*, Academia de Artillería, Segovia, 1960.

PESET, José Luis (ed.): *Ciencia y Técnica en la Corona de Castilla (IV): El siglo XVIII,* Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002.

—«El Colegio de Minería de México», en SELLÉS, PESET y LAFUENTE (comp.), 1989, pp. 233-246.

PIELTAIN DE LA PEÑA, Ricardo: «II Centenario de la fundación del Colegio de Artillería de Segovia», *Revista de Historia Militar*, n.º 16, 1964, pp. 95-131.

PORTUGUÉS, Joseph Antonio: *Colección general de las ordenanzas militares, sus innovaciones, y aditamentos: dispuesta en diez tomos, con separación de clases,* Antonio Marín, Madrid, 1764-1765, 11 vols.

PRIETO GONZÁLEZ, Juan Manuel: *De Munere Divino. Aproximación a la formación del arquitecto en España hasta 1844,* Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, 2004.

PROUST, Luis: *Discurso que en la abertura del Laboratorio de Chîmia del Real Cuerpo de Artillería...*, Segovia, Antonio Espinosa, 1792. [Ed. facsímil, Academia de Historia y Arte de San Quirce, Segovia, 1992).

—*Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia, o Colección de Memorias sobre las Artes, la Artillería, la Historia Natural de España, y Américas, la Docimástica de sus Minas, &c.*, Antonio Espinosa, Segovia, tomo I, 1791 y tomo II, 1795 (ed. facsímil, *Biblioteca de Ciencia y Artillería*, Academia de Artillería de Segovia, Impr. Servicio Geográfico del Ejército, Madrid, 1990).

QUINTANA MARTÍNEZ, A.: *La arquitectura y los arquitectos en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1774),* Xarait, Madrid, 1983.

REGUERA RODRÍGUEZ, Antonio: *Geografía de Estado: los marcos institucionales de la ordenación del territorio en la España contemporánea (1800-1940)*, Secretariado de Publicaciones, Universidad de León, 1998.

RUBIO PAREDES, J. M.ª y PIÑERA Y RIVAS, Á. de la: *Los ingenieros militares en la construcción de la base naval de Cartagena (Siglo XVIII)*, Servicio de Publicaciones del EME (Colección Marte), Madrid, 1988.

RUIZ MORALES, Mario: *Los Ingenieros Geógrafos. Origen y creación del Cuerpo*. Instituto Geográfico Nacional-Centro Nacional de Información Geográfica, Madrid, 2003.

RUMEU DE ARMAS, Antonio: «La Real Escuela de Mineralogía de Madrid (1789-1808)», *Hispania*, 39 (1979), pp. 301-335.

— *Ciencia y Tecnología en la España Ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales*, Turner, Madrid, 1980.

—*El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro. Una empresa técnica de Agustín de Betancourt*, Fundación Juanelo Turriano, Castalia, Patrimonio Nacional, Madrid, 1990.

SÁENZ RIDRUEJO, Fernando: *Ingenieros de Caminos del Siglo XIX*, Colegio de Caminos, Canales y Puertos, AC, Madrid, 1990.

—*Los ingenieros de Caminos*, Colegio de Caminos, Canales y Puertos, Turner, Madrid, 1993.

SAMBRICIO, C.: *La arquitectura española de la Ilustración*, Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España e Instituto de Administración Local, Madrid, 1986.

— «La tercera generación ilustrada. La arquitectura de la Revolución», en *La arquitectura española de la Ilustración*, Madrid, 1986.

SÁNCHEZ CARRIÓN, J. M.ª y CERROLAZA ASENJO, J. Á.: «Solución al enigma de los orígenes del Cuerpo de Ingenieros de Marina. Ingeniería Naval *versus* Ingenieros Navales», *Ingeniería Naval*, n.º 821, diciembre 2004, pp. 57-70.

SÁNCHEZ, Joan-Eugeni: «Los ingenieros militares y las obras públicas del siglo XVIII», en *Cuatro conferencias sobre historia de la ingeniería y de la obra pública en España*, CEHOPU, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1987, pp. 43-78.

—«La estructura institucional de una corporación científica: el Cuerpo de Ingenieros Militares en el siglo XVIII», en J. L. PESET (coord.): *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica*, CSIC, Madrid, 1989.

SEFI (Soc. de Ex-alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM): *El Palacio de la Minería*, Nueva Dimensión Arte Editorial, México, 1979 (2.ª edición).

SELLÉS, M. A.; PESET, J. L. y LAFUENTE, A. (comps.): *Carlos III y la Ciencia de la Ilustración,* Alianza Universidad, Madrid, 1989.

SILVA SUÁREZ, Manuel: «Sobre técnica e ingeniería: en torno a un *excursus* lexicográfico», en M. SILVA SUÁREZ (ed.), 2004, pp. 23-62.

—«El lenguaje gráfico: inflexión y pervivencias», en M. SILVA SUÁREZ (ed.), 2004, pp. 239-306.

—(ed.): *Técnica e Ingeniería en España (I): El Renacimiento,* Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004.

SILVÁN, Leandro: *Los estudios científicos en Vergara a fines del siglo XVIII*, Icharopena, Zarauz, 1953. [2.ª ed., Gráficas Izarra, San Sebastián, 1977.]

SOLÉ SABARÍS, Lluís: «Raíces de la geología española», *Mundo Científico*, 9 (1981), pp. 1018-1032.

TINOCO VILLARROEL, J.: «Apuntes para la historia del Observatorio de Madrid», *Anuario del Observatorio de Madrid,* 1951, pp. 313-349.

TORROJA, J. M.ª: «Jorge Juan y los antecedentes de la real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales», *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid,* 67 (1973), pp. 11-26.

VALDÉS SÁNCHEZ, Aurelio (ed.): *Al pie de los cañones. La Artillería Española*, Tabapress, Madrid, 1994.

VIGO TRASANCOS, Alfredo: *Patrimonio Histórico del Ferrol de la Ilustración. La obra de Julián Sánchez Bort en el conjunto histórico de Ferrol y su referencia al mundo académico*, Concello de Ferrol, 2000.

VILLANUEVA DEL PARDO (Marqués de) y BETANCOURT, A. de: *Noticia de la Acequia Imperial, o Canal Real de Aragón,* 1783. [Recogida en SÁSTAGO, Conde de, tomo II, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1984.]

VV. AA.: *Estudio histórico del Cuerpo de Ingenieros del Ejército iniciado al celebrar en 1903 el primer centenario de su Academia...,* Establecimiento Tipográfico Suc. de Ribadeneyra, Madrid, 1911.

—*II Centenario de las Enseñanzas de Ingeniería Naval*, ETSI Navales, Madrid, 1975.

—*La Casa de la Química. Ciencia, Artillería e Ilustración (1792, Bicentenario),* Ministerio de Defensa, Madrid, 1992.

5

Consideraciones sobre el léxico "técnico" en el español del siglo XVIII

Pedro Álvarez de Miranda
Universidad Autónoma de Madrid

I

Las "voces facultativas" en la historia de la lengua

El 29 de marzo de 1792, uno de los más expertos y cultivados marinos españoles de su tiempo, don Martín Fernández de Navarrete, lee ante la Real Academia Española, para tomar posesión de su plaza de académico honorario, un discurso que lleva por título «Sobre la formación y progresos del idioma castellano». Hace en él un esbozo de la trayectoria histórica de nuestra lengua, trayectoria para la que, como era entonces lugar común, señala un momento culminante en la época de los primeros monarcas austriacos:

> «Carlos V, prefiriendo con razón el idioma castellano a su natural alemán, le hizo cultivar en todas las cortes de Alemania, Italia y Flandes, llegando así a ser el idioma universal y el intérprete de las más poderosas naciones del mundo. Cultivado en todas partes con esmero, adquirió en breve un caudal inmenso de voces y expresiones llenas de gracia y majestad. Si observamos los grados de perfección que obtuvo desde que Garcilaso y Boscán, con nuevos adornos y exquisito gusto, contribuyeron a sacarlo de su antiguo desaliño hasta que Cervantes publicó en su *Quijote* el mejor dechado de la lengua castellana, veremos que no hubo ciencia, que no hubo arte que no cultivásemos con esmero, y que nuestro Diccionario científico daría a conocer el caudal de ideas y conocimientos que albergábamos, puesto que la inmensa erudición de aquella época en las lenguas sabias nos formó una nomenclatura española en todas las facultades, hoy día desconocida vergonzosamente, y que deberían consultar los que, dedicándose a traducir obras facultativas, achacan con frecuencia a esterilidad del idioma lo que solo es achaque de su ignorancia en la lengua nativa»[1].

Hay en estas líneas, como se ve, una alabanza bastante tópica de lo que se llamaba ya entonces el "Siglo de Oro", a la que se incorporan (y esto es algo más novedo-

---

[1] En *Memorias de la Academia Española*, t. III, Madrid, 1871, p. 236. La lengua que le era "natural" al Emperador no era el alemán, como afirma Navarrete, sino el francés.

so) interesantes observaciones sobre el tipo de léxico que aquí ha de ocuparnos. Cabe preguntarse con cierta perplejidad por las contribuciones de un Garcilaso y un Boscán, y hasta de un Cervantes –por más que aquel y este ocupen lugares indiscutidos del Parnaso áureo–, a lo que Navarrete llama «nuestro Diccionario científico». Pero la intención del flamante académico queda más clara si seguimos leyendo, pues en el siguiente párrafo salen a relucir otros nombres, que orientan significativamente las intenciones del autor hacia la riqueza lingüística de dos ámbitos concretos, y más "técnicos", por cierto, que estrictamente científicos, el del arte militar y el de la náutica:

> «El conocimiento de las voces facultativas no solo es necesario al profesor, sino al orador, al poeta y a todo aquel que desea leer con inteligencia y escribir con acierto y exactitud. Las descripciones que hacen D. Diego Hurtado de Mendoza y D. Carlos Coloma en las guerras de Granada y de Flandes, de tanto armamento, pertrecho, fortificaciones y de otros lances de la guerra, con tan singular copia de voces del arte militar, agradarán siempre al verdadero inteligente por la oportunidad y destreza con que están traídas, por la templanza y discreción con que se hallan usadas y por la propiedad que en todas ellas se advierte. Ercilla y otros de nuestros clásicos escritores usaron también muchas voces náuticas para describir una navegación, un combate naval o una tormenta...»[2].

Nótese que si Hurtado de Mendoza y Ercilla se sitúan en pleno siglo XVI, *Las guerras de los Estados Bajos* de Carlos Coloma es obra de 1625. Y es que en realidad, con límites sumamente elásticos, el llamado "Siglo de Oro" no encajaba exactamente, ni era preciso que lo hiciera, dentro de los de una determinada centuria. Con todo, las preferencias (y una perceptible nostalgia) se encaminaban indudablemente hacia la decimosexta, hacia "el buen siglo", como era entonces también llamado el XVI. Nadie se aventuraba a señalar el límite posterior del Siglo de Oro, pero nadie dudaba de que tras él había sobrevenido un período de decadencia en muy variados órdenes.

Al siglo XVI, el del Renacimiento, está dedicado el primero de estos volúmenes sobre *Técnica e Ingeniería en España*, y en él la profesora M.ª Jesús Mancho Duque aborda doctamente un tema al que ha dedicado sostenida atención: los aspectos lingüísticos de la ciencia y la técnica en la España del Quinientos[3]. Acaso sea conveniente salvar el posible hiato entre Renacimiento e Ilustración dedicando unos momentos a reflexionar sobre lo que aconteció entre medias.

Sin resucitar visiones en conjunto superadas de una radical "tibetanización" española, sí parece existir consenso en que, debilitados los impulsos renacentistas, España atraviesa una situación de decadencia en el ámbito científico-técnico que, desdichadamente, coincide con la culminación de la llamada "Revolución Científica" que en el XVII se vive en otros países de Europa. Frente a ello, en el terreno artístico,

---

[2] *Ibidem*, pp. 236-237.

[3] «La divulgación técnica: características lingüísticas», en M. SILVA SUÁREZ (ed.), *Técnica e ingeniería en España. I. El Renacimiento*, Zaragoza, Institución "Fernando el Católico", 2004, pp. 307-340.

y desde nuestra perspectiva actual, un puñado de geniales creadores barrocos prolonga con brillantez aquel "Siglo de Oro" de cada vez más inciertos límites.

José Antonio Maravall observó con agudeza que el Barroco fue innovador en aquellas esferas en que ni política ni intelectualmente resultaba peligroso serlo; que lo fue incluso con extremo, en compensación de la mengua de novedad en otros ámbitos. Hay un pasaje de fray Jerónimo de San José que resulta bastante sobrecogedor, porque en él este carmelita, justo en el ecuador del XVII, viene a dar por buena una suerte de paralización idiomática en los campos de la religión, del derecho, de la ciencia, de la técnica:

> «Estén, pues, mui en horabuena firmes e inmobles los términos, vozes i palabras que en materia de Religión, dogmas i doctrina introduxo la antigüedad i el tiempo succesivamente siempre ha observado i venerado, como las palabras también i frases formulares en las leyes, decretos i causas forenses, i en cada arte i ciencia; pero en lo demás del Estilo i lenguage corriente no ai para qué atar los ingenios i elocuencia a la groseria del hablar antiguo»[4].

En puridad, dijera lo que dijera fray Jerónimo, no llegaría a producirse en la España del XVII semejante paralización terminológica. Nadie puede poner freno a la permanente evolución de las lenguas. Lo llamativo en ese texto es más bien el hecho mismo de que se acepte la mera posibilidad de que tal paralización se produjera en lo que concierne a «los términos, voces y palabras» del léxico religioso, jurídico, científico y técnico («cada arte y ciencia»), puesto que se concede que estén «firmes e inmobles». «¿Qué quedaba, en fin de cuentas –se pregunta Maravall–, al esfuerzo de innovación?». La respuesta la infiere del texto mismo: «el capricho poético y artístico», la «elocuencia» de los «ingenios», que, ésa no, ésa no debía sufrir ataduras[5].

Sea como sea, es perceptible que España y la lengua española hubieron de arrastrar a partir de la crisis del XVII un cierto desfase en relación con Europa, desfase que novatores e ilustrados se esforzarán por enjugar. En la época de los novatores querría detenerme un momento, pero, para asomarnos ya a una cuestión central, permítaseme antes dar un salto cronológico de un siglo justo. Ese salto nos lleva hasta el lúcido diagnóstico que hará en 1786 uno de los intelectuales con más clara conciencia lingüística del XVIII, don Antonio de Capmany:

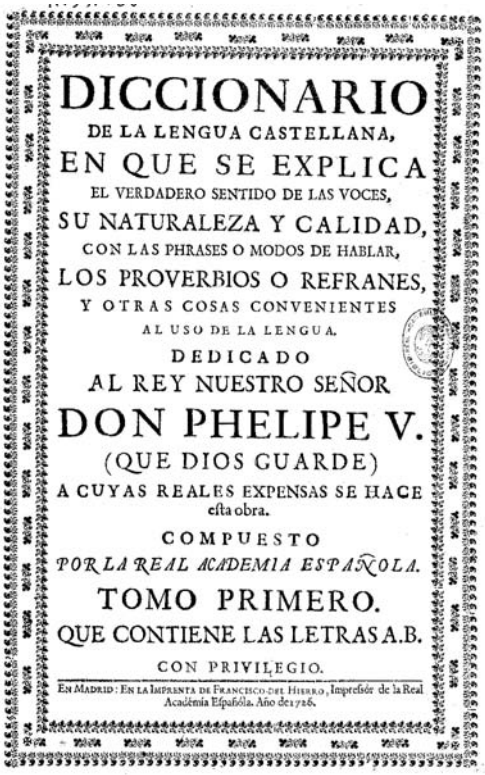
> «Nuestra lengua, es verdad, no está tan exercitada como la francesa en los ramos de astronomía, física, hidráulica, metalurgia, chîmica, etc.; por conseqüencia, será más escaso nuestro diccionario [*i. e.*: 'nuestro léxico'] que el de aquella nación que haya hecho en estas facultades descubrimientos y adelantamientos nuevos»[6].

---

[4] *Genio de la historia*, Zaragoza, 1651, p. 123.

[5] *La cultura del Barroco*, Barcelona, Ariel, 1975, p. 290; cf. asimismo su *Antiguos y modernos. La idea de progreso en el desarrollo inicial de una sociedad*, Madrid, Sociedad de Estudios y Publicaciones, 1966, pp. 102-103.

[6] «Observaciones críticas sobre la excelencia de la lengua castellana», en *Teatro histórico-crítico de la eloqüencia española*, t. I, Madrid, 1786, p. CXXXII.



DICCIONARIO
DE LA LENGUA CASTELLANA,
EN QUE SE EXPLICA
EL VERDADERO SENTIDO DE LAS VOCES,
SU NATURALEZA Y CALIDAD,
CON LAS PHRASES O MODOS DE HABLAR,
LOS PROVERBIOS O REFRANES,
Y OTRAS COSAS CONVENIENTES
AL USO DE LA LENGUA.
DEDICADO
AL REY NUESTRO SEÑOR
DON PHELIPE V.
(QUE DIOS GUARDE)
A CUYAS REALES EXPENSAS SE HACE
esta obra.
COMPUESTO
POR LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.
TOMO PRIMERO.
QUE CONTIENE LAS LETRAS A.B.
CON PRIVILEGIO.
En Madrid: En la Imprenta de Francisco del Hierro, Impressór de la Real Académia Española. Año de 1726.

5.1. La Real Academia Española

Tuvo su origen en una tertulia que comenzó a reunir en su casa D. Juan Manuel Fernández Pacheco, marqués de Villena, durante el verano de 1713. La primera tarea que ocupó a los fundadores fue la redacción de un gran diccionario del español en el que, lo mismo que en el de la florentina Accademia della Crusca, el empleo de cada vocablo o acepción estuviera avalado con un testimonio de uso (una "autoridad"). El resultado de unos primeros años de frenética actividad fue el espléndido Diccionario *que se conoce como* de autoridades *(su título, en realidad, es* Diccionario de la lengua castellana*), seis magníficos tomos que vieron la luz en un lapso de tiempo pasmosamente breve (1726-1739) y que aún hoy constituyen el principal timbre de gloria de la Corporación.*

Es casi milagroso que un puñado de hombres sin la menor experiencia en la técnica lexicográfica compilaran en tan breve plazo un diccionario del que sin exageración puede decirse que fue en su momento el mejor de Europa. Fue realizado con criterio más amplio que sus modelos europeos, y de ahí la sorprendente "modernidad" lexicográfica de Autoridades*, que no quiere ser mero panteón del vocabulario empleado por los clásicos, sino que se abre a voces provinciales y hasta a las de germanía, no vacila en servirse de autores rigurosamente coetáneos para avalar neologismos, y, en fin, es lo suficientemente elástico e indulgente como para dar entrada también a vocablos para los que, por la razón que fuera, no se disponía en ese momento de documentación escrita.*

Tras la magna empresa, la Academia se orientó hacia nuevas tareas. En 1741 apareció la primera edición de la Ortografía*, y en 1771 la de la* Gramática*, inaugurando ambas sendas series de ediciones que, naturalmente renovadas, llegan hasta nuestros días. En cuanto a las tareas lexicográficas, en 1770 se publicó el primer y único tomo de una reedición del* Diccionario de autoridades *que, por desgracia, quedaría interrumpida; dicho tomo, abarcador de las letras A y B, presentaba las mismas características que el de 1726, pero lo mejoraba en varios conceptos. Ante la lentitud de los trabajos de la nueva edición, surgió la idea de hacer un "compendio", un diccionario más manejable que ofreciera todo el alfabeto reunido en un solo tomo, lo que, naturalmente, solo podía lograrse mediante la eliminación de citas o "autoridades". Así, el que se llamó* Diccionario de la lengua castellana reducido a un tomo para su más fácil uso *(1780) es la primera edición del que se conoce como diccionario "común", "usual" o "vulgar" de la Academia: una serie representada en estos momentos por la 22.ª edición (2001).*

En cuanto al léxico "técnico", la Academia, que lógicamente había tropezado desde los inicios de su actividad con el escollo de las terminologías especiales, prometió para más adelante –optando por no darles masiva entrada en Autoridades *y siguiendo en ello el modelo de la Académie Française– un "Diccionario de Artes y Ciencias". Sin embargo, nunca llegó a acometer tal proyecto.*

Éste es el diagnóstico. Pero el remedio es fácil; va, exactamente, en la misma dirección que apuntaba Navarrete al señalar que gracias a «las lenguas sabias» (es decir, el latín y el griego) nos habíamos dotado en el XVI de una «nomenclatura española en todas las facultades»:

> «Pero esta escasez –prosigue Capmany– es una pobreza aparente de nuestra lengua, pues que el vocabulario científico y el filosófico no es francés, ni alemán, ni inglés; es griego o latino, o formado por la analogía de los idiomas vivos de raízes, ya griegas, ya latinas, que cada nación forma o adopta quando ha de escribir en aquellos géneros, conformando la terminación de las palabras advenedizas o recién refundidas a la índole de su lengua propia»[7].

Téngase en cuenta que la afrentosa pregunta de Masson de Morvilliers, «¿qué se debe a España?», estaba entonces muy presente en los ánimos. Sin entrar a discutir el fondo de la cuestión, lo que muy inteligentemente quiere transmitir Capmany es que en el plano lingüístico nuestro desfase puede desdramatizarse, pues es fácilmente superable: basta acudir al común e inagotable filón grecolatino.

Ahora bien, es sólo aparentemente paradójico que en tiempos de los novatores se hubiera librado un nuevo episodio de la secular pugna de las lenguas nacionales frente al latín[8]. Y significativo que el nombre mismo de los *novatores* sea una palabra latina, como que ese nombre se lo puso un adversario, el P. Palanco, en su *Dialogus physico-theologicus contra philosophiae novatores*, de 1714. Cuando Palanco condena que se emplee para cuestiones filosóficas el «idioma vulgar» (evidentemente, porque ello incrementaba notablemente las posibilidades de difusión de las novedades), la réplica de Juan de Nájera nos recuerda inmediatamente a muy similares protestas de fray Luis de León:

> «La magestad de la lengua Española no sé en qué ha pecado para que se dé por cargo el escrivir en ella. La nación Francesa es oy la más culta de toda Europa, y en ella se tiene por uso en este siglo escrivirse no solo las materias phylosóficas, sino puntos de Religión, como son las controversias del Jansenismo»[9].

En realidad, en la elección de código lingüístico estaba en juego una cuestión de modernidad y de apertura. Lo que rechazaban los novatores era la ranciedad de un latín escolástico cada vez más anacrónico. Pero no había en absoluto, como también hubiera sido inimaginable entre los humanistas, una descalificación global del latín como vehículo para la comunicación intelectual y científica entre las naciones europeas (nada digamos de la venerada latinidad clásica). En latín habría que leer a Newton, o a tantos otros, y el latín siguió desempeñando un papel nada desdeñable en la

---

[7] *Ibidem*, pp. CXXXII-CXXXIII.

[8] P. ÁLVAREZ DE MIRANDA: «La época de los novatores, desde la historia de la lengua», *Studia Historica. Historia Moderna*, 14 (1996), pp. 85-94.

[9] *Diálogos philosóficos en defensa del atomismo*, Madrid, 1716, p. 62.

ciencia del XVIII (piénsese, por ejemplo, en Linneo, o en tantos otros), precisamente por las ventajas que ofrecía para la comunicación transnacional. Papel en el que, de todos modos, irá cediendo terreno de modo inexorable frente al francés, en un proceso, por cierto, bastante similar al que en el siglo pasado experimentó esta lengua a manos del inglés.

Los novatores españoles dieron pasos tímidos y vacilantes, pero los dieron, e hicieron sus opciones lingüísticas en función de la materia y las circunstancias. La filosofía –no digamos la teología, como es obvio– seguía más apegada al latín. Para las ciencias, y más aún para las técnicas, se imponía el castellano. Buena prueba de ello la tenemos en la figura del P. Tomás Vicente Tosca, autor tanto de un *Compendium philosophicum* (1721) como de un *Compendio mathemático* (1707-1715). Y recuérdese que en este último están presentes no sólo las "matemáticas puras" (geometría, aritmética, trigonometría, etc.), sino también las "mixtas" o "aplicadas": música, mecánica, estática, hidrostática, arquitectura civil, arquitectura militar, artillería, óptica, geografía, astronomía y cronografía[10].

Ya en el primer tomo de su *Teatro crítico*, en 1726, declara Feijoo que una de las cosas que pretende demostrar con la gran obra que inicia es que el léxico español basta para escribir con él sobre toda clase de temas, a salvo de algún necesario «empréstito» de ciertas «voces facultativas»:

> «Uno de los motivos que he tenido para escrivir en Castellano esta obra, en cuya prosecución apenas avrá género de literatura o erudición que no se toque, fue mostrar que para escrivir en todas materias basta por sí solo nuestro idioma sin los subsidios de el ageno, exceptuando, empero, algunas vozes facultativas cuyo empréstito es indispensable de unas Naciones a otras»[11].

Es muy interesante que Feijoo hable de "empréstito", anticipándose en la elección léxica a la que hemos hecho los lingüistas, quienes llamamos, efectivamente, "préstamos", y no con mucha exactitud, por cierto, a esos más bien "regalos" que las lenguas se hacen entre sí.

La labor divulgativa de Feijoo fue extraordinariamente importante. Marañón escribió que «Feijoo es el creador, en castellano, del lenguaje científico»[12], afirmación que exige bastantes matizaciones. Tenía razón don Gregorio en lo que concierne al estilo, esto es, al empleo de una prosa expositiva y didáctica adecuada a la divulgación científica. Por lo que al léxico se refiere, lo que hizo el Padre Maestro fue más bien difundir entre el gran público lo que hasta entonces no había salido de los círculos de

---

10 Víctor NAVARRO BROTONS: *Tradició i canvi científic al País Valencià modern (1660-1720): les ciències físico-matemàtiques*, Valencia, Eliseu Climent, 1985, pp. 117 y ss.; «La personalidad científica de Tomás Vicente Tosca (1651-1723)», *Boletín Informativo Fundación Juan March*, n.º 167, febrero de 1987, pp. 3-14.

11 *Teatro crítico universal*, t. I, Madrid, 1726, disc. XV, § 25, p. 308.

12 *Las ideas biológicas del P. Feijoo*, 4.ª ed., Madrid, Espasa-Calpe, 1962, p. 86.

especialistas. Para comprobarlo podemos aducir un pequeño botón de muestra muy ilustrativo: el propio benedictino, en un pasaje del *Teatro crítico*, cree estar introduciendo en castellano el cultismo *émbolo*; tratando de una bomba hidráulica necesita emplear esa palabra, y se justifica con la siguiente nota:

> «A aquel cuerpo de figura Cylíndrica que llena la concavidad de la bomba y que con su extracción hace subir el agua llaman los Latinos *Embolus*, voz que tomaron de los Griegos, y los Franceses *Piston*. Yo uso de la voz *émbolo*, porque no sé que la tenga propria en nuestro Idioma»[13].

Esto se escribe en 1728. Ya había aparecido el primer tomo del *Diccionario de autoridades*, pero no el tercero, que es el que contiene la letra E y que saldría pocos años después, en 1732 concretamente. Si Feijoo hubiera podido consultarlo se habría encontrado con que no era él el primero en emplear la palabra *émbolo*: los académicos redactores del diccionario anduvieron aquí tan diligentes que no sólo registraron ese tecnicismo, señalando que era una «voz matemática» que designaba «la parte movible de la bomba», sino que además lo refrendaron con un texto del *Compendio mathemático* de Tosca (del tomo IV, 1712): «Cuyas principales partes son un cañón grande o cebratana, el *émbolo* que entra dentro y unas válvulas o ventanillas». El pasaje corresponde también a la descripción de una bomba hidráulica.

La cosa es todavía un poco más complicada, y sirve perfectamente para mostrar que en el terreno de las voces cultas es muy frecuente la poligénesis temporal. Como agudamente observó García de Diego, «la invención de los inventos olvidados es una rareza de la industria; pero en las lenguas, y en concreto en el latinismo, es un fenómeno corriente». «Los escritores latinizantes –continúa– son a cada paso inventores de términos latinos que otros usaron, pero que no fueron tomados de estos, sino de la cantera inagotable del diccionario latino, abierta en todos los tiempos a la curiosidad de todos»[14].

Esto es exactamente lo que pasó aquí: Feijoo no sabía que, antes que él, Tosca había empleado la palabra *émbolo*. Pero es que el valenciano tampoco sabía, seguramente, que, más de un siglo antes, Miguel de Urrea ya la había empleado en la traducción de Vitrubio[15]. Todos estaban adaptando el latín *embolus*, y a la tercera fue la vencida: con Feijoo (que emplea la palabra muchas veces, y la difunde), puede decirse que *émbolo* definitivamente se aclimata en español. Ése es el "valor añadido" de la divulgación. Lo cual nos trae a la memoria una preciosa carta de Burriel a Mayans en la que trata de convencerle de que no mire con tanto desprecio a Feijoo (y a Martín

---

[13] *Ibidem*, t. II, Madrid, 1728, disc. XI, § 5, p. 213.

[14] «Contestación», en M. Artigas, *Discursos leídos ante la Academia Española en la recepción pública del Ilmo. Sr. D.* —, Madrid, 1935, p. 68.

[15] «Los émbolos machos, que son como embudos encaxados en otros polidos a torno y alisados con azeyte y metidos sobre los agujeros de los cañones...» (*De architectura*, Alcalá, 1582, fol. [132]).

Martínez) por el solo hecho de que el benedictino tenga muchos lectores. A Burriel le parece de perlas que los tenga, porque, dice, «a Tosca le han leído ciento, y a estotros [Feijoo y Martínez] un millón»[16]. Y eso que el *Compendio mathemático* tuvo tres ediciones en el XVIII. Pero el *Teatro crítico* y las *Cartas eruditas* tuvieron muchas más.

Antes de abandonar este caso fijémonos todavía en un par de detalles. Uno es que Feijoo, frecuentemente acusado de afrancesamiento lingüístico, puesto a elegir entre un latinismo, *émbolo*, y un galicismo fácilmente aclimatable en español como era *pistón*, elige el latinismo. El otro se refiere al texto de Tosca; un indicio del esfuerzo terminológico que debió de suponer la redacción del *Compendio mathemático* lo tenemos en esos sinónimos explicativos: «un cañón grande o cebratana, [...] unas válvulas o ventanillas». No conozco, por cierto, texto más antiguo que éste para ese otro latinismo, *válvula*. La Academia también lo recogió en *Autoridades*, y tanto en su uso anatómico como en el mecánico, pero sin aducir textos para ninguno; esta vez se les escapó el de Tosca –que convenía perfectamente al segundo– y acaso otros ejemplos. Hemos de disculparlo, pues así y todo la confección de aquel diccionario fue una proeza inigualada en nuestra lexicografía.

Con estas consideraciones ya hemos entrado en materia y ya estamos en pleno siglo XVIII. Volviendo al citado texto de Capmany, repárese en que el léxico para el que el ilustrado barcelonés preconizaba la masiva introducción de cultismos grecolatinos era el "científico" y el "filosófico". Naturalmente, junto a la ciencia pura estaba lo que hoy llamamos *la Técnica*, y *las técnicas*, con un sustantivo entonces inexistente cuyo contenido referencial cubría, mal que bien, la palabra *arte*. También algunos de esos saberes técnicos (acabamos de verlo con un ejemplo de la hidráulica) podían explotar el mismo arsenal terminológico cultista. Ahora bien, Capmany no es menos clarividente al detectar que las "artes" (y nótese que la palabra se nos desliza aquí ligeramente hacia la proximidad semántica de *oficio* y, hoy, de *artesanía*) tenían también un rico vocabulario propio de carácter patrimonial, un vocabulario que era preciso recopilar y conocer:

> «Los que creen que nuestra lengua nacional está circunscripta toda en los libros y en los diccionarios, y no quieren comprehender en su inmenso caudal igualmente la lengua no escrita, exclaman que carecemos de voces para las artes. Pregúntenselo al labrador, al hortelano, al artesano, al archîtecto, al marinero, al náutico, al músico, al pintor, al pastor, etc., y hallarán un género nuevo de vocabularios castellanos que no andan impresos y que no por eso dexan de ser muy propios, muy castizos y muy necesarios de recopilarse y ordenarse, para no haber de mendigar todos los días de los idiomas estrangeros lo que tenemos, sin conocerlo, en el propio nuestro. A donde este no alcanze, adóptense voces nuevas en hora buena»[17].

---

16 G. MAYANS Y SISCAR: *Epistolario, II. Mayans y Burriel*, ed. de Antonio Mestre, Valencia, Publicaciones del Ayuntamiento de Oliva, 1972, p. 192; la carta es de 1745.

17 «Observaciones críticas...», pp. CLXVIII-CLXIX.

Capmany se percató muy bien de que los vocabularios particulares tenían un doble frente, el libresco-cultista y el oral-patrimonial, ninguno de los cuales debía desatenderse. Insiste en la necesidad que hay de «estos vocabularios técnicos y peculiares de artes y ciencias que no puede abrazar el diccionario general de la lengua»[18]. Curiosamente, en el mismo año en que esto se escribe aparecía el primer tomo de un diccionario general que, como enseguida veremos, sí intentaba precisamente eso, "abrazar" todo el inmenso patrimonio del léxico "de Ciencias y Artes". El objetivo se alcanzó solo en parte, y puede decirse que, en cierto modo, sigue hoy abierto.

II

Un neologismo dieciochesco: el adjetivo *técnico*

He dicho de pasada que la lengua del XVIII no conoce aún el sustantivo femenino *técnica*. Pero sí conoce el adjetivo *técnico*, que acabamos de leer en Capmany y sobre cuyo nacimiento me gustaría arrojar alguna luz, pues la primera fase de su trayectoria resulta estar muy directamente relacionada precisamente con la cuestión que nos ocupa, la de los léxicos "de especialidad".

La primera lengua moderna que parece haber incorporado el adjetivo es el inglés. El *Oxford English Dictionary* recoge unos tempranos y aislados testimonios de *technic* y *technical* en 1612 y 1617, respectivamente. Lo significativo es que dentro de la primera acepción ya generalizada de *technical*, 'perteneciente o relativo a un arte o a las artes', los usos más tempranos son aquellos en que se aplica a palabras, términos, frases, o a sus significados, y esto ya en 1652 o antes[19]. En el *Lexicon Technicum or an Universal English Dictionary of Arts and Sciences* de John Harris (1704) leemos que «The Terms of Art are commonly called *Technical Words*».

Algo similar ocurre en francés. La primera documentación, en términos absolutos, de *technique* es de 1684, y en ella el adjetivo se aplica a *grammairien* («grammairien technique»), reflejo del latín de Quintiliano *technicus* 'el que enseña los preceptos de un arte', en este caso de la gramática. A continuación, en 1721, *technique* se aplica a un tipo de versos (cosa que también ocurre por las mismas fechas en inglés[20], y, como enseguida veremos, en español). A partir de 1750, nos dice el *Dictionnaire historique de la langue française* dirigido por Alain Rey, el adjetivo adopta su sentido

---

18 *Ibidem*, p. CLXIX.

19 El texto de *a*1652 que aduce *OED* corresponde al adverbio *technically* («that part of divine inspiration, which was more technically and properly by the Jews called prophecy»), pero implica la significación adjetiva a que nos referimos.

20 En la *Cyclopaedia* de Ephraim CHAMBERS (1727-1741) se lee: «Technical verses are commonly composed in Latin: they are generally wretched ones, and often barbarous; but... utility is all that is aimed at» (ápud *OED*).

moderno: 'que pertenece a un dominio especializado del conocimiento o de la actividad'; en este empleo general se aplicó primero al lenguaje, a lo que más tarde se llamará la terminología, y en ello percibe dicho diccionario el influjo de los preexistentes adjetivos ingleses *technic* y *technical*.

Para nuestra lengua, desgraciadamente, no disponemos de ningún diccionario que nos ofrezca una información paralela. Pero allegando testimonios de diversa procedencia he intentado reconstruir los primeros pasos de la historia de nuestro adjetivo.

Burriel en 1746 y el P. Isla en 1752 nos hablan de «versos técnicos»[21], empleo que, como acabo de decir, se da también, un poco antes, en francés e inglés. En ese sintagma, *técnico* recoge uno de los significados del gr. τεχνικός: 'artificioso'. Versos *técnicos* son versos artificiosamente construidos para auxiliar a la memoria, para memorizar algo[22]. Lo cual nos ayuda a comprender el testimonio que es, hoy por hoy, el más antiguo en español para nuestra palabra[23]. En el «Índice alphabético de las cosas más notables» del tomo VII del *Teatro crítico* de Feijoo (1736) leemos:

> «REVBAU: Voz Téchnica de la Metaphýsica para explicar las cinco propriedades de el Ente»[24].

Aquí, con «Voz Téchnica de la Metaphýsica» no se alude todavía a ningún 'tecnicismo de la metafísica', sino a una palabra mnemotécnica artificialmente creada. Y es que en efecto, REVBAU es una especie de acrónimo o sigloide formado, para recor-

---

[21] He aquí los pasajes respectivos: «Bien me holgara tener el systhema del Sr. Corachán y el *Dionisio Afro* de Núñez, entre tanto me valgo del Epítome en versos téchnicos de Labbe, que pondré en castellano para los chiquitos, añadiendo en verso también la serie de nuestros reyes» (en G. MAYANS, *Epistolario, II*, ya citado, p. 273). «La traducción parafrástica de los versos técnicos, el estilo de la prosa y las muchas notas que añado de *ma façon* dicen los *conoisseurs* que todo estaba muy curioso» (ISLA, *Cartas familiares*, *BAE*, XV, pp. 560*b*-561*a*).

[22] Poco después, un jesuita, el P. Francisco Xavier de Idiáquez, ensaya, con el mismo significado, un insólito *tégnico* que es adaptación foneticista de la voz griega; y lo hace, por cierto, hablando precisamente de la enseñanza del griego: «El que la Gramática sea ésta o la otra, o en versos tégnicos (que es lo mismo que versos artificiales o que contienen reglas), importa mui poco» (*Prácticas e industrias para promover las Letras Humanas, con un Apéndice donde se examina el méthodo del Sr. Pluche para enseñar y aprender la Lengua Latina y Griega*, Villagarcía, 1758, p. 135; de nuevo, en p. 136). Me ha conducido hasta este texto el *Diccionario* de Terreros, que no dejó de registrar el raro adjetivo invocando como "autoridad" el pasaje de su compañero.

[23] Conviene advertir aquí de que un supuesto texto de 1582 que depara la consulta de CORDE (septiembre de 2004), y que correspondería a la traducción de Vitruvio por Urrea, es recusable; cotejado el pasaje, en lugar de lo que lee la transcripción electrónica, «sonido técnico», encontramos en el original «sonido scénico» (fol. 7v).

[24] En el cuerpo del discurso al que desde este índice se remite no se emplea el adjetivo *técnico*. Cuyo uso en la tabla, por tanto, tal vez no sea adscribible a Feijoo mismo, sino a quien la elaborara. ¿Tal vez Sarmiento, el fiel colaborador que en Madrid supervisaba la publicación de los tomos? En cualquier caso, dilucidarlo, amén de imposible, es cuestión muy secundaria.

5.2. Antonio de Capmany y Montpalau (Barcelona, 1742-Cádiz, 1813).
Siguió la carrera militar hasta 1770, año a partir del cual se dedicará intensamente a las letras, en particular la Historia y la Filología. Próximo al círculo sevillano de Olavide, ingresa en 1773 en la Real Academia Sevillana de Buenas Letras y escribe algunos trabajos en que se muestra confiado en las reformas que aquel siglo "ilustrado" y "pensador" había acometido.
En 1775, con su traslado a Madrid, se inicia una nueva etapa en su biografía, marcada por su pertenencia a la Real Academia de la Historia y su intensa participación en las tareas de esta corporación, de la que ejerce como secretario entre 1785 y 1801. Es un período fecundo en que Capmany da a la luz sus obras más importantes: las monumentales Memorias históricas sobre la marina, comercio y artes de la antigua ciudad de Barcelona *(1779-1792, 4 vols.), el* Teatro histórico-crítico de la eloqüencia española *(1786-1794, 5 vols.), etc.*
Los acontecimientos de 1808 marcan un nuevo giro en la vida del autor. Antes de la capitulación de Madrid, Capmany redacta su Centinela contra franceses *y, al día siguiente de aquella, huye hacia Sevilla. Allí se pone a las órdenes de la Junta Central y aporta su experiencia como historiador a los preparativos de la Asamblea constituyente. Trasladada la Junta a Cádiz, Capmany será un muy activo diputado en las Cortes allí reunidas; fallece en 1813, como consecuencia de la epidemia de fiebre amarilla que azota a la ciudad.*
Blanco White consideró a Capmany en 1807 «probablemente nuestro mejor filólogo y escritor actual». Desde luego, cabe considerar que entre los eruditos de su tiempo fue el que tuvo más clara visión de los hechos lingüísticos y del desenvolvimiento histórico del idioma, mereciendo un recuerdo especial por sus atinadas consideraciones sobre el léxico "técnico" español.

dar las propiedades del ente, con las iniciales de *REs*, *Verum*, *Bonum*, *Aliquid* y *Unum*[25].

Enseguida aparece también en español *técnico* como 'perteneciente o relativo a un arte o a un dominio especializado del conocimiento o de la actividad'. En un pasaje de la aprobación que escribe don José de Mora y Catá, marqués de Llió, a la traducción de la *Nueva Cyropedia, o los viajes de Cyro* se hace eco este erudito de los preceptos de Pierre-Daniel Huet sobre las diferentes especies de traducción, y, parafraseándole, escribe:

> «Pero aún con más razón Daniel *Huet*, quien decendiendo del género a la especie y sus diferencias prescribe con la mayor propriedad distinctos méthodos a las traducciones según la variedad de las materias: suma estrechez en donde es mysterio la cohordinación de las palabras; erudita simplicidad en discursos Theológicos y Theoréticos; limitadas facultades con Gramáticos, Téchnicos y históricos; mayores ensanches con los Oradores (y más con los Poetas)»[26].

Cuando la procedencia de un vocablo apunta al latín, los etimólogos suelen revolver, como es natural, léxicos de dicha lengua, o, en determinados casos, están muy atentos a esa modalidad tan problemáticamente llamada "latín vulgar". Ahora bien, de repertorios que recojan el latín humanístico del XVI-XVII (y aun posterior) y el latín científico estamos más bien huérfanos. Y ese latín es extraordinariamente importante para conocer la historia de numerosas palabras de las lenguas europeas modernas[27]. Si consultamos diccionarios de latín (entiéndase: latín clásico y postclásico), nos dicen que el adjetivo *technicus* lo usó Quintiliano, y nada más. Sin embargo, el que se emplee *técnico* en ese texto español redactado en 1738 deriva ni más ni menos que del hecho de que Pierre-Daniel Huet use *technicus* en el pasaje de la obra latina que el erudito catalán está manejando:

> «Pura Grammaticis & simplex interpretatio adhibenda est, Technicisque etiam reliquis, qui artem aliquam legibus definiunt»[28].

---

[25] Cf. este pasaje del *Fray Gerundio de Campazas*, de Isla: «Y así, después que oyó a su letor las propiedades del ente, contenidas en las letras iniciales de aquella palabra bárbara REVBAU, cuando veía a alguno de genio extravagante, decía, no sin vanidad de su comprensión escolástica: "Este es un *revbau*, como lo explicó mi letor"» (ed. de José Jurado, Madrid, Gredos, 1992, pp. 314-315).

[26] *Nueva Cyropedia o los viajes de Cyro, y un discurso sobre la Mythología, que escrivió en la lengua Francesa Monsieur de Ramsay... Lo que tradujo el año de 1732 en lengua Castellana Don Francisco Savila*, Barcelona, 1738 (2 vols.), t. I, [§§ 4] r°-v°.

[27] Como subrayó en un excelente trabajo R. ARVEILLER: «De l'importance du latin scientifique des XVIe-XVIIIe s. dans la création du vocabulaire technique français à la même époque», en *Actas del XI Congreso Internacional de Lingüística y Filología Románicas*, Madrid, CSIC, 1968, t. II, pp. 501-522.

[28] *De interpretationes libri duo*, La Haya, 1683, p. 29; la primera edición se publicó en París en 1661. Cf. *Translation Theory in the Age of Louis XIV. The 1683 De optimo genere interpretandi (On the best kind of translating) of Pierre-Daniel Huet (1630-1721).* Introduction, English Translation,

Otro testimonio temprano de *técnico* como 'perteneciente o relativo a un arte' lo encontramos en Luis José Velázquez:

> «Luis Alonso de Carvallo examinó muy menudamente todo quanto pertenece a la parte Thécnica de el verso Castellano en su *Cisne de Apolo* impresso en Medina del Campo, 1602, como también D. Juan Caramuel en su *Rithmica*».[29]

Aunque aquí se hable de versos, creo que estamos ante el significado general. El texto implica la existencia en el verso castellano de una vertiente poética y otra específicamente métrica, 'artificiosa' en sentido literal, o, dicho en forma más helenizante, "Thécnica"[30], en la medida en que la versificación es un arte.

Ahora bien, el hecho más llamativo es que, cuando el adjetivo empieza a consolidarse en el uso, se aplica con especialidad y reiteración a las palabras, a un tipo particular de vocabulario:

> «A proporción del mayor o menor esmero con que cada Nación ha cultivado la Historia Natural escasea o abunda de voces téchnicas»[31].
>
> «Daré fin a esta Introducción o Discurso preliminar pidiendo se me disimulen la infinidad de voces y frases desconocidas que me atrevo a usar. Una materia nueva no puede dexar de ser tratada en términos también nuevos; bien que acaso no faltará quien tome por voces arbitrarias y bárbaras las que por sí son puramente técnicas o facultativas, de aquellas que es forzoso adoptar para explicarse en el idioma más comúnmente recibido entre los Profesores de las Ciencias»[32].
>
> «Es cosa a la verdad incivil tratar de las cosas [...] de que se ignoran hasta los nombres técnicos de que usa nuestro idioma español»[33].
>
> «Presentan menos oscuridad y obstáculos en la inteligencia del texto y de sus proposiciones por medio de las palabras técnicas o facultativas»[34].

Notes and Commentaries by James Albert DeLater, Manchester-Northampton, St. Jerome, 2002, p. 146. Entiendo que, en el texto de Mora, "Gramáticos, Téchnicos y históricos" son adjetivos que remiten al sustantivo previo "discursos" (como, obviamente, lo son los que lo acompañan, "Theológicos y Theoréticos"). Ahora bien, no sería descartable que –como en la fuente latina– se tratara de sustantivos con referencia a persona; no es raro en la lengua de la época *histórico* 'historiador', y nótese que esta construcción anticiparía la de la frase siguiente, que habla de "Oradores" y "Poetas" (pero ambos con artículo). Si así fuera, estaríamos ante un muy temprano ejemplo aislado de *técnico*, sustantivo, referido a persona.

[29] *Orígenes de la poesía castellana*, Málaga, 1754, p. 167.

[30] Aunque con grafía errónea (no está justificada la *th*-).

[31] Casimiro [GÓMEZ] ORTEGA: «Prólogo del traductor», en *Viage del comandante Byron al rededor del mundo*, Madrid, 1769, [**3].

[32] Guillermo BOWLES: *Introducción a la historia natural y a la Geografía física de España*, Madrid, 1775, p. 47.

[33] Pedro RODRÍGUEZ DE CAMPOMANES: *Discurso sobre la educación popular de los artesanos y su fomento* (1775), ed. de John Reeder, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales, 1975, p. 266.

[34] Antonio de CAPMANY: *Arte de traducir el idioma francés al castellano*, Madrid, 1776, p. XIV.

> «El número y armonía de los versos no tanto pende de las voces que entran en la composición del verso cuanto de su colocación y especialmente de la disposición de las pausas, o por hablar con la voz técnica, *cesuras*, que debe haber en cada verso»[35].
>
> «Por lo que toca a los términos *téchnicos* o del arte, he tenido por más acertado el vulgarizar todos aquellos que no tienen equivalentes en nuestra lengua»[36].
>
> «Las voces técnicas de las ciencias y artes las han adoptado todas las naciones como por una especie de reverencia a la lengua griega»[37].
>
> «Esta explicación no puede dexar de parecer obscura a muchos lectores, a causa de su brevedad y de las muchas palabras técnicas, pero en una obra de esta naturaleza no es fácil darla más clara»[38].
>
> «Cada pieza [de la colección de Historia Natural del Museo de Florencia] tiene una inscripción, con el nombre técnico y el vulgar»[39].
>
> «Se han de tener nociones justas de la Historia universal y particular, [...] de las vozes técnicas de las artes y sus operaciones mecánicas, puesto que apenas habrá ciencia o facultad alguna de la qual no ocurra despachar en el curso del año papeles e instrumentos que exigen de parte del traductor toda la inteligencia necesaria de la materia que se trata en ellos»[40].
>
> «El idioma francés, más ejercitado que el nuestro en las Ciencias Naturales y en la Artes, ha adoptado muchas voces técnicas, aún no introducidas en el castellano por no haberse aplicado tanto los españoles a aquellas facultades»[41].

Evidentemente, esta reiterada aplicación de *técnico* a elementos lingüísticos en el último tercio del XVIII no es casual. Del mismo modo, los únicos tres textos que para nuestro adjetivo registra el *Léxico hispanoamericano* de Boyd-Bowman, procedentes los tres del *Mercurio Peruano*, nos hablan de «términos técnicos» (h. 1775), de

---

35 Gaspar Melchor de JOVELLANOS: *Obras completas. Tomo II. Correspondencia, 1.º (1767-Junio de 1794)*, ed. de José Miguel Caso González, Oviedo, Centro de Estudios del Siglo XVIII, 1985, p. 68; la carta es de 1777.

36 Antonio PALAU Y VERDERA: *Explicación de la filosofía y fundamentos botánicos de Linneo*, Madrid, 1778, Prólogo, [*6]v°-[*7].

37 Josefa AMAR Y BORBÓN: *Discurso sobre la educación física y moral de las mujeres* [1790], ed. de M.ª Victoria López-Cordón, Madrid, Cátedra, 1994, p. 181.

38 *La mágica blanca descubierta, o El demostrador de física y matemáticas declarado un simple jugador de manos*, 2.ª ed., Madrid, 1792, p. 46; es traducción de la obra de Henri Decremps *La magie blanche dévoilée*, París, 1784.

39 Leandro FERNÁNDEZ DE MORATÍN: *Viage a Italia* [1793-1797], ed. de Belén Tejerina, Madrid, Espasa-Calpe, 1988, p. 353.

40 Leandro FERNÁNDEZ DE MORATÍN: *Epistolario*, ed. de René Andioc, Madrid, Castalia, 1973, pp. 222-223; la carta es de 1797.

41 Félix José REINOSO: «Reflexiones sobre el uso de las palabras nuevas en la lengua castellana. Leídas a la Academia de Letras Humanas, de Sevilla, en 24 de junio de 1798», *Cruz y Raya*, núm. 21 (diciembre de 1934), p. [537].

«las voces thécnicas de mineralogía» (1791) y de «las voces técnicas que hemos adoptado» (1793)[42]. A lo que ha de añadirse el ya citado pasaje de Capmany en el que se refería a la necesidad de «vocabularios técnicos y peculiares de artes y ciencias».

Ahora bien, no es menos cierto que junto a este uso digamos metalingüístico se va abriendo paso también el más general. Uno de los autores que más contribuye a su avance es sin duda don Pedro Rodríguez de Campomanes. Ya en una carta de 1772 dice que hay en las obras de Aristóteles «tratados técnicos excelentes»[43]. Y en el *Discurso sobre la educación popular de los artesanos y su fomento*[44] (1775) nuestro adjetivo ocurre a cada paso:

> «Esta educación técnica y moral suele ser defectuosa y descuidada entre nuestros artesanos» (p. 130).
>
> «Increíble se hace que falten en todo un gremio de artesanos talentos capaces de abrazar la parte técnica y la económica de semejantes establecimientos» (p. 199).
>
> «La parte *técnica o facultativa* de las artes no está sujeta a ordenanzas» (p. 239).
>
> «La rigurosa observancia de los principios técnicos...» (*ibidem*).
>
> «Quedan suficientemente demostrados los perjuicios de hacer ordenanzas técnicas» (pp. 282-283).
>
> «Cuando haya maquinistas capaces de dirigir las artes corregirán los defectos técnicos que se experimentan al presente» (p. 283).

La influencia de Campomanes se deja sentir en otros autores, y en general en el ámbito de las Sociedades Económicas. Así, don Pedro Díaz Valdés, arcediano de la catedral de Urgel y futuro obispo de Barcelona, remite en 1793 a la Bascongada una memoria «sobre las ventajas de que los párrocos se dediquen a promover la agricultura e industria de sus feligreses», en la que lamenta que se carezca de «tratados particulares de los oficios, que abracen los principios téchnicos y los de la moral que les pertenece»[45]. Poco después escribe Jovellanos por encargo de la Matritense el *Informe sobre la Ley Agraria*; en él se refiere a «la parte técnica del cultivo», y afirma que «el medio más sencillo de comunicar y propagar los resultados de las ciencias útiles entre los labradores sería el de formar unas cartillas técnicas» redactadas «en estilo llano y acomodado a la comprensión de un labriego»[46].

---

[42] Peter BOYD-BOWMAN: *Léxico hispanoamericano, 1493-1993*, Ray Harris-Northall y John J. Nitti, eds., Nueva York, Hispanic Seminary of Medieval Studies, 2003 (en CD-ROM).

[43] *Epistolario. Tomo I (1747-1777)*, ed. de M. Avilés Fernández y J. Cejudo López, Madrid, Fundación Universitaria Española, 1983, p. 429.

[44] Ed. de John Reeder, ya citada.

[45] *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Sociedad Bascongada de los Amigos del País en la villa de Bilbao por julio de 1793*, Vitoria, 1793, p. 85.

[46] *Espectáculos y diversiones públicas. Informe sobre la Ley Agraria*, ed. de J. Lage, Madrid, Cátedra, 1979, pp. 286 y 301.

Es natural que el *Diccionario de autoridades* no recogiera aún nuestra voz, prácticamente desconocida en el momento en que se publicó el tomo correspondiente. Tampoco aparece en las tres ediciones dieciochescas del diccionario académico compendiado (1780, 1783 y 1791). Pero ya sí, por fin, en la 4.ª (1803), y, significativamente, con esta definición: «adj[etivo] que se aplica a las palabras propias de las artes y ciencias»[47]. Esto es todo. Tuvieron que pasar otros 80 años para que la Academia recogiera además, y anteponiéndola, la acepción general, que, como sabemos, corría ya desde el XVIII:

> «**Técnico, ca**. (Del gr. τεχνικός, de τέχνη, arte.) adj. Perteneciente o relativo a las artes. || Aplícase en particular a las palabras o expresiones empleadas exclusivamente, o con sentido distinto del vulgar, en el lenguaje propio de un arte, ciencia u oficio»[48].

Hoy día existe una relativa contraposición semántica entre *ciencia* y *técnica*. Pero en los adjetivos correspondientes la relación puede no ser de contraposición, sino de inclusión: *técnico* remite no sólo a la(s) *técnica(s)*, antaño llamadas exclusivamente *artes*, sino a ellas y también a las ciencias. Así se percibe claramente en los textos dieciochescos que hemos considerado, y sigue percibiéndose en la lengua de hoy. *Técnico* valía, y vale, 'propio o específico de una ciencia o arte', era sinónimo de *facultativo* (adjetivo que también hemos leído en varios textos), de *especializado*, *particular, peculiar*. De ahí que, contra lo que se ha sostenido alguna vez, no resulte inadecuado que llamemos hoy *tecnicismos* a los vocablos específicos no solo de un arte o técnica, sino también de una ciencia. Histórica y semánticamente es del todo coherente hablar de *tecnicismos* de la Medicina o de la Física. Elíjase la más "pura" e indiscutible de las ciencias; con referencia a ella podremos hablar, por ejemplo, de los "conocimientos técnicos" de quien la profesa. Esto es bastante obvio, pero a veces conviene recapacitar sobre lo obvio.

Si Capmany hablaba, como reiteradamente estamos recordando, de «vocabularios técnicos y peculiares de artes y ciencias», no es menos cierto que también escribió esto otro:

> «Debíamos distinguir dos lenguages, o mejor, dos diccionarios: al uno llamaré *racional*, que incluye el *moral*, y es el peculiar de cada nación; y al otro *científico o técnico*, que es común a todas quando han de tratar unas mismas materias».

(Y aquí, a continuación, viene el pasaje ya citado sobre la aparente pobreza de ese segundo "diccionario" nuestro frente al francés.) Pues bien, es claro que en el

---

47 *Diccionario de la lengua castellana*, 4.ª ed., Madrid, 1803.

48 *Diccionario de la lengua castellana*, 12.ª ed., Madrid, 1884. Cuando en 1846 Vicente Salvá publicó su edición corregida y aumentada del diccionario académico, echó de menos en el de 1843 la acepción que faltaba, de modo que tuvo que emplearse a fondo en el uso del corchete: «adj. que se aplica [de ordinario] a las palabras propias de las artes y ciencias; [pero que puede aplicarse a todo lo que es peculiar de una arte o facultad; como reglas TÉCNICAS, principios TÉCNICOS]».

texto que acabamos de citar no se están contraponiendo *científico* y *técnico*, sino más bien aproximando, y casi identificando. Si para ese uso acabó prevaleciendo el segundo sobre el primero fue por esa su capacidad inclusiva del otro, que *científico*, más marcado, apenas tiene[49].

La Academia, ya lo hemos dicho, no recogió *técnico* en el XVIII, pero sí lo hizo el otro gran diccionario de aquel siglo, el de Terreros. Redactado antes de la expulsión de los jesuitas, aunque publicado veinte años después, es lógico que en él figure todavía la palabra sólo con la acepción correspondiente a los "versos técnicos", y, en un resabio latinizante, con el valor que en Quintiliano tenía *technicus*[50].

III

Diccionarios de voces "técnicas" en el XVIII

Y sin embargo, el diccionario de Terreros supone el primer intento español de recopilar –junto al léxico general– las ya denominadas, cuando se publicó, "voces técnicas", aunque el benemérito jesuita aún no las llamara así. La Academia, que lógicamente había tropezado desde el comienzo con el escollo de las terminologías especiales, había prometido para más adelante –optando por no darles masiva entrada en *Autoridades*– un "Diccionario de Artes y Ciencias"[51], en lo que se acogía al modelo francés[52]. Sin embargo, nunca llegaron los académicos a acometer tal proyecto. También fracasó el impresor y matemático valenciano Antonio Bordazar en la compilación de un *Diccionario facultativo* en el que trabajó varios años, bajo la orientación

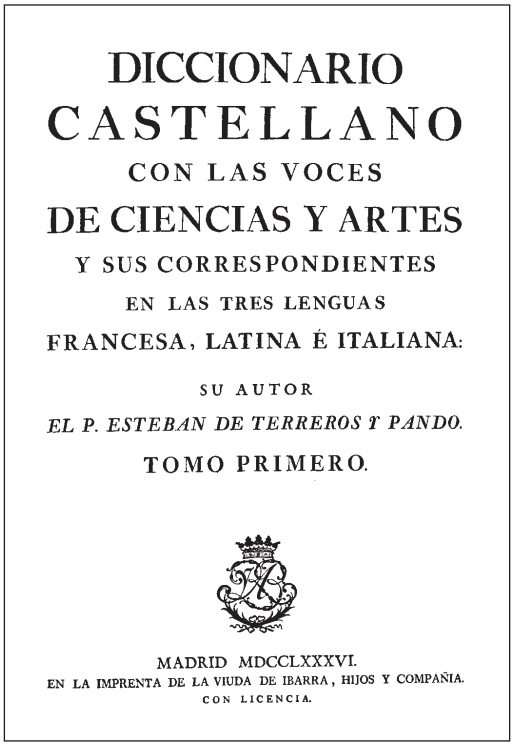
---

[49] Véase, no obstante, el texto de Navarrete citado al comienzo de este trabajo, en el que se habla de «nuestro Diccionario científico». Podemos, en fin, dejar aquí al margen la ligera contradicción en que incurre Capmany al decir que el vocabulario «científico o técnico» es común a todas las naciones, cuando, como también sabemos, él mismo se percata más adelante de la existencia entre nosotros de contingentes léxicos muy «propios» y muy «castizos» para determinadas artes (y aquí sí quedarían fuera las ciencias; recuérdese a quiénes aludía: a pastores, hortelanos, artesanos, arquitectos, marineros, náuticos, músicos, pintores y pastores).

[50] «TÉCNICO, ca. adj. Fr. *Technique*, *tecnique*. Lat. *Technicus*, *artificiosus*. Dícese de los versos artificiosos en que para auxîlio de la memoria se ponen los términos de las artes, ciencias o facultades. Los Casuistas han hecho versos técnicos del hurto, de los impedimentos, etc. El P. Buffier hizo versos técnicos de la Jeografía, Cronolojía e Historia. TÉCNICO se toma también por el que enseña los principios de las artes y ciencias, y por el que escribe sus preceptos, y en este sentido lo tomó Quintiliano. Fr. *Technique*. Lat. *Technicus*» (*Diccionario castellano con las voces de ciencias y artes*, t. III, Madrid, 1788). Como ya hemos dicho, Terreros recoge además *tégnico*, lema desde el que remite a *técnico*.

[51] Cf. *Autoridades*, t. I. p. V, y t. VI, ¶¶¶¶ v.

[52] La Académie Française encargó a Thomas Corneille la elaboración de un *Dictionnaire des termes d'arts et des sciences* que se publicó el mismo año que el diccionario general de la corporación (1694), a modo de complemento suyo.



DICCIONARIO
CASTELLANO
CON LAS VOCES
DE CIENCIAS Y ARTES
Y SUS CORRESPONDIENTES
EN LAS TRES LENGUAS
FRANCESA, LATINA É ITALIANA:
SU AUTOR
EL P. ESTEBAN DE TERREROS Y PANDO.
TOMO PRIMERO.

MADRID MDCCLXXXVI.
EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA DE IBARRA, HIJOS Y COMPAÑIA.
CON LICENCIA.

5.3. Esteban de Terreros y Pando (Trucíos, Vizcaya, 1707-Forlì, Italia, 1782)

La vida de este jesuita estuvo consagrada a la enseñanza y al estudio: hasta que se produjo el extrañamiento de la Compañía fue profesor en el Seminario de Nobles y en el Colegio Imperial de Madrid, donde en particular enseñó matemáticas.

Entre 1753 y 1755 publicó los 16 tomos de la traducción y adaptación de una obra con pretensiones enciclopédicas, el Espectáculo de la Naturaleza *del abate Noël-Antoine Pluche. Esta tarea le enfrentó al arduo problema de emplear la más adecuada terminología española para un diverso conjunto de ciencias y oficios, y le indujo a enriquecer la traducción con abundantes notas a pie de página que, frecuentemente, abordan problemas de índole terminológica.*

La actividad de traductor condujo a Terreros a la lexicografía. Surgió en él la idea de ofrecer en un inventario todo ese caudal léxico que estaba manejando, y el resultado será el más importante diccionario español del siglo XVIII después del de Autoridades *de la Academia: el* Diccionario castellano con las voces de ciencias y artes. *Esta gran obra, de interés no sólo por el manejo de fuentes librescas y las ocasionales referencias a textos ejemplificadores, sino también por recoger directamente de los "profesores" que mejor podían conocerlo el léxico de las artes, oficios y ciencias, estaba ya prácticamente terminada en 1765, fecha en que el autor consiguió las licencias oportunas y comenzó a imprimirse.*

Sin embargo, la expulsión de los jesuitas, decretada el 1.º de abril de 1767, dio al traste con el proceso de publicación. Terreros fue a parar a Forlì, y allí fallece en 1782, creyendo que su gran obra iba a quedar definitivamente inédita. Sin embargo, unos bibliotecarios de los Reales Estudios de San Isidro (la institución docente heredera de la que habían regentado los jesuitas) localizaron, por encargo de Floridablanca, los pliegos ya impresos del diccionario, y el resto del original y el conjunto pudo ver la luz en 1786-93.

de Mayans[53]. Terreros decidió entonces cubrir ese hueco. Nótese que su diccionario se llama *Diccionario castellano con las voces de ciencias y artes*. La preposición *con* es importante: no estamos ante un diccionario *de* voces de ciencias y artes, sino ante un diccionario *general* que incorpora, *además*, tales voces. Para cuya recolección no se valió el jesuita únicamente de fuentes librescas, sino que, según nos cuenta él mismo, acudió para informarse a multitud de expertos, fueran profesores destacados o humildes artesanos, y tanto mediante correspondencia epistolar como directamente de sus labios[54].

Otra novedad del siglo XVIII es la publicación de léxicos particulares, es decir, de repertorios destinados a recoger las voces propias de una facultad[55]. Cierto que existían desde tiempo atrás tratados que incluían al final glosarios de las voces "técnicas" en ellos empleados. Pero ahora nos referimos a la independización de esos glosarios como obras exentas.

En ambas modalidades, un ámbito madrugador fue el del léxico marinero[56]. Si en 1587 Diego García de Palacio había añadido un «Vocabulario de los nombres que usa la gente de mar en todo lo que pertenece a su arte» al final de su *Instrucción náuthica, para el buen uso y regimento de las naos*, a esa misma especialidad está dedicado el primer repertorio impreso independiente, el *Vocabulario marítimo* aparecido en Sevilla en 1722[57]. Suele mencionarse una rarísima edición anterior, que casi nadie ha visto, de este *Vocabulario*, también sevillana y de 1696[58]; pero, aparte de incluir un número menor de voces, éstas no se presentan con disposición lexicográfica, sino de

---

53 Vid. P. ÁLVAREZ DE MIRANDA: «Los proyectos enciclopédicos en el siglo XVIII español», en *Europa: proyecciones y percepciones históricas. Octavas Jornadas de Estudios Históricos organizadas por el Departamento de Historia Medieval, Moderna y Contemporánea*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 1997, pp. 87-106, y especialmente 96-98.

54 Vid. P. ÁLVAREZ DE MIRANDA: «En torno al *Diccionario* de Terreros», *Bulletin Hispanique*, 94 (1992), pp. 559-572.

55 Vid. F. SAN VICENTE: «Lexicografía y catalogación de nuevos saberes en España durante el siglo XVIII», en *El Siglo que llaman Ilustrado. Homenaje a Francisco Aguilar Piñal*, Madrid, CSIC, 1996, pp. 781-794. También, del mismo autor, *Bibliografía de la lexicografía española del siglo XVIII*, Abano Terme, Piovan Editore, 1995.

56 Gili Gaya observó que de los 87 repertorios de tecnicismos de los siglos XVI a XIX recogidos por el conde de la Viñaza en la *Biblioteca histórica de la filología castellana* (Madrid, 1893) 27 eran de términos náuticos («El lenguaje de la ciencia y la técnica», en *Presente y futuro de la lengua española*, Madrid, Cultura Hispánica, 1964, II, p. 271, nota).

57 *Vocabulario marítimo, y explicación de los Vocablos que usa la gente de Mar en su exercicio del Arte de Marear. Nuevamente corregido y añadido en esta segunda impressión, por mandado de los Cavalleros Mayordomo y Diputados de la Universidad de Mareantes de esta Ciudad de Sevilla.*

58 *Vocabulario marítimo, y explicación de los más Principales Vocablos de que usa la gente de Mar en su exercicio de el Arte de Marear. Mandado imprimir por la Universidad de Mareantes desta Ciudad de Sevilla, para estudio de los Niños de el Real Seminario de ella*. Hay ejemplar en la Biblioteca Nacional de Madrid: R-7881.

cartilla, a base de preguntas y respuestas. Cierto también que hubo en el XVII otros repertorios de voces náuticas que no llegaron a imprimirse[59], y para los que aún puede consultarse con provecho el excelente prólogo que puso Navarrete a uno de los mejores diccionarios técnicos publicados en nuestro país, el célebre *Diccionario marítimo español* de 1831, fruto, en cierto modo, tardío, de los saberes náuticos de la Ilustración[60]. Ese prólogo de Navarrete, por cierto, se imprimió también aparte, en el mismo año, con el título de *Discurso [...] sobre la utilidad de los diccionarios facultativos*.

VOCABULARIO
MARITIMO,
Y EXPLICACION DE LOS
Vócablos, que vſa la gente de Mar,
en ſu exercicio del Arte de
Marear,
Nuevamente corregido, y añadido
en eſta ſegunda impreſsion,
Por mandado de los Cavalleros
Mayordomo, y Diputados de la
Vniverſidad de Mareantes de
eſta Ciudad de Sevilla.
Dedicado al Señor San Pedro Gonzalez Telmo, Patron de Navegantes, y Titular del Real Colegio Seminario de dicha Ciudad.
Con licencia: En Sevilla: En la Imprenta Caſtellana, y Latina de los Herederos de Thomàs Lopez de Haro, en Calle de Genova.

5.4. Vocabulario Marítimo y Explicación de los Vocablos que usa la gente de Mar, en su exercicio del Arte de Marear, *impreso en Sevilla en 1722.*

59 Tampoco se imprimió un repertorio perteneciente a otro dominio: el temprano *Diccionario y maneras de hablar que se usan en las minas y sus labores en los ingenios y beneficios de los metales* (Potosí, 1610-1611) de García de LLANOS, modernamente recuperado en una ed. de Gunnar Mendoza, La Paz (Bolivia), Museo Nacional de Etnografía y Folklore, 1983; es rico en voces quechuas y aimaras.

60 Vid. Julio F. GUILLÉN: «El Diccionario Marítimo Español de 1831», *Boletín de la Real Academia Española*, XLVII (1967), pp. 103-114. Según Navarrete (en el aludido prólogo, p. VII), «sirvió de original» para el *Vocablario marítimo* sevillano de 1696 un manuscrito, *Vocabulario de los nombres*

He de ser muy sumario en todos los demás campos. Especialmente afortunado es el de las Bellas Artes, pues en un mismo año, 1788, vieron la luz los diccionarios de Francisco Martínez[61] y de Diego Antonio Rejón de Silva[62], este último "de autoridades", a lo que ha de añadirse ya en 1802 el de arquitectura de Benito Bails[63]. No lo fue tanto el de la Medicina, pues la excesivamente ambiciosa *Clave médico-chirúrgica universal, y Diccionario Médico, Chyrúrgico, Anathómico, Mineralógico, Botánico, Zoológico, Pharmacéutico, Chýmico, Histórico-Phísico* (1730-1731), de Francisco Suárez de Ribera, no pasó, en sus tres tomos, de la letra C[64]. En el curso de los trabajos para un magno *Diccionario geográfico-histórico de España* (también frustrado, pero es obra de otro carácter, no lexicográfico), la Academia de la Historia se vio precisada a reunir, en sendos folletos impresos para uso interno, un *Diccionario de voces españolas geográficas* y una «Lista o catálogo de los nombres de pesos y medidas de que por ahora se tiene noticia»[65], intento, este último, casi desesperado de no perderse en el maremágnum de los pesos y medidas previo a la implantación del Sistema Métrico Decimal. En ambos repertorios trabajó, por cierto, Capmany, quien en 1786 había denunciado la carencia de «vocabularios técnicos para escribir facultativamente en las materias científicas, económicas y fabriles»[66].

Hay, en fin, diccionarios de otro carácter, atentos no solo, o no tanto, a la terminología de una determinada facultad cuanto a la exposición y desarrollo de los contenidos de ella disponiéndolos de modo que resulten fácilmente localizables. Produc-

---

que usa la gente de mar en todo lo que pertenece a su arte (Biblioteca Nacional de Madrid, ms. 3158), del capitán Sebastián Fernández de Gamboa, que a su vez –como su mismo título refleja– está muy en deuda con García de Palacio; insisto, sin embargo, en que el rarísimo impreso de 1696 no tiene disposición lexicográfica. Véase también L. NIETO JIMÉNEZ: *Tesoro lexicográfico del español marinero anterior a 1726*, Madrid, Arco/Libros, 2002.

61 *Introducción al conocimiento de las Bellas Artes, o Diccionario manual de Pintura, Escultura, Arquitectura, Grabado, etc.*, Madrid, 1788.

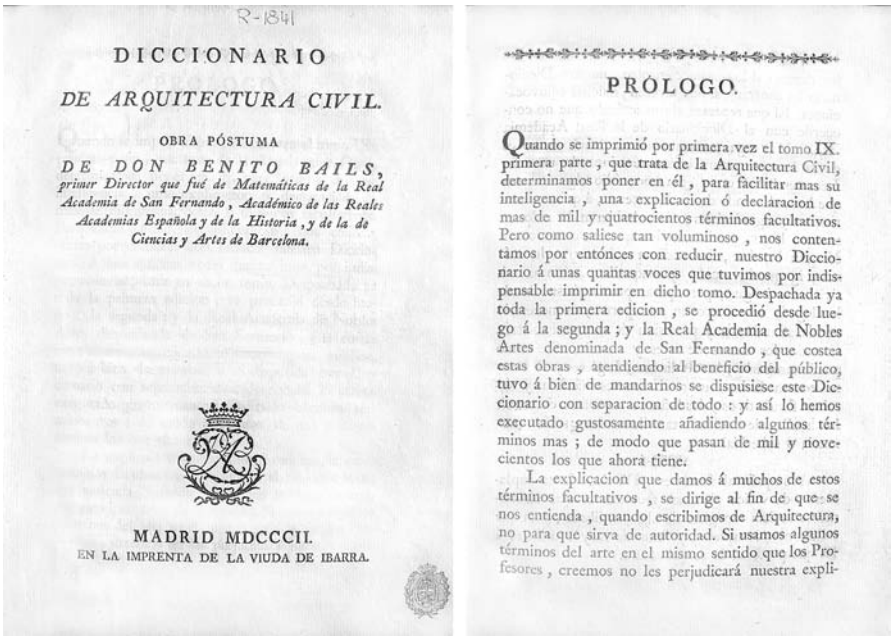
62 *Diccionario de las Nobles Artes para instrucción de los Aficionados y uso de los Profesores. Contiene todos los términos y frases facultativas de la Pintura, Escultura, Arquitectura y Grabado, y los de la Albañilería o Construcción, Carpintería de obras de fuera, Montea y Cantería, etc., con sus respectivas autoridades sacadas de Autores Castellanos, según el método del Diccionario de la Lengua Castellana compuesto por la Real Academia Española*, Segovia, 1788.

63 *Diccionario de Arquitectura Civil*, Madrid, 1802.

64 Vid. B. M. GUTIÉRREZ [RODILLA]: «Lo que pudo haber sido y no fue: Francisco Suárez de Rivera y la lexicografía médica moderna», en *Actes del Col·loqui «La història dels llenguatges iberoromànics d'especialitat (segles XVII-XIX). Solucions per al present», Barcelona, 15-17 de maig de 1997,* Barcelona, Institut Universitari de Lingüística Aplicada-Universitat Pompeu Fabra, 1998, pp. 305-317.

65 Vid. P. ÁLVAREZ DE MIRANDA: «La actividad lexicográfica de la Academia de la Historia a fines del siglo XVIII», en *Actas del III Congreso Internacional de Historia de la Lengua Española (Salamanca, 22-27 de noviembre de 1993)*, Madrid, Arco/Libros, 1996, II, pp. 1161-1171.

66 «Observaciones críticas...», p. CLXX.



R-1841

DICCIONARIO

DE ARQUITECTURA CIVIL.

OBRA PÓSTUMA

DE DON BENITO BAILS,

primer Director que fué de Matemáticas de la Real Academia de San Fernando, Académico de las Reales Academias Española y de la Historia, y de la de Ciencias y Artes de Barcelona.

MADRID MDCCCII.

EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA DE IBARRA.

PRÓLOGO.

Quando se imprimió por primera vez el tomo IX. primera parte, que trata de la Arquitectura Civil, determinamos poner en él, para facilitar mas su inteligencia, una explicacion ó declaracion de mas de mil y quatrocientos términos facultativos. Pero como saliese tan voluminoso, nos contentámos por entónces con reducir nuestro Diccionario á unas quantas voces que tuvimos por indispensable imprimir en dicho tomo. Despachada ya toda la primera edicion, se procedió desde luego á la segunda; y la Real Academia de Nobles Artes denominada de San Fernando, que costea estas obras, atendiendo al beneficio del público, tuvo á bien de mandarnos se dispusiese este Diccionario con separacion de todo: y así lo hemos executado gustosamente añadiendo algunos términos mas; de modo que pasan de mil y novecientos los que ahora tiene.

La explicacion que damos á muchos de estos términos facultativos, se dirige al fin de que se nos entienda, quando escribimos de Arquitectura, no para que sirva de autoridad. Si usamos algunos términos del arte en el mismo sentido que los Profesores, creemos no les perjudicará nuestra expli-

***5.5. Benito Bails (1730-1797),* Diccionario de Arquitectura Civil,** *obra póstuma editada en 1802. Contiene más de mil novecientos términos facultativos, indicándose expresamente al lector que «tenga presente que no definimos voces de la lengua común, sino términos de un arte» (Bibl. RSE Aragonesa. Fot.: M.S.S.).*

tos típicos de un siglo enciclopédico, son más bien obras que aprovechan las ventajas del orden alfabético para la divulgación de conocimientos. Por decirlo con una precisa fórmula del ya mencionado *Lexicon Technicum* de Harris, estas obras explican «not Only the Terms of Art, but the Arts Themselves». Entrarían aquí, por ejemplo, los doce tomos que llegaron a publicarse de la versión española de la *Encyclopedia metódica* (1788-1794), la traducción (adicionada) del *Diccionario universal de física* de Brisson (1796-1802, 10 vols.) o el espléndido *Diccionario histórico de las artes de la pesca nacional* de Antonio Sáñez Reguart (1791-1795, 5 vols.). Como dice un autor de la época, «el orden alfabético es el que reina en el día, y así, se debe sujetar a él quien quiera tener lectores»[67].

[67] *Diccionario anti-filosófico, o comentario y correctivo del Diccionario filosófico de Voltaire y de otros libros que han salido a luz en estos últimos tiempos contra el Cristianismo*. Por el abate Claudio Adriano Nonote [sic]. Y traducido al español por D. A. O. D. Z. B. [Antonio Ortiz de Zárate], Madrid, 1793, t. I, p. XXIX. El autor de la obra, pese a lo que reza la portada, no es el abate Nonnotte, sino Louis-Mayeul Chaudon, que había publicado sin su nombre el *Dictionnaire anti-philosophique...* en 1767; Nonnotte es autor de una obra parecida, el *Dictionnaire philosophique de la religion* (1772).

IV

Hacia una historia del léxico "técnico"

Todos estos repertorios nos han de resultar, desde luego, muy útiles para reconstruir la historia de los tecnicismos, pero no podrán eximirnos de acudir a la fuente esencial, es decir, a los textos, tanto originales como traducidos, pues ni que decir tiene que la traducción fue una vía importantísima para el enriquecimiento del léxico intelectual, científico y técnico de nuestra lengua[68]. En este terreno la tarea pendiente es, todavía, enorme. Por lo que al XVIII se refiere, se ha estudiado bastante la nomenclatura química y los interesantes problemas que planteó su introducción en España[69]. También, el enriquecimiento de la terminología botánica[70], y el de la entonces reciente *electricidad*[71]. En cuanto a la terminología médica, se ha atendido tan solo a

[68] B. LÉPINETTE y A. SIERRA SORIANO: «Algunas consideraciones sobre la formación de vocabularios científicos españoles: la influencia de las traducciones del francés», *Livius*, 9 (1997), pp. 65-82; J. GÓMEZ DE ENTERRÍA: «Las traducciones del francés, cauce para la llegada a España de la ciencia ilustrada. Los neologismos en los textos de Botánica», en F. LAFARGA (ed.): *La traducción en España (1750-1839). Lengua, literatura y cultura*, Lérida, Universitat de Lleida, pp. 143-155; «Notas sobre la traducción científica y técnica en el siglo XVIII», *Quaderns de Filologia. Estudis Lingüístics*, VIII (2003), pp. 35-67.

[69] R. GAGO y J. L. CARRILLO: *La introducción de la nueva nomenclatura química y el rechazo de la teoría de la acidez de Lavoisier en España. Edición facsímil de las Reflexiones sobre la nueva nomenclatura química (Madrid, 1788) de Juan Manuel de Aréjula*, Málaga, Universidad de Málaga, 1979; R. GAGO: «Presentación», en P. GUTIÉRREZ BUENO: *Método de la nueva nomenclatura química de M. M. Morveau, Lavoisier, Bertholet y de Fourcroy (1788)*, ed. facsímil, Madrid, Fundación de Ciencias de la Salud, 1988; C. GARRIGA ESCRIBANO: «Apuntes sobre la incorporación del léxico de la química al español: la influencia de Lavoisier», en J. GARCÍA BASCUÑANA, B. LÉPINETTE y C. ROIG (eds.): *L'«universalité» du français et sa présence dans la Péninsule Ibérique. Actes du colloque de la SIHFLES tenu à Tarragone (Université Rovira i Virgili) du 28 au 30 septembre 1995. Documents pour l'histoire du français langue étrangère ou seconde*, 18 (diciembre 1996), pp. 419-435; M.ª L. FLORIÁN REYES: «La obra de Louis Proust: traducción y creación de la lengua de la Química», en F. LAFARGA (ed.): *La traducción en España (1750-1839). Lengua, literatura y cultura*, Lérida, Universitat de Lleida, 1999, pp. 131-142; J. GUTIÉRREZ CUADRADO: «La expansión de *gas* en español», en *Actas del V Congreso Internacional de Historia de la Lengua Española*, Madrid, Gredos, 2002, II, pp. 2127-2141.

[70] De ella, y también de la de la química, se ocupa J. GÓMEZ DE ENTERRÍA: «Consideraciones sobre la terminología científico-técnica de carácter patrimonial en el español del siglo XVIII», *Boletín de la Real Academia Española*, LXXVIII (1998), pp. 275-301.

[71] J. A. MORENO VILLANUEVA: «Jean-Antoine Nollet y la difusión del estudio de la electricidad: un nuevo léxico para una nueva ciencia», en *L'«universalité» du français*..., pp. 405-417; «Algunas notas sobre la formación del léxico de la electricidad a partir de los textos de la segunda mitad del s. XVIII», en *Actas del IV Congreso Internacional de Historia de la Lengua Española*, Logroño, Universidad de La Rioja, 1998, II, pp. 541-552.

su recepción en obras lexicográficas[72]. Para el vocabulario, cultista y patrimonial, de tantas otras ciencias, técnicas y oficios, prácticamente nada se ha hecho, ni tenemos un *Diccionario histórico* global que nos ofrezca información básica. Las "bolsas" de documentación por explorar son enormes. Piénsese, tan solo, en la riqueza terminológica que atesora una obra tan temprana como el ya mencionado *Compendio mathemático* de Tosca, cuyo aprovechamiento por parte de *Autoridades* no fue exhaustivo. Abriéndolo casi al azar nos encontramos no solo con el empleo y definición de la palabra *hydrotechnia*, que sí recogió el primer diccionario académico, sino también con el adjetivo *hidrotécnico*:

> «El ascenso del agua en las máquinas Hydráulicas o Hydrotéchnicas por la virtud que comúnmente llaman *atractiva* no reconoce otra causa, según el sentir de los Philósofos modernos, que la gravitación y peso del ayre»[73].

Texto que, como se ve, nos enfrenta a la circunstancia un tanto paradójica de documentar, unos años antes de que existiera el adjetivo *técnico*, un vocablo en el que esa misma pieza léxica entra ya como elemento compositivo.

No existían equivalentes en francés o inglés para esas dos voces facultativas, ni encuentro equivalentes latinos en la parte correspondiente del tratado de Milliet Dechales que sirvió de fuente al valenciano[74]. En cualquier caso, estamos ante una de las dos vías que señalaba Capmany para el enriquecimiento terminológico: la explotación de la cantera grecolatina. En la producción editorial científico-técnica del XVIII casi no hay libro en cuyo prólogo el autor o traductor no se cure en salud previniendo al público de los muchos neologismos con que va a tropezar, y no trate de captar su benevolencia alegando las dificultades de la tarea.

Pero recordemos también la otra vía, no menos importante, señalada por Capmany: el rescate del léxico patrimonial[75]. Ambas eran compatibles, y así, en el intere-

---

[72] B. GUTIÉRREZ RODILLA: «Los términos relacionados con la medicina en el *Diccionario de Autoridades*», *Boletín de la Real Academia Española,* LXXIII (1993), pp. 463-512; «El léxico de la medicina en el diccionario de Esteban de Terreros y Pando», en *Actas del III Congreso Internacional de Historia de la Lengua Española*, Madrid, Arco/Libros, 1996, II, pp. 1.327-1.342; *La constitución de la lexicografía médica en España*, Noia, Toxosoutos, 1999.

[73] *Compendio mathemático*, t. IV, Valencia, 1712, p. 278.

[74] Cf. «Tractatus XVIII. De machinis hydraulicis», en *Cursus seu Mundus Mathematicus*, t. III, Lyon, 1690.

[75] Ese rescate, al que, como ya hemos dicho, se entregaron lexicógrafos como Terreros mediante el recurso de encuestar a los expertos, no siempre era tarea fácil. En este sentido, resulta muy curioso el testimonio del "Editor" de la traducción de la *Encyclopedia metódica* al frente del primero de los tomos dedicados a *Fábricas, artes y oficios*. Después de señalar –una vez más– que «las ciencias tienen un Vocabulario general, derivado del griego y del latín, que las ha hecho comunicables e inteligibles entre todas las Naciones cultas», de modo que, aunque la gramática de unas y otras lenguas sea diversa, «la lengua científica viene a ser la misma», pasa a referirse a las artes y oficios, que, a diferencia de aquellas, «conservan la lengua vulgar de sus mecánicos padres», y así, su «Diccionario

sante librito de don Pedro Bernardo Villarreal de Bérriz sobre máquinas hidráulicas, de 1736[76], nos encontramos, junto a términos que toma de Tosca (*Hydrotechnia*, *Hydráulica*, *Stática*, *Hydrostática*, *Machinaria*, *funepéndulo*...) y de autores franceses[77], diversas voces castellanas, y aun vascas, que el autor traslada al papel directamente del uso entonces vivo en los molinos y herrerías de Vizcaya. Lo cual tiene para los filólogos un valor extraordinario, pues –en cierto paralelismo con la labor que desarrollan quienes se interesan hoy por la llamada "arqueología industrial"– es sólo en los escasos textos de esta índole donde puede reconstruirse un léxico que fue eminentemente oral y que en el uso tal vez no haya sobrevivido a la evolución técnica. Remito al glosario en que ha inventariado esas voces Ignacio González Tascón[78].

Como decía Capmany con frase rotunda, «una lengua viva es un cuerpo inmortal que siempre crece sin tasa y sin medida, siguiendo los progresos del entendimiento humano»[79]. No hubo en España nadie que percibiera con más lucidez la gran eclosión terminológica del XVIII.

---

tradicional» es «peculiar a cada Nación y tal vez a cada Provincia, desconocido del resto de los hombres y como misterioso para los que no ponen las manos en ellos»; este léxico «retraído anda en los talleres y oficinas, y allí lo ha de buscar el sabio, para trasladarlo a los Diccionarios técnicos y facultativos, como lo han hecho los extrangeros». Y aquí es donde surgen las dificultades: «Este trabajo entre nosotros estaba por hacer; la lengua francesa, muy rica en este ramo, no podía servir de auxilio para verter la definición y el significado de los nombres sólo con acomodar la terminación o la ortografía de las voces a nuestro uso, como sucede con las de guerra, de jurisprudencia, de matemática, de física, de política y, en fin, de toda literatura. La definición nos hacía conocer el significado de la voz francesa, pero la equivalente española para el mismo objeto, forma y uso andaba desterrada en los obradores. En ellos se ha buscado con mucho afán y paciencia; oxalá se hubiese hallado con igual fruto. Los maestros, los fabricantes mismos, como conjurados contra la ilustración, han mostrado tanto recato y tanta repugnancia, no sé si diremos temor, a comunicar los términos facultativos de sus utensilios, de sus operaciones y de los mismos artefactos que tienen entre las manos, que más de una vez se ha desesperado poder salir con la empresa ni cumplir con el público la palabra» (Madrid, 1794, ¶-¶v°).

76 *Máquinas hydráulicas de molinos y herrerías, y govierno de los árboles y montes de Vizcaya*, Madrid, 1736; hay ed. facsímil con prólogo de José A. García-Diego, San Sebastián, Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones, 1973.

77 «Mons. Mariote [...] demuestra con experiencias que la columna de agua con su golpe, a que llama en Francés *choq*...» (p. 100).

78 Estíbaliz RUIZ DE AZÚA Y MARTÍNEZ DE EZQUERECOCHA: *D. Pedro Bernardo Villarreal de Bérriz (1669-1740). Semblanza de un vasco precursor*. Con un estudio sobre las ideas técnicas de P. B. Villarreal de Bérriz, por Ignacio González Tascón, Madrid, Fundación Juanelo Turriano-Castalia, 1990, pp. 245-249.

79 «Observaciones críticas...», p. CLXVII.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ DE MIRANDA, Pedro: «En torno al *Diccionario* de Terreros», *Bulletin Hispanique*, 94 (1992), pp. 559-572.

—«La actividad lexicográfica de la Academia de la Historia a fines del siglo XVIII», en *Actas del III Congreso Internacional de Historia de la Lengua Española (Salamanca, 22-27 de noviembre de 1993)*, Madrid, Arco/Libros, 1996, II, pp. 1161-1171.

—«La época de los novatores, desde la historia de la lengua», *Studia Historica. Historia Moderna*, 14 (1996), pp. 85-94.

—«Los proyectos enciclopédicos en el siglo XVIII español», en *Europa: proyecciones y percepciones históricas. Octavas Jornadas de Estudios Históricos organizadas por el Departamento de Historia Medieval, Moderna y Contemporánea*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 1997, pp. 87-106.

ARVEILLER, R.: «De l'importance du latin scientifique des XVIe-XVIIIe s. dans la création du vocabulaire technique français à la même époque», en *Actas del XI Congreso Internacional de Lingüística y Filología Románicas*, Madrid, CSIC, 1968, II, pp. 501-522.

FLORIÁN REYES, M.ª Loreto: «La obra de Louis Proust: traducción y creación de la lengua de la Química», en F. LAFARGA (ed.): *La traducción en España (1750-1839). Lengua, literatura y cultura*, Lérida, Universitat de Lleida, 1999, pp. 131-142.

GAGO, Ramón: «Presentación», en P. GUTIÉRREZ BUENO: *Método de la nueva nomenclatura química de M. M. Morveau, Lavoisier, Bertholet y de Fourcroy (1788)*, ed. facsímil, Madrid, Fundación de Ciencias de la Salud, 1988.

GAGO, Ramón y CARRILLO, Juan L.: *La introducción de la nueva nomenclatura química y el rechazo de la teoría de la acidez de Lavoisier en España. Edición facsímil de las Reflexiones sobre la nueva nomenclatura química (Madrid, 1788) de Juan Manuel de Aréjula*, Málaga, Universidad de Málaga, 1979.

GARRIGA ESCRIBANO, Cecilio: «Apuntes sobre la incorporación del léxico de la química al español: la influencia de Lavoisier», en J. GARCÍA BASCUÑANA, B. LÉPINETTE y C. ROIG (eds.): *L'«universalité» du français et sa présence dans la Péninsule Ibérique. Actes du colloque de la SIHFLES tenu à Tarragone (Université Rovira i Virgili) du 28 au 30 septembre 1995. Documents pour l'histoire du français langue étrangère ou seconde*, 18 (décembre 1996), pp. 419-435.

GILI GAYA, Samuel: «El lenguaje de la ciencia y la técnica», en *Presente y futuro de la lengua española*, Madrid, Cultura Hispánica, 1964, II, pp. 269-276.

GÓMEZ DE ENTERRÍA, Josefa: «Consideraciones sobre la terminología científico-técnica de carácter patrimonial en el español del siglo XVIII», *Boletín de la Real Academia Española*, LXXVIII (1998), pp. 275-301.

—«Las traducciones del francés, cauce para la llegada a España de la ciencia ilustrada. Los neologismos en los textos de Botánica», en F. LAFARGA (ed.): *La traducción*

en España (1750-1839). Lengua, literatura y cultura, Lérida, Universitat de Lleida, 1999, pp. 143-155.

GÓMEZ DE ENTERRÍA, Josefa: «Notas sobre la traducción científica y técnica en el siglo XVIII», *Quaderns de Filologia. Estudis Lingüístics*, VIII (2003), pp. 35-67.

GUILLÉN, Julio F.: «El Diccionario Marítimo Español de 1831», *Boletín de la Real Academia Española*, XLVII (1967), pp. 103-114.

GUTIÉRREZ CUADRADO, Juan: «La expansión de *gas* en español», en *Actas del V Congreso Internacional de Historia de la Lengua Española*, Madrid, Gredos, 2002, II, pp. 2127-2141.

GUTIÉRREZ RODILLA, Bertha: «Los términos relacionados con la medicina en el *Diccionario de Autoridades*», *Boletín de la Real Academia Española,* LXXIII (1993), pp. 463-512.

—«El léxico de la medicina en el diccionario de Esteban de Terreros y Pando», en *Actas del III Congreso Internacional de Historia de la Lengua Española*, Madrid, Arco/Libros, 1996, II, pp. 1327-1342.

—«Lo que pudo haber sido y no fue: Francisco Suárez de Rivera y la lexicografía médica moderna», en BRUMME, Jenny (ed.): *Actes del Col·loqui «La història dels llenguatges iberoromànics d'especialitat (segles XVII-XIX). Solucions per al present», Barcelona, 15-17 de maig de 1997,* Barcelona, Institut Universitari de Lingüística Aplicada-Universitat Pompeu Fabra, 1998, pp. 305-317.

—*La constitución de la lexicografía médica en España*, Noia, Toxosoutos, 1999.

LÉPINETTE, Brigitte, y SIERRA SORIANO, Ascensión: «Algunas consideraciones sobre la formación de vocabularios científicos españoles: la influencia de las traducciones del francés», *Livius*, 9 (1997), pp. 65-82.

MORENO VILLANUEVA, José Antonio: «Jean-Antoine Nollet y la difusión del estudio de la electricidad: un nuevo léxico para una nueva ciencia», en J. GARCÍA BASCUÑANA, B. LÉPINETTE y C. ROIG (eds.): *L'«universalité» du français et sa présence dans la Péninsule Ibérique. Actes du colloque de la SIHFLES tenu à Tarragone (Université Rovira i Virgili) du 28 au 30 septembre 1995. Documents pour l'histoire du français langue étrangère ou seconde*, 18 (décembre 1996), pp. 405-417.

—«Algunas notas sobre la formación del léxico de la electricidad a partir de los textos de la segunda mitad del s. XVIII», en *Actas del IV Congreso Internacional de Historia de la Lengua Española*, Logroño, Universidad de La Rioja, 1998, II, pp. 541-552.

NAVARRO BROTONS, Víctor: *Tradició i canvi científic al País Valencià modern (1660-1720): les ciències físico-matemàtiques*, Valencia, Eliseu Climent, 1985.

—«La personalidad científica de Tomás Vicente Tosca (1651-1723)», *Boletín Informativo Fundación Juan March*, n.º 167, febrero de 1987, pp. 3-14.

RUIZ DE AZÚA Y MARTÍNEZ DE EZQUERECOCHA, Estíbaliz: *D. Pedro Bernardo Villarreal de Bérriz (1669-1740). Semblanza de un vasco precursor*, Madrid, Fundación Juanelo Turriano/Castalia, 1990.

SAN VICENTE, Félix: *Bibliografía de la lexicografía española del siglo XVIII*, Abano Terme, Piovan Editore, 1995.

—«Lexicografía y catalogación de nuevos saberes en España durante el siglo XVIII», en *El Siglo que llaman Ilustrado. Homenaje a Francisco Aguilar Piñal*, Madrid, CSIC, 1996, pp. 781-794.

6

La arquitectura de arquitectos e ingenieros militares: diversidad de lenguajes al servicio del despotismo ilustrado

Arturo Ansón Navarro
Universidad de Zaragoza

Durante el reinado de Carlos III la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid, creada en 1752, actuó al servicio del despotismo ilustrado y de su política de reformas promovidas desde arriba, y en concreto para impulsar las Artes. Pero en su seno no hubo uniformidad a la hora de abordar tanto los asuntos de gobierno de la institución como las directrices artísticas. Hubo diferencias entre los artistas, que consideraban que la academia debería ser tanto un foro de discusión teórica como un centro de enseñanza, y los consiliarios, no artistas, miembros de la nobleza o de la administración, muchos de ellos ilustrados, que la veían como un centro de actuación política al servicio de la monarquía y consideraban que la enseñanza de los futuros artistas debería compaginarse con la de los artesanos (Bédat, 1974 ó 1989; y Úbeda, 1988). Los consiliarios acabaron imponiendo sus opiniones y directrices, quedando relegados los artistas a decisiones facultativas o técnicas.

La Academia de San Fernando, y las otras academias de Bellas Artes que se fueron creando en la segunda mitad del siglo XVIII, como la de San Carlos de Valencia (1768), la de San Carlos de Méjico (1784), la de San Luis de Zaragoza (1792) y la de la Purísima Concepción de Valladolid (1796), actuaron como instituciones controladoras del "gusto" y fiscalizadoras de las obras de arte que se producían en España, si bien no pudieron ejercer ese control con total eficacia hasta finales de la centuria.

A partir de un cambio de los planes de estudios en San Fernando promovido en 1766 por el primer pintor de Cámara Anton Rafael Mengs –que quiso introducir, sin mucho éxito, materias teóricas (perspectiva, geometría) para los futuros escultores y pintores, y uniformar y profesionalizar más su formación–, se produjeron lentas evoluciones en las ideas artísticas defendidas en su seno. La Academia se manifestó contra el "mal gusto", el "gusto depravado", representado por las manifestaciones del Barroco en su fase más decorativa y anticlásica, la de finales del XVII y primera mitad del XVIII, y promovió la difusión de lo que se vino en llamar el "buen gusto".

Ahora bien, si en la Academia había unanimidad antibarroca, no la había a la hora de concretar qué era el "buen gusto". En general, artistas y consiliarios entendían que era volver a tomar como referente el arte de la Antigüedad clásica. Pero unos se inclinaban por las ideas rigurosamente clasicistas de Winckelmann, aplicadas a la pintura por Mengs, que tuvo predicamento artístico e intelectual e influyó más durante su segunda estancia en España (1774-1776) en los jóvenes artistas y en las opiniones de los académicos. Winckelmann proponía como modelo a seguir el arte griego, ejemplo más perfecto de belleza ideal en sus estatuas, y Mengs lo encontraba en la pintura del eximio Rafael, complementado por la gracia de Correggio y el colorido de Tiziano. Otros –una mayoría de artistas hasta finales de la década de 1780–, en cambio, se adentraban en el clasicismo con unas posiciones eclécticas, de academicismo, menos rigoristas y más pragmáticas que las de Mengs y, sobre todo, de Winckelmann. Para los escultores encuadrados dentro de ese academicismo ecléctico tan referentes podían ser Bernini, Camilo Rusconi o Duquesnoy como las copias, vaciados y dibujos de estatuas y relieves de la Antigüedad griega y romana. En el caso de los pintores, tan válidos podían ser Rafael, Carraci, Reni o Maratta, como reinterpretadores de los modelos clásicos, como Mengs, o incluso Sebastiano Conca o Corrado Giaquinto, representantes de la sensibilidad rococó triunfante entre 1740 y 1760 y en retroceso desde la primera venida de Mengs a España.

De ninguna manera se puede pensar, por tanto, en una dictadura estética de Mengs en la Academia, por mucho que tras su muerte y la publicación en 1780 de su vida, sus obras y sus ideas estéticas en el gran libro de José Nicolás de Azara, y el progresivo regreso de Italia de sus últimos discípulos (Ramos, Agustín, Espinosa, Salesa), crearan en la institución una corriente mengsiana que preparaba el camino para el desarrollo del neoclasicismo pictórico en el reinado de Carlos IV.

Por lo que a la arquitectura se refiere, el "buen gusto" radicó para la mayoría de los teóricos ilustrados en la representada por Ventura Rodríguez, es decir, la desarrollada a partir de los estímulos del barroco clasicista italiano y francés. Pero hubo otros más rigoristas, partidarios de una arquitectura más arqueologizante, o más vitrubiana, más funcionalista, y que se abriría camino en la Academia en sentido neoclásico, asimismo, durante el reinado del mismo monarca.

I

El panorama de la arquitectura en España a la llegada de Carlos III (1758)

Cuando Carlos III accedió al trono de España, el panorama de la arquitectura presentaba una evidente diversidad de lenguajes, desde los más plenamente barrocos, enraizados en la tradición castiza del despectivamente llamado "churriguerismo" por sus críticos ilustrados clasicistas, hasta los correspondientes a un clasicismo barroco

académico, forjado por influjo de arquitectos foráneos venidos al servicio de la Corte y asentados en el ambiente de la joven Academia de San Fernando (C. Valdovinos y otros, 1896; A. Rodríguez G. de Cevallos, 1992; V. Tovar, 1992). Era una época de transición y, por ello, bastante contrastada en cuanto a formulaciones, siendo frecuentes las eclécticas entre las tendencias o corrientes arquitectónicas.

El barroco "nacional" o "castizo" todavía estaba en vigencia, si bien por entonces ya manifestaba cierta regresión, especialmente en Madrid y en otros centros artísticos importantes (Valencia, Barcelona, Sevilla, Zaragoza), pero no en regiones y comarcas más apartadas en cuanto a comunicaciones y, por lo tanto, de la recepción de los nuevos gustos. El barroco decorativo, exultante en las últimas décadas del reinado de Carlos II, había tenido su plenitud, paradójicamente, en el reinado de Felipe V, promotor de un clasicismo de estirpe francesa y después italiana, consustancial con el lenguaje artístico del absolutismo borbónico establecido en Francia durante el reinado de su abuelo Luis XIV.

El llamado barroco churrigueresco, tan popular en España por haber sido perfectamente asumido por las gentes en iglesias y palacios, pues había sabido adaptar las atrevidas soluciones de Bernini, Borromini o Guarini al modo hispano, estuvo tan arraigado que fue la tendencia mayoritaria durante los dos primeros tercios del siglo XVIII. Las realizaciones de los Churriguera en tierras de Salamanca, de Pedro de Ribera en Madrid, Leonardo de Figueroa en Sevilla, Francisco Hurtado Izquierdo en Granada, Fernando de Casas y Novoa en Santiago de Compostela o de Domingo de Yarza en Zaragoza habían ayudado a afianzar esos gustos por el movimiento y la profusa decoración.

Durante el reinado de Fernando VI ese barroco hispano de tradición seiscentista, removido y sazonado por los influjos anticlásicos de Borromini, Cortona, Fontana o Guarini, interpretados con total libertad y atrevimiento, continuó vigente, incorporando elementos del léxico tardobarroco y rococó de importación, especialmente en portadas e interiores, donde los estucos, mármoles, dorados y maderas policromadas se integraban en una profusa y efectista decoración adventicia, en algunas ocasiones recargadísima, que componía espacios llenos de movimiento, sensualidad y teatralidad. Ejemplos de ese lenguaje los podemos encontrar en edificios como el Ayuntamiento de Salamanca, construido por Andrés García de Quiñones hacia 1750-1755 e integrado en la Plaza Mayor, proyectada unas décadas antes por su maestro Alberto de Churriguera; también en la fachada de la catedral de Murcia, obra de Jaime Bort (1736-1754), con su teatral cascarón central, a modo de ábside-retablo, profusa escultura y decoración protorrococó, inspirada ésta en la de Versalles. Esa misma solución de un cascarón conteniendo una portada-retablo la encontramos en la fachada de la concatedral de Santa María "La Redonda" de Logroño (h. 1755-1760), o en la de la colegiata de Alcañiz (Teruel), gran iglesia proyectada por Domingo de Yarza y construida por Miguel de Aguas. En Valencia, la singular portada del palacio del marqués de Dos Aguas (c. 1740-1744), obra del pintor Hipólito Rovira ejecutada por el escultor

6.1. Barroco decorativo, *despectivamente llamado "churriguerismo" por los académicos y eruditos españoles de la Ilustración, que lo consideraron de "mal gusto": 1)* ***Luis Figueroa (1650-1730): Palacio de San Telmo de Sevilla,*** *fue sede de la escuela náutica homónima; 2)* ***Hipólito Rovira (1693-1765): Portada del Palacio del marqués de Dos Aguas, Valencia.***

Ignacio Vergara, representa la irrupción de lo rococó entreverado con soluciones berninescas de gran elegancia.

Frente a ese barroco decorativo hispano, los primeros Borbones habían optado por un lenguaje de importación para sus empresas constructivas, especialmente los palacios de los Reales Sitios. Se trataba de un barroco clasicista más moderado y contenido, con los elementos arquitectónicos bien dispuestos y con un uso canónico de los órdenes clásicos. Había sido traído, primero, por arquitectos franceses (René Carlier) llamados por Felipe V, y después, tras el matrimonio del monarca con Isabel de Farnesio, por otros italianos (Andrea Procaccini, Giovanni Battista Sachetti, Giacomo Bonavia o Virgilio Ravaglio) (Bottineau, 1962).

En el reinado de Fernando VI dos edificios podrían representar perfectamente esa tendencia más clasicista: el Palacio Real Nuevo y la iglesia de las Salesas, ambos en Madrid. El primero, obra emblemática de la monarquía en todo el siglo XVIII, fue construido por el turinés Giovanni B. Sachetti a partir de 1736, adaptando los planos hechos por su maestro, el abate Filippo Juvara (1735), que se inspiró en la arquitectura palacial de Bernini. Fue durante el reinado de Fernando VI cuando avanzaron las

6.2. Barroco clasicista: *1)* ***F. Juvara y J. B. Sachetti: Palacio Real Nuevo de Madrid,*** *fachada principal y Plaza de Armas. Proyectado por el abate italiano Filippo Juvara (1735), la modificación y la dirección de las obras corrió a cargo de su discípulo Juan Bautista Sachetti (1736-1764); 2)* ***René Carlier: Iglesia de las Salesas Reales, Madrid,*** *construida entre 1750 y 1758, combina el barroco-clasicista de procedencia francesa con decoración rococó.*

obras, pero este rey no pudo llegar a habitarlo (Plaza, 1975). Sería Carlos III quien lo concluyese y habitase a partir de 1763. Francesco Sabatini se encargaría de hacer las últimas modificaciones al gusto del nuevo monarca. Durante su dilatada construcción, el palacio se convirtió en un gran centro de formación de aparejadores y arquitectos; la mayoría de los mejores del reinado de Carlos III, como Ventura Rodríguez, Diego de Villanueva o José de Hermosilla, se formaron y trabajaron allí a las órdenes de Sachetti. Además, fue paradigma de la arquitectura barroca tardía de orientación clasicista propiciada por la Academia de San Fernando, mediado el siglo XVIII.

Otro edificio muy importante fue el convento e iglesia de la Visitación o Salesas Reales (1750-1758), obra de Francisco Carlier patrocinada por Fernando VI y Bárbara de Braganza, que serían allí enterrados. El dinamismo de su fachada, la decoración con relieves escultóricos y la riqueza de materiales nobles (mármoles, bronces, madera dorada) del interior nos remiten a esa peculiar simbiosis de elementos barroco-clasicistas de entronque francés con ornamentación rococó.

En medio de esas dos corrientes, pero más próximas al clasicismo, se hallan algunas construcciones muy representativas de la arquitectura del reinado de Fernando VI. Se trata de un barroco ecléctico, consecuencia de la revisión del clasicista romano de Bernini y Borromini, y difundido en la década de 1750 en el seno de la Academia de San Fernando. Un ejemplo excepcional de ese lenguaje es la Santa Capilla del Pilar de Zaragoza (1750-1765), realizada según los planos y dirección de Ventura Rodríguez. Los ingenieros militares tendieron hacia un funcionalismo orientado ornamentalmente por el barroco clasicista. Así se ve en la iglesia de San Miguel del Puerto, en la Barceloneta de Barcelona, proyectada por Pedro Martín Cermeño en 1753 y construida por Damián Ribas entre ese año y 1755. Es de planta de cruz griega y fachada de dos pisos con columnas pareadas y entablamento de orden dórico y jónico, respectivamente, rematada con un frontón triangular. En los aletones avolutados que flanquean el cuerpo superior, en el nicho que contuvo la estatua del santo titular y en otros detalles ornamentales, es decir, en lo más epidérmico, es donde Martín Cermeño hizo las concesiones a un barroco más decorativo.

II

La reacción académica contra el barroco decorativo

El *churriguerismo* o barroco decorativo estaba muy arraigado en la arquitectura española a la llegada de Carlos III al trono, sobre todo en provincias, especialmente en las zonas más alejadas de los grandes centros artísticos y en las áreas rurales.

Pero en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando se produjo a partir de 1760 un fuerte debate entre los profesores de arquitectura y los arquitectos. Había arquitectos académicos que se habían formado en Italia, en concreto en Roma (José de Hermosilla) y en Francia (Pedro Arnal), y otros que lo habían hecho en Madrid, tra-

bajando como delineadores y aparejadores de Sachetti en las obras del Palacio Real Nuevo (Diego de Villanueva, Ventura Rodríguez). No todos participaban del mismo criterio sobre la enseñanza de la arquitectura; así, Diego de Villanueva, más funcionalista y rigorista, pretendía que los alumnos estudiasen y siguiesen los escritos no sólo de Blondel y de Frézier, sino los más avanzados en sentido rigorista de Laugier y Lodoli, mientras que Ventura Rodríguez se mostraba apegado al barroco clasicista italiano (Sambricio, 1986, p. 155). Había, además, fricciones y diferencias personales entre ellos. En 1756, José de Hermosilla había dejado su puesto de director de Arquitectura, al no encontrase a gusto en el ambiente de la Academia, para volver a su carrera de ingeniero militar, pues compartía los criterios de sus compañeros de cuerpo.

El barroco decorativo debía ser perseguido, según esos profesores y académicos, por extravagante, porque fomentaba el "mal gusto" y por no atenerse a las normas clásicas. Había de ser la Academia de San Fernando la que examinase a los futuros maestros de obras y arquitectos, y no los gremios ni los ayuntamientos. Además, como se expone en escrito al rey Carlos III del 7 de marzo de 1761, los académicos pedían que los cabildos catedralicios y los ayuntamientos de las capitales de provincia nombraran arquitectos titulares a quienes estuvieran aprobados por la Academia (Bèdat, 1989, p. 374). El rey lo concedería unos años después, el 11 de enero de 1765, pero la Academia no había pensado en un importante problema para poder hacer realidad esos deseos: ¿había en España suficientes arquitectos formados en dicha institución, según las reglas académicas y clasicistas, para ocupar esos puestos? En absoluto. Por ello se creó una situación paradójica: la Academia quería controlar la arquitectura en España, pero no podía hacerlo por falta de profesionales salidos de dicha institución (Bèdat, 1989, pp. 373-375).

Los abusos en la construcción cometidos por maestros de obras no cualificados, o de gusto "depravado", es decir, seguidores del barroco *castizo*, nacional o decorativo, eran muchos y graves, según los académicos, pero no se veía el modo de remediarlos a corto plazo. Además, el Consejo de Castilla actuaba a favor de los gremios y protegía a sus miembros (Bédat, 1989, 378). Hasta doce años después no cambió la situación, con la promulgación de dos decretos del conde de Floridablanca (23 y 25-XI-1777), viceprotector de la Academia de San Fernando desde febrero de ese año, por los que hacía a la institución único árbitro de la arquitectura. Los decretos iban dirigidos precisamente al presidente del Consejo de Castilla, Manuel Ventura Figueroa, a fin de que previniera a magistrados de las Reales Audiencias y a los ayuntamientos para que toda obra pública que se hiciese se consultase a la Academia y tuviese su aprobación.

La arquitectura barroca imperante, es decir, la *castiza* o barroco-decorativa, tan popular en España, se veía desde la Academia «disparatada», «indecorosa», «ridícula», «que afrenta al Rey y a la Religión», y era el «oprobio de la Nación». No cabían más apelativos despreciativos. En ese rechazo coincidían arquitectos académicos e ingenieros militares, pero tanto su formación como sus concepciones constructivas eran distintas.

III

El despotismo ilustrado de Carlos III, las obras públicas y la arquitectura

Carlos III, monarca instaurador del despotismo ilustrado en España, se rodeó de ministros (secretarios) que emprendieron –especialmente tras la crisis de 1766, provocada por los motines populares– reformas económicas y hacendísticas, urbanísticas y de obras públicas, militares y culturales, así como de costumbres, con las que pretendían modernizar España y llevar el progreso y la felicidad a sus súbditos, sin alterar el sistema político de monarquía absoluta o del Antiguo Régimen.

La monarquía impulsó las obras públicas (caminos, puentes, canales de riego y navegación, puertos, nuevas poblaciones, etc.) para el engrandecimiento de la nación y el bien público. También favoreció la construcción de edificios civiles (aduanas, lonjas, fábricas, cuarteles, edificios universitarios y culturales, etc.) regidos por los principios vitrubianos de *firmitas, utilitas et venustas* (solidez, utilidad y belleza).

Arquitectos salidos de la Academia de San Fernando de Madrid y, más tarde, de las de San Carlos de Valencia, San Carlos de Méjico y San Luis de Zaragoza, así como ingenieros militares formados en las academias de Matemáticas de Barcelona, Orán y Ceuta, fueron los ejecutores de esa política constructiva. Pero la formación y las ideas que tenían ambos grupos eran bastante distintas, como veremos más adelante. La arquitectura fue, por lo tanto, un instrumento político al servicio del despotismo ilustrado.

Por otra parte, a partir de la década de 1760 se quiso dotar a la monarquía de una verdadera arquitectura nacional, de Estado, emblemática (D. Rodríguez y C. Sambricio, 1998). Ése era el deseo del conde de Aranda, de su colaborador el arquitecto e ingeniero militar José de Hermosilla, del joven Juan de Villanueva y también del veterano arquitecto y profesor Ventura Rodríguez. Para ello, hallaron un referente historicista: El Escorial, realización excelsa de Felipe II en los momentos de esplendor de la monarquía hispánica. Carlos III iba a ser un monarca tan excepcional como Felipe II.

Hermosilla había levantado planos del conjunto de El Escorial en 1757 por encargo de la Academia de San Fernando, pero en 1766 volvió a hacerlos ayudado por los jóvenes Juan de Villanueva y Pedro Arnal. El Escorial, severo, funcional y grandioso, debería ser el modelo para la renovación de la edilicia española y para la creación de una arquitectura nacional al servicio del Estado. Serviría, además, para sustentar la crítica antibarroca. Tanto los arquitectos clasicistas y neoclásicos como los ingenieros militares, funcionalistas y utilitaristas, se sentirían a gusto con la significación de ese monumento como modelo.

Que El Escorial bien pronto ejerció su influjo en nuevas construcciones lo podemos comprobar en la fachada del convento de Agustinos Filipinos de Valladolid (1759), obra de Ventura Rodríguez, de una gran sobriedad y clasicismo. Las severas pilastras de orden toscano, el frontón de coronamiento de la fachada de la iglesia-

6.3. Ventura Rodríguez (1717-1785): *1)* ***Santa Capilla de Nuestra Señora del Pilar de Zaragoza,*** *seguramente su obra más perfecta, proyectada entre 1750 y 1754, fue construida y adornada entre 1754 y 1765. Las artes visuales y los ricos materiales quedaron perfectamente integrados en este "joyero", de planta tetralobulada y triple fachada de acceso al majestuoso interior que guarda el Sagrado Pilar con la Virgen; 2)* ***Convento de Agustinos Filipinos de Valladolid,*** *construido a partir de 1759. El clasicismo y la severidad de El Escorial están presentes en este edificio; 3)* ***Palacio de Liria, Madrid,*** *proyectado por él y construido con la ayuda de otros maestros de obras y de su sobrino Manuel Martín Rodríguez entre 1762 y 1780. El influjo del clasicismo barroco del Palacio Real de Madrid es patente en esta fachada; 4)* ***Catedral de Pamplona*** *(1783). En ella el arquitecto avanza hacia un decidido neoclasicismo con el pórtico templario tetrástilo, mientras que el cuerpo superior de las torres tiene todavía recuerdos berninescos.*

bloque, perfectamente integrada con el resto de las dependencias conventuales, articulan la fachada en la que se aprecian ecos de Herrera y, posiblemente, las ideas de sencillez y desornamentación para este tipo de edificaciones conventuales postulada por Laugier (Navascués, 1983, 117-118). También Juan de Villanueva, que en 1768 fue nombrado arquitecto del real monasterio, buscando una total armonía con el conjunto escurialense optará por el funcionalismo y la extrema sobriedad en su Casa de Ministros (1785), en el Real Sitio de El Escorial.

Pero, ciertamente, éste no fue el único referente a seguir en la arquitectura de la segunda mitad del siglo XVIII, pues pesaba mucho la tradición del barroco clasicista de la Arcadia, representado por Luigi Vanvitelli y Ferdinando Fuga, con quienes se habían formado en Italia arquitectos-ingenieros como Francisco Sabatini y José de Hermosilla, así como los escritos teóricos de los funcionalistas y racionalistas franceses, como Laugier, e italianos, como Algarotti, divulgador de las ideas de Lodoli, hasta los clasicistas franceses como Jacques-François Blondel o Pierre Patte, cuyos tratados de arquitectura fueron bien recibidos en el ámbito académico de San Fernando.

De ahí que no pueda hablarse de un único lenguaje arquitectónico, sino de una variedad de ellos y, muy a menudo, de eclecticismo entre los límites establecidos por el barroco clasicista, cuestionado por Diego y Juan de Villanueva, o José de Hermosilla, y el funcionalismo racionalista y el neoclasicismo. Si a eso unimos la distinta concepción de la construcción que mantenían arquitectos e ingenieros militares, aún tendremos una mayor diversidad.

IV

La diferente formación y concepción de la arquitectura entre arquitectos e ingenieros militares

IV.1. La formación de los arquitectos

La formación de los arquitectos se pudo realizar en las reales academias que fueron creándose en España, desde la de San Fernando de Madrid (1752) a la de San Luis de Zaragoza (1792). Esa formación se iniciaba con el Dibujo, a partir de la copia de grabados, de estatuas y del natural, para pasar más tarde a los estudios específicos de Arquitectura, en los que se abordaban los órdenes clásicos, la Geometría, la Perspectiva y las Matemáticas. En 1766 se crearon en San Fernando sendas cátedras de Geometría y de Perspectiva, y en 1767 la de Matemáticas, regentada por Benito Bails (Quintana, 1983).

Dado que los tratados de Arquitectura eran numerosos y variados, la Real Academia de San Fernando encargó a los profesores que elaborasen un "manual" para los alumnos, que resultase claro y que incorporase lo más interesante de los principales tratados, pero las diferencias personales, disciplinares y de método entre Ventura Rodríguez y Diego de Villanueva hicieron fracasar ese proyecto. Rodríguez y la mayo-

ría de los profesores defendían una enseñanza fundamentada en los modelos del barroco clasicista italiano y francés, mientras que Villanueva era partidario de enseñar una arquitectura más funcional y racionalista. No fue posible redactar un tratado equivalente al de François Blondel, que se seguía como libro de texto en la Real Academia de Arquitectura de París. Lo que habían trabajado Villanueva y José de Castañeda fue rechazado por Ventura Rodríguez y la mayoría de los académicos, que acusaron a Villanueva de pretencioso y de verter ideas propias y no hacer una síntesis de los tratados al uso. Ello hizo desistir a sus autores de continuar.

Como solución, Benito Bails redactaría un tratado nada original, pues sintetizaba los más importantes vigentes en las décadas anteriores, y que se tituló *Elementos de Matemáticas*, publicado entre 1777 y 1789. Se componía de varios tomos dedicados a Aritmética, Álgebra, Secciones Cónicas, Dinámica y Estática, Hidrodinámica, Óptica, Elementos de Astronomía, Astronomía Física, Arquitectura Civil, Arquitectura Hidráulica y Tablas de Logaritmos (Quintana, 1983, pp. 75 y ss.). Por lo que se refiere al tomo XI, referido a la Arquitectura Civil y publicado en 1788, Bails, con un criterio ecléctico pero marcadamente clasicista y moderadamente racionalista, dada su formación en Toulouse, fundió pasajes e ideas de Palladio, Scamozzi, Jacques-François Blondel, Frézier, e incluso de Milicia y Patte (Navascués, 1983), pero resultaba ya algo desfasado con respecto a las orientaciones y teorías más avanzadas en la arquitectura europea de finales del siglo XVIII.

La enseñanza de los cinco órdenes de arquitectura se hacía por los tratados clásicos: Vitrubio, Serlio, Palladio, Scamozzi y Vignola; por ello la Academia promovió la traducción de algunos de ellos. Así, el de Vitrubio en la versión de Perrault fue traducido por Castañeda (1761), y desde 1787 se utilizaría la versión original de Vitrubio, traducida por José Ortiz. La cartilla con los *Cinco Órdenes de Arquitectura* de Vignola fue preparada por Diego de Villanueva en 1764, con excelentes dibujos de su propia mano. El tratado de los *Cuatro Libros de Arquitectura* de Palladio fue traducido por Ortiz y Sanz ya tardíamente, y sólo llegaron a publicarse a partir de 1797 los dos primeros tomos.

Los arquitectos españoles no fueron dados a escribir obras teóricas ni tratados de arquitectura, prefiriendo beber en fuentes foráneas, italianas y francesas. De todos modos, la *Colección de diferentes papeles críticos sobre todas las partes de la Arquitectura* de Diego de Villanueva, que publicaría en Valencia en 1766, es obra en la que el académico y profesor, enfrentado con Ventura Rodríguez, criticaba de forma radical no sólo el barroco decorativo, sino también el clasicista, desde una posición de estricto racionalismo basado en Lodoli y Algarotti. Para Villanueva lo importante era la perfecta conjunción entre solidez y utilidad, es decir, la lógica constructiva, siendo muy secundario el complemento ornamental del edificio. Esas ideas, en la década de 1760, eran minoritarias en la Academia de San Fernando, y muchísimo más fuera de ella. Se había optado por los modelos barroco-clasicistas y ésas eran las ideas que había que divulgar.

Hasta las dos últimas décadas del siglo no se fue abriendo camino una orientación más funcionalista, más neoclásica. El protagonismo cada vez mayor de Pedro Arnal (formado en Toulouse en los principios de clasicismo y del neoclasicismo francés, y teniente-director desde 1774 y director de arquitectura de San Fernando desde 1786) y de Juan de Villanueva (formado en Roma, teniente-director desde 1774 y director desde 1785), así como la muerte de Ventura Rodríguez en 1785 y la llegada de jóvenes arquitectos formados en Roma dentro de orientaciones neoclásicas (Ignacio Haan, Silvestre Pérez), impulsaron el cambio de los modelos en la enseñanza académica de la arquitectura en España.

Se utilizaron, además de la *Arquitectura Civil* (1788) de Benito Bails, que formaba parte de sus *Elementos de Matemáticas*, y del tratado de François Blondel, su *Cours d'architecture* (1675-1683), de gran repercusión, que ya había sido empleado en las décadas anteriores en la Academia, otros tratados más innovadores. Así, los *Éléments de Steréometrie à l'usage de l'architecture* (1760) del ingeniero militar Amédée Frezier; el *Essai sur l'architecture* (1753) y las *Observations sur l'architecture* (1765) del jesuita Marc-Antoine Laugier, defensor de una nueva arquitectura basada en el racionalismo y en la Naturaleza y contrario a la dependencia de los modelos de la Antigüedad clásica.

Pero también, en las últimas décadas del XVIII, se fueron aceptando entre los jóvenes arquitectos y profesores las ideas de Francesco Algarotti recogidas en su *Saggio sull'Architettura* (1759) y, sobre todo, en los *Elementi d'architettura lodoliana, ossia l'arte del fabbricare con solidità scientifica e con eleganza non capricciosa* (1786). En esta obra, publicada en unión de Andrea Memmo, se divulgaban las teorías del racionalismo funcionalista de Lodoli y su cuestionamiento de los principios de Vitrubio, intocables hasta entonces, y de los edificios de la Antigüedad como modelos arquitectónicos, defendiendo, por contra, la existencia de leyes de arquitectura surgidas de los propios materiales. El *Cours d'architecture* (1771-1776) que había iniciado Jean-François Blondel y continuado Pierre Patte en sus tomos 5.º, 6.º y 7.º (1777) sustituyó al clásico de Blondel. El nuevo, de Blondel el Joven y de Patte, se mostraba contrario al rococó, presentaba la arquitectura del reinado de Luis XIV como modelo a seguir y elogiaba ciertas estructuras del gótico, aunque no su ornamentación escultórica (Calatrava, 1999).

Asimismo, fueron muy valorados los grabados de *Le Antichità Romane* (1756) y las *Carceri d'invenzione* (1761) de Piranesi, con sus arquitecturas fantásticas inspiradas en la edilicia etrusca y romana, así como su publicación teórica *Della Magnificenza ed architettura de' Romani* (1761), en la que condensa sus pensamientos sobre la manera de construir de los romanos, basada en la de los etruscos, funcionalista y utilitaria, y su primacía sobre la de los griegos.

En un ambiente mucho más propicio (radicalmente distinto al que había padecido Villanueva dos décadas antes, cuando publicó sus *Papeles de Arquitectura*), Pedro Arnal y Antonio González tradujeron y editaron la *Disertación de arquitectura sobre*

la distribución de los antiguos comparada con los modernos, del francés Antoine Peyre, en 1789. Este tratado venía a reforzar la enseñanza de una arquitectura basada en la razón y preocupada por las tipologías, la funcionalidad del espacio, sin ataduras arqueologizantes y mucho menos barroco-clasicistas. El camino para el triunfo del neoclasicismo quedaba despejado. Las *Instituciones de Arquitectura* (1792) de Francisco Antonio de Valzanía, discípulo de Sabatini, fue un tratado teórico racionalista moderado y ecléctico, en tanto en cuanto admitía algunos postulados del clasicismo barroco, ya en retroceso y superado por el neoclasicismo de los jóvenes arquitectos de la "generación de 1760".

Unos años antes, en 1785, el erudito marqués de Ureña, intendente y comisario de los Reales Ejércitos, y arquitecto director de las reales obras de la nueva población de San Carlos, junto a Cádiz, había animado el debate con la publicación de unas *Reflexiones sobre la Arquitectura, ornato y música del templo*, dedicado a la Academia de San Fernando, de la que era miembro. Ureña, además de condenar el barroco y el rococó, sugería la creación de un «orden nacional», en la línea de la propuesta de Robert de Chamoust de crear un «ordre français», algo que fue rechazado por la Academia. Además, Ureña defendía la vuelta al modelo de las basílicas cristianas primitivas y la colocación del coro en el presbiterio, en torno al altar.

Ese ambiente más funcionalista y neoclásico permitiría la introducción de las ideas de Francesco Milizia recogidas en sus *Principii d'Architettura Civile* (1781), que tuvieron gran repercusión en España en el reinado de Carlos IV, gracias a partícipes de sus ideas como Silvestre Pérez.

Las academias de Bellas Artes pretendieron formar arquitectos con buena base teórica y práctica, capaces de construir edificios civiles como casas, palacios, hospitales, centros de enseñanza u otros con función político-administrativa, así como iglesias y conventos, e incluso obras públicas que correspondían, generalmente, a la actividad de los ingenieros militares.

IV.2. Las corrientes estéticas de los arquitectos de la época de la Ilustración

En los reinados de Carlos III y Carlos IV podemos diferenciar tres grandes corrientes o tendencias entre los arquitectos españoles, además de las pervivencias, en lento retroceso, del resistente *churriguerismo*. Esas tres corrientes son la tardobarroca clasicista; la de evolución ecléctica de la tendencia anterior hacia el neoclasicismo y el funcionalismo racionalista; y, por último, la propiamente neoclásica. Sucesivas en su aparición, en sentido temporal y generacional, también convivieron, especialmente entre 1780 y 1808.

La primera era la **barroco-clasicista**, en la orientación establecida por Sachetti desde su intervención en las obras del Palacio Real de Madrid, y, especialmente, por Ventura Rodríguez, quien entre 1745 y 1785 fue el director de Arquitectura más antiguo de la Academia de San Fernando, y el que más alumnos formó. Su influjo, a través de sus discípulos, se extendió por toda España, principalmente por Castilla la Vieja y Castilla la Nueva, Aragón y Galicia.

A Ventura Rodríguez le vieron los ilustrados (Jovellanos, Ponz, Ceán) como el verdadero renovador de la arquitectura española y el reformador del "gusto", el único capaz de superar a los arquitectos extranjeros. Las sociedades económicas de amigos del país le vieron como faro orientador. Fue apartado de los encargos reales a partir de 1761 en favor de Sabatini, pero mantuvo un gran influjo desde el Ayuntamiento de Madrid como maestro mayor de obras (1764), y desde el Consejo de Castilla como supervisor (1766) de las que se hacían por todo el país pagadas por el erario público. Su arquitectura y su capacidad innovadora han sido objeto de discusión.

Sambricio ha cuestionado su teoría y el sentido innovador de su arquitectura, presentándolo como un profesional preocupado por una revisión meramente filológica del barroco romano (Sambricio, 1986, 156-159), mientras que Navascués (Navascués,1983, 111 y ss., y 1987) o Tovar (Tovar, 1992, 94-98) han resaltado su eclecticismo, su versatilidad y la libertad de sus formas arquitectónicas. Para éstos, Rodríguez se empeñó en una renovación desde la fidelidad al barroco clasicista, como modelo historicista, pero abierto a los postulados funcionalistas, según la tipología a proyectar, pero sin dejarse cautivar por los teóricos más radicales, cuyos escritos debía de conocer. Lo que nadie discute es la importancia y excepcionalidad de Rodríguez, que fue el arquitecto de mayor poder e influjo de todo el siglo XVIII en España.

Un ejemplo representativo de ese lenguaje barroco clasicista podría ser el Palacio de Liria, en Madrid, proyectado por Ventura Rodríguez en 1762 para el duque de Berwick y construido entre ese año y 1780 por él y su sobrino Manuel Martín Rodríguez. La fachada tiene evidentes resonancias formales y sintácticas del Palacio Real de Madrid.

Otro ejemplo de esta corriente sería la iglesia del Temple de Valencia, proyectada en 1761 por Miguel Fernández por encargo de Carlos III, como gran maestre de la Orden de Montesa que era, y construida entre 1761 y 1770. Responde a un clasicismo italianizante, al gusto romano, deudor de su maestro Vanvitelli, con quien se había formado en Roma, y de Fuga (Bérchez, 1993). Elegancia y severidad clasicista confieren a su interior, inspirado en la iglesia del Gesú de Vignola, las pilastras corintias gigantes que articulan los muros y la gran cúpula sobre tambor en el crucero.

La segunda corriente corresponde a la **evolución ecléctica desde el clasicismo tardobarroco al neoclasicismo y el funcionalismo racionalista**. Esa evolución se aprecia en Ventura Rodríguez y, sobre todo, en Diego de Villanueva (director de arquitectura entre 1756 y 1774), Juan de Villanueva (que fue director honorario de Arquitectura desde 1785 hasta 1811, y director general de la Academia entre 1792 y 1795) y en Pedro Arnal (director de Arquitectura desde 1786 hasta 1805, y director general de la Academia entre 1801 y 1804). Juan de Villanueva se había formado en Roma como pensionado, mientras que Arnal lo había hecho en Francia, en la Academia de Bellas Artes de Toulouse. En esa orientación trabajan Manuel Martín Rodríguez, sobrino y discípulo de Ventura Rodríguez, pensionadod en Roma y que fue teniente-director y director de Arquitectura entre 1786 y 1823; y también Miguel Fer-

nández, discípulo de Vanvitelli en Roma, director entre 1774 y 1786, que supo evolucionar en su época más avanzada, cuando colaboró con Sabatini.

Ventura Rodríguez, en la fachada de la catedral de Pamplona (1783), nos dejó una muestra de su versatilidad, mediante una solución templaria ya de sabor neoclásico, con su pórtico tetrástilo de orden corintio rematado por gran frontón triangular, si bien las torres que la flanquean tienen aires berninescos en los cuerpos de campanas. La ejecución de la fachada corrió a cargo del arquitecto Santos Ángel de Ochandátegui, que siguió fielmente el proyecto.

En un lenguaje ya prácticamente neoclásico habría que destacar la fachada que incorporó en la lonja de Barcelona el arquitecto Joan Soler y Faneca a la antigua gótica del siglo XV, embutida en la nueva edificación, elevada entre 1772 y 1798, y que sería terminada por Tomás Soler, su hijo. La solución es tremendamente novedosa, pues con un pórtico-terraza adelantado y un segundo cuerpo templario, con columnas jónicas, rematado por un frontón triangular, se adelantó a las fachadas que luego se verían en teatros neoclásicos (Navascués, 1987, p. 699).

La tercera corriente sería la **neoclásica**, que tendrá a Juan de Villanueva como su gran impulsor, y será practicada y difundida por sus discípulos, muchos de ellos pen-

6.4. *1)* ***Miguel Fernández: Iglesia del Temple, de la Orden de Montesa en Valencia*** *(1761-1770). El proyecto de este profesor de la Academia de San Fernando se inscribe dentro del clasicismo tardobarroco aprendido durante su estancia de formación en Roma; 2)* ***Juan Soler y Faneca: Lonja de Barcelona.*** *Este edificio, que integra en su interior la antigua lonja gótica, fue construido entre 1772 y 1798 por él y por su hijo Tomás Soler. El influjo del neoclasicismo francés está presente en la fachada, que se adelanta a la que será habitual en teatros franceses de la época.*

sionados en Roma para perfeccionarse. Villanueva fue teniente-director de la Academia entre 1774 y 1784, director honorario en 1785 y director general entre 1792 y 1795. Con lo aprendido de Juan de Villanueva; en contacto con las ruinas romanas, con los restos excavados de Pompeya, Herculano y Tívoli, y con el debate entre winckelmanianos y piranesianos sobre el arte griego y el arte etrusco y romano, y con los textos rigoristas y funcionalistas de Lodoli-Algarotti y de Milizia, esos jóvenes arquitectos dieron contenido al fructífero neoclasicismo español, que se vio cortado en su expansión con el estallido de la guerra de la Independencia (1808-1814), para reanudarse en la época fernandina, ya con un sentido conservador y oficial, salvo la excepción de arquitectos como Silvestre Pérez y sus obras en tierras vascongadas.

Entre esos jóvenes neoclásicos, a quienes se ha venido agrupando en la "generación de 1760", habría que destacar a Manuel Machuca y Vargas, teniente-director de San Fernando entre 1787 y 1799 y director de la Escuela de Dibujo de Cádiz; el aragonés Silvestre Pérez, discípulo de Ventura Rodríguez y de Manuel Martín Rodríguez, pensionado en Roma, teniente-director entre 1805 y 1813; Antonio López Aguado, teniente-director y director de Arquitectura entre 1799 y 1831; Juan Antonio Cuervo, discípulo de Ventura Rodríguez y de Martín Rodríguez, que ocupó los mismos puestos entre 1801 y 1834; el malogrado Ignacio Haan, influido por Sabatini y después por Villanueva, que también se formó en Roma y cuajó una corta pero excelente producción al servicio del cardenal Lorenzana, arzobispo de Toledo; e Isidro González Velázquez, asimismo discípulo de Villanueva y becado en Roma, que trabajó en Aranjuez a las órdenes de su maestro, a quien sucedería como arquitecto real de Fernando VII en 1814, dada su fidelidad al monarca durante la guerra de la Independencia.

En la década de 1790, en la Academia de San Fernando se produce una renovación de ideas, provocada por esos jóvenes al tanto de las ideas más innovadoras y de la práctica arquitectónica en Roma y en París. Les interesan, sobre todo a Silvestre Pérez, a Ignacio Haan o a Manuel Machuca, la crítica tipológica de los edificios de la Antigüedad, así como las ideas de Laugier, de Milizia o de Marius-Joseph Peyre. También abordan los problemas constructivos, los materiales e incluso los debates historicistas sobre la arquitectura egipcia o la gótica (Sambricio, 1986, pp. 85-89).

Juan de Villanueva, el mejor representante, junto con Silvestre Pérez, de la arquitectura neoclásica en España, dejó obras señeras a lo largo de su dilatada actividad (Moleón, 1988). Así, la Casita del Príncipe o de Abajo en El Escorial, construida para los Príncipes de Asturias, Carlos y María Luisa, entre 1771-73 y 1777, pues, como ya se ha dicho, era arquitecto de las obras del real monasterio. Para su tipología, a modo de casino de recreo, tan de moda en Inglaterra y Francia desde el rococó, se inspiró en el palladianismo inglés, con su pórtico tetrástilo de sobrio orden dórico, sobre el que se apoya el balcón abalaustrado del piso superior. Las ventanas son rectas, con una simple cornisa de remate, y no emplea frontones. Parece un edificio muy racionalista, diseñado con escuadra y cartabón.

6.5. Juan de Villanueva (1739-1811): *1)* ***Puerta del Jardín Botánico de Madrid*** *(1781), proyectada a modo de arco triunfal y con orden dórico por el arquitecto neoclásico en el contexto de la urbanización del Paseo del Prado; 2)* ***Observatorio Astronómico de Madrid.*** *Construido con intermitencia entre 1790 y 1808, no fue terminado hasta 1874. La elegancia de su pórtico de orden corintio y la perfección formal del templete jónico que lo corona, destinado para la observación astronómica, y la distribución utilitaria de sus salas interiores hacen de este edificio obra señera del neoclasicismo español. (Fot.: Arturo González Nieto, h. 1920.)*

El segundo ejemplo para constatar el léxico neoclásico de Villanueva es la Puerta del Jardín Botánico de Madrid (1781), en El Prado, que se había convertido en el mejor paseo de la ciudad. Villanueva cerró su recinto con una verja y con una puerta de acceso al Paseo del Prado en la que acude a la variación sobre el arco de triunfo, con dos puertas laterales, rectas, para viandantes, y un arco central, flanqueado por columnas de orden dórico, entablamento liso y frontón. Pronto fue un lugar de cita para aristócratas y gente elegante de Madrid, como reflejaría el pintor Luis Paret mediada ya la década de 1780 en un cuadrito delicioso, hoy propiedad del Museo del Prado.

El Observatorio Astronómico de Madrid, construido en buena parte entre 1790 y 1808, junto con el proyecto para un Museo de Ciencias Naturales, hoy Museo del Prado, fueron las dos obras más ambiciosas de Villanueva durante el reinado de Carlos IV. El Observatorio, en el llamado Cerrillo de San Blas, zona elevada cerca de Atocha, constaba de salas de observación y de instrumentos, y otros gabinetes y oficinas. De planta cruciforme griega, en el centro hay un gran salón en rotonda, inspirado en la Villa Capra de Palladio. En el centro de su fachada Villanueva colocó un gran pórtico hexástilo, de orden corintio, que recuerda a un templo clásico romano. Como en otras ocasiones, no lo coronó con un frontón triangular, sino que sobre el destacado entablamento dispuso una terraza. El remate de la rotonda, que terminaría Narciso Pascual y Colomer mediado ya el siglo XIX, cerrada por una cúpula rebajada que

no se aprecia al exterior, se hace con un *tholos* o templete circular a modo de linterna, rodeado de columnas de orden jónico, que servía para colocar los telescopios. Dificultades económicas y administrativas fueron haciendo más lenta su construcción, que se detuvo en 1808 al estallar la guerra de la Independencia.

De la generación de jóvenes arquitectos neoclásicos destacaremos a Ignacio Haan, que se había perfeccionado en Roma, y a su regreso se sintió inclinado a seguir el camino de Villanueva, reforzando la orientación más innovadora del clasicismo de la razón. Por encargo del cardenal Lorenzana construyó en Toledo el edificio de su universidad. Destaca sobremanera, por su elegancia y rigor, la Columnata del Patio de la Universidad (1792-1799), obra fundamental del neoclasicismo español. En el salón de actos se inspiró en Jacques Gondoin y su proyecto para la Escuela de Cirugía de París (Sambricio, 1986, pp. 178 y ss.)

Silvestre Pérez, formado primero en Zaragoza con Agustín Sanz, y luego con Ventura Rodríguez y Manuel Martín Rodríguez en Madrid, pensionado en Roma, destacó como un arquitecto innovador y racional, capaz de grandes proyectos, tanto urbanísticos como de edificios (Sambricio, 1975). La iglesia parroquial de Motrico (Guipúzcoa), proyectada en 1798 pero no concluida hasta mediados del siglo XIX, fue su primer encargo importante tras volver de Roma en 1796. Concebida a modo de templo clásico y teniendo que ordenar el espacio urbanístico del entorno, la resolvió con una planta de cruz griega y volúmenes nítidos y muy sobrios al exterior. El pórtico del templo es un rotundo frontis hexástilo de orden dórico. A su regreso del exilio

6.6. *1)* ***Ignacio Haan (1756-1810): Columnata del patio de la Universidad, Toledo*** *(1792-1799). De orden jónico, es el patio más hermoso de todo el neoclasicismo español; 2)* ***Silvestre Pérez: Iglesia de Motrico (Guipúzcoa).*** *Proyectada en 1798 por el arquitecto aragonés al poco de regresar de Roma, la insertó perfectamente como centro en el entorno urbanístico, y resolvió la severa fachada con un frontis hexástilo de orden dórico.*

en Francia (1812-1815), al que tuvo que partir por haber estado al servicio del rey José I Bonaparte como arquitecto mayor de Madrid, desarrolló una importantísima actividad urbanística y constructiva en el País Vasco (San Sebastián, Bilbao y Vitoria).

IV.3. La formación de los ingenieros militares

El 17 de abril de 1712, durante la guerra de Sucesión, un real decreto de Felipe V había creado en Zaragoza el Cuerpo de Ingenieros Militares, a cuyo frente colocó, como ingeniero general, al flamenco Jorge Próspero Verboom (1665-1744), teniente general de los Reales Ejércitos, que se había formado en matemáticas y construcción con Sebastián Fernández de Medrano en la Academia Militar de Bruselas. El Cuerpo lo componían 150 miembros en España y otros 50 ingenieros para las posesiones de América y Filipinas (H. Capel y otros, 1983). Dicho número permanecerá invariable a lo largo del siglo XVIII, pero resultará totalmente insuficiente en su segunda mitad.

La formación que recibían los futuros ingenieros militares en esas academias era muy completa y estaba basada en el estudio de las matemáticas, el dibujo, la construcción de fortificaciones y defensas, la arquitectura civil –pues también tendrían que desarrollar tal actividad, especialmente en las tierras de ultramar o del norte de África–, además de conocimientos de dinámica, arquitectura hidráulica, estereometría e, incluso, diseño de máquinas (H. Capel y otros, 1988).

En las primeras décadas del siglo pudieron contar para su formación con varios tratados, comenzando por el "clásico" del gran ingeniero francés Sébastien Le Prestre de Vauban *Traité de l'attaque et de la defense des places*, maestro y modelo de fortificaciones militares del que Ignacio Sala haría una edición en Cádiz en 1743, que influiría en los demás de esa época; y siguiendo por el de Sebastián Fernández de Medrano, profesor de la Academia Militar de Bruselas, *El architecto perfecto en el arte militar, dividido en tres tratados* (1700); el del padre José Cassani, *Escuela militar de fortificación ofensiva y defensiva* (1704); o las *Conclusiones matemáticas de architectura militar* (1704) de Nicolás de Benavente y Medrano. En todos ellos se aprecia ya el sentido funcionalista y práctico que deberían tener las construcciones militares.

Una vez creadas las academias de Matemáticas de Barcelona, Orán y Ceuta, Verboom y Lucuze se encargaron de que los alumnos tuvieran a su alcance algunos de los mejores e innovadores libros de texto disponibles en Francia o Inglaterra, y para ello emprendieron una política de traducciones. Además del ya citado de Vauban, traducido en 1743, Juan Vergel, por encargo de Verboom, tradujo en 1745 el de B. Forest de Bèlidor, *Le science des ingenieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile*, publicado en París en 1729. Era éste un tratado muy completo, pues además de referirse a la construcción de fortificaciones y defensas abordaba los tipos de edificios que se tenían que construir en las plazas fuertes, desde arsenales, cuarteles y almacenes hasta puertas de entrada a los recintos militares, hospitales y capillas. Asimismo, dedicaba un tomo al uso de los órdenes clásicos, siguiendo a Vitrubio, Vignola, Palladio, Perrault y Blondel, y los adornos que se podían usar para los edificios civiles, dentro de las orientaciones del clasicismo francés del Grand Siè-

cle, todo ello con magníficas ilustraciones grabadas. Es decir, se contemplaba también la formación en arquitectura de los ingenieros militares.

Dos décadas más tarde, en 1769, el capitán de infantería e ingeniero ordinario Miguel Sánchez Taramas, profesor de la Real Academia Militar de Matemáticas de Barcelona, tradujo y aumentó con notas, adiciones y 22 láminas el tratado del inglés John Muller, *Tratado de Fortificación o Arte de construir los Edificios Militares y Civiles...*, publicado en 1755 en Inglaterra. En él refuerza todavía más el sentido utilitarista de las construcciones ejecutadas por los militares, tanto defensivas como civiles, y resalta que se debe buscar la comodidad y el progreso de los súbditos por encima de las consideraciones estéticas (Cámara, 1993).

También se traduciría en Madrid en 1776 el tratado de Le Blond *Elementos de fortificación* (1756), y en 1777 su *Defensa de las Plazas* y su *Ataque de las Plazas*.

El propio Pedro de Lucuze escribiría con finalidad didáctica unos *Principios de fortificación que contiene las definiciones de los términos principales de las obras de Plaza y de Campaña, con una idea de la conducta regularmente observada en el Ataque y Defensa de las Fortalezas..., dispuestos para la instrucción de la juventud militar* (1772), muy utilizado en las academias militares en las últimas décadas del siglo.

Además de esas obras, al alcance de todos los futuros ingenieros militares, circularían las obras de otros tratadistas franceses e italianos en fortificación, como la de A. Deidier, *Le parfait ingenieur française ou la fortification...* (1742); de Trincano, *Éléments de fortification* (1768); de Antonio Raschini, *Trattato della fortiticazione moderna* (1748); o de Duhamel, *Traité de Architecture Navale* (1752).

¿Qué objetivos se pretendían con la formación de los ingenieros militares? El conde de Aranda, quien como director general de Artillería e Ingenieros (1756-1758) quiso reformar profundamente el cuerpo de ingenieros, dándole un nivel científico equiparable a la mejor formación de Francia, pretendió, ayudado por José de Hermosilla, ingeniero militar y arquitecto, establecer un método de diseño y construcción (Rodríguez y Sambricio, 1998). Ambos entendían que los ingenieros militares debían estar técnica y científicamente muy bien preparados en arquitectura, tanto militar como civil, pues constituían un instrumento imprescindible al servicio de la monarquía y su magnificencia, y para la ordenación del territorio y su embellecimiento. Dos principios deberían regir sus actuaciones: utilidad y economía.

Según Aranda, el arquitecto militar no sólo debería saber dibujar y hacer planos, sino también construir, lo que exigía una sólida formación intelectual. Las enseñanzas deberían regirse, tanto en las academias como en las escuelas de matemáticas, por el principio vitrubiano de *firmitas, utilitas et venustas*, ocupando un lugar preferente la utilidad, y estando la solidez y la belleza sometidas a ésta. Así pues, la arquitectura era entendida como construcción. En esa misma línea, Juan Caballero, mariscal de campo y director general del ramo de Fortificaciones, escribía en 1787 que los edificios construidos por militares deberían tener «simplicidad y robustez».

Utilidad y economía eran principios rectores para los ingenieros militares, a fin de conseguir el progreso para la nación y para los súbditos del monarca ilustrado. La funcionalidad y el utilitarismo de sus construcciones les llevaban a relegar los aspectos ornamentales y estéticos, que preocupaban más a los arquitectos, o a emplear tipologías que pudieran desempeñar diversas funciones y usos. No era cuestión de debatir tanto sobre nuevos lenguajes arquitectónicos, como hacían los arquitectos, sino de resolver adecuadamente las necesidades funcionales y las tipologías de las edificaciones (Rodríguez, 1993, pp. 24-25). Además, los proyectos de los ingenieros militares solían ser de equipo, del cuerpo, lo que daba uniformidad a sus construcciones, a diferencia del individualismo de los arquitectos.

Ese estar totalmente al servicio del Estado, como militares y funcionarios que eran, les obligaba, especialmente en América, a ocuparse de cualquier proyecto gubernamental y a resolver con sus propios y limitados medios cualquier contingencia o dificultad. Así, en pueblos y ciudades de nuevo poblamiento tuvieron que proyectar edificios civiles, como ayuntamientos, aduanas, hospitales, sedes de gobierno o centros de enseñanza, así como religiosos. Por ello, los conocimientos de arquitectura civil se contemplaban también en su formación.

Fue frecuente que, además de sus funciones específicas, tuvieran que asumir cargos político-administrativos, que desempeñaron, en general, con honestidad, sensatez y eficacia, sabiendo que eran funcionarios del gobierno ilustrado e instrumentos de progreso. El gran inconveniente que tuvieron, al igual que el resto de los militares, fue su movilidad permanente, en función de los ascensos y destinos, tanto en España como en América, y la necesidad de desplazarse a los lugares en que se requería su presencia técnica. Ello les hacía bastante difícil la vida familiar, permaneciendo muchos de ellos solteros, o casándose ya a edades avanzadas y, por supuesto, tras obtener el preceptivo permiso real.

La vinculación de estos ingenieros con la arquitectura llevó a Francisco Sabatini a formar a partir de 1774, fuera del ámbito de las academias militares, así como de la de Bellas Artes de San Fernando, a una serie de ingenieros que le ayudasen tanto en la construcción de edificios militares como civiles al servicio de la monarquía (Cámara, 1993). Vendrían a ser como una especie de equipo de élite de ingenieros militares, lo cual no fue bien visto por la mayoría de sus compañeros. Juan Caballero consideraba hacia 1784 prioritarias las funciones propias del cuerpo, es decir, las de construcción militar y ordenación del territorio, y no las de hacer arquitectura compitiendo con los profesionales salidos de las academias de Bellas Artes.

A finales de la década de 1790, la rama de Caminos, Puertos y Canales, hasta entonces controlada por los ingenieros militares, dejó de depender de la Secretaría de Guerra, y se creó por la R.O. de 12 de junio de 1799 la Inspección General de Caminos y Canales, dependiente de la Secretaría de Estado, y el primer cuerpo facultativo de ingenieros de Caminos y Canales, que a partir de entonces controlarían las obras públicas en España (Rumeu de Armas, 1980, pp. 267-269). En 1803 sería nombrado

inspector de Caminos y Canales Agustín de Betancourt, que reformó el cuerpo y creó la Escuela de ingenieros de Caminos y Canales, dirigida por José María Lanz.

IV.4. Orientaciones constructivo-arquitectónicas de los ingenieros militares

Los ingenieros militares aplicaron, como ya se ha dicho, criterios de utilidad y economía a la hora de construir, y ello les llevó a practicar un **funcionalismo pragmático**. La eficacia y solidez eran primordiales; los baluartes, los recintos defensivos, los cuarteles, las construcciones portuarias y almacenes, exigían la *firmitas* y la *utilitas* vitrubianas, y lo ornamental era algo muy secundario, sólo presente en aquellas edificaciones en que el poder tenía que exteriorizarse mediante trofeos, escudos o símbolos alusivos.

Pero cuando tuvieron que construir –lo que ocurrió en bastantes ocasiones– edificios civiles, tendieron también a las realizaciones sobrias, funcionales y compactas, en la línea del **funcionalismo racionalista** propugnada por teóricos como Laugier o Lodoli; del **clasicismo francés o italiano**, siguiendo los modelos de Vanvitelli o Fuga, de Blondel o Patte; o del neoclasicismo. Así, José de Hermosilla o Francisco Sabatini partirán del clasicismo tardobarroco romano-napolitano para sus proyectos, regidos por el utilitarismo; Carlos Lemaur optará por el clasicismo francés, acorde con su origen y formación; y Julián Sánchez Bort, del barroco-clasicista italiano aprendido con Ventura Rodríguez. De todos modos, cuando se trataba de iglesias o edificios institucionales (ayuntamientos, aduanas), en bastantes casos los ingenieros militares hicieron concesiones a la ornamentación en vanos e interiores, o utilizaron los órdenes clásicos con sentido también ornamental en las fachadas.

IV.4.1. Construcciones de ingeniería militar y civil

Durante la primera mitad del siglo XVIII los ingenieros militares españoles y flamencos proyectaron los grandes recintos defensivos que se construyeron en España. Jorge Próspero Verboom (1665-1744) preparó en 1715 los planos de la Ciudadela de Barcelona, grande y modélica, si bien denostada por los barceloneses, pues les recordaba la toma de la ciudad por las tropas borbónicas, y que fue derribada tras la Revolución de 1868 y sustituida por el parque que lleva su nombre; Verboom también haría planos de fortificación para Cádiz (1724-1728) (Capel y otros, 1983, pp. 473 y 476).

Otros ejemplos destacados fueron el Fuerte de la Concepción, en Aldea del Obispo (Salamanca) y la Plaza fuerte de Ciudad Rodrigo (Salamanca), ambas construidas para defender la frontera con el reino de Portugal (Rodríguez de la Flor, 1987). En ambos casos contaban con su ciudadela amurallada, en cuyo interior había desde cuarteles para tropas y almacenes de víveres y pólvora hasta una capilla, y con toda una serie de cortinas defensivas. Juan Martín Cermeño completaría obras para la de Ciudad Rodrigo (1766).

El ingeniero aragonés Sebastián Feringán (1700-1762), discípulo de Verboom, dirigiría desde 1728 las obras del Puerto y Arsenal de Cartagena, a las que dedicó la mayor parte de su vida profesional, además de hacer proyectos urbanísticos para Car-

tagena y Murcia (Capel y otros, 1983, pp. 170-174). El destacado ingeniero militar Pedro Martín Cermeño (h. 1720-1785) intervino en la construcción del Castillo de San Fernando en Figueras (Gerona) como proyectista y director de las obras (1753-1759) (Díaz, 1982). Ejemplo destacadísimo de las construcciones defensivas del XVIII, el proyecto de Martín Cermeño fue terminado por otros ingenieros (Juan Caballero, Jorge Sicre) siguiendo sus planos. La ciudadela está construida con racionalidad y solidez. La profundidad y amplitud de sus fosos, la fortaleza de sus baterías, hornabeques y baluartes, hicieron este conjunto defensivo prácticamente inexpugnable. En su interior no faltan cuarteles para tropas, almacenes para víveres, polvorín, hospital, capilla y hasta residencia del gobernador de la plaza; es decir, una verdadera ciudad militar rodeada de grandes murallas. Por ello resultó inexplicable la rendición que hicieron sus mandos en 1794 durante la guerra del Rosellón contra la Francia revolucionaria.

En enero de 1774 Pedro Martín Cermeño fue nombrado capitán general interino del Reino de Galicia, lo que le permitió realizar en La Coruña un soberbio proyecto de fortificación, destacando el llamado Frente de Tierra.

Julián Sánchez Bort (1725-1785), director de fortificaciones de El Ferrol, donde trabajó entre 1754 y 1771 con Jorge Juan, proyectó una buena parte de ellas y dirigió las obras del Arsenal, donde destacan la puerta de ingreso al recinto o la Sala de Armas. Asimismo, perfeccionaría el barrio de la Magdalena, inmediato al Arsenal, trazado por Jorge Juan con un plano ortogonal de largas manzanas articuladas por dos plazas gemelas (Vigo, 1985).

Juan Caballero (1713-h. 1798), que había estado destinado a las órdenes de Feringán en las obras de los muelles de Cartagena entre 1751 y 1755, proyectaría en 1772 la Contramuralla de Vendaval de las defensas de Cádiz, en las que también trabajaría Silvestre Abarca de 1775 a 1778.

Las obras de los canales de Castilla e Imperial de Aragón, magnas realizaciones de la ingeniería hidráulica española durante el reinado de Carlos III, constituyeron dos magníficos ejemplos de la intervención de los ingenieros militares. Destinados a la navegación y al riego, en ambos casos se tomaron como modelo canales franceses, especialmente el del Languedoc. En el Canal de Castilla, que tomaba aguas del río Pisuerga, propiamente se plantearon tres canales: uno, el ramal norte del de Castilla; otro, el sur del mismo y un tercero, el de Campos. Un cuarto canal, desde tierras de Segovia hasta Valladolid, no pasó de ser un proyecto. Los tres primeros llegaron a construirse en su mayor parte, y el punto de enlace entre ellos fue Calahorra de Ribas, cerca de Palencia. El Canal de Castilla fue proyectado, a iniciativa del marino y científico Antonio de Ulloa, en 1753, por el ingeniero francés Carlos Lemaur, quien en 1754 redactó una *Relación histórica del proyecto de Canales de Castilla y de la ejecución del de Campos hasta hoy*, pero las disputas surgidas entre Ulloa y Lemaur provocaron la destitución de ambos y su envío al virreinato del Perú, el primero, y a Galicia, el segundo. Silvestre Abarca, sustituto de los anteriores, preparó el proyecto del Canal

del Norte, que sería revisado por Fernando de Ulloa, hermano de Antonio, quien se hizo cargo de las obras en 1758 y fue el máximo responsable de su ejecución, ayudado desde 1774 por el ingeniero militar Juan de Homar, director de las obras entre 1786 y 1804.

Se trabajó más despacio de lo previsto, por problemas económicos; el proyecto se concluyó ya a mediados del siglo XIX. Se construyeron cerca de cincuenta esclusas, de perfil oval, como se acostumbraba a proyectar en la segunda mitad del siglo XVIII, lo que permitía el paso de dos barcazas a la vez; sobresalen las construidas en Grijota (donde se unen el Canal del Norte de Castilla y el de Campos), en Frómista y en Calahorra de Ribas, en tierras palentinas. También se construyeron presas, puentes y acueductos, como el de Abánades, en Melgar de Fernamental (Burgos), para que las aguas del Canal del Norte cruzasen el río Valdavia, excelente obra de cantería y cinco arcos, o el que salvaba la laguna de Nava, en el Canal de Campos.

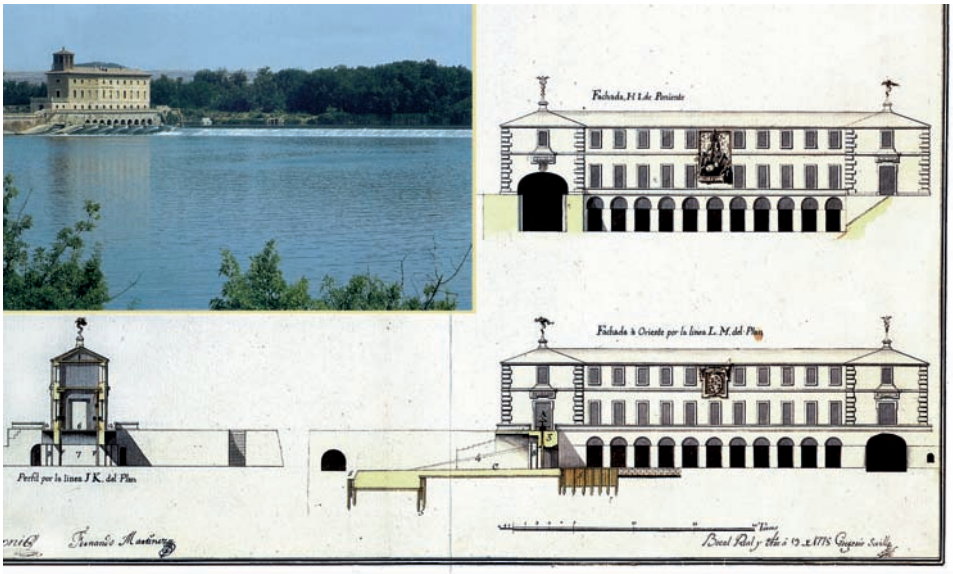
El Canal Imperial de Aragón fue la gran obra constructiva de la Ilustración en Aragón, y de las más importantes de España. Por ello merece un comentario detenido. El nombramiento del canónigo zaragozano Ramón de Pignatelli y Moncayo, hermano del conde de Fuentes, como protector del Canal en mayo de 1772, con el apoyo del conde de Aranda, imprimió un giro radical al proyecto. Hombre enérgico y gestor eficiente, hizo venir al ingeniero francés Gil Pin, director del Canal del Languedoc, para que supervisara la obra, y éste estuvo acorde con Pignatelli en colocar la toma de aguas abajo de Tudela, en El Bocal. A su regreso a Francia, quedó como director técnico el ingeniero militar Julián Sánchez Bort (1774-1776), autor del proyecto definitivo del acueducto sobre el Jalón, y el también ingeniero Joaquín Villanova, hombre de confianza de Pignatelli, que sustituía a Sánchez Bort en sus ausencias (Sáenz, 1984).

Ramón de Pignatelli adquirió grandes conocimientos de ingeniería hidráulica y fue, a decir de Ceán Bermúdez, «uno de los principales maestros en Europa» (Llaguno, IV, 326). Formó un equipo de técnicos fieles que cumplieron sus ideas y proyectos, y que ejecutaron los planos de detalle y edificaciones. En ese equipo destacaron el arquitecto Gregorio Sevilla (1773-1782) y el facultativo de detalle Fernando Martínez Corcín, que sucedería desde 1782 al prematuramente fallecido Sevilla.

El proceso constructivo del Canal Imperial de Aragón tuvo que salvar problemas técnicos y del subsuelo, especialmente aguas abajo de Zaragoza. Los hitos principales fueron los siguientes: el puente-acueducto sobre el Jalón, proyectado por Sánchez Bort en 1776, con cuatro vanos de medio punto y tajamares de perfil ojival entre ellos, terminados en sombreretes semipiramidales, se concluyó en 1782; en 1784 llegaron las aguas del Canal Imperial a Zaragoza; en noviembre de 1786 se inauguró el puerto de Casablanca en Zaragoza, con dos esclusas, un molino, batanes y un mesón, así como el llamado puerto de Miraflores, con su embarcadero; entre 1786 y 1788 se construyó el Puente de América, que daba acceso al poblado del Monte Torrero, con almacenes y la Casa del Canal (1790); y las esclusas de cerca de la Cartuja (1792)

(F. Casamayor, años 1784 a 1792). Asimismo, entre 1786 y 1790 se construyó la presa del Bocal en Fontellas (Navarra), aguas abajo de Tudela, y en agosto de 1790 se colocó la última piedra.

De entre las construcciones más relevantes del Canal Imperial habría que destacar la Casa de Compuertas, en el Bocal de Fontellas, proyectada por Gregorio Sevilla y Pignatelli en 1778 y ejecutada entre 1780 y 1787, y la citada presa del Bocal (Fernández Ordóñez, 1984, pp. 79-80). La Casa de Compuertas es un magnífico ejemplo de construcción funcional, con forma rectangular, las arcadas de la esclusa y las once compuertas, sobre ella el piso de máquinas y dos pisos de vivienda, el segundo de ellos de menor altura, con ventanales rectangulares. Con respecto al proyecto inicial, Pignatelli y Martínez Corcín suprimieron sendos cuerpos de remate, a modo de pequeños torreones, sobre las dos fachadas; modificaron la escalera de la fachada principal, dándole una mayor prestancia al disponer unos muretes curvos a los lados, con dos tramos de escalera, también curvos, que terminaban en una terraza abalaustrada ante la puerta adintelada de acceso a las viviendas, rematada por un escudo real.



6.7. Gregorio Sevilla (h. 1742-1782): la Casa de Compuertas del Bocal, en Fontellas (Navarra) *(1778): 1)* ***La presa*** *en su conjunto fue la gran obra de ingeniería hidráulica del Canal Imperial de Aragón, donde se toman las aguas del Ebro. Después de quedar destruida por una riada cuando su construcción estaba muy avanzada, la presa actual fue construida entre 1786 y 1790, y la Casa de Compuertas entre 1780 y 1787; 2)* ***Alzados de las fachadas de Poniente y Oriente*** *(plano firmado por Luis Chimioni, Fernando Martínez y Gregorio Sevilla). En ese edificio, resuelto con gran funcionalidad, al modo ingenieril, y léxico neoclásico, se combinaron a la perfección las funciones hidráulica y residencial. (Planos, Archivo del MOPU.)*

Después de 1874, tras la rotura de la presa por una avenida del Ebro el año anterior, se modificó la escalera y algunos espacios y volúmenes del edificio.

Junto a la llamada Casa Blanca, en Zaragoza, las grandes esclusas de San Carlos, construidas en 1781-1782, permitían descender a los barcos y barcazas a cotas más bajas. Al lado estaba la almenara de San Carlos y el molino harinero de cinco muelas, batán de ocho pilas y granero superior, construido todo entre 1784 y 1786. Por entonces, o poco antes, se construyó un puente de acceso al molino y, aguas abajo, el gran acueducto-puente que conduce las aguas sobre el río Huerva, que se llama popularmente el Ojo del Canal, construido entre 1782 y 1785, y que, junto con el acueducto del barranco de la Muerte, unos cuatro kilómetros más abajo, dejan constancia de la importancia de la obra a su paso por Zaragoza. La hermosa Fuente de los Incrédulos (1786), situada en Casablanca y diseñada seguramente por el propio Pignatelli, nos recuerda desde entonces la llegada de las aguas del Canal a Zaragoza en 1784; sirvió de desquite del canónigo contra todos los que dudaban de la posibilidad de su empresa hidráulica. Del poblado del Monte Torrero, construido para los empleados del Canal y verdadero poblado preindustrial (Expósito, 1993, pp. 61-62), apenas queda algo, después de que sus dependencias fueran convertidas en el siglo XIX en cuartel y luego destruidas para nuevas edificaciones militares. Sólo la magnífica iglesia neoclásica de San Fernando, levantada entre 1796 y 1799, nos recuerda su existencia.

IV.4.2. Obras de arquitectura hechas por ingenieros

Fue frecuente que ingenieros militares recibieran órdenes para proyectar e incluso dirigir las obras de edificios destinados a funciones civiles y religiosas. Los más importantes miembros del cuerpo realizaron alguna de ellas, tanto en España como en América.

Carlos Lemaur, enviado por el capitán general de Galicia, Maximiliano de Croix, proyectó a instancias del arzobispo Rajoy, arzobispo de Santiago de Compostela, el Palacio Rajoy, construido entre 1767 y 1777 en la plaza del Obradoiro, que cierra. Debía cumplir tres usos distintos: seminario, cárceles y casas consistoriales, y hoy es sede de la Presidencia de la Xunta de Galicia. La amplia y elegante fachada del edificio está desarrollada armónicamente en horizontal, con el cuerpo bajo porticado, y el principal con doble piso articulado con columnas gigantes adosadas en el cuerpo central, rematado por frontón triangular. De clara descendencia clasicista francesa, se hallan precedentes en la fachada del Ayuntamiento de Nancy o en el palacio ducal de la misma ciudad francesa, obra de Boffrand. Contrasta con la fachada barroco-decorativa de la catedral: serenidad horizontal frente a verticalismo. Julián Sánchez Bort proyectó la fachada de la catedral de Lugo (1769), donde siguió el léxico barroco-clasicista romano, con sugerencias de Ventura Rodríguez. Pedro Martín Cermeño proyectó en 1774 la plaza de María Pita en La Coruña, nuevo espacio político-representativo y público de la ciudad gallega desde las últimas décadas del XVIII hasta bien entrado el siglo XX (García Alcañiz, 1989).

6.8. *1)* ***Carlos Lemaur (1721-1785): Palacio Rajoy, Santiago de Compostela*** *(1767-1777), singular edificio, hoy sede de la Presidencia de la Xunta de Galicia, fue proyectado por el ingeniero militar Carlos Lemaur para cumplir varios usos: seminario, casas consistoriales y cárceles. La solución de su espléndida y larga fachada deriva de modelos del clasicismo francés de la época, en el que se había formado Lemaur (fot.: M.S.S.); 2)* ***José de Hermosilla (h. 1720-1776): Colegio Anaya, de la Universidad de Salamanca*** *(h. 1770). Su fachada de tres pisos está articulada con un frontis templario central, tetrástilo y de orden jónico, en el que avanzó hacia un incipiente neoclasicismo.*

6.9. Francisco Sabatini (1721-1797): antigua Casa de la Real Aduana de Madrid, *actual Ministerio de Hacienda. Proyectada en 1761 y construida entre 1761 y 1769 como un palacio urbano italiano, su espectacular fachada a la calle de Alcalá es un destacado ejemplo de la renovación edilicia y urbanística de Madrid durante el reinado de Carlos III.*

José de Hermosilla dejó en su proyecto para el Colegio de San Bartolomé o de Anaya, de la Universidad de Salamanca (h. 1770), una buena muestra de su capacidad para encaminarse desde su gran formación teórico-práctica hacia un incipiente neoclasicismo. Juan de Sagarvínaga se encargaría de la construcción. La fachada del edificio la concibió Hermosilla con un cuerpo principal de tres pisos, articulados con un frontis templario central, con cuatro columnas de orden jónico, entablamento del mismo orden y frontón triangular de remate. Sobre el cuerpo principal dispuso un segundo cuerpo que queda algo desproporcionado, rematado por el escudo del fundador. El patio interior es muy vitrubiano: utiliza la superposición de órdenes, toscano abajo, jónico arriba, que recuerda el clasicismo renacentista (Navascués, 1987).

Pero el ejemplo más representativo de un ingeniero militar al servicio de la Corona de España como arquitecto es el del siciliano Francisco Sabatini (1721-1793), que alcanzaría los máximos honores y puestos militares en su ramo, hasta llegar a inspector general de Cuerpo de Ingenieros en 1792, poco antes de su muerte. Se había formado en Nápoles con el arquitecto Ferdinando Fuga, y después había sido ayudante

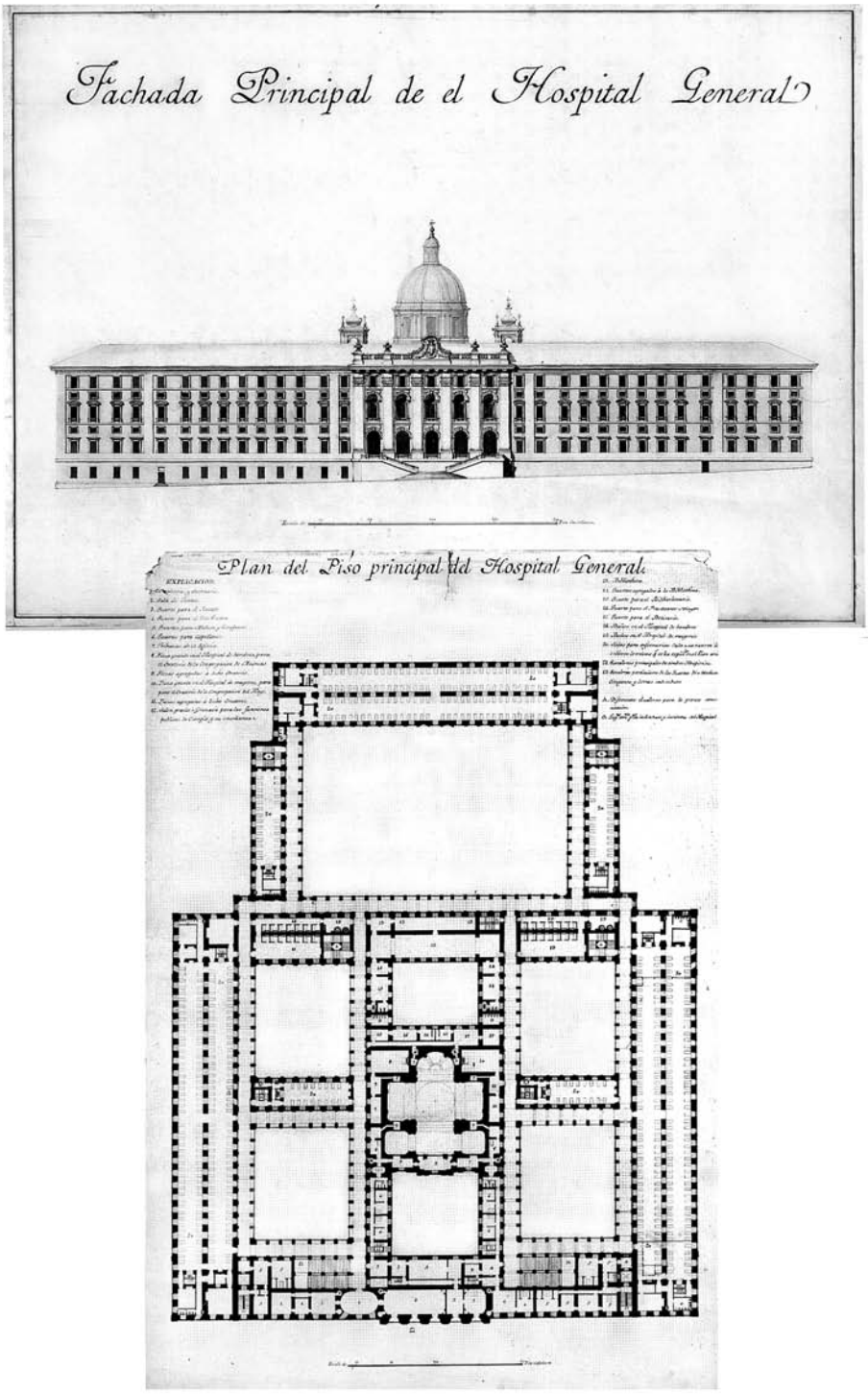
de Luigi Vanvitelli, que sería su suegro, en el Palacio Real de Caserta. Vino a España con Carlos III en 1759, y pronto desplazó tanto a Ventura Rodríguez como a Hermosilla en los encargos reales, de los que llegaría a ser un auténtico superintendente. Formado en el tardobarroco clasicista, adoptaría un lenguaje arquitectónico funcionalista y práctico, acorde con la ingeniería militar y con la necesidad de eficacia y ahorro económico de la política del despotismo ilustrado. A él no le interesa el debate sobre la renovación del lenguaje arquitectónico, sino por las cuestiones de los usos de los edificios y las tipologías adecuadas para esos usos (D. Rodríguez, 1993).

En la Real Casa de la Aduana de Madrid, hoy Ministerio de Hacienda, proyectada en 1761, concibió una espectacular fachada, acorde con el afán de renovación edilicia y urbanística que Carlos III quería dar a la capital de España, cuyo aspecto general, a su llegada al trono, era bastante descuidado e inferior al de otras capitales europeas. Sobriedad y grandeza destacan en el edificio, concebido como un palacio urbano italiano y construido en ladrillo, salvo el cuerpo inferior con almohadillado de piedra. Esa bicromía entre piedra granítica y ladrillo rojo sigue la tradición de la arquitectura madrileña de los Austrias. Las ventanas del piso principal están rematadas por frontones triangulares y curvos alternantes, mientras que las del superior simplemente están enmarcadas. El primer proyecto aún era más funcional y desornamentado, pues no aparecían ni los frontones de remate de las ventanales del piso principal, y daba la sensación de mayor horizontalidad.

En esa misma línea de renovación urbanística hay que situar la construcción de la emblemática Puerta de Alcalá, proyectada por Sabatini en 1769 y terminada en 1778. Responde a la necesidad de dar a Madrid unos accesos viarios dignos y de ofrecer una primera imagen bella y cosmopolita de la capital de España a los viajeros que accedían a ella por el camino real que venía de Aragón y Cataluña. La puerta quedaría aislada e independiente, integrada en un espacio urbano que se estaba definiendo junto al Real Palacio del Buen Retiro y próximo al Salón del Prado, la más importante empresa de embellecimiento del Madrid de Carlos III, que se estaba definiendo urbanísticamente gracias a las proyectos de Hermosilla y Ventura Rodríguez.

Para el proyecto Sabatini tuvo presente desde la tradición de los arcos de triunfo romanos, como el Arco de Constantino, hasta las referencias berninianas, en concreto de la fachada posterior del palacio Barberini (Sambricio, 1993). Presenta la puerta cinco vanos, los tres centrales abovedados y semejantes, si bien flanqueado el central con columnas adosadas de orden jónico; y los de los extremos, que estaban pensados para el tránsito de viandantes, más pequeños, adintelados y flanqueados por pilastras jónicas. Dado el sentido escenográfico del arco triunfal, los aditamentos ornamentales esculpidos, en forma de trofeos militares de remate, y de bajorrelieves con cuernos de la abundancia llenos de frutos sobre los vanos adintelados, desempeñan un papel parlante de las excelencias del monarca promotor, Carlos III, de sus éxitos militares y del progreso del pueblo madrileño y español, que pretendía conseguir la política de su gobierno ilustrado.

***6.10. Francisco Sabatini**: 1) Perspectiva de la **Puerta de Alcalá,** 1777 (Archives Nationales de París, Serie NN-23); 2) Perspectiva del proyecto para la **Puerta de San Vicente,** 1770 (Biblioteca Nacional de Madrid, BN Barcia n.º 8619), realizada entre 1770 y 1775. Elementos decorativos y simbólicos importantes del programa de embellecimiento de Madrid impulsado por Carlos III, aunque de riqueza diferente, ambas evocan la idea de arco triunfal.*



6.11. Francisco Sabatini: Hospital General de Madrid, *actual sede del Museo Nacional Reina Sofía. Sabatini reproyectó este gran edificio con un plano simétrico, con cuatro patios a los lados. Sólo se edificaron dos quintas partes de dicho proyecto (Planos del Arch. Gral. del Palacio Real, Madrid).*

La tercera actuación constructiva de Sabatini en Madrid fue el Hospital General, actual sede del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. Tras un primer proyecto de José de Hermosilla y del inicio de la construcción (1756-1769), se encargó un nuevo diseño. Sabatini amplió el proyecto inicial para acoger al mayor número posible de enfermos, en zonas diferenciadas para hombres y mujeres, con eje central ordenador y edificaciones simétricas a ambos lados. El gran patio central fue concluido en 1781, pero sólo se llegaron a ultimar dos quintas partes del proyecto original. La fachada posterior retomaba la estructura de la Casa de la Aduana, pero con total funcionalismo y desornamentación, mientras que la principal fue concebida con mayor empaque, especialmente resaltando su parte central o de acceso (Calatrava, 1993).

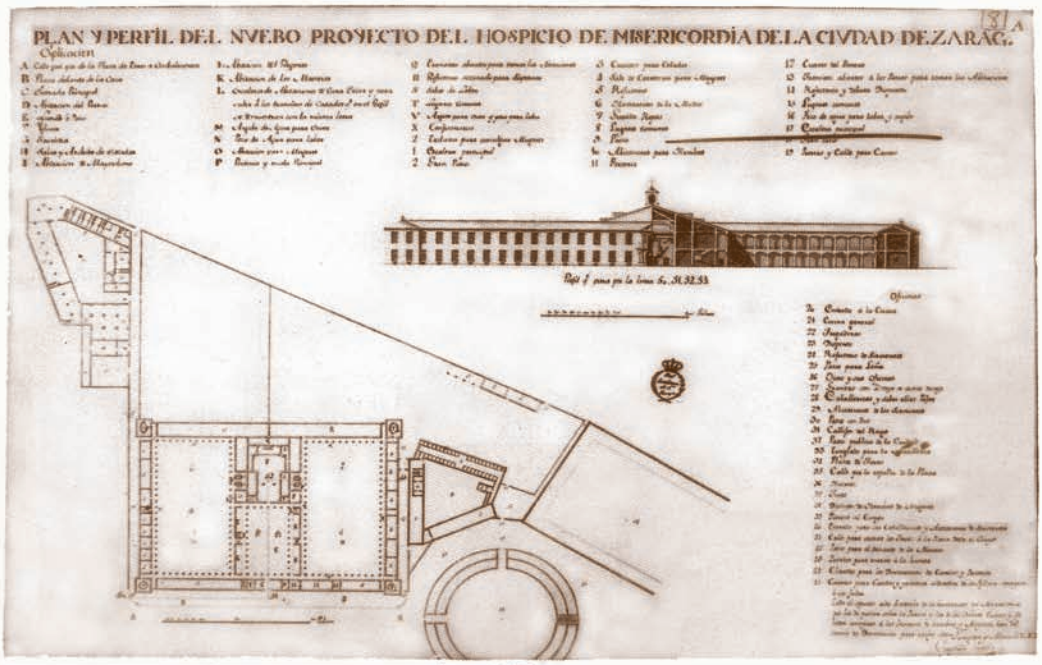
El mismo Sabatini dejaría en su proyecto para la Real Fábrica de Espadas de Toledo (1774), y en la ejecución por colaboradores suyos (1777-1780), una muestra de su capacidad para abordar también construcciones con función manufacturero-industrial (Marías, 1993), con el mismo criterio utilitarista y funcional con que concebía otros edificios militares o político-administrativos.

El último ejemplo elegido de ingeniero militar que aborda arquitectura civil es el de Miguel de Roncali, conde de Roncali, que llegaría a ser brigadier de los Reales Ejércitos, director del Cuerpo de Ingenieros y ministro de Hacienda de Carlos IV (1792). Durante su larga estancia en Cataluña, perfeccionó y concluyó el castillo de Montjuich en Barcelona, reformó el edificio de la Capitanía General y trazó y dirigió personalmente la Aduana (1790-1792). La solución de su fachada y de su interior resulta ya bastante decadente, dentro de un todavía clasicismo barroco con concesiones ornamentales al tardorrococó en las ventanas, muy distante del neoclasicismo incipiente de la Lonja, de Soler i Faneca. La poca adecuación de su Aduana a las normas más académicas y neoclásicas provocaron críticas que determinaron su dimisión y retiro. Murió en Cornellá en 1794.

V

Obras hechas por arquitectos entre la arquitectura y la ingeniería

También hubo arquitectos que construyeron obras de ingeniería o de las que habitualmente hacían los ingenieros militares, como cuarteles u obras públicas, entre ellas puentes o diques. Los ingenieros no debían de tener muy buena opinión sobre esa intromisión profesional de los arquitectos en el ámbito profesional de los ingenieros, pues Agustín de Betancourt pensaba a comienzos del siglo XIX que los arquitectos tenían poca formación para el desempeño de las obras públicas. Sin embargo, hubo arquitectos que desempeñaron con eficacia y brillantez sus encargos de obras públicas. El prolífico y polivalente Ventura Rodríguez, y José Martín de Aldehuela son dos ejemplos de arquitectos que demostraron su capacitación para abordar obras de ingeniería.



6.12. Gregorio Sevilla: Hospicio de la Misericordia de Zaragoza *(1774): 1)* ***Plano general*** *de la actual sede de la Diputación General de Aragón. Con este plano logró Sevilla el nombramiento de académico de mérito en Arquitectura por San Fernando en marzo de 1774; 2)* ***Fachada principal,*** *antes de la restauración, cuando los paramentos de la fachada sobria y funcionalista todavía estaban enfoscados con el aspecto original. La portada en piedra de cantería almohadillada es adintelada y sobre ella hay un sencillo balcón con balaustres.*

De Ventura Rodríguez fue el proyecto del Cuartel de Caballería de Medina del Campo (Valladolid), de 1776, que, en opinión de Antonio Ponz, de haberse completado hubiera sido uno de los mejores del reino. Se inició en 1777 por Juan de Sagarvínaga, y en 1793, tras un largo proceso, cuando estaba construida algo más de la mitad del cuartel, se decidió reducir sus dimensiones y adaptarlo a un cuartel de infantería. Se terminaría poco antes de la guerra de la Independencia, en la que fue incendiado por los franceses, reconstruyéndose a finales del siglo XIX y comienzos del XX (Plaza y Redondo, 1998, pp. 110-111). El proyecto de Rodríguez presentaba una ordenación de las instalaciones cuartelarias en torno a un gran patio porticado de planta rectangular, articulado en su planta baja, donde se instalarían las caballerizas, con arcos de medio punto. De los tres pisos que iba a tener sólo se elevaron dos alturas debido a las estrecheces económicas.

Ventura Rodríguez dejó otra magnífica demostración de su capacitación ingenieril en el Acueducto de Noain, cerca de Pamplona, proyectado en 1782 para llevar aguas limpias y dulces desde el monte próximo de Subiza hasta la capital navarra. Concebido como un acueducto romano, con 97 arcos en piedra y ladrillo y una longitud de 1245 m, impresiona por su grandiosidad y firmeza.

Otro arquitecto que abordó obras de ingeniería fue el aragonés José Martín de Aldehuela (1719-1802), que después de trabajar en Teruel y Cuenca se trasladó a Málaga hacia 1779, llamado por el obispo de la ciudad José Molina Lario, de origen turolense, para construir un acueducto que llevase aguas a la ciudad. Para ello, como resaltó Ceán, «levantó treinta puentes entre grandes y pequeños, formó cuatro minas y varias alcantarillas». Después, nombrado por el Consejo de Castilla, construyó entre 1784 y 1788 el famoso Puente de Ronda, sobre el río Guadalevín, de un solo arco y 75 m de altura (Camacho, 1984).

En tierras aragonesas destacaron en esa faceta dos arquitectos, Gregorio Sevilla y Agustín Sanz, profesores en Zaragoza y académicos de mérito de San Fernando desde 1774 y 1775, respectivamente.

Gregorio Sevilla (h. 1742-1782) fue a partir de 1774 un estrecho colaborador de Pignatelli en las obras del Canal Imperial, de las que sería responsable en los años anteriores a su temprana muerte en octubre de 1782, a los 40 años. Pero, además, Pignatelli contó con Sevilla para la otra gran empresa del despotismo ilustrado en Zaragoza, la construcción del gran Hospicio o Casa de Misericordia. El canónigo quería convertir esa institución en un centro manufacturero, que ocupase a los internos y pobres allí acogidos y, al mismo tiempo, dinamizase el sector textil en la ciudad. El maestro de obras Julián Yarza y Zeballos había hecho un primer proyecto en 1765, que adaptó y amplió Pignatelli ayudado por Sevilla en 1772-1774, una vez fallecido Yarza. Los planos del edificio fueron presentados por Gregorio Sevilla a la Real Academia de San Fernando y llevan la fecha de 20 de marzo de 1774. Con esos planos y la presentación de Pignatelli, Sevilla fue elegido académico de mérito en arquitectura el 7 de agosto de 1774 (Ceán, en Llaguno, IV, p. 313).

Las obras de la Casa de Misericordia se desarrollaron entre enero de 1777 y junio de 1794, en cuatro fases discontinuas: de 1777 a 1779, de octubre de 1780 a septiembre de 1781, de febrero de 1784 a noviembre de 1785, y de agosto de 1790 a junio de 1794 (Martínez Verón, 1985). Esta última fase fue la más importante por su duración y el dinero invertido. Lo primero que se construyó fueron los talleres, para que los tejedores pudieran trabajar, y la lonja para vender los géneros. En la tercera fase se terminaron dos nuevas naves, adonde pasaron las fábricas, para lo que se contó con los caudales concedidos por Floridablanca de la "sede vacante" del arzobispado de Zaragoza y del "indulto apostólico" que permitía comer carne en Cuaresma. Para la última fase fue fundamental la financiación de Lezo y Palomeque, arzobispo de Zaragoza. La iglesia no se construyó hasta 1863-1866, dentro de un historicismo neorrománico.

El hospicio, de amplia planta rectangular, fue concebido con crujías organizadas en torno a tres patios: dos laterales, mayores y de idénticas dimensiones, en los extremos, y otro, de menor tamaño, en el centro, en eje con la puerta de ingreso y con la iglesia. A ambos lados del patio menor o "luna" se situaban las dependencias administrativas y de gobierno, así como las habitaciones del mayordomo, regente y maestros. En torno a los dos patios mayores se disponían las salas de labor y las residencias de los internos, hombres y mujeres por separado, estando previstas también habitaciones para casados.

En el diseño se tuvo en cuenta muy posiblemente el modelo del gran Hospital General de Atocha, en Madrid, con plan de José de Hermosilla modificado totalmente por Sabatini, y quizás fuese deudor de los hospitales tardobarrocos proyectados por Ferdinando Fuga, como el Albergo dei Poveri de Nápoles, o el Hospital Apostólico de San Miguel en Roma (Expósito, 1993).

Construido en ladrillo y mampostería enlucida, y con piedra de cantería en zonas determinadas, la funcionalidad y la economía de medios rigieron su edificación. Las ventanas rectangulares, sencillamente enmarcadas, se disponen en un continuo en los tres pisos que acabó teniendo el conjunto, cuando en el proyecto se disponían sólo dos alturas. Ante las necesidades el edificio fue creciendo en altura y en dimensiones, lo que influyó en el retraso de su terminación. Las fotos antiguas, antes de la renovación que sufrió en la década de 1980 para convertirlo en sede del Gobierno de Aragón, dan buena cuenta de su aspecto primitivo. La fachada principal tiene una sencilla portada en piedra de cantería almohadillada y balcón con balaustres sobre ella. De la monumentalidad e importancia de este hospicio dejaba constancia Ignacio Jordán de Asso (1798, edic. de 1947, p. 145):

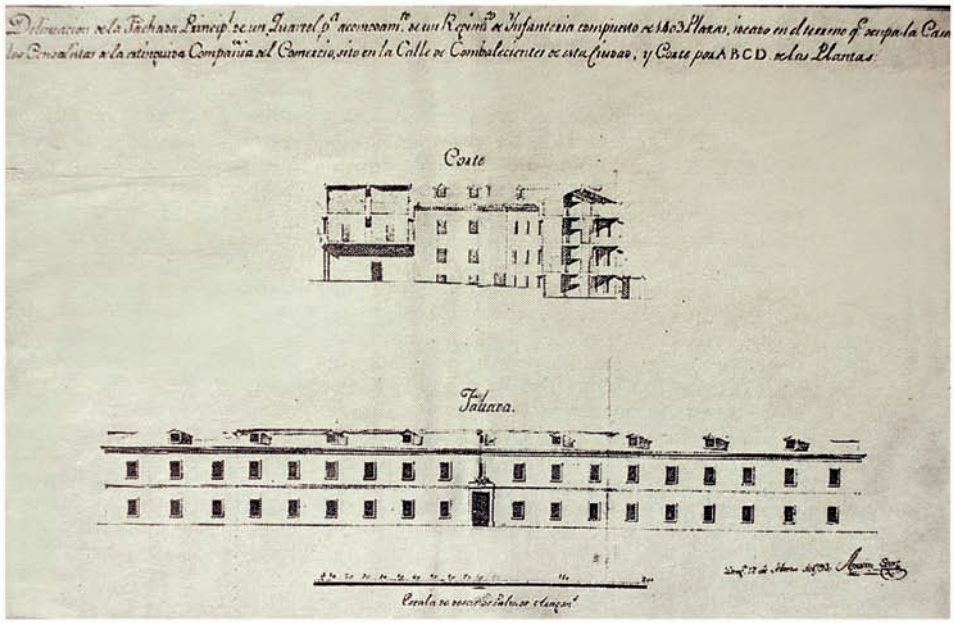
> «En vano aspiran a competirle los más celebrados de la Corte, y de otras ciudades principales de España, así en solidez y acertada repartición de lo interior, como en la ostentosa majestad, buenas proporciones, y hermosura [...]. Una vez concluido el edificio, podrán albergar en él hasta 1200 personas».

El otro destacado arquitecto, Agustín Sanz (1724-1801), fue el más importante de la Ilustración en Aragón. Enseñó arquitectura en la Academia de la Segunda Junta Pre-

paratoria (1778-1779), en la Escuela de Dibujo (1784-1792) de la Real Sociedad Económica Aragonesa y en la Real Academia de Bellas Artes de San Luis (1792-1801). Fue el gran difusor de la orientación arquitectónica de Ventura Rodríguez en tierras aragonesas, dentro de un renovado barroco clasicista que adoptó fórmulas funcionalistas y severas. Fue, además de maestro de obras del Ayuntamiento de Zaragoza y de la basílica del Pilar, encargado de proyectar puentes, posadas, etc., por el Consejo de Castilla y de supervisar obras públicas de otros arquitectos por delegación de la Academia de San Fernando, si bien en los últimos años de su vida los jóvenes profesores neoclásicos y funcionalistas pusieron objecciones a algunos de sus proyectos. Fue el primer maestro del gran Silvestre Pérez, y de Francisco Rocha, profesor metódico y riguroso proyectista, influido por las ideas del racionalismo arquitectónico, que sería el otro director de arquitectura de la Academia de San Luis.

Tres obras realizadas por Sanz para Zaragoza al final de la centuria nos muestran su capacidad para abordar, al igual que su maestro Ventura Rodríguez, obras que se sitúan entre la arquitectura y la ingeniería. Por suerte, las tres se conservan, si bien en desigual estado por las contingencias bélicas y de uso. La primera es la histórica Puerta del Carmen, que tanto protagonismo tuvo durante los Sitios (1808-1809). Fue proyectada entre 1787 y 1790 para sustituir a una anterior puerta de mediados del siglo XVII, que a su vez sustituyó a la medieval Puerta de Baltax. Estaba situada al sur de la ciudad, donde comenzaba el camino real hacia Madrid. Por motivos económicos y otras circunstancias no se construyó hasta 1792-1794, inaugurándose en marzo de 1795, una vez completada su decoración (Ansón, 2005). Fue entonces la mejor puerta que tuvo Zaragoza, y hoy se conserva maltrecha como un monumento al heroísmo de sus habitantes contra las tropas napoleónicas durante los Sitios.

La proyectó Sanz con tres vanos, a modo de arco triunfal, a semejanza de las puertas de Alcalá y de San Vicente que, unos años antes, había ideado Sabatini para Madrid. Pero, a diferencia de éstas, la del Carmen no iba a estar aislada, cumpliendo una función más ornamental y representativa, sino que iba a servir para cerrar realmente la ciudad por las noches en el muro de ladrillo. Debido a los reducidos medios económicos, Sanz no pudo hacer una puerta grandiosa y ornamentada como las de Sabatini, sino una más sobria y funcional, vinculada a soluciones de los ingenieros militares y de la arquitectura inspirada en el francés Jacques-François Blondel. El empleo exclusivo de líneas rectas, incluso en los vanos, adintelados; del almohadillado clasicista, que le confiere un aire severo y defensivo; y la casi ausencia de elementos ornamentales, reducidos a las cuatro bolas escurialenses, en vez de jarrones y trofeos, hacen de esta Puerta del Carmen una obra en la que Sanz introduce un lenguaje funcionalista y ya neoclásico. Fue una de las obras en las que el arquitecto zaragozano empleó un léxico arquitectónico más avanzado, distanciado del barroco-clasicista más habitual en él. En las dos lápidas que se colocaron en sus frentes exteriores, con textos redactados por el erudito escolapio Pío Cañizar, se exaltaba el pasado histórico-religioso del lugar y su entorno, relacionado con los primeros mártires cristianos



6.13. Agustín Sanz (1724-1801): *1)* ***Puerta del Carmen de Zaragoza.*** *Proyectada hacia 1788, no fue edificada hasta 1792-1794. Fue la mejor puerta que tuvo la ciudad y padeció mucho durante los Sitios (1808-1809) por los ataques franceses. Todavía hoy son bien visibles los efectos de las balas y las bombas. La concibió Sanz a modo de arco triunfal, con tres vanos y almohadillado clásico, como una obra vinculada a las construcciones militares de origen francés, dentro de un utilitarismo ya neoclásico (postal de Laurent, h. 1903); 2)* ***Cuartel de Convalecientes de Zaragoza,*** *proyectado por Sanz en 1793 para el Regimiento de Infantería de Aragón, fue construido entre 1796 y 1801 con un piso más de altura. El sentido funcional y utilitario se impone en el edificio, en proceso de restauración para convertirlo en sede del Servicio de Arqueología de Zaragoza. (Planos en el Arch. Munic. de Zaragoza).*

de Caesaraugusta, así como la monarquía española en las figuras de Carlos IV y María Luisa. Lo funcional y lo representativo se aunaban en esta obra, ejemplo destacado de la arquitectura ilustrada (Ansón, 2005).

Como arquitecto del Ayuntamiento tuvo que abordar obras de índole urbanística y públicas para comodidad de los zaragozanos. Una de ellas fue el Pretil o Muro de San Lázaro (1789), para contener las crecidas del Ebro a su paso por la ciudad. Se construyó en piedra de cantería junto al Puente de Piedra, en la orilla izquierda del río, junto al desaparecido convento mercedario de San Lázaro. Ese murallón, encargado a Sanz por el intendente del Ejército y Reino de Aragón, Antonio Ximénez y Navarro, y financiado por la Real Hacienda con dinero procedente de las rentas de Correos y de la vacante y expolios del arzobispado de Zaragoza, se construyó en tan sólo seis meses, y ya estaba concluido a finales de 1789 (Casamayor, 1789, f. 76r-v) Es una obra de ingeniería muy sólida y perfectamente estudiada que, aunque erosionada por las avenidas del Ebro, todavía hoy sigue cumpliendo la función protectora para la que fue construida.

Un tercer ejemplo de intervención de Agustín Sanz en empresas más propias de los ingenieros fueron los planos que hizo en febrero de 1793 para el Cuartel de Convalecientes de Zaragoza, o Cuartel de Infantería de Aragón, que desde 1876 fue Cuartel de Pontoneros, llamado de Sangenís hasta 1975, y que en la actualidad está en parte rehabilitado como dependencias del Servicio de Arqueología del Ayuntamiento. Es el único edificio de este tipo que se conserva en la ciudad.

Sanz aprovechó parte de la edificación que a mediados del siglo XVIII había sido levantada para sede de la Real Compañía de Comercio de Zaragoza y que, una vez disuelta, se había alquilado como cuartel. Hizo un proyecto totalmente funcional y severo, de dos plantas, que luego, en 1797, se recrecería en una tercera planta. Se construyó entre 1796 y 1801 en ladrillo, con cuatro cuerpos en torno a un patio central rectangular, y una fachada principal con una serie de 18 ventanas por planta, separadas por la puerta en piedra, adintelada, destacada con un ligero y estrecho almohadillado con la clave resaltada en el dintel, y con las características de los vanos trazados para la Puerta del Carmen.

VI

A modo de conclusiones

Tanto arquitectos académicos como ingenieros militares –más, estos últimos– formaron parte de los cuadros técnicos de los que se valió el Estado ilustrado en los reinados de Carlos III y Carlos IV para cumplir sus objetivos de engrandecer y hacer más próspero el país, y algo más felices a sus habitantes, desde el modelo sociopolítico y económico del Antiguo Régimen. Construyeron fortificaciones, carreteras, puentes, acueductos y vías de navegación y riego, y también conjuntos urbanos, tanto de

nueva creación como fruto de las reformas urbanísticas en antiguas ciudades, con sus plazas, ayuntamientos e iglesias.

Para esa política constructiva ilustrada no hubo un único lenguaje arquitectónico oficial, si bien el clasicismo fue el denominador común, el componente básico. Arquitectos e ingenieros de la época de la Ilustración, según su formación teórica y práctica y los cometidos y empresas que venían desarrollando, optaron por abordar esas tipologías que la política del despotismo ilustrado requería con criterios de utilitarismo, sobriedad y ahorro de medios técnicos y económicos. Clasicismo y funcionalismo estuvieron aunados en la mayoría de esas construcciones, expresados con diversas declinaciones arquitectónicas que irán desde el barroco-clasicista hasta el neoclasicismo y el racionalismo funcionalista, y a menudo con evidente eclecticismo. Estas últimas orientaciones se irían abriendo paso a partir de finales del siglo XVIII de la mano de jóvenes arquitectos que, como los integrantes de la generación de 1760, se habían perfeccionado en Roma o en París, y también por el influjo del sentido práctico de los ingenieros militares, sólidamente formados en las reales academias militares de Matemáticas.

En bastantes ocasiones los arquitectos invadieron los ámbitos profesionales de los ingenieros militares, y al contrario, pues la necesidad de eficacia o la disponibilidad de técnicos en determinadas zonas de los amplios territorios de la Corona, tanto en Europa como en América, fueron prioritarias a las actitudes corporativas. Eso provocó, sin duda, recelos, roces y cierta rivalidad entre unos y otros, que ya presagiaban los enfrentamientos y la separación definitiva de ambas actividades con el Estado liberal del siglo XIX, y el desarrollo del cuerpo de ingenieros civiles, asimismo diferenciados de los militares.

BIBLIOGRAFÍA

ANSÓN, A.: *El entorno del Convento del Carmen Calzado de Zaragoza: una aproximación histórica y artística desde el siglo XIII al siglo XX*, Zaragoza, El Azar, 2005; en particular el capítulo sobre «La histórica Puerta del Carmen: un testimonio de vivencias y conflictos bélicos» (en prensa).

ASSO, I. Jordán de: *Historia de la Economía Política de Aragón*, Zaragoza, Gobierno de Aragón, 1798; reed. Zaragoza, CSIC, 1947.

BÉDAT, C.: *La Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1808)*, FUE y Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Madrid, 1989 (1.ª edic. francesa, Toulouse-Le Mirail, 1974).

BÉRCHEZ, J.: *Arquitectura y academicismo en el siglo XVIII valenciano*, Valencia, Edicions Alfons El Magnànim, 1987.

—«Miguel Fernández y la opción del clasicismo cortesano en Valencia», en el catálogo de la exposición *Francisco Sabatini, 1721-1798*, Madrid, Electa, 1993, pp. 371-383.

BONET, A.: *Morfología y ciudad. Urbanismo y arquitectura durante el Antiguo Régimen en España*, Barcelona, Gustavo Gili, 1978.

BOTTINEAU, Y.: *L'Art de Cour dans l'Espagne de Philippe V (1700-1746)*, Bordeaux, Féret & Fils, 1962 (edic. española, Madrid, FUE, 1986).

—*L'art de Cour dans l'Espagne des Lumières, 1746-1808*, París, De Boccard, 1986.

CALATRAVA, J.: «Francisco Sabatini, la arquitectura de lo colectivo y el servicio del Estado», en el catálogo de la exposición *Francisco Sabatini*, Madrid, Electa, 1993, pp. 347-369.

—*Arquitectura y Cultura en el siglo de las Luces*, Granada, Universidad de Granada, 1999.

CAMACHO, R.: «Arquitectura y urbanismo del Barroco en Málaga», en *Málaga*, vol. III, *Arte*, Granada, Ediciones Andaluzas, 1984, pp. 797-832.

CÁMARA, A.: «Ilustración y Sitios Reales en la España de fines del siglo XVIII», en actas del congreso *El Arte en las Cortes Europeas del siglo XVIII*, Madrid, Comunidad de Madrid, 1989, pp. 177-182.

—«Arquitectura e ingeniería en el reinado de Carlos III», ciclo de conferencias *El Madrid de Carlos III*, Madrid, CSIC, 1989.

—«El ingeniero Sabatini», en el catálogo de la exposición *Francisco Sabatini*, Madrid, Electa, 1993, pp. 437-460.

CAPEL, H. (coord.): *Los ingenieros militares en España, siglo XVIII. Repertorio biográfico e inventario de su labor científica y espacial*, Barcelona, Universidad de Barcelona, 1983.

CAPEL, H.; SÁNCHEZ, J. E. y MONCADA, O.: *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Barcelona, CSIC/Serbal, 1988.

CASAMAYOR, F.: *Años Políticos e Históricos, de las cosas particulares sucedidas en la ciudad de Zaragoza, años 1782-1833*, manuscritos 106 a 142 de la Biblioteca General Universitaria de Zaragoza.

CRUZ VALDOVINOS, J. M.; VALDIVIESO, E.; RINCÓN, W. y CHUECA, F.: *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII. Arquitectura de los Borbones. Arquitectura Neoclásica*, tomo 5 de la *Historia de la Arquitectura Española*, Zaragoza/Barcelona, Planeta, 1986.

DÍAZ CAMPANY, C.: *El castillo de San Fernando de Figueres. Su historia*, Barcelona, 1982.

EXPÓSITO, M.: «La arquitectura aragonesa en la época de Ramón de Pignatelli», en el catálogo de la exposición *Ramón de Pignatelli y su época, 1734-1793*, Zaragoza, Gobierno de Aragón, 1993, pp. 55-62.

FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ, J. A. (coord.): *El Canal Imperial de Aragón*, Madrid, CEHOPU, 1984.

GARCÍA-ALCAÑIZ, J.: *Arquitectura del neoclasicismo en Galicia*, La Coruña, Fundación Pedro Barrié de la Maza, 1989.

HENARES, I.: *La teoría de las Artes Plásticas en España en la segunda mitad del siglo XVIII*, Granada, Universidad de Granada, 1977.

LLAGUNO, E. y CEÁN BERMÚDEZ, J. A.: *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración*, tomo 4.º, redactado por Ceán Bermúdez, Madrid, 1829 (reed. Madrid, Turner, 1977).

MARÍAS, F.: «La fábrica de armas de Toledo o la suntuosidad utilitaria», en el catálogo de la exposición *Francisco Sabatini*, Madrid, Electa, 1993, pp. 461-475.

MARTÍNEZ VERÓN, J.: *La Real Casa de Misericordia*, 2 vols., Zaragoza, Gobierno de Aragón, 1985.

MOLEÓN, P.: *La arquitectura de Juan de Villanueva. El proceso del proyecto*, Madrid, COAM, 1988.

NAVASCUÉS, P.: «Introducción al arte neoclásico en España», prólogo a la obra de HONOUR, H.: *Neoclasicismo*, Madrid, Xarait, 1982.

—«Ventura Rodríguez entre el Barroco y el Neoclasicismo», en el catálogo de la exposición *El arquitecto D. Ventura Rodríguez (1717-1785)*, Madrid, Ayuntamiento de Madrid, 1983, pp. 111-130.

—«La formación de la Arquitectura Neoclásica», en el tomo XXXI* de la *Historia de España de Menéndez Pidal. La Época de la Ilustración. El Estado y la Cultura (1759-1808)*, Madrid, Espasa Calpe, 1987, pp. 655-717.

PLAZA, F. de la: *El Palacio Real Nuevo de Madrid*, Valladolid, Universidad de Valladolid, 1975.

QUINTANA, A.: *La arquitectura y los arquitectos en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1774)*, Madrid, Xarait, 1983.

REESE, Th. F.: *The architecture of Ventura Rodríguez*, 2 vols., Nueva York/Londres, Garland, 1976.

RODRÍGUEZ, D.: «La arquitectura pulcra de Francisco Sabatini», en el catálogo de la exposición *Francisco Sabatini*, Madrid, Electa, 1993, pp. 23-49.

—y SAMBRICIO, C.: «El conde de Aranda y la arquitectura española de la Ilustración», en el catálogo de la exposición *El conde de Aranda*, Zaragoza, Gobierno de Aragón/DPZ/Ibercaja, 1998, pp. 149-171.

RODRÍGUEZ DE CEBALLOS, A.: *El siglo XVIII. Entre tradición y academia* (Col. Introducción al Arte Español), Madrid, Silex 1992.

RODRÍGUEZ DE LA FLOR, F.: *El Fuerte de la Concepción y la arquitectura militar del siglo XVIII*, Salamanca, 1987.

RUMEU DE ARMAS, A.: *Ciencia y tecnología en la España Ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales*, Madrid, 1980.

SÁENZ RIDRUEJO, F.: «Algunos aspectos poco conocidos en la historia del Canal Imperial de Aragón», en *El Canal Imperial de Aragón*, Madrid, CEHOPU, 1984, pp. 31-50.

SAMBRICIO, C.: *Silvestre Pérez, arquitecto de la Ilustración*, San Sebastián, Colegio de Arquitectos de San Sebastián, 1975.

SAMBRICIO, C.: *La arquitectura española de la Ilustración*; Madrid, C. S. de los Colegios de Arquitectos de España/Instituto de Administración Local, 1986.

—«La ordenación del territorio como utopía real en la España Ilustrada», en *El Canal de Castilla*, Valladolid, 1986, pp. 13-38.

—«La lógica de los canales en la cultura de la Razón», en *El Canal de Castilla*, Valladolid, 1986, pp. 39-58.

—*Territorio y ciudad en la España de la Ilustración*, 2 vols., Madrid, MOPT/ITU, 1991.

ÚBEDA DE LOS COBOS, A.: *Pintura, mentalidad e ideología en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1741-1800)*, 2 vols., Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 1988.

VV. AA.: Catálogo de la exposición *El arquitecto D. Ventura Rodríguez (1717-1785)*, Madrid, Ayuntamiento de Madrid, 1983.

—*Madrid y los Borbones en el siglo XVIII. La construcción de una ciudad y su territorio*, Madrid, 1984.

—Catálogo de la exposición *Carlos III, alcalde de Madrid, 1788-1988*, Madrid, Ayuntamiento de Madrid, 1988.

—Catálogo de la exposición *Francisco Sabatini, 1721-1797. La arquitectura como metáfora del poder*, Madrid, Electa, 1993.

VIGO TRASANCOS, A.: *Arquitectura y urbanismo en El Ferrol del siglo XVIII*, Santiago de Compostela, COAG, 1985.

7

Ciencia, técnica e ingeniería en la actividad del cuerpo de ingenieros militares. Su contribución a la morfología urbana de las ciudades españolas y americanas

Horacio Capel Sáez
Universidad de Barcelona

El de ingenieros militares fue en el siglo XVIII el más importante cuerpo técnico al servicio de la monarquía para todo lo relacionado con el territorio, desde la defensa y el control a la ordenación y el fomento. Debido a ello, son muchos los campos científicos y técnicos en los que ejerció su actividad. En este capítulo se aludirá a la amplia labor desarrollada por dicho cuerpo y, más específicamente, a sus aportaciones a la construcción de la morfología urbana de las ciudades españolas y americanas durante el siglo XVIII.

I

Diferentes dimensiones en el estudio del Cuerpo de Ingenieros Militares

El proceso de construcción del Estado a partir del siglo XVI avanzó esencialmente a través de la creación de cuerpos técnicos especializados. El estudio del de ingenieros militares tiene gran interés por su importante contribución a esa construcción, como uno de los que aseguraron el control de la estructura social y el funcionamiento de una organización política unitaria; un proceso complejo, que se fue desarrollando desde el Renacimiento y que se intensificó durante el siglo XVIII con los nuevos proyectos de reorganización territorial de las monarquías absolutas, de los que la Nueva Planta en España es una clara expresión. Desde esa perspectiva, el estudio del cuerpo de ingenieros militares debe relacionarse con el de otros cuerpos militares y civiles[1].

[1] Véase H. CAPEL, 2005.

Conviene tener en cuenta que estos últimos se fueron institucionalizando muy lentamente. Por ejemplo, la creación de intendentes se inició por Felipe V en 1719, pero el cumplimiento fue irregular; se le dio nuevo impulso en 1749, uniendo a ese cargo el corregimiento de la capital de la provincia, aunque la Real cédula de 13 de noviembre de 1766 devolvió a los corregidores el ejercicio exclusivo de las funciones de justicia y policía, y reservó a los intendentes las funciones de hacienda y guerra. La Real cédula de 21 de abril de 1763 estableció en seis años la duración del mandato de los corregidores; clasificaba los corregimientos en de entrada, de ascenso y de término, lo que significaba, de hecho, la creación de escalafones y ascensos, es decir, un paso decisivo para una carrera profesional y la creación de un cuerpo de funcionarios. Se trata de un ejemplo significativo en esa dirección, aunque sería solamente con la instauración del régimen liberal en el siglo XIX cuando se estructuraron definitivamente los cuerpos de funcionarios del Estado, con una gran diversidad de funciones: jueces y magistrados, secretarios de ayuntamiento, maestros y profesores de enseñanzas medias y universidades, ingenieros de caminos y otros.

La monarquía de los Borbones españoles se apoyó de forma importante en los cuerpos militares, los cuales cumplieron funciones que rebasaban ampliamente las encomendadas en un principio. La vinculación entre la nobleza y la oficialidad explica la confianza que se tuvo en esta última para puestos esenciales de la administración del imperio. No hay más que repasar la nómina de virreyes, capitanes generales, gobernadores, intendentes, corregidores y otros cargos de la monarquía para comprobarlo. Hay que tener en cuenta también que desde finales del siglo XVII existía un debate sobre la idoneidad de los juristas para las funciones superiores de gobierno, ya que la formación recibida se consideraba farragosa y desfasada. Sin duda, eso favoreció a los militares cuando a comienzos del XVIII la nueva dinastía tuvo que apoyarse en cuerpos de funcionarios para las tareas organizativas.

Pero además, el gobierno de un vasto imperio como el español necesitaba de conocimientos científicos y técnicos. Y de cuerpos de confianza para las delicadas tareas que habían de desarrollarse, algunas de ellas de forma reservada. Un cuerpo técnico como el de los ingenieros militares, de larga tradición como cuerpo unido a la artillería pero profundamente reorganizado en 1711, podía cumplir esas misiones, que también se encomendaron a los oficiales de marina.

El estudio del cuerpo de ingenieros militares tiene un interés específico desde la perspectiva de la historia de la ciencia y de la técnica, ya que realizaron asimismo contribuciones en esos campos. Ante todo, en las cuestiones relacionadas con el arte bélico, que ellos mismos y otros oficiales intentaban convertir en una ciencia. Las funciones de los «Ingenieros de los Ejércitos y Plazas», que fue su denominación concreta, estaban bien especificadas en el decreto por el que en 1710 se había nombrado a Jorge Próspero de Verboom Ingeniero General, y se referían a todo lo relacionado con el ataque y defensa de plazas (ofensivas, bombardeos, líneas de fortificación y contravalación), y a la dirección de las fortificaciones nuevas o antiguas que se consi-

derara necesario reforzar o modificar. Para la toma de decisiones era esencial contar con reconocimientos y descripciones territoriales de interés para la poliorcética.

Pero los ingenieros militares tuvieron que intervenir también en otros campos de la ciencia y la técnica, ya que las ordenanzas de 1718 asignaron al cuerpo tareas muy diversas al servicio de la política de fomento y desarrollo emprendida por el gobierno, lo que les llevó a ocuparse de canales, puentes, carreteras, obras de regadío, embalses, construcciones civiles e incluso construcción de máquinas e ingenios.

De todas maneras, la misma amplitud de las funciones encomendadas desbordó su capacidad de intervención, que experimentó, además, la competencia de otros cuerpos especializados que se fueron creando (como los ingenieros de marina, que a partir de 1770 empezaron a actuar en la construcción de puertos y arsenales navales). En 1774 el cuerpo de ingenieros militares se vería obligado a especializarse en tres ramos o secciones, cada una al mando de un director: el de Plazas y Fortificaciones del Reino, que incluyó a todos los que cumplían las funciones más específicas del cuerpo; el de Academias Militares, que incluía los profesores que impartían las enseñanzas en ellas; y el de Caminos, Puentes, Edificios de Arquitectura Civil y Canales de Riego y Navegación, para el que fue nombrado Director y Comandante Francisco Sabatini y en el que se integraron los ingenieros que venían participando en ese tipo de obras, aunque conviene recordar que no sólo ellos las realizaron. La división de 1774 ha de verse como una especialización técnica ante la gran complejidad que van adquiriendo las que se les atribuyen.

El estudio del funcionamiento del cuerpo de ingenieros militares conduce a plantear problemas relacionados con el sistema de reclutamiento y el proceso de socialización de sus miembros, los efectos de la estructura institucional, las relaciones con otras corporaciones profesionales y comunidades científicas. Su formación técnica se inserta ya en el nuevo modelo de enseñanza reglada que será característico de la edad contemporánea, y tuvo una calidad notable que conviene, de entrada, reconocer. Pero también unas carencias que les impidieron a veces realizar cumplidamente las funciones que se les encomendaron, y llevaron a grandes fracasos[2]. El análisis de los aspectos positivos y de las insuficiencias permite entender la capacitación adquirida y la forma en que se enfrentaron a los retos técnicos.

---

[2] Véase H. CAPEL, 1991. Entre los trabajos que se han realizado en el Departamento de Geografía Humana sobre ingenieros militares destacamos los siguientes: H. CAPEL, L. GARCÍA, O. MONCADA, F. OLIVÉ, S. QUESADA, J. E. SÁNCHEZ y R. TELLO, 1983; H. CAPEL, J. E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988; J. E. SÁNCHEZ PÉREZ, 1989; J. M. MUÑOZ CORBALÁN (tesis doctoral 1991), 1993. Los datos reunidos en el inventario que publicamos en la Universidad de Barcelona fueron luego ampliados, con la misma metodología, por Omar MONCADA (1993), María Gloria CANO RÉVORA (1994) y Antonio BRAVO NIETO (1996) sobre Melilla. Más recientemente, Martine GALLAND-SEGUELA en su tesis doctoral (2003) ha realizado una excelente aportación sobre el tema.

II

El más importante cuerpo técnico de la monarquía

La nueva organización de las monarquías absolutas en el siglo XVIII necesitaba de cuerpos estrictamente jerarquizados y de una lealtad total al Estado. Las palabras de un ministro ilustrado dan una visión precisa de la idea que sobre la disponibilidad de todos los que estaban al servicio del Estado tenían los gobernantes. En la *Instrucción reservada que la Junta de Estado, creada formalmente por mi decreto de este día, 8 de Julio de 1787, deberá observar en todos los puntos y ramos encargados a su conocimiento y examen*, el primer ministro conde de Floridablanca dedica atención a la selección del personal político para el gobierno de la monarquía, y señala que «las elecciones de virreyes y gobernadores principales deberán recaer siempre en hombres muy experimentados por su desinterés, probidad, talento militar y político»[3]. Se insiste en que para ello se requiere todo el discernimiento y la aplicación del ministro encargado y de los demás, que deberían ayudarle con sus luces e informes. Se dice explícitamente que «si en España hubiere dado algún sujeto pruebas de aquellas cualidades en capitanías generales de provincias o gobiernos, se le transferirá, aunque lo rehúse, a los virreinatos y gobiernos de Indias, poniéndose de acuerdo sobre esto en la Junta los respectivos ministros, como prevengo en el decreto de creación de este día». Y por si quedara alguna duda, se añade: «Ninguno que sirve al Estado puede substraerse a las cargas de él, ni fustrar el derecho que tiene el mismo Estado de valerse de sus talentos y virtudes».

La lealtad y disponibilidad de los militares era absoluta, y así está demostrado en muchos casos. Algunos son especialmente dramáticos, como el del mariscal de campo Antonio María de Bucarelli, quien después de haber desempeñado numerosas misiones en España –entre otras, importantes tareas de reconocimiento territorial y de las fortificaciones en la costa del reino de Granada–, fue nombrado en 1766 capitán general de Cuba y en 1771 virrey de la Nueva España. En 1776, cuando llegó la última flota enviada por España a América, mandada por Antonio de Ulloa, se entabló una animada y familiar correspondencia entre dos ilustres funcionarios que se conocían y que eran paisanos. El virrey, que tenía todo el poder y la majestad del mismo rey, era, sin embargo, profundamente desgraciado, ya que sólo aspiraba a que su soberano le permitiera dejar el cargo y retirarse a su encomienda de Tocina, al norte de Sevilla, para descansar[4]. Bucarelli murió en México (1779) sin poder regresar a España, y está enterrado en la basílica de Guadalupe.

Si esto ocurría con los altos funcionarios del Estado, que generalmente pertenecían a ilustres familias, puede imaginarse lo que sucedería con los funcionarios de

[3] FLORIDABLANCA, ed. 1982, Instrucción XCIII.

[4] En F. SOLANO, 1987.

7.1. Propuesta de uniforme remitida desde Barcelona por Juan Martín Cermeño, *comandante general interino del Cuerpo de Ingenieros, al marqués de la Ensenada, el 12 de junio de 1751. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XV-55.)*

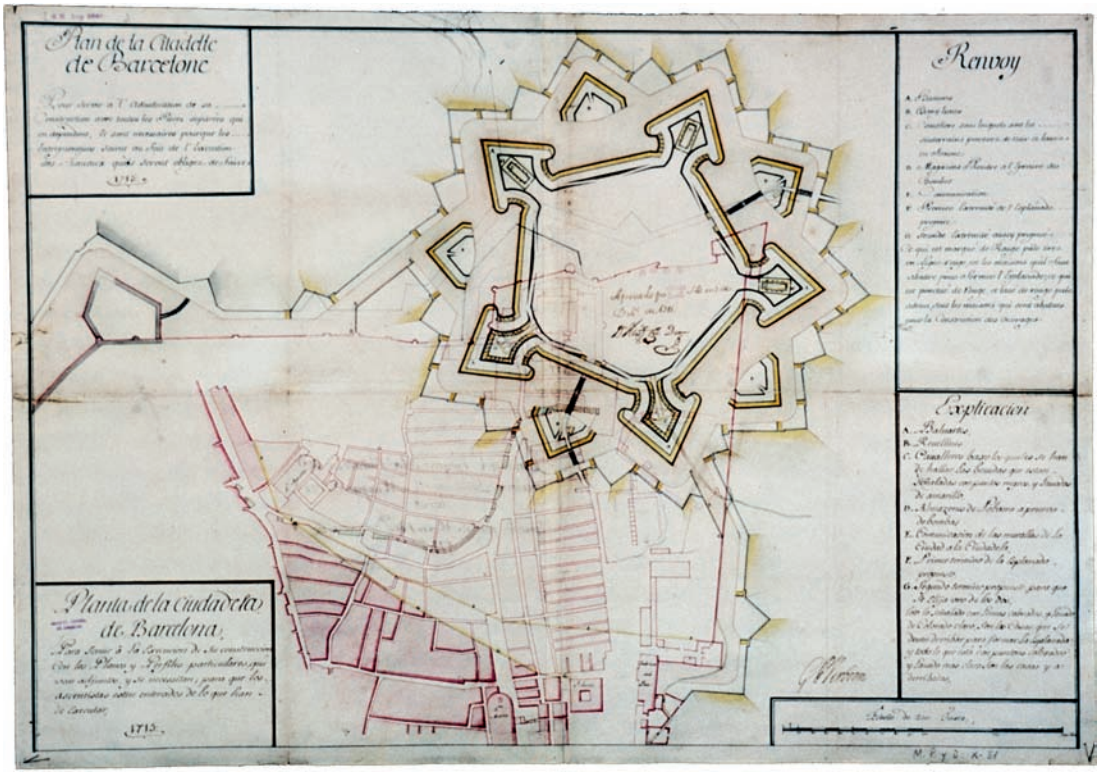
menor rango, como los oficiales de marina o los ingenieros militares. Habían de tener disponibilidad total en su carrera profesional. La taxativa instrucción que acabamos de citar («se le transferirá, aunque lo rehúse») resulta suficientemente expresiva.

El poder se ejercía de forma absoluta en ese sentido. Son numerosos los ejemplos de ingenieros enviados de uno a otro destino sin contar con su voluntad. También de los que permanecieron muchos años en un lugar en contra de sus deseos. Por ejemplo, en los confines del Imperio español en Indias. El destino de América era un alejamiento que podía durar décadas. El regreso era difícil, sobre todo si habían adquirido experiencia y estaban trabajando en obras importantes[5]. Félix Prosperi, que había pasado a Indias para cinco años, en 1747 llevaba más de 22 allí, y con 70 años y casi ciego venía solicitando repetidamente su vuelta a España[6].

Para estimular el desplazamiento a Indias se establecieron diversos mecanismos, especialmente el aumento del grado. A pesar de ello, hubo muchas dificultades para

[5] Así, por ejemplo, cuando después de diez años en Chile el ingeniero Juan Garland obtuvo permiso para regresar a España, el gobernador de Chile solicitó que continuara con la dirección de las obras de Valdivia, por la importante labor que allí realizaba; Garland sólo pudo emprender el regreso en 1775, muriendo a finales de ese año en alta mar. G. GUARDA, 1985, pp. 36-37, y 1990, pp. 235-238.

[6] J. A. CALDERÓN QUIJANO, ed. 1984, p. 139.



7.2. Proyecto de la Ciudadela de Barcelona, *Jorge Próspero de Verboom, 1715. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., X-51.)*

reclutar ingenieros[7]. Alegaban excusas diversas: la enfermedad, la importancia de las tareas que estaban realizando en la Península, la indispensable atención que debían dedicar a sus familias (madre viuda, esposa e hijos pequeños...). Algunos lo lograban, gracias a apoyos personales de sus superiores. Las redes sociales tenían gran importancia. Y los grupos dirigentes no dejaban de utilizar descaradamente el poder en relación con sus vástagos.

Durante el siglo XVIII el gobierno intentaba controlar hasta la vida privada de sus fieles servidores. No quería cargar con nuevas obligaciones pecuniarias ni con el arraigo de un funcionario en un lugar dado. Por ello, no podían casarse sin permiso real, y se exigía que la futura esposa fuera de condición reconocida y de recursos económicos que dieran independencia a la familia[8].

[7] Datos diversos en R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, 1993, pp. 108 y ss.

[8] Véase H. CAPEL, J.-E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988, y M. GALLAND-SEGUELA, 2003.

III

El movimiento novador y las nuevas instituciones científicas

No cabe duda de que el Imperio español pudo construirse y mantenerse desde el siglo XVI gracias a un elevado conocimiento científico y técnico. Desde luego, la decadencia de la primera mitad del siglo XVII parece innegable, aunque no dejemos de encontrar sorpresas, como las que han deparado las investigaciones de Nicolás García-Tapia sobre las patentes. En cualquier caso, también se sabe que a partir de 1680 el proceso de recuperación general alcanzó a la ciencia. Los estudios de la escuela de López Piñero sobre el movimiento novador valenciano y sobre el desarrollo de la ciencia hispana en general lo han demostrado. La aportación de Víctor Navarro sobre la recepción, asimilación y difusión de ideas científicas es otra prueba en lo que se refiere a las disciplinas físico-matemáticas.

Los ingenieros militares son otro reflejo del esfuerzo de modernización científica. Y tienen muchas similitudes con el movimiento novador. Es también hacia 1680 cuando se observan los primeros síntomas de un renovado impulso. En el caso de la ingeniería militar, sería expresión de ello la actividad de la Academia de Matemáticas del ejército español en Bruselas[9]. Existe también un proyecto de renovación, que se refleja en la creación en 1711 de un nuevo cuerpo militar, especializado en los conocimientos científico-técnicos. Aunque se produce, asimismo, una tensión entre tradición y modernización, algo que puede observarse en otros proyectos intelectuales y científicos del primer tercio del siglo XVIII.

De manera similar ocurre con los ingenieros militares. Los debates sobre la creación del cuerpo muestran una tensión entre la tradición de la ingeniería militar hispana que se remontaba al siglo XVI, y, por otra parte, la necesidad de un conocimiento actualizado sobre los avances que de la ingeniería militar holandesa y francesa principalmente, pero también, poco después, en la británica y alemana.

El estudio del cuerpo de ingenieros militares muestra que, en coincidencia con las afirmaciones de Siro Villas en este mismo volumen, para modernizar las estructuras científicas se optó por el Ejército. La conclusión que se obtiene tras el examen del esfuerzo realizado es que si los resultados permitieron resolver los problemas más apremiantes, y pudieron ser incluso brillantes a corto plazo, no consiguieron, sin embargo, crear una infraestructura científica sólida y que se mantuviera en el siglo XIX. Aunque es cierto que muchos ideales y algunas realizaciones de ese siglo proceden de la Ilustración, en realidad el proceso de modernización general del país y de difusión de la ciencia a todos los niveles se llevaría a cabo tras la implantación del régimen liberal, después de 1833. El análisis de la evolución del cuerpo de ingenieros militares confirma otra vez las limitaciones del reformismo ilustrado, a las que desde

[9] H. CAPEL, 1981 («Geógrafos españoles...»).

hace años se han referido diversos investigadores (Antonio Mestre, por ejemplo), y la incapacidad de los gobernantes para impulsar un desarrollo que pusiera en cuestión sus propios privilegios.

Lo debates que tuvieron lugar en relación con la organización y el plan de estudios de la Academia de Matemáticas de Barcelona son relevantes para percibir la tensión entre tradición y modernidad[10]. Por un lado, la continuidad con la tradición está presente en numerosos aspectos: el modelo de la Academia de Bruselas y el magisterio de Sebastián Fernández de Medrano es esgrimido una y otra vez, y es sostenido por el mismo ingeniero general, Jorge Próspero de Verboom, que había sido alumno y colaborador de aquél; esa tradición era mantenida también por los ingenieros españoles y por los procedentes de Flandes e Italia que se integraron en el cuerpo. La Academia de Barcelona podía asimismo considerarse como continuadora de la que se había fundado en esta ciudad en 1697, la cual a su vez era, en cierta manera, una recreación y continuación de la que había existido en Madrid: extinción de una y creación de la otra fueron simultáneas, y la de Barcelona se constituyó con las mismas plazas y sueldos que había en Madrid. Por otra parte, Fernández de Medrano reeditó varios libros suyos –destruidos por el bombardeo de Bruselas en 1696– precisamente para que sirvieran de texto en Barcelona, ya que la falta de sus libros se producía «a tiempo que de orden de S. M. yo había nombrado discípulos para pasar a establecer otra academia militar en Barcelona»; y en agosto de 1701, a los profesores nombrados para Barcelona se les ordenó que «se ejecutase exactamente la Academia de Barcelona como la del Director Medrano». Finalmente, cuando Verboom recibió la orden de organizar el cuerpo de ingenieros y tuvo que ocuparse de la formación de sus miembros, las referencias a la Academia de Bruselas estaban muy presentes; como lo estuvieron también en algunos de los proyectos que se propusieron por otros ingenieros.

La Academia de Barcelona se creó en 1716, aunque el centro tardaría cuatro años en abrir sus puertas, en octubre de 1720 bajo la dirección de Mateo Calabro. Fueron muchos los problemas que se plantearon sobre el plan de estudios y sobre el valor relativo de la teoría y la práctica. Se suscitaron también conflictos entre el ingeniero general y el director del centro, que llevaron al cese de éste y a su sustitución por Lucuce en 1738. Las *Ordenanzas e Instrucción para la enseñanza de las Mathemáticas en la Real y Militar Academia, que se ha establecido en Barcelona*, redactadas por él y promulgadas el 22 de julio de 1739, constituyeron el texto básico para el funcionamiento del centro durante el resto del siglo, y establecieron el programa del curso matemático para los alumnos.

Es significativo que, al redactar dicho curso, la necesidad de renovación se hiciera sentir, y que el director utilizara para ello el *Compendio Matemático* (1707-1715, y 2.ª edición «corregida y enmendada de muchos yerros de impresión y láminas», 1721)

[10] Hemos aludido a ellos en H. CAPEL, J.-E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988, caps. IV y V. Véase también la tesis doctoral de J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1991.

del padre Vicente Tosca, figura destacada del movimiento novador valenciano. La obra de Tosca está, a su vez, inspirada en el *Cursus seu Mundus Mathematicus* del jesuita francés Claude François Millet Dechales, publicado en Lyon en 1674 (y en una segunda edición ampliada en 1690), con lo que el contenido del curso de Lucuce podía estar envejecido en casi medio siglo. Más grave fue el hecho de que dicho curso se dictara a los alumnos, y que estuviera vigente sin variación todavía durante tres o cuatro décadas más[11].

Al mismo tiempo, había también aires de modernización. La influencia francesa se dejaba sentir por varios conductos: uno fueron los ingenieros de ese país incorporados al cuerpo español a partir de la guerra de Sucesión; otro, las obras escritas que se utilizaron por los españoles, entre ellas de forma eminente el tratado *La Science de l'Ingenieur* (1729) de Bernard Forest de Bélidor. Un tercero, el esfuerzo por impulso del mismo Verboom para traducir al castellano esta y otras obras de ingeniería francesa. Y, finalmente, el intento realizado durante el mandato del conde de Aranda como Director General de Artillería e Ingenieros (1756-1758) para modernizar las enseñanzas, a través de la creación de la Real Sociedad Militar de Matemáticas, con sede en Madrid, una de cuyas tareas esenciales debía ser la redacción de nuevos textos para las academias militares. El fracaso de esa iniciativa y de las habidas en los dos siguientes decenios en el mismo sentido es síntoma de un cierto anquilosamiento de la ingeniería militar española, que en esos años vio aumentar la brecha que la separaba de otras escuelas europeas.

IV

Difusión de la ciencia e ideología

De manera general, los ingenieros contribuyeron a la creación de una poderosa tradición ilustrada y optimista. Una tradición en la que el trabajo técnico y científico era una importante herramienta de mejora de la naturaleza, de la sociedad y de su misma actividad militar. No sólo aprendieron a «mejorar con el arte los defectos de la naturaleza», sino que fueron entusiastas partidarios de las reformas sociales que promovían el bienestar de la población: apoyaron obras de colonización, proyectos docentes y educativos, y se vincularon con las elites ilustradas de los lugares donde estuvieron destinados. En lo que se refiere al arte militar, que querían convertir en ciencia, el lema de la Academia es bien expresivo: *Nunc Minerva, postea Palas*, la preparación científica era lo que permitía triunfar en la guerra.

---

11 Véase la edición del Tratado VI del *Curso matemático* de Lucuce, con introducción de H. CAPEL y R. ALCAIDE (LUCUCE, ed. 2000), y sobre la geografía de los novadores valencianos, H. CAPEL, 1982, cap. 1; también, H. CAPEL, 1988.

En la producción de literatura técnica, el papel de los ingenieros es también digno de señalar. Contribuyeron a la ampliación y precisión del léxico, elaboraron tratados e incorporaron la tradición europea al campo de la ingeniería militar. En la Academia de Barcelona se reunió una importante biblioteca especializada, cuya composición es hoy parcialmente conocida. En lo que se refiere a la publicación de normas destinadas a servir de guía de trabajo a colectivos profesionales, la labor de los ingenieros es verdaderamente pionera. El debate que se realizó en relación con la organización de la Academia de Matemáticas, la confección de programas y el establecimiento de un sistema riguroso de enseñanzas teóricas y prácticas, así como de control de aprendizaje, exámenes y procedimientos de selección es una temprana muestra del avance del proceso de especialización y de la elaboración de un sistema de enseñanza reglada.

Si la confección de cartillas y de textos dirigidos a oficios variados es una característica de la segunda mitad del siglo, no podemos olvidar que los ingenieros militares elaboraron manuales sobre fortificación y castramentación. Encontramos aquí otra limitación del reformismo ilustrado y de la política científica de la Ilustración: la incapacidad para crear unos textos actualizados, lo que debería llevar a pensar en las dificultades para la incorporación de la ciencia moderna en un contexto de acotado desarrollo científico, a las insuficiencias del modelo de institucionalización y de formación adoptado para la preparación de los ingenieros militares. Y también a las diferencias entre el nivel elemental y el superior en la difusión de conocimientos técnicos. La inexistencia de una Academia de Ciencias durante todo el Setecientos constituye un claro síntoma de debilidad en este ámbito.

Especial relieve tuvo la contribución de los ingenieros al léxico científico en lo que se refiere a fortificación y a la ingeniería tanto militar como civil. Preocupación que estaba ya presente en el curso matemático impartido por Mateo Calabro, que no olvidaba definir claramente los términos y prestaba atención a la introducción de neologismos. Lo mismo aparece en las otras obras que se fueron elaborando por estos técnicos a lo largo del Setecientos.

Podemos destacar diversos tratados sobre fortificación que contribuyeron a precisar una terminología que ya había empezado a elaborarse durante el Renacimiento, pero que necesitaba de modernización debido a los avances de la ingeniería militar desde finales del XVII. Nos limitaremos a citar los esfuerzos que en ese sentido se hicieron por parte de ingenieros que abordaron la traducción y adaptación de obras francesas (de Vauban, B. Forest de Bélidor, M. Maigret, Le Blond) o inglesas (de J. Muller, por Miguel Sánchez Taramas) y la elaboración de otras nuevas (por Pedro de Lucuce, José Ignacio March o Vicente Ferraz).

El papel de los ingenieros fue también importante en la difusión de la ciencia, como profesores de las academias de Matemáticas de Barcelona, Orán y Ceuta. Medio centenar de ingenieros impartieron enseñanzas en la Academia de Barcelona durante el siglo XVIII y una veintena en las de Orán y Ceuta; algunos serían luego profesores en las que a partir de 1790 funcionaron en Cádiz, Zamora y Alcalá de Hena-

res[12]. Impartieron asimismo enseñanzas científicas en otras instituciones docentes militares y civiles; entre las primeras, la Academia de Guardias de Corps, donde fue profesor Pedro Padilla, autor de un Curso Militar de Matemáticas (1753-56) y otros. Entre las instituciones civiles hay que destacar la incorporación en 1752 de José Hermosilla como director de Arquitectura en la Academia de San Fernando. Redactó un texto de Geometría que se usó ya en el curso 1753-54, aunque dimitió del cargo en 1756 para volver al cuerpo de ingenieros[13]. En la de San Carlos de México tuvo también un protagonismo destacado Miguel Constanzó[14].

Los ingenieros propusieron o impulsaron, especialmente en Indias, academias de matemáticas, ingeniería y arquitectura, como hizo en Cartagena de Indias Juan Herrera de Sotomayor, quien entre 1719 y 1725 realizó numerosas observaciones de eclipses de Luna y de inmersiones y emersiones de satélites de Júpiter, determinando la latitud de varias ciudades y mostrando un buen conocimiento astronómico[15]. En el mismo sentido pueden citarse las propuestas que realizaron Simón Desnaux en 1777[16] y José de Sierra, o las clases que impartieron Agustín Caballero y Miguel Atero en la Real Academia y luego Universidad de San Felipe, fundada por el virrey Amat en Santiago de Chile[17]; Sierra, por su parte, sería creador de la Escuela de Matemáticas que se fundó en la Sociedad Económica de Amigos del País de Guatemala[18], y otros desempeñaron tareas docentes en los centros que se fueron creando en los diversos reinos de la monarquía[19].

---

[12] Los nombres de todos ellos aparecen en H. CAPEL, J.-E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988, pp. 138-139, 170 y 199; otras referencias, en pp. 234-242.

[13] Sobre la labor de este ingeniero en la Academia de San Fernando véase C. BÉDAT, 1974 y 1989, y A. QUINTANA, 1983.

[14] O. MONCADA, 1994 y 2003.

[15] Jorge Arias de Greiff (1988) estima que practicaba a conciencia la astronomía basada en la mecánica celeste de Kepler y Newton, utilizando para ello instrumentos astronómicos que le dejó el padre Feuillée a su paso por Cartagena de Indias. Herrera hizo llegar las observaciones a Cassini, y se publicaron en las *Memorias de la Real Academia de París* en 1929; también hizo llegar observaciones a Halley, el cual apoyándose en ellas determinó la diferencia de longitud entre Cartagena de Indias y Londres, en un artículo publicado en las *Philosophical Transactions*, vol. 33, 1722 y 1723.

[16] J. A. CALDERÓN QUIJANO, 1945. En ese año de 1777 Desnaux tenía en preparación una obra sobre el arte de la guerra; en 1784 se autorizó a este ingeniero el regreso a España por haber transcurrido con exceso el tiempo reglamentario preceptuado a los oficiales para su estancia en Indias, y por haber «padecido graves enfermedades y trabajos, de que ha quedado bastante accidentado».

[17] En 1772 se pensó en el ingeniero José Antonio Birt para que ocupara la cátedra de Matemáticas de dicha universidad, pero no pudo hacerlo por enfermedad. E. GREVE, 1938, vol. II, p. 308; véase también G. GUARDA, 1990, p. 265.

[18] M. C. AMERLINCK ASERETTO, 1975, p. 455.

[19] Por ejemplo, en la Real Academia de San Luis, en Santiago de Chile, donde enseñó Agustín Caballero desde el 30 de septiembre de 1799 (G. GUARDA, 1990, p. 266, y en general todo el capítulo XVIII, «La enseñanza técnica»).

El papel de los ingenieros militares en las sociedades económicas fue en algunos casos prominente, como ocurrió con Jaime Conde o Luis Rancaño de Cancio en la de Zaragoza. El primero, siendo ya ingeniero en segunda, pasó en 1758 a la capital aragonesa alegando una enfermedad relacionada con «los aires de mar»[20]. A finales de esa década fue nombrado director de la Escuela de Matemáticas creada por la Sociedad Económica de Amigos del País en dicha ciudad, y elaboró unos *Rudimentos de Aritmética* (1781) y otros de *Dinámica* (1782) para facilitar la docencia de esas materias. En 1784 fue nombrado para sustituirle Luis Rancaño, quien impartió dichas enseñanzas durante una década. Organizó exámenes públicos, utilizando con ello un método de invención jesuítica que había sido muy estimado por los ilustrados, y que sin duda su autor había aprendido en la Academia de Matemáticas de Barcelona, donde también se empleó[21].

La actividad profesional que desarrollaron los ingenieros militares, los trabajos que publicaron y el reconocimiento que obtuvieron en instituciones diversas muestran que tenían una buena formación científica. Por otra parte, conocemos las bibliotecas de algunos de ellos, desde la del que fue primer ingeniero general a otros ingenieros poco conocidos, y sabemos que estaban bien informados[22]. Las decenas de millares de planos, descripciones, apuntamientos e informes que se conservan en los archivos españoles (Archivo General de Simancas, Servicio Histórico Militar, Servicio Geográfico del Ejército, Archivo de Indias, etc.) y de los países americanos (por ejemplo, el General de la Nación de México) son buena prueba de su excelente formación y de su incansable trabajo.

V

La ordenación del territorio

En lo que se refiere a la organización territorial, la tarea de los ingenieros militares tuvo gran trascendencia en dos aspectos concretos: el diseño y construcción del sistema defensivo y de control del imperio; y la política de obras públicas y ordenación del territorio.

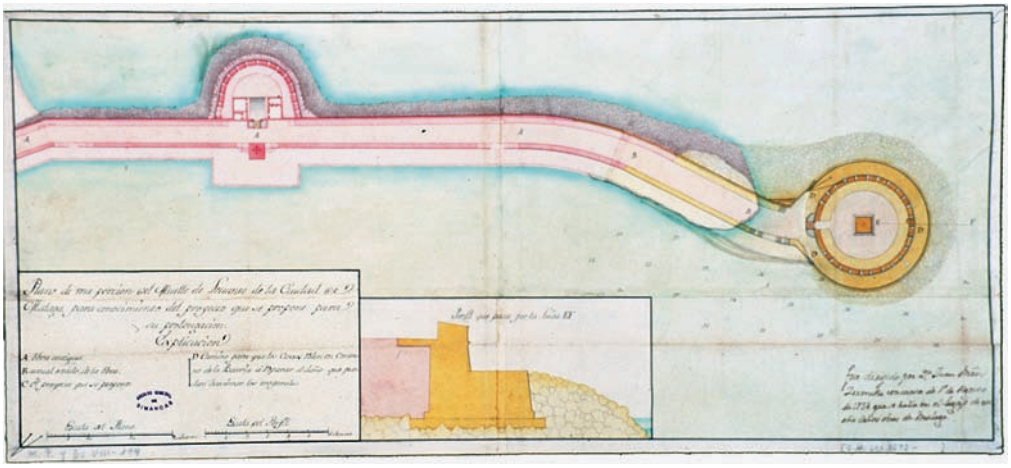
La labor de puesta a punto de un sistema defensivo tenía múltiples dimensiones. Dependía, ante todo, de las opciones adoptadas por el poder, de la política de alian-

---

20 Según documento en Archivo de la Corona de Aragón, en H. CAPEL y otros, 1983.

21 H. CAPEL, 1981 («La geografía en los exámenes públicos»).

22 El inventario de la biblioteca del ingeniero general Jorge Próspero de Verboom fue publicado por J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1995; sobre la Biblioteca de la Academia, J. RIERA, 1975, y H. CAPEL, 1990. Recientemente, M. GALLAND-SEGUELA ha publicado varios inventarios más, los de las bibliotecas de Ricardo Ailmer (muerto en Barcelona en 1788), Clemente Haedo (en Barcelona, 1787), Miguel de Roncali (en Santa María de Cornellá, 1794), José Agustín Hermosilla y Sandoval (en Leganés, 1776) y Pedro Martín Cermeño (en La Coruña, 1790).



7.3. «Plano de una porción del muelle de Levante de la Ciudad de Málaga», *por Juan Martín Cermeño, 1 de agosto de 1738. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., VIII-199.)*

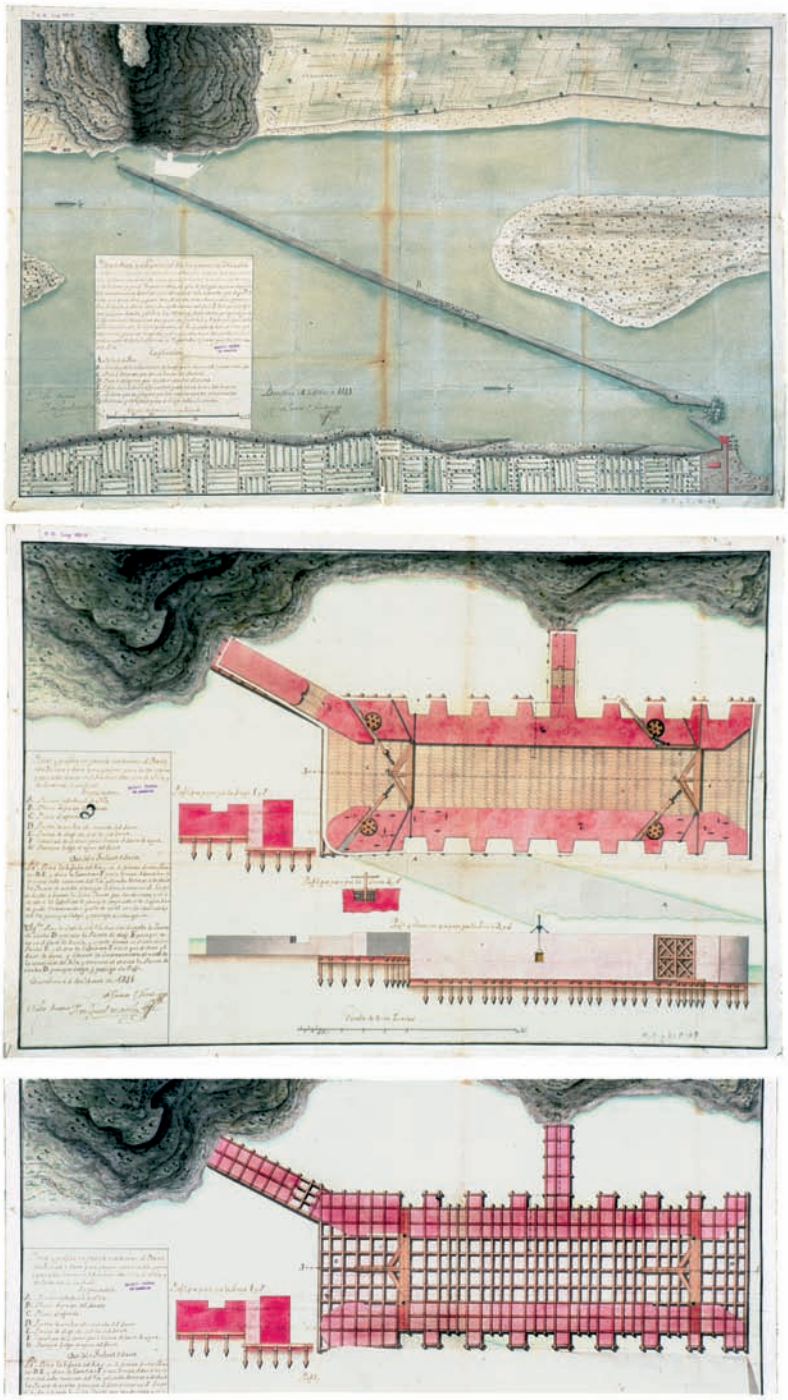
zas y enfrentamientos, que daba lugar a exigencias defensivas en determinadas direcciones; también, de las ideas sobre estrategia militar, que cambiaron a lo largo del XVIII. Exigía asimismo realizar reconocimientos territoriales, levantamientos cartográficos y estudios para el conocimiento de los recursos existentes. Finalmente, se traducía en decisiones que conducían a la construcción de determinadas fortificaciones, un proceso largo y complejo que a veces podía prolongarse durante varios decenios.

No es necesario insistir sobre el papel de los ingenieros militares en la construcción de las fortificaciones españolas durante el siglo XVIII y, de manera más general, en la puesta a punto de un sistema defensivo para el imperio, que, por otra parte, heredaba opciones ya adoptadas desde el Renacimiento y el Seiscientos y las adaptaba a las nuevas condiciones del arte de la guerra[23]. Pero, además de ello, también fue importante su aportación a la política de obras públicas y a la ordenación del territorio desde el punto de vista económico, político y social. Bastará recordar aquí su decisivo papel en la construcción de obras hidráulicas (desde canales de navegación a embalses), en la puesta en marcha del sistema de carreteras radiales y de otras rutas, en la construcción de puertos y arsenales, y en la erección de edificios civiles de carácter institucional[24].

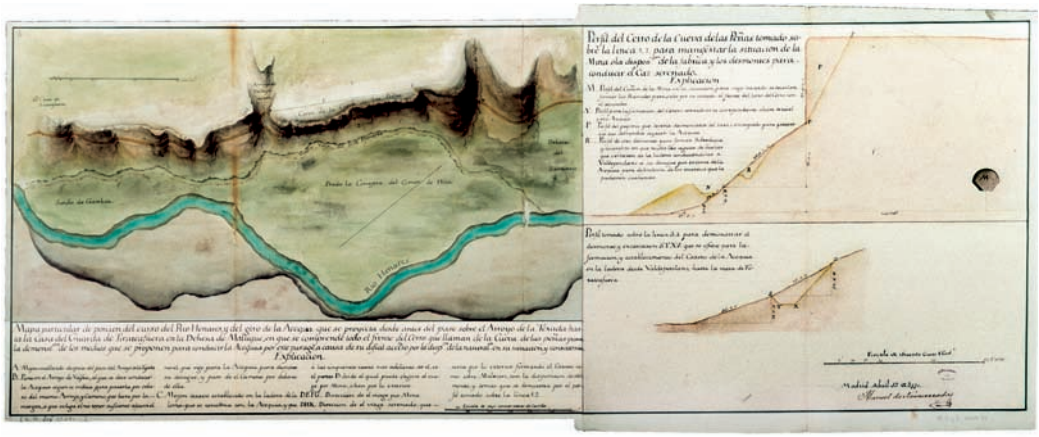
---

[23] En la revista *Biblio 3W* se han publicado ya diversos informes y descripciones territoriales de ingenieros militares sobre España y las Indias, con estudios de M. ARROYO, H. CAPEL, O. MONCADA, C. HEVILLA, E. CARTAÑÁ y otros; son fácilmente localizables a través de los índices temáticos y de autores <http://www.ub.es/geocrit/b3w>. A la construcción de cuarteles han dedicado atención Ll. CORTADA I COLOMER, 1998, y J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1988, 1990, 1991, 1993 y 1994.

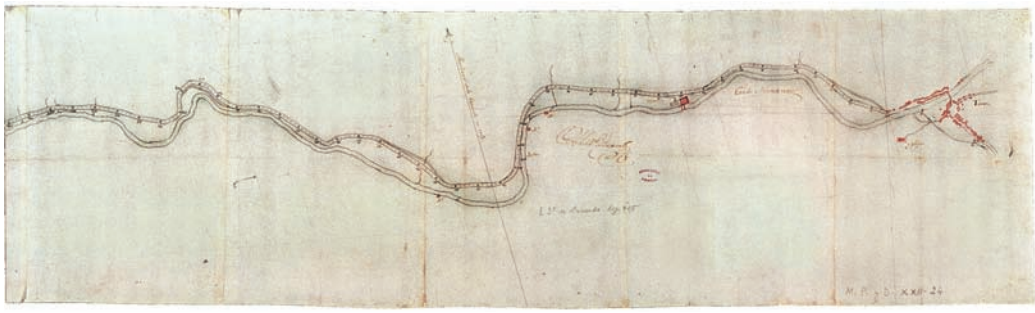
[24] Se tiene información amplia en los inventarios y estudios que hemos realizado, a los que podemos añadir los trabajos llevados a cabo por otros autores, algunos de los cuales han estado vinculados a este mismo programa de investigación, como J.-E. Sánchez, O. Moncada o J. M. Muñoz Corbalán.



***7.4. «Plano y perfiles en grande corelatives al plano de la ynclusa o Sasso** que se propone para la navegación y paso de las barcas en el río Ebro de la villa de Flix, y el extremo de su azud», por Marcos T. Sersteven, Barcelona 4 de febrero de 1748. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., X-49.)*



***7.5. «Mapa particular de porción del curso del río Henares y del giro de la Acequia** que se proyecta desde antes del paso sobre el arroyo de Texada hasta la casa del Guarda de Tírate afuera de la dehesa de Maluque [...] para la demostración de los medios que se proponen para conducir la Acequia por este parage», por Manuel Navacerrada, Madrid 19 de abril de 1770, Escala de 181 mm las 60 varas de Castilla. (Archivo General de Simancas, M. P. y D. XXII-51.)*



***7.6. «Plano de la carretera de La Coruña»,** por Carlos Lemaur, 21 de marzo de 1771. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXII-24.)*

Los ingenieros militares mostraron una gran flexibilidad para desempeñar funciones diversas, tanto técnicas como de gobierno (corregidores, intendentes, incluso alguno llegó a presidente de audiencia y a virrey). No extraña que los gobernantes acudieran a ellos para las tareas más diversas; como hizo Amat, virrey del Perú, al encargar a Carlos Beranger la dirección de las minas de Huancavélica[25], o el virrey de Nueva España, que comisionó en 1794 a Manuel Agustín Mascaró para levantar el

[25] Véase M. C. NAVARRO ABRINES, 1996 y 1997. También tuvieron responsabilidades en ese sentido Mariano Pusterla en la misma mina o Francisco Javier de Mendizábal en la de Huantajaya (G. GUARDA, 1990).

plano del Real de Minas llamado el Oro en Ixtalahuaca[26]. También se les encargaron misiones de fomento y desarrollo económico, tanto en España como en los reinos de Indias[27], o la realización de informes sobre temas de actualidad y trascendencia como el proyecto de catastro emprendido por Ensenada[28]. Mostraron gran pericia técnica en temas de abastecimiento de agua, canales y puentes, y en la resolución de problemas técnicos como la puesta a punto de máquinas para levantar pesos o arbolar y desarbolar navíos. Su actividad dependía de las urgencias que tenían los virreyes, capitanes generales y gobernadores en los lugares en que estaban destinados. Tanto si se trataba de funciones ligadas a su actividad militar como a tareas civiles o docentes, su dedicación fue intensa y fructífera. La formación adquirida, las experiencias que acumularon y las responsabilidades que se les asignaron les dieron una versatilidad verdaderamente sorprendente.

VI

Planos y usos del suelo

La influencia de la organización militar sobre el desarrollo urbano ha sido fuerte desde la antigüedad, especialmente a través de las murallas, ciudadelas y obras de fortificación[29]. Pero además los ingenieros militares contribuyeron a la configuración de la morfología de las ciudades hispanas tanto en lo que se refiere al diseño de los planos y asignación de usos del suelo como en la construcción de edificios y definición de sus tipologías. Más todavía, su aportación fue importante en la regulación y normalización de los edificios, que dieron paso a un paisaje neoclásico dominante en la primera mitad del siglo XIX.

Ante todo, intervinieron en el diseño de planos de ciudades, e impulsaron la consolidación y desarrollo de una línea de planeamiento urbano de larga tradición que se traducía en planos regulares, generalmente ortogonales. La herencia vitrubiana se había dejado sentir en algunos tratados de arquitectura militar y fortificación de fines del XVII y comienzos del XVIII (como los de Fernández de Medrano y la parte correspondiente a esta materia en el de Tosca), en los cuales se aceptaba el diseño radioconcéntrico que ese autor, y el mismo Alberti, habían considerado adecuado por razones defensivas[30]. A pesar de ello, en general serían los trazados ortogonales los que dominaron en las obras realizadas por ingenieros militares europeos durante

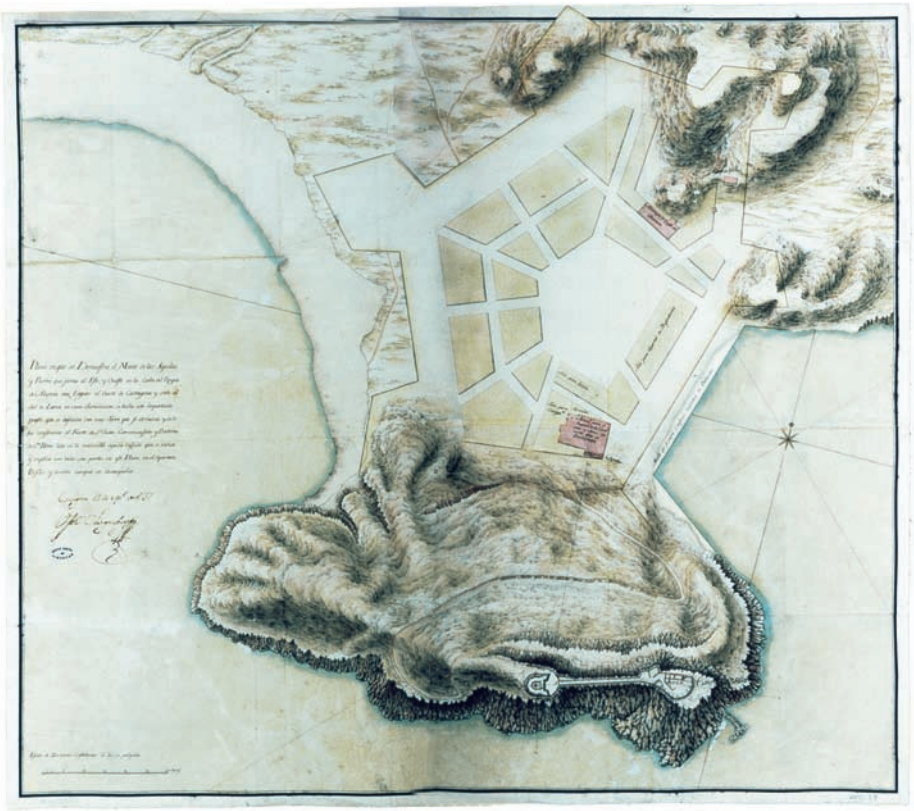
26 E. TRABULSE, 1983, p. 173.

27 Podemos citar a Mariano Pusterla en el desarrollo de Chiloé o a Francisco de Requena en el de Maynas, entre otros muchos.

28 Así, José Traggia y Roncal con su *Representación sobre el método del catastro* en 1748, Zaragoza.

29 H. CAPEL, 2003, cap. 5; y G. GUARDA, 1967.

30 A. RABANAL YUS, 2002.



7.7. «Plano en que se demuestra el Monte de las Águilas y Puertos que se forman al Este y Oueste en la Costa del Reyno de Murcia», *por Sebastián Feringan, Cartagena 11 de septiembre de 1757. Escala de 138 mm las 120 varas castellanas. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXIII-39.)*

el XVIII, lo que en España venía, además, apoyado por la larga tradición que en ese sentido existía tanto en la metrópoli como en Indias.

Trazado ortogonal tuvieron, en efecto, la mayor parte de los proyectos de ensanche de poblaciones y de nuevas ciudades o núcleos. Si en numerosas urbes una parte del crecimiento demográfico se absorbió en el espacio ya construido, a través de la elevación de los edificios y la densificación, en otras se planearon expansiones exteriores que, en todos los casos, tuvieron un trazado ortogonal, aunque con variantes.

En efecto, el plano ortogonal permite muchas variaciones en cuanto a dimensión de las calles y manzanas, forma de éstas (rectangulares o cuadradas) y disposición de los edificios dentro de ellas, jerarquización del viario, localización y tamaño de las plazas o asignación de usos del suelo[31]. En el proyecto de la nueva población de la Bar-

[31] Véase H. CAPEL, 2003, en especial el cap. 5 («El plano ortogonal»).

celoneta (1753), Juan Martín Cermeño diseñó manzanas alargadas y configuró una plaza central girando dos de ellas 90 grados[32]. En el de Santander, Francisco Llobet (1766) previó calles principales y secundarias; pero la preocupación por la higiene y salubridad llevaría a Juan Escofet y Fernando de Ulloa a proponer en 1780 una ampliación de las calles de este proyecto, para darles mayor ventilación[33].

Trazados ortogonales se propusieron también en los proyectos de ampliación elaborados para Cádiz en 1754[34], en el de expansión de Figueras por Francisco Llobet en 1784, en la nueva población de la parte baja de la marina y puerto de Tarragona (Antonio López Sopeña y Juan Smith, 1802) y en los diseños de las nuevas poblaciones erigidas en los proyectos de colonización interior en la metrópoli[35]. También se utilizaron profusamente en América; por ejemplo, en Nueva Guatemala con el proyecto de Luis Díez Navarro (1776). Ingenieros participaron en proyectos de dos ciudades que habían sido promovidas a capitales de virreinato, como eran Buenos Aires y Santa Fe de Bogotá[36].

Si en algún caso se propuso un trazado no ortogonal (como parece que hizo Sabatini para la nueva población de San Carlos en la Isla de León, en Cádiz, que incluía una plaza central hexagonal y manzanas trapezoidales), pronto se abandonó. Es significativo que el proyecto que elaboró Vicente Imperial Digueri en 1785 sustituyera el plan de Sabatini por otro ortogonal, que, según él, «tiene mayores ventajas por su proporción de aumentarla [la población] siempre que se quiera con manzanas cuadradas o rectangulares que son de mejor vista, solidez y distribución interior que las trapecias con que contaba aquélla [la de Sabatini]»[37].

Los ingenieros se preocuparon por el diseño de las plazas y su localización[38]. Todos sus proyectos, tanto de ciudades como de nuevas extensiones, disponían al menos de una plaza. En algunos casos diseñaron varias. Algunos proyectos, como la Nueva Guatemala y San Carlos de la Isla de León, tenían, además de la mayor en posición central, otras cuatro en medio de las cuatro secciones en que se dividía la ciudad por las calles principales que se cruzaban en el centro, un modelo similar al que aplicaba el urbanismo británico en la América inglesa[39].

---

32 Las obras fueron dirigidas por Francisco de Paredes; véase M. TATJER, 1973.

33 C. SAMBRICIO, 1991 (capítulo sobre «La influencia del puerto de Santander en la organización de una nueva ciudad»).

34 Por José Barnola, que trabajaba en el arsenal de La Carraca desde 1731.

35 C. SAMBRICIO, 1991 (capítulo sobre «La colonización interior»).

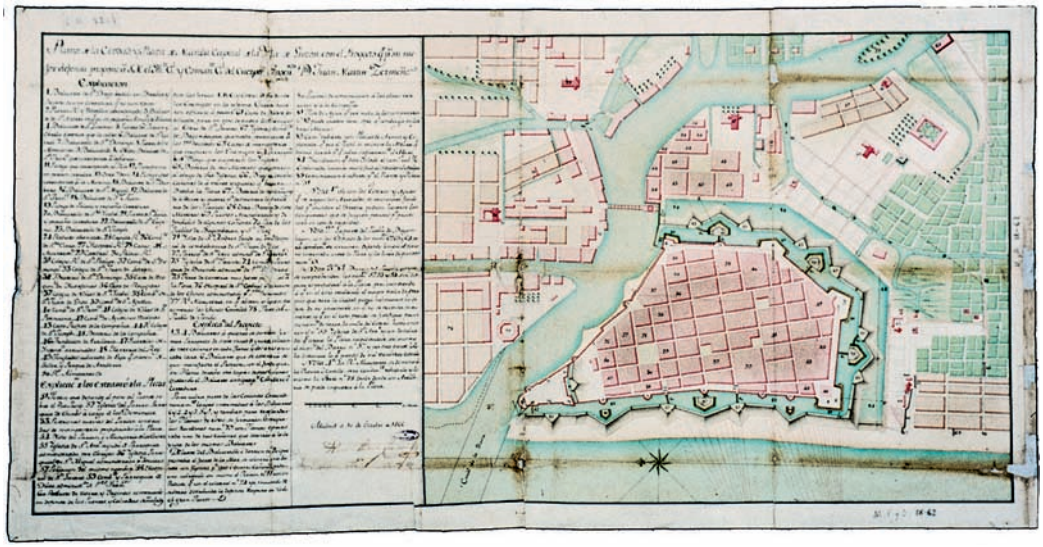
36 En la primera de esas ciudades, Carlos Cabrer y José del Pozo; en Bogotá, Carlos Cabrer, 1797.

37 C. SAMBRICIO, 1991, p. 501.

38 El análisis de las tipologías y edificaciones de edificios en los tratados de arquitectura militar del XVIII ha sido realizado por A. RABANAL YUS, 2002.

39 J. W. REPS, 1992; C. SAMBRICIO, 1991 (capítulo sobre «La ordenación del espacio en la bahía gaditana»); y J. TORREJÓN CHAVES, 1985.

Se les ordenó que elaboraran proyectos de saneamiento urbano, de abastecimiento de agua con la construcción de pozos[40], que intervinieran en la búsqueda de manantiales, nivelaciones y conducciones de agua a ciudades[41] y a conventos. Igualmente se ocuparon del control de inundaciones, con intervenciones para la canalización, regularización de cursos fluviales en las ciudades, tanto en España (canalización del Ter, Lorca...) como en Indias[42]. Participaron en estudios sobre los efectos de diversas catástrofes; por ejemplo, tras el terremoto de 1755 se encargó a Agustín Cramer y a Carlos Le Maur la relación de daños en las regiones donde actuaban (Granada y Galicia). Por su parte, Antonio Marín tuvo un papel importante en los informes que se realizaron tras el terremoto de Guatemala y que llevaron a la construcción de la Nueva Guatemala[43].



***7.8. «Plano de la ciudad y plaza de Manila** [...] con el proyecto que para su mejor defensa propone a S. M. [...] Juan Martín Cermeño», Madrid 10 de octubre de 1766. Escala de 86 mm las 400 varas. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., IX-62.)*

---

[40] Cuestión que incorpora Miguel Sánchez Taramas a la edición de la obra de Muller, haciendo referencia a los que se construyeron para abastecer a la Barceloneta, y citando también la obra de Belidor «por ser de donde el autor ha tomado mucha parte de las materias que componen esta obra», pp. 442-430.

[41] José Alejandre en 1774, en Guatemala.

[42] En Guatemala, regularización del río Pensativo, por Luis Díez Navarro; antes (en 1735) había trabajado en la limpieza de los ríos que circundan México y en las obras de desagüe del valle de México (1741).

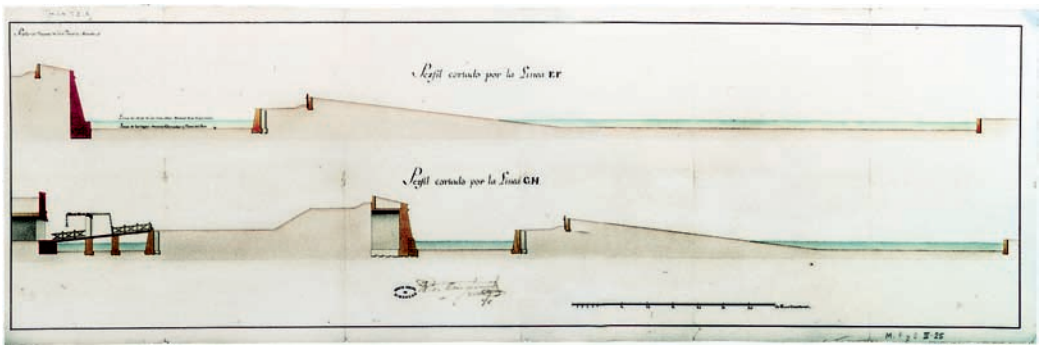
[43] C. ZILBERMANN DE LUJÁN, 1987, p. 62. Véase también O. MONCADA, 2003 («En torno a la destrucción de la ciudad de Guatemala...»).

Los ingenieros fueron los agentes del nuevo poder del Estado, y en algunos casos sencillamente de la toma del poder por encima de las identidades e intereses locales. Por las funciones que tenían asignadas y las órdenes que recibían, se vieron obligados a tener una concepción global del territorio, que era muy rara o inexistente entre los arquitectos, cuya tarea era realizar obras concretas en una ciudad o en el campo.

Para organizar un sistema defensivo era indispensable la percepción de todo el conjunto de la metrópoli y del imperio. Mover ejércitos, que van siendo cada vez más numerosos a lo largo del Setecientos, y que como mínimo pueden suponer varios miles de soldados y sus impedimentas, supone imaginar sistemas de movilidad, pensar en flujos de personas y de bagajes, atender a la logística, al abastecimiento de alimentos y municiones, a la obtención de los recursos necesarios para sostener toda esa tropa. De manera similar, decidir un conjunto de acuartelamientos para el nuevo ejército regular exige tener una idea bien precisa de la red urbana y de las rutas para mover las tropas rápidamente hacia los posibles teatros de conflicto. Constituye, en definitiva, un ejercicio de localización de equipamientos en el espacio, teniendo en cuenta las distancias. Ubicar un cuartel en una ciudad grande o pequeña supone, además, conocer los espacios libres en relación con los caminos, negociar o presionar para adquirir los terrenos, prever plazas para la maniobra de la tropa y sistemas de abastecimiento de agua para varios centenares de soldados, e incluso más de un millar, con sus caballerías.

Lo mismo debe decirse de las otras actividades de ordenación del territorio a que nos hemos referido. Trazar un canal o diseñar una red de caminos para la actividad militar o económica presupone asimismo una idea de los requisitos del transporte, de los flujos de personas y de mercancías.

Los ingenieros tienen el hábito de usar el mapa a la escala de una región o provincia. Pero, además están obligados a recorrer el territorio y a observarlo. Unen así el examen abstracto y el conocimiento directo. Se fijan ante todo en sus enfiladas, en los obs-



7.9. «Perfiles de un proyecto de fortificación de la plaza de Manila», *por Juan Martín Cermeño, 1766. Escala de 208 mm las 40 varas castellanas. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., II-25.)*

táculos a los avances, en las posiciones dominantes que son útiles para el ataque o defensa; pero también en la población y en los recursos, indispensables para la guerra.

Armado del saber abstracto del *Curso Matemático*, el ingeniero pasa fácilmente de una escala a otra. En el trabajo de todo el que ha superado el grado inicial de ingeniero ayudante, vemos la dedicación a actividades que implican necesariamente el uso de diferentes escalas. A lo largo de su carrera puede tener que elaborar proyectos y levantar planos y perfiles de obras que van desde la escala de un muro o un edificio a la de toda una costa, un muelle o un sistema de fortificación de una amplia región. Puede trabajar, por ejemplo, en almacenes de pólvora, un puente sobre un río, un dique para derivar un curso de agua, el muelle y los bancos de arena formados en el mismo, el baluarte de una fortificación, los fuertes que defienden una población, un camino cubierto para la defensa, diversos planos de la costa, cuarteles que se han de construir, con los alojamientos para oficiales, soldados y caballerías, así como pabellones para oficiales de tres batallones, en los terrenos en que se pretende levantarlos, otros almacenes de repuesto para almacenar pólvora, una porción de un pequeño puerto, un puente de madera, nuevamente en un muelle y en una presa, levantando de todo ello decenas y decenas de planos y mapas. Es lo que hizo, por citar un ejemplo, Miguel Marín, teniente coronel e ingeniero jefe desde 1733, y luego director de ingenieros de Cataluña, que realizó todas esas actividades en un período de ocho años (1731-1739) en los ríos Llobregat, Ter y Oñar, en las plazas de Barcelona, Salou, Tortosa, Gerona y otras de Cataluña, y en los muelles de las dos primeras ciudades. Después continuaría realizando y dirigiendo importantes obras en Cataluña y desde 1752 trabajaría también en Galicia, en las fortificaciones y obras públicas de El Ferrol, La Coruña, Tuy y otras plazas, trabajando siempre en escalas que van desde la 1:500 a la 1:100.000 y más pequeñas.

Fueron muchos los que hicieron todos esos trabajos a escalas diferentes y en lugares muy distintos, de España y América o Filipinas. Y prácticamente todos los que estuvieron formados y preparados para realizarlos en cualquier lugar del imperio al que se les destinara, y en funciones tan variadas como las que hemos ido señalando. Lo cual, sin duda, debía dar una visión del territorio diferente a la que tenían otros profesionales.

Intervenir en esas obras requería normalmente disponer de mapas. Lo que no siempre ocurría, debido a los problemas de realizar levantamientos cartográficos en la España del XVIII. Por esa razón en muchas ocasiones ellos mismos tuvieron que levantar los mapas regionales que necesitaban[44]; lo cual los convirtió en agentes

[44] De la destreza en el manejo de instrumentos astronómicos por parte de los ingenieros militares hay numerosos datos. Bastará con añadir aquí los que, procedentes de la Real Casa de Geografía, utilizaban varios ingenieros según un documento transcrito por Pilar Corella (1987, doc. n.º 14: «Razón de los instrumentos y muebles de matemáticas que existen fuera de esta Real Casa de geografía en virtud de reales órdenes desde el año 1752 hasta el día 12 de diciembre de 1773, en poder

esenciales en la elaboración de la cartografía del territorio. Finalmente, conviene recordar que los trabajos de obras públicas en que participaron podían movilizar a centenares o miles de obreros, a veces prisioneros o forzados, otras soldados y otras mano de obra pagada; lo que requiere cálculos sobre sueldos y raciones, que también estaban obligados a realizar.

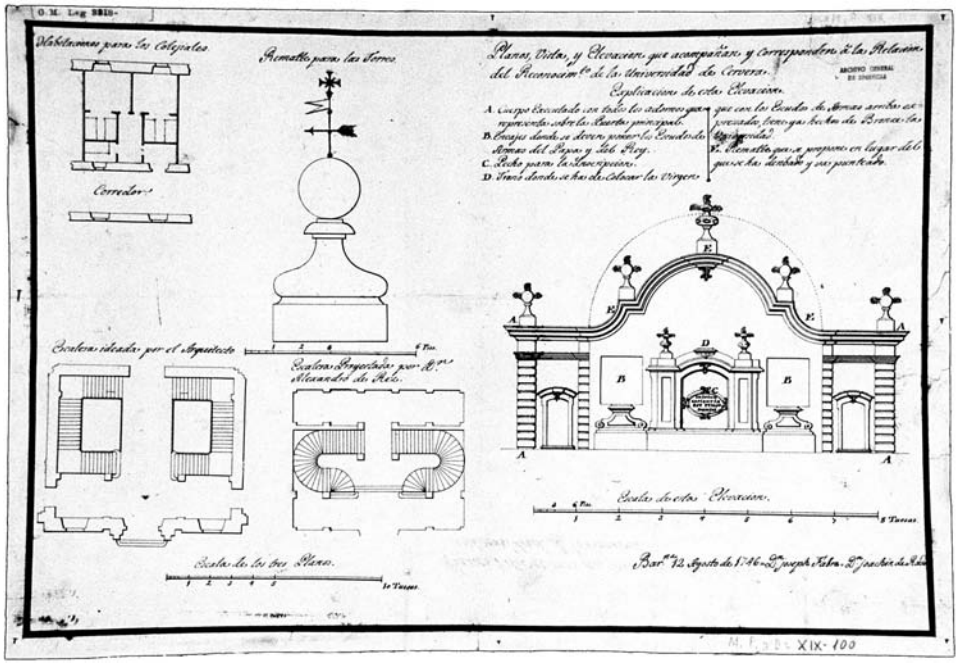
VII

Edificios públicos y privados

Los ingenieros tuvieron una amplia actividad como diseñadores y constructores de edificios. En ese sentido contribuyeron de forma destacada a introducir la normalización y el neoclasicismo en la construcción.

Como es sabido, el nuevo estilo académico y neoclásico empezó a implantarse en Madrid y en los Sitios Reales a través de los arquitectos extranjeros llamados para diseñar y dirigir las obras de los nuevos palacios. Desde el final de la guerra de Sucesión y luego con la construcción del Palacio Real de Madrid, tras el incendio de 1732, se iría intensificando la difusión de ese estilo más internacional que se oponía al barroco nacional, que había llegado a ser dominante durante el siglo XVII. Pero fuera de esos lugares cortesanos se mantuvieron durante mucho tiempo las tradiciones constructivas anteriores. En otras ciudades del vasto Imperio español el barroco pudo persistir sin problemas hasta la mitad del siglo, y más aún. Es en todos esos lugares en donde la labor de los ingenieros militares resultaría decisiva, ya que muchas veces fue a través de ellos como llegarían las nuevas corrientes arquitectónicas academicistas y neoclásicas. La Corona utilizó conscientemente a este cuerpo para difundir esa arqui-

de varios sujetos y Academias», Archivo General de Simancas, Secretaría y Superintendencia de Hacienda, leg. 951): Agustín de Crame y Mañeras estaba utilizando un cuadrante trigonométrico completo y una aguja con su pie y piezas correspondientes; Carlos Lemaur, un anteojo de cuatro lentes y todas las piezas correspondientes, dos cuadrantes trigonométricos y cuatro brújulas; Juan Escofet, un cuadrante trigonométrico para levantar un mapa del Soto de Roma en la ciudad de Granada; Jorge Sicre, dos planchetas, cuatro brujúlas, un cuadrante trigonométrico, un pie de hierro, un anteojo de cuatro lentes en zapa, para las operaciones y nivelaciones de los contornos de la Corte. Se señala también que «De los instrumentos que se recogieron en el año de 61 de la Sociedad de matemática que estaba establecida junto a San Francisco, sólo se dejaron de recoger 43 cajones de libros, mapas y varios instrumentos útiles de Matemática que debieron haber venido a esta Real Casa de Geografía por el destino que se les dio para las Academias de Barcelona y Cádiz, pudiendo informar en este particular don Pedro de Lucuce, como comisionado encargado de esta Academia». En 1767 se pidió al administrador de la Real Casa de Geografía que se entregaran al ingeniero Manuel Navacerrada «algunos instrumentos propios de S.M. que existen en la Casa que llaman de la Geografía y son propios para las operaciones de nivelaciónes que van a practicar los ingenieros en los contornos de esta Corte»; se trata de los caminos que se dirigían hacia el Real Sitio de El Escorial y sierra de Guadarrama.



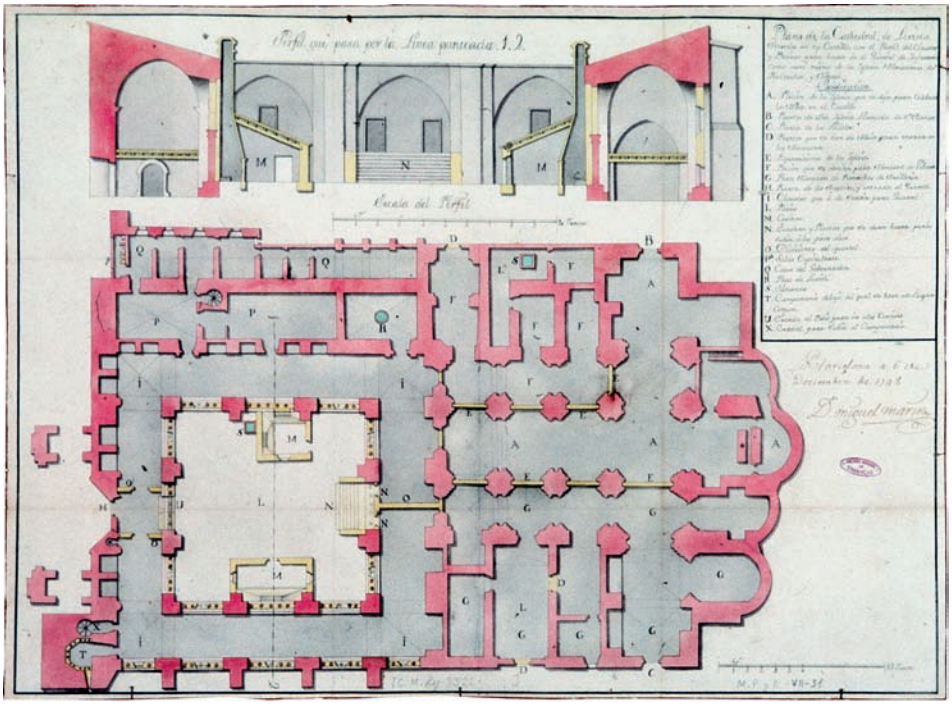
7.10. Planos, vista y elevación que acompañan y corresponden a la «Relación del reconocimiento de la Universidad de Cervera», *por Joaquín de Rado y José Fabre, 17 de agosto de 1746. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XIX-100.)*

tectura más clasicista e internacional que aseguraba su presencia y daba idea de la dignidad y solidez del Estado. Aunque los ingenieros militares supieron también adaptarse a las tradiciones locales que muchas veces valoraban el barroco (sobre todo en provincias lejanas), se esforzaron siempre por usarlas según los principios del buen gusto. Así sucedió en Indias durante buena parte del siglo, aunque poco a poco fueron difundiendo los principios del neoclasicismo.

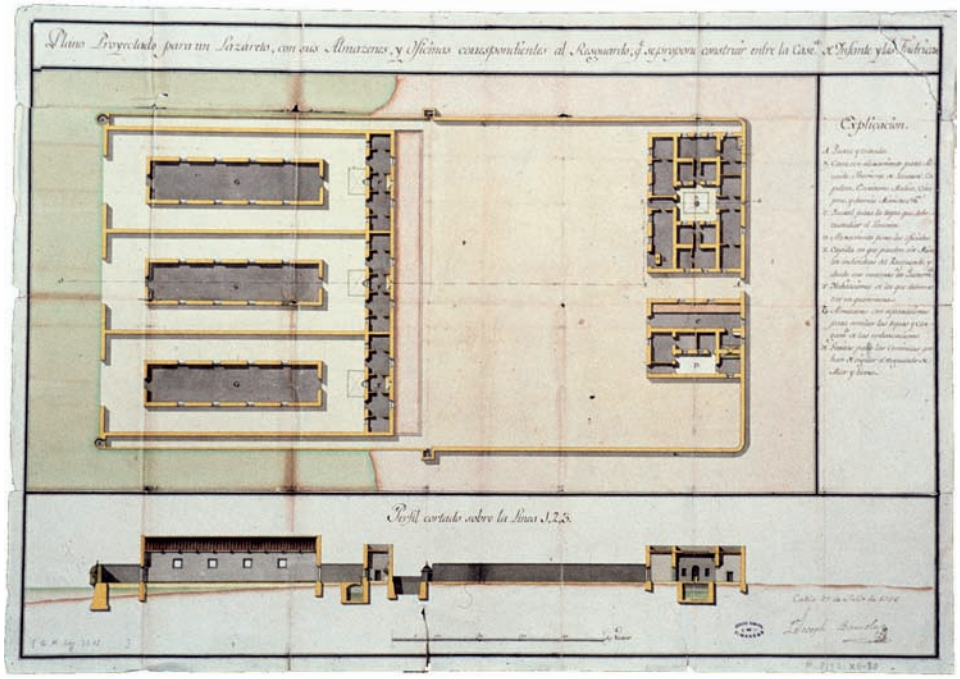
En la introducción del academicismo neoclasicista pueden reconocerse dos etapas: una primera de clara influencia francesa y otra segunda más italianizante. En los reinados de Felipe V y Fernando VI se siguieron sobre todo modelos franceses, unas veces directamente traídos por los técnicos de ese país que se incorporaron al cuerpo español y otras conocidos a través de los tratados, entre ellos, como ya hemos dicho, el de Belidor. Siguiendo a este autor, aparecen incluso mansardas en los edificios. A partir de la década de 1760, con la llegada de Carlos III, es más bien una orientación italianizante la que se difunde. Será entonces cuando la fuerza combinada de la labor de los ingenieros militares y la aparición de las primeras promociones de arquitectos formados en la Academia de Bellas Artes de San Fernando impondrían de forma definitiva el nuevo clasicismo.

En el caso de los ingenieros militares, la incorporación de Francisco Sabatini al cuerpo es un fiel reflejo del cambio que se produce. Nacido en Palermo en 1722 y formado como arquitecto en Roma, llegó a España con Carlos III y fue integrado inmediatamente en el cuerpo de ingenieros con el grado de ordinario, a la vez que era nombrado académico de Bellas Artes de San Fernando a propuesta de José Hermosilla. En 1763 ascendió al grado de teniente coronel e ingeniero en jefe en segundo, y en septiembre de 1774 sería nombrado brigadier y «Director Comandante del Ramo de Caminos, Canales, Puentes, Arquitectura Civil, Canales de riego y navegación, y demás obras relativas a este objeto». Su papel fue desde ese momento decisivo, especialmente en todo lo referente a las materias de su ramo, ascendiendo a teniente general en 1790 y a inspector general de ingenieros y miembro del Consejo de Guerra en 1792. El neoclasicismo de influencia italiana se afirmaría decisivamente durante ese período.

Lo cual coincide con la salida de las primeras promociones de arquitectos formados en la Academia de Bellas Artes de San Fernando (que actuó efectivamente a partir de 1752), algunos de los cuales se incorporarían al trabajo en obras reales de



7.11. «Plano de la cathedral de Lérida, situada en su castillo con el perfil del claustro y proiecto para hazer de él quartel de ynfantería como assí mismo de la Yglesia, almazenes de pertrechos y víberes», *por Miguel Marín, 6 de diciembre de 1748. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., VII-51.)*



7.12. «Plano Proyectado para un Lazareto, con sus Almazenes y Oficinas correspondiente al Resguardo que se propone construir entre las Casserías de Ynfante y las Fábricas», *por José Barnola, Cádiz 27 de julio de 1756; acompaña a un proyecto enviado al conde de Valparaíso. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XII-80 y VII-191.)*

arsenales y tendrían de ese modo una cierta influencia en la llegada de nuevas ideas. Es el caso de Julián Sánchez Bort, Antonio Bada y Francisco Solinis, que trabajaron en el arsenal de El Ferrol en la década de 1760, y entrarían en contacto con los ingenieros militares allí destinados, que hasta ese momento habían sido los responsables de las obras en el arsenal y en la nueva población. Con el apoyo de Jorge Juan, estos arquitectos, alguno de los cuales estaba formado en arquitectura hidráulica, constituirían uno de los núcleos iniciales del cuerpo de ingenieros de Marina, formado a partir de 1770-1772.

El análisis de los edificios construidos en las nuevas poblaciones ha permitido establecer estos cambios con bastante precisión. Así, en El Ferrol, donde Vigo Trasancos ha reconocido la transformación que se produce hacia esas fechas con la llegada de los técnicos citados y la incorporación de innovaciones estilísticas claramente identificables.

En arquitectura, la formación que recibieron los ingenieros militares estaba basada en Vitrubio y en la tradición que se había ido desarrollando desde el Renacimiento. Que los ingenieros utilizaran a Vitrubio no ha de extrañar, ya que en *Los diez libros*

de arquitectura el arquitecto romano considera su actividad en un sentido muy lato, tratando de cuestiones de urbanismo, construcción de murallas y torres, abastecimiento de agua, gnomónica, relojes solares y maquinaria, en especial la dedicada al ataque y defensa de plazas fuertes. Aunque él se titulaba arquitecto, es evidente que concebía también su actividad como la de un ingeniero.

Las obras realizadas tanto por los miembros del cuerpo de ingenieros como por los arquitectos respondían, por un lado, a los principios vitrubianos de *firmitas, utilitas, venustas* (es decir, solidez, funcionalidad y belleza o, como tradujo Mateo Calabro, lo fuerte, lo cómodo y lo hermoso); por otro, a principios que se habían ido aplicando en la construcción de fortificaciones abaluartadas en íntima relación con el desarrollo de la artillería, y que valoraban esencialmente la solidez y la funcionalidad[45]. A ello hay que unir las exigencias de economía por la vastedad de las obras a construir y los recursos siempre limitados del Estado. La preocupación por la utilidad, la funcionalidad y la economía aparece una y otra vez en los proyectos e informes de los ingenieros militares y se refleja de forma clara en las obras que construyeron. La obra de Vitrubio fue esgrimida también en numerosas ocasiones en relación con el urbanismo, por ejemplo el trazado de las calles para frenar la fuerza de los vientos dominantes; como hizo Sabatini en 1776, al considerar el plano de la nueva población de Guatemala diseñado por Luis Díez Navarro.

Autores como Arturo Ansón Navarro han destacado la sobriedad del lenguaje de los ingenieros. Lo que no significa ausencia total de preocupación por la ornamentación; simplemente, ésta se ponía al servicio de la utilidad, en tanto que emblemas que mostraban el poder de la monarquía y la dignidad del poder real que levantaba y financiaba la obra. Para esa exaltación de los símbolos del Estado el barroquismo podía ser un lenguaje apropiado, y si era preciso se empleaba o se permitía que se empleara por escultores contratados al efecto.

En todo caso, la diferencia entre la formación de arquitectos e ingenieros se puso ya claramente de manifiesto durante el siglo XVIII. Los primeros, formados en las academias de Bellas o de Nobles Artes, y con una preparación que ponía mucho énfasis en el dibujo y en el clasicismo; los segundos, en la Academia de Matemáticas, donde habían adquirido esencialmente una preocupación por la solidez, la funcionalidad y la economía.

Lo que sería en el siglo XIX, tras la creación del cuerpo de ingenieros civiles, la polémica entre arquitectos e ingenieros, magníficamente estudiada bajo la dirección del profesor Antonio Bonet Correa, se anuncia ya de forma clara en el Setecientos en varios sentidos. Es, en cierta manera, el enfrentamiento entre el arte y la ciencia[46]. Es también la separación entre lo que en el Ochocientos será la arquitectura como pro-

[45] Tesis de Jorge GALINDO, 2000.

[46] Remitimos a lo dicho en H. CAPEL, 2005.

fesión liberal y la ingeniería como trabajo realizado por cuerpos técnicos al servicio del Estado. Son significativas de esos conflictos las descalificaciones que algunos ingenieros militares hicieron ya en el XVIII del trabajo de los arquitectos, a partir de la conciencia de la superioridad de la enseñanza basada en las matemáticas, que ellos recibían, y la que se realizaba a partir del dibujo, que era típica de la Real Academia de San Fernando.

Bastará con una muestra bien representativa. En un informe realizado por Pedro Martín Cermeño sobre la fachada marítima de Málaga señalaba que «si Su Majestad se digna aprobar el proyecto, es necesario se comuniquen órdenes estrictas para que los solares se distribuyan con igualdad y lo exterior de los edificios con sencilla y bien ordenada simetría y arquitectura, de suerte que el mal gusto y desorden de los que llaman Arquitectos, en lugar de hermosear aquella parte de la Población que tantas proporciones ofrece, no la dejen imperfecta y acreedora de toda crítica»[47]. Esa descalificación del trabajo de los arquitectos implica una fuerte autoconciencia de su propio valor como ingenieros, de su formación y de su obra.

El papel de los ingenieros fue esencial en la construcción de edificios públicos y la puesta a punto de modelos para ellos. A su cargo estaban las obras reales que tuvieron muchas veces un papel ejemplar, como modelo para otras construcciones. Diseñaron durante el Setecientos buena parte de los edificios públicos que se construyeron en las ciudades españolas y americanas. Ante todo, los de carácter institucional. Recibieron encargos para diseñar y construir sedes de gobierno: palacios de virreyes[48] y capitanes generales[49], reales audiencias, cabildos, palacios y casas de gobierno en general. Participaron en edificios para correos (La Habana, 1785), cárceles, casas de prebendas, tribunales, casas de la Inquisición y casas de contratación (como la de Cádiz).

También proyectaron edificios para la enseñanza. Especialmente, edificios universitarios y de educación superior, como las universidades de Cervera y Guatemala, entre otras. Asimismo, en las academias de Guardias Marinas en Cádiz y de Matemáticas en Barcelona. O en sedes de instituciones científicas relacionadas con la investigación y la docencia, entre ellas observatorios astronómicos como el de Cádiz y jardines botánicos[50].

Intervinieron en construcciones relacionadas con la actividad comercial: pescaderías, carnicerías, alcaicerías[51] y parianes. También garitas para fielatos y portazgos

---

47 AGS, GM, leg. 3.424, s. n. Cit. por GIL ALBARRACÍN, 2004.

48 En México, en Santa Fe de Bogotá por Juan Jiménez Donoso en 1781; H. CAPEL, J.-E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, p. 332.

49 En Guatemala, Luis Díez Navarro.

50 Jardín Botánico de México, por Miguel Constanzó, 1789.

51 Como la de San José en Filipinas por Tomás Sanz, cuyas tiendas se abrieron al público en 1783.

en las ciudades[52], o edificios para aduanas[53], especialmente a partir de la concesión de privilegios para el libre comercio con América a algunos puertos metropolitanos y americanos (entre 1765 y 1788), y más concretamente de la publicación del Reglamento de Libre Comercio de 1778, que obligaba a construir aduanas a todos los puertos que no las tuvieran. Entre las que se erigieron entonces se encuentran las de Campeche y la de Mérida en 1786, por Juan José de León.

Participaron en la construcción de equipamientos sanitarios, esencialmente hospitales militares[54], que exigían uniformización y estandarización. Entre los civiles, el más conocido es el proyecto del gran Hospital General de Madrid, diseñado por José Hermosilla y luego por Sabatini; pero podemos añadir otros muchos en España e Indias[55]. También tomaron parte activa en la política de diseño y erección de lazaretos en las ciudades portuarias comerciales, como Cádiz[56], Barcelona o Mahón, con numerosos proyectos, los cuales poseen pabellones separados para el control de los internados y enfermos. Podemos añadir la construcción de hospicios[57] y su intervención en algunos de los primeros cementerios[58].

Aunque de forma más limitada, intevinieron asimismo en la arquitectura religiosa. Ante todo, iglesias en relación con las fortificaciones que levantaron; la de la Ciudadela de Barcelona, diseñada por Alejandro de Retz, proporcionaría un modelo muy influyente en otras iglesias de Cataluña[59]. Las obras de un cierto número de catedrales y grandes iglesias contaron a veces con informes, proyectos y rectificaciones de ingenieros militares (por ejemplo, la seo nueva de Lérida o la catedral de Guatemala, ésta con diseño de José de Sierra, aprobado en Madrid por Villanueva). Ocasionalmente participaron también en el diseño o supervisión de obras de conventos, especialmente los de fundación o patronato real[60].

---

52 En Guatemala, Luis Díez Navarro.

53 En la de Málaga trabajaron Juan Martín Cermeño (1744) y su hijo Pedro (1762), y en la de Cádiz Silvestre Abarca, 1758.

54 Como el Hospital Real de Marina de Cádiz por José Barnola, 1751.

55 El hospital de Gerona, donde trabajó en 1738 José Fabre; el hospital de Cumayagua, por Juan Ampudia y Valdés; el Hospital Real de Indios de México, el Hospital Real de Concepción de Chile, por Miguel María de Atero; y otros muchos. Véase también J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1990 («Sanidad, higiene y arquitectura...»).

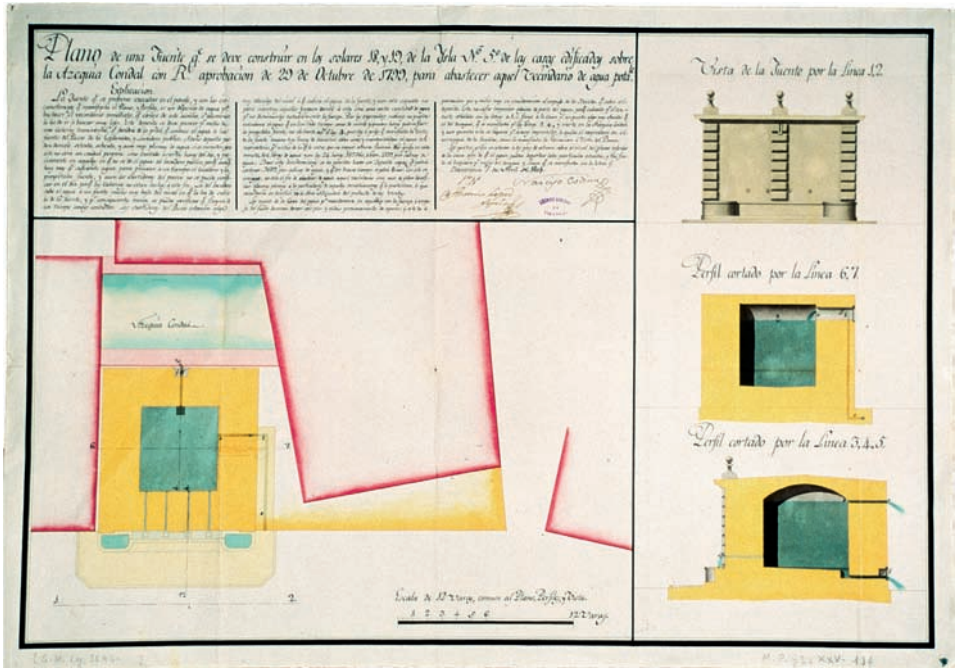
56 José Barnola, 1756, en la ribera de la Isla de León.

57 Hospicio de la Caridad, en Cádiz, por José Barnola, 1750.

58 Por ejemplo, en el de Barcelona, Francisco Llobet, 1780.

59 J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1995 («La iglesia de la Ciudadela de Barcelona...»).

60 Así, los beaterios de Indias, en Guatemala; conventos de San Francisco, San Agustín y monasterio de Santa Clara en Guatemala; estudio del solar para el convento de los carmelitas en Tortosa, por Andrés de los Cobos, 1729, y luego Francisco Llobet, 1743; convento de la Victoria, en Málaga, y otro en Coín, por Andrés Arango, 1750.



7.13. «Plano de una fuente que se debe construir en los solares 18 y 19 de la Ysla N.º 5, de las Casas edificadas sobre la Azequia Condal *con Real Aprobación de 29 de Octubre de 1799 para abastecer aquel Vecindario de agua potable», por Narciso Codina, Barcelona, 7 de abril de 1804. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXV 134.)*

Fueron responsables de proyectos de embellecimiento de ciudades, paseos y caminos arbolados en la periferia de las ciudades, así como de jardines reales o urbanos[61], y de teatros[62].

Destacan igualmente como activos colaboradores en la política industrial de la monarquía. Debemos señalar su participación en el diseño de edificios de manufacturas: fábricas de porcelana, de tabaco (en Sevilla, México, Guatelama, Panamá, La Habana, Lima y Buenos Aires); entre esos establecimientos destaca la magna construcción de la Fábrica de Tabacos de Sevilla[63]. También fábricas de pólvora[64], azufre,

[61] En Madrid, Fernando Nangle: proyecto de camino arbolado, 1761; el salón del Prado, en Valladolid, jardines de Aranjuez, Jardín del General en Barcelona, por Juan Escofet y Palau, etc.

[62] Santa Cruz, luego Principal en Barcelona, 1788, por Carlos Cabrer.

[63] En la que trabajaron Diego Bordick, José Barnola, 1750, y Sebastián Van der Bocht.

[64] Luis Díez Navarro en Guatemala.

cal, ladrillo y teja[65], fundiciones, casas de moneda[66], molinos sobre barcas en el Guadalquivir[67] y herrerías[68]. Al mismo tiempo proyectaron fuentes, lavaderos[69], hornos y mataderos[70].

No llegaron a formular una teoría general sobre los edificios públicos necesarios para los distintos tipos de ciudades, pero tuvieron que definirlos y situarlos en el plano, ya que cada nueva población se concebía con un programa bien definido de esos edificios. En general, se situaban junto a la plaza mayor. En la nueva ciudad de Guatemala, Luis Díez Navarro previó el palacio del gobernador, audiencia, casa de moneda, tribunales, cárcel de corte, cuartel de dragones, aduana, administración de tabaco, ayuntamiento, catedral y palacio episcopal; el proyecto fue informado favorablemente por Sabatini aunque considerando que era preciso realzar el tamaño de los edificios públicos[71].

Si se trataba de una plaza militar, los cuarteles eran indispensables. Se construyeron para regimientos de infantería, caballería, dragones y artillería; pero también, en las plazas portuarias, para batallones de marina y, en las capitales de departamento, cuarteles para las compañías de guardias marinas, escuelas de pilotos, casa de la comandancia del departamento y asamblea de oficiales. Las obras de financiación real debían tener una dignidad que fuera imagen del Estado. Aunque construidas todas en estilo clasicista, cada tipo de edificio debía tener unas características específicas. Especialmente los edificios militares, que requerían «una arquitectura majestuosa, sencilla y robusta»[72].

En las valoraciones que se han hecho de las obras de los ingenieros militares siempre se han usado términos como *mesura, ponderación, equilibrio, racionalismo geométrico, severidad, claridad formal, clasicismo, lenguaje innovador, carácter internacional.* Todo lo cual los convierte en agentes decisivos en la difusión del neoclasicismo.

---

65 Como hizo Juan Garland cerca de Valdivia (Chile), para la construcción de las fortificaciones y del puerto. G. GUARDA, 1985, p. 35.

66 Como la de Guatemala por Luis Díez Navarro, o la de Valdivia por José Antonio Birt.

67 Francisco Llobet, 1748.

68 Lemaur en Galicia, 1769. J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1992 (»La Real Junta de Fortificaciones de Barcelona» y «Las Juntas de Reales Obras...»).

69 En Barcelona, Narciso Codina en 1802.

70 Extensión del de Barcelona (1800), por Antonio López Sopeña.

71 C. SAMBRICIO, 1791, p. 496; sobre la figura de Luis Díez Navarro y su importante aportación constructiva en Guatemala puede verse H. BERLIN, 1988 (trabajo de 1947), pp. 71-79, y hoja de servicios en p. 144.

72 M. SÁNCHEZ TARAMAS, 1769 («Adición...», p. 385).

VIII

Las viviendas

Hay que señalar, en primer lugar, la amplia actividad que tuvieron en la construcción de viviendas militares, tanto en acuartelamientos como en pabellones para oficiales, que frecuentemente les eran anexos[73]. Hay que añadir que recibieron numerosos encargos para viviendas destinadas a autoridades civiles (presidentes de audiencias, gobernadores...) y militares.

La experiencia adquirida en todas esas obras, y las tradiciones existentes en lo que se refiere a cuarteles, influyeron en los diseños de las viviendas que se construyeron en las nuevas fundaciones y expansiones urbanas. A comienzos de siglo, tanto Vauban en Francia como Verboom en España habían propuesto edificios alineados con naves de largos pabellones, a los que se accedía por escaleras situadas en cada una de las crujías, quedando el piso inferior a veces para cuadras[74]. Este modelo se podía aplicar a las viviendas de dos plantas, para familias con ciertos recursos, con la sola variante de dedicar la planta baja a taller, almacén o residencia.

Era también fácil imaginar la misma solución en viviendas de una sola planta, para grupos populares. Así se hizo en los diseños de nuevas poblaciones para proyectos de colonización interior en la metrópoli, con hileras de casas de planta baja y reducidas dimensiones. En algunos documentos se habla de la necesidad de construir «casas muy cómodas» para los colonos[75].

Filas de casas uniformes de dos plantas se diseñaron en el nuevo barrio de la Barceloneta, con una superficie de 60 m^2 en cada planta. Modelos cuartelarios con patio interior podían asimismo adaptarse para bloques de viviendas. En todo caso, lo esencial es el orden y la uniformidad, que permiten racionalizar y estandarizar la construcción. En lo posible se trató de evitar el uso de la madera por el peligro de incendios, prefiriendo la piedra en mampostería o sillería.

Tipologías similares aparecen en el proyecto de la Magdalena de El Ferrol. Francisco Llobet planificó una ciudad con manzanas rectangulares, alzado homogéneo y edificios porticados; consideraba que era preciso adoptar un modelo único de fachada «para satisfacción y conveniencia del vecindario»[76]. En Santander el mismo Llobet

---

73 Por ejemplo, los que diseñó José Barnola en 1755 para los cuarteles de infantería de Cádiz, que tenía dos pabellones para oficiales, proyecto aprobado por R. O. de 12 de febrero de 1755; en el proyecto se preveía también «la fábrica de casas particulares para aumento de la población».

74 Ver Ll. CORTADA I COLOMER, 1998, y J. E. VILARDELL SANTACANA, 2003.

75 Por ejemplo, la nueva población de Fuente Palmera, por Simón Desnaux, en C. SAMBRICIO, 1991, p. 184.

76 El proyecto experimentó luego importantes transformaciones; se diseñaron tipologías variadas, desde las de una sola planta con una puerta y dos ventanas, para los grupos populares, hasta las de 2, 3 e incluso 4 plantas, en manzanas que tenían unas 22 parcelas rectangulares de unos 7-9 m; la

diseñó ya bloques con tres plantas en 1766, y planteó al disponer las manzanas una jerarquía de calles principales y otras de servicio más estrechas, como también era habitual en aquel siglo en muchas fundaciones británicas. Teniendo en cuenta el carácter comercial del nuevo barrio junto al puerto, previó en la parte baja almacenes, en el primer piso lonjas y en la 2.ª y 3.ª plantas viviendas, sobre todo para comerciantes. La construcción de las primeras manzanas se inició inmediatamente. Esa propuesta sería reformada por Juan Escofet y Fernando de Ulloa en 1780, ampliando las calles y limitando la altura de los edificios, lo que según Carlos Sambricio «significaba adelantarse a las ordenanzas de París de 1783 que especificaban que la altura de las viviendas dependía por número de plantas del ancho de la calle»[77].

En algunos casos sabemos que las viviendas seguían de cerca los modelos de Belidor, que había tratado este tema en el libro IV de su obra. Así ocurrió en las que se diseñaron para las casas burguesas de El Ferrol, que recuerdan los modelos de las de la plaza fuerte de Neuf Brisach, reproducidos por el ingeniero francés[78].

Para la nueva población de San Carlos junto a Cádiz, Sabatini señaló que las casas habían de ser «en su estructura exterior, puertas y ventanas iguales en tamaño y figura a las que Su Majestad mande hacer en los edificios que de su Real Orden se fabriquen; y si en alguna parte se conviene hacer portales, los harán de fábrica iguales». Los pórticos aparecen efectivamente en los edificios que se diseñan en 1785, con el fin de hermosear la población. La preocupación por el ornato se extiende también al enlosado de la calle: «han de enlosar cada uno el frente o frentes de la casa o casas que haga, cuyo tamaño de losas y método se les dará por el que dirija toda la obra»[79]. Que los adornos impropios «más ridiculizan que hermosean» es una opinión que encontramos frecuentemente en los superiores al juzgar el trabajo de sus subordinados[80].

La preocupación por la regularidad, orden y homogeneidad de los edificios está siempre presente, y se respeta incluso en edificios de gran significado, que se intentan adaptar a las características del espacio urbano en que se levantan. Así, por ejemplo, en el cuartel de infantería de la Barceloneta; según Miguel Sánchez Taramas, «la situación en que está construido este cuartel no permitió darle mayor elevación, pues fue preciso arreglarlo a la del nuevo arrabal, para guardar con él la misma simetría y

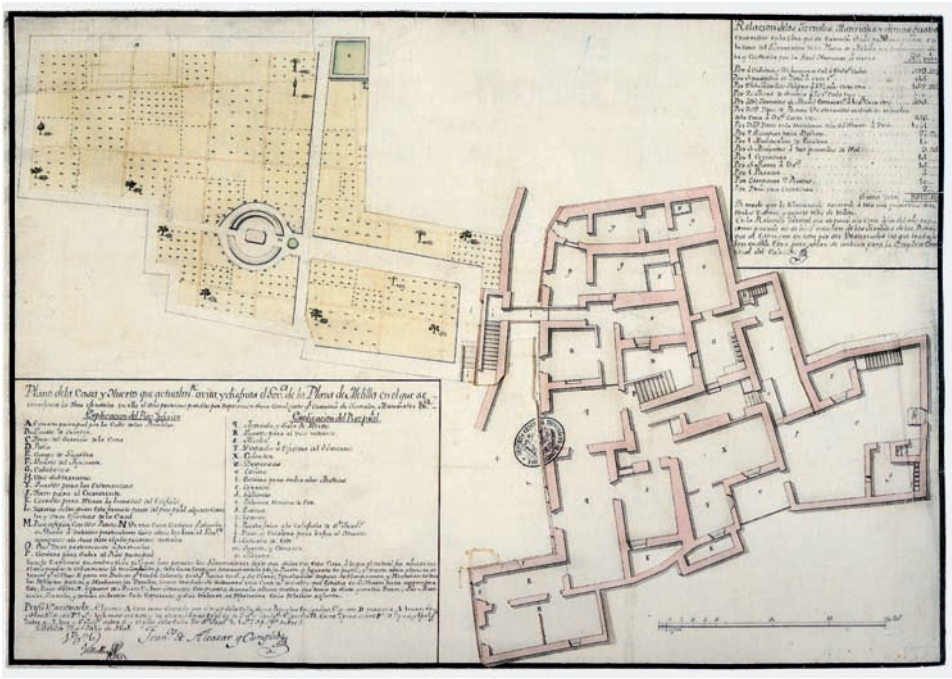
construcción quedó a cargo de los particulares, y dio lugar a una morfología variada, aunque siempre con ventanas y puertas simétricamente distribuidas y un aire severo y clasicista en el conjunto, muy transformado hoy (A. VIGO TRASANCOS, 1985, y C. SAMBRICIO, 1991).

77 C. SAMBRICIO, 1991, p. 394.

78 A. VIGO TRANSANCOS, 1980 y 1984.

79 Cit. por C. SAMBRICIO, 1991, p. 499-500.

80 Así lo expresó, por ejemplo, el ingeniero Antonio Estrimiana, inspector general del Virreinato del Perú, al juzgar un proyecto de José Antonio Birt para la Real Casa de Moneda de Valdivia en 1769 (G. GUARDA, 1990, p. 239). Véase también la opinión de Miguel Constanzó sobre las edificaciones de México y la necesidad de regularizarlas, en O. MONCADA, 2003 («El ingeniero militar Miguel Constanzó en la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de la Nueva España»).



7.14. Plano de la casa y huerto que actualmente disfruta el gobernador de la plaza de Melilla, *Francisco de Alcázar, 1801. (SHM, n.º 471/1, D-1-1-17/MEL-G5/21.)*

adorno exterior»[81]. Esa idea de orden, regularidad, trazado homogéneo y unitario es típica de la Ilustración, y aparece en los grandes proyectos del urbanismo setecentista. Por ejemplo en la *New Town* de Edimburgo, diseñada por Craig y construida a partir de 1785, y en las ciudades inglesas de América.

El orden exterior era también un orden interior que se va imponiendo en los proyectos de viviendas. En el siglo XVIII la distribución interna de los edificios se convierte en un tema relevante en los tratados de arquitectura, y las habitaciones se especializan. Se observa lo mismo en los proyectos de los ingenieros militares. El debate sobre la disposición de las habitaciones, escaleras, cocinas, almacenes, cuadras y enfermerías se convirtió en habitual al elaborar los proyectos de cuarteles, y se realizó de manera similar en los edificios de viviendas[82]. La diferencia, tal vez, puede venir por la mayor estandarización: debido a la repetición de algunas tipologías, por ejemplo las de cuarteles, se intentaba normalizar incluso las dimensiones de puertas, ventanas, arcos y pilastras, y se proponían de forma explícita los mejores edificios ya

81 M. SÁNCHEZ TARAMAS, 1767, p. 380.

82 Puede verse un ejemplo en M. SÁNCHEZ TARAMAS, 1769 («Adición sobre la construcción de los cuarteles», pp. 375 y ss.).

construidos como modelos para los estudiantes de las academias de Matemáticas. Las regulaciones llegaban a todos los detalles, tanto sobre el aspecto exterior como del interior. Bastará con citar aquí una observación que creyó oportuno incorporar el profesor Miguel Sánchez Taramas en su edición de la obra de Muller, con referencia a edificios construidos por los ingenieros:

> «Por lo que toca a otras particularidades del adorno interior de los edificios, como son los cielos rasos, enlucidos y alicatados de los muros, con la pintura de unos y otros, nadie ignora su disposición y fábrica; pero se ha de advertir que la pasta con que se hacen los cielos rasos, y algunos enlucidos, se debe trabar con pelo de vaca o cabra, no solo para evitar que se abran grietas, sino también para que se puedan bruñir mejor, y adquieran el lustre que se apetece en estas obras»[83].

Por otra parte, el deseo de mejorar las condiciones de habitabilidad y la preocupación por la higiene condujeron a introducir importantes transformaciones que afectaron también a la disposición interior. En ese sentido tuvo gran trascendencia el Real decreto de 4 de octubre de 1766, en el que se hacía obligatorio en los cuarteles una cama por cada hombre, en lugar del pie antiguo que permitía tres soldados por cama; con ese pie se habían construido, por ejemplo, los del barrio de la Barceloneta diseñados en 1753. El decreto citado obligaba a modificar el diseño de los cuarteles que se construyeran a partir de ese momento, ya que «el lugar que necesitaban antes seis soldados solo es bastante ahora para tres»[84].

Homogeneidad significa uniformidad y posibilidades de estandarización, trabajo planificado y sistemas que pueden aplicarse en lugares diferentes. Hay que tener en cuenta que el control jerárquico era muy estricto. Ya estaba bien regulado desde la creación del cuerpo y se reafirmó con la ordenanza de 1768, en donde se especificaba claramente que no podría emprenderse ninguna obra sin autorización real, sin la cual los ingenieros directores de una provincia no darían certificaciones de abono y, si lo hacían, ni los intendentes aprobarían el pago, ni los contadores lo realizarían. También se reitera que los proyectos deberían hacerse por los ingenieros directores, y los originales enviados con informe del capitán general al ingeniero general, que los sometería a la aprobación real. En algunos casos podía autorizarlos el ingeniero comandante de una plaza, por orden del gobernador.

Debemos añadir el papel que tuvieron los ingenieros militares en la difusión técnica y de prácticas constructivas a través del sistema de asientos, que obligaba a aceptar los procedimientos que estos técnicos utilizaban y proponían. Era preciso organizar los sistemas de construcción, y los asentistas y alarifes debían entender los planos y los lenguajes empleados. Una vez decidida la fundación de un gran edificio real, aprobado el proyecto y designado el director de la obra, se hacían públicas las condi-

---

83 M. SÁNCHEZ TARAMAS, 1769, p. 422.

84 Véase sobre ello M. SÁNCHEZ TARAMAS, 1769, p. 381 y lám. 3 A.

ciones para ella, se señalaba la fecha de la subasta y remate de la fábrica y se realizaba el acto público. El asentista que se quedaba con la obra aceptaba las condiciones técnicas y económicas establecidas, y había de realizar el trabajo bajo la dirección del ingeniero designado[85]. Condiciones similares se repitieron durante el siglo XVIII en todos los territorios de la monarquía.

El estudio que hizo Virgina Tovar sobre el expediente de construcción del cuartel de las Reales Guardias Walonas en la villa de Leganés permite tener una idea del detalle minucioso y exigente de las condiciones establecidas, en este caso por el mismo ingeniero general Francisco Sabatini el 15 de marzo de 1775, y las vicisitudes de la obra. El pliego de condiciones especificaba desde la forma de realizar el explanamiento y la apertura de las zanjas, hasta el tamaño y los materiales de los muros interiores y exteriores, la forma de los vanos, la calidad de las maderas (16.000 piezas de varios tamaños en el caso de este cuartel), los herrajes y los adornos[86]. Esos requisitos constituían, sin duda, todo un recetario de técnicas aceptado por los constructores, y seguramente las tenían en cuenta al realizar otras obras. Repetido en los millares de edificios levantados por orden real y dirigidos por los ingenieros militares, contribuyeron, sin duda, a difundir nuevas técnicas y procedimientos constructivos.

IX

De nuevo, arquitectos e ingenieros

Desde la Antigüedad, los arquitectos podían desempeñar todas las funciones que se refieren a la construcción civil y militar y a la ordenación del territorio, lo que

---

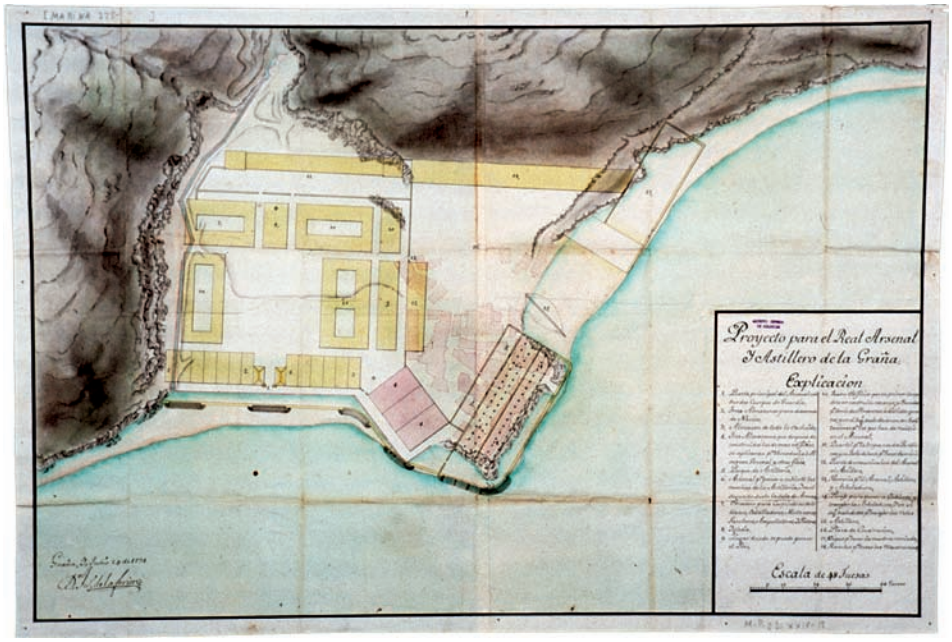
85 Pueden verse las condiciones establecidas por Verboom en 1715 para la construcción de la Ciudadela de Barcelona en J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1993, vol. 2, pp. 123 y ss.

86 V. TOVAR, 1981; vale la pena reproducir el título del pliego de condiciones redactado por Sabatini, aceptado por el asentista y que sirvió de guía al director de la obra, el ingeniero José Hermosilla: «Condiciones formadas por Don Francisco Sabatini [...] a las que deberán asentarse los asentistas que quieran hacer postura a todas las clases de obras de fábrica de paredes, pilastras, arcos y bóvedas de ladrillo fino y ordinario hechas con buena mezcla de cal y si se ofreciese por la prontitud algunas de yeso. Bóvedas tabicadas o dobladas, bóvedas de sencillo, bóvedas encamonadas, tabiques en todas clases y bajo de todas forjas, suelos de cielos rasos o bovedillas, cielos rasos enlistonados, bajo de las araduras tirantes, de otra cualquiera parte de la obra, escaleras de todas clases, corredores, campanas y cañones de chimenea, hornillas, hogares y bazares, solados de baldosa fina, jarrados, blanqueos de yeso y cal, molduras o medias cañas lisas, de yeso blanco en lo interior y lo que se ofrezcan de estuco en el exterior, armaduras con sus respectiva guardillas, canelones y vertederos de hoja de lata con su yerros escarpieros y limas, hoyas de el ancho de media planchas de plomo en los concursos interiores de los tejados, caídas del patio con todo lo demás que se ofrezca para la construcción de la fábrica del nuevo Cuartel de Reales Guardias Walonas que de orden de S. M. se ha de ejecutar en la villa de Leganés, y son como siguen». Los artículos especifican luego con un detalle muy fino las características que habían de tener todos los elementos señalados.

aparece bien reflejado en el tratado de Vitrubio. Sería en el Renacimiento, con la aparición de los ingenieros, cuando se empieza a producir una especialización; primero, con los ingenieros dedicados a fortificación y ataque de plazas fuertes o bien a «ingenios» y maquinaria. Pero el proceso de institucionalización de la ingeniería se hizo lentamente, y durante dos o tres siglos más la definición de las tareas no era clara. Los primeros ingenieros militares recibían, generalmente, el título real pero durante algún tiempo no tuvieron grados militares, lo que daba lugar a frecuentes conflictos entre los técnicos y los oficiales. Para resolverlos, en 1633 el marqués de Leganés había querido ya formar un cuerpo con seis ingenieros incluidos en la escala militar, aunque hasta 1711 no culminaría el proceso, con la creación efectiva del Cuerpo de Ingenieros de los Ejércitos y Plazas.

Desde esa fecha, y frente al trabajo individual de los arquitectos, los ingenieros actúan de forma jerarquizada, apoyados en un sistema institucional, con amplios recursos que les facilita el Estado, normas homogéneas, generales, rígidas y avanzadas. Sus prácticas constructivas están claramente codificadas y aprendidas en sus cursos de la Academia. Son resultado de un esfuerzo de racionalización, uniformización y eficacia.

En realidad, lo que se instaura en el siglo XVIII es una nueva división del trabajo entre arquitectos e ingenieros. Estos últimos aparecen integrados en cuerpos militares y, pronto también, civiles (el Corps de Ponts et Chaussées en Francia, los Ingenie-



7.15. «Proyecto para el Real Arsenal de La Graña y su astillero», *por Juan de Laferriere, 24 de julio de 1731. Escala de 108 mm las 48 toesas. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXIV-18.)*

ros de Caminos y Canales en España) e intervienen de forma cada vez más activa en la producción del espacio.

Es cierto que la práctica constructiva se había ido ya codificando desde el Renacimiento con los numerosos tratados de arquitectura publicados, que establecían modelos y normas para la construcción de los edificios. También, que los ingenieros no dejaron de conocerlos y utilizarlos, y que estaban presentes en sus propias bibliotecas. Entre obras muy diversas, destacan los libros de ingeniería militar y fortificación, casi siempre los de Fernández de Medrano y Belidor, al tiempo que también aparecen tal cual ejemplar de Vitrubio, Serlio, Vignola, fray Lorenzo de San Nicolás, Fontanan, Flombert, D'Aviler y la *Arquitectura civil* de Bails. Se ha señalado que, si bien en general los ingenieros siguieron a los tratadistas militares, y en particular a Belidor, para el diseño austero y funcional de los edificios, en algún caso, cuando se trataba de los especialmente representativos, trataron de diseñarlos más solemnes, y entonces acudían a los modelos de los tratados de arquitectura. Así lo hicieron al diseñar la Sala de Armas del Arsenal de El Ferrol (por Francisco Llobet, junto con el marino Jorge Juan), la cual, si en algunos aspectos recuerda edificios militares incluidos en la obra de Belidor, en otros utiliza modelos de la *Architecture moderne* de Charles Etienne Briseux (París, 1728) y del *Cours d'Architecture* de Augustin Charles D'Aviler (1691, reed. París, 1710)[87].

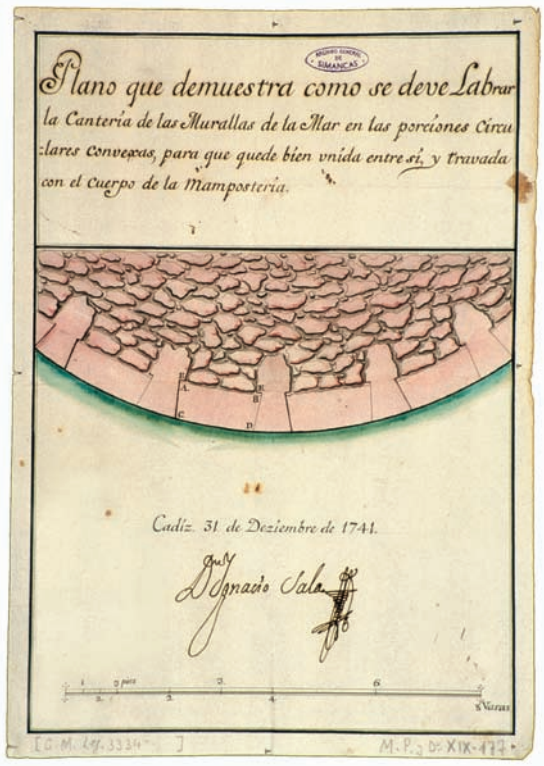
Pero, a pesar de eso, y frente a los arquitectos, los ingenieros valoraron no tanto la belleza sino la utilidad y la eficacia. En sus construcciones destacan la solidez, el cálculo, la fortaleza, los muros lisos y desnudos. Aunque al cursar la Arquitectura civil dentro del Curso Matemático de la Academia se les enseñaba la proporción y simetría de los órdenes de arquitectura y conocían a Vitrubio[88], y aunque el mismo Bélidor hacía en su tratado un repaso de los órdenes de arquitectura según los más conocidos arquitectos, en realidad los ingenieros militares se preocuparon poco de esa cuestión, de las medidas del romano, de los capiteles, de las columnas o de las molduras, temas todos típicos del debate arquitectónico durante la Edad Moderna. Lo que los numerosos planos existentes de una misma obra nos muestran es la importancia del proyecto, una y otra vez examinado y debatido por los superiores y rehecho cuantas veces resultara preciso. Los informes que los ingenieros militares habían de enviar regularmente sobre los avances de la obra significaban un control de las prácticas constructivas, y obligaban a la racionalización de los trabajos.

Los comitentes eran, desde luego, distintos. En el caso de los ingenieros se trataba sobre todo del Estado. Sólo cuando lo permitía su tiempo y con mandato o permiso de sus superiores, podían actuar también para otras instituciones locales (cabildos municipales) o eclesiásticas (obispos, órdenes religiosas), o eventualmente algún particular.

---

87 A. VIGO TRASANCOS, 1987.

88 Véase A. RABANAL YUS, 1990, y R. GUTIÉRREZ, 1984.



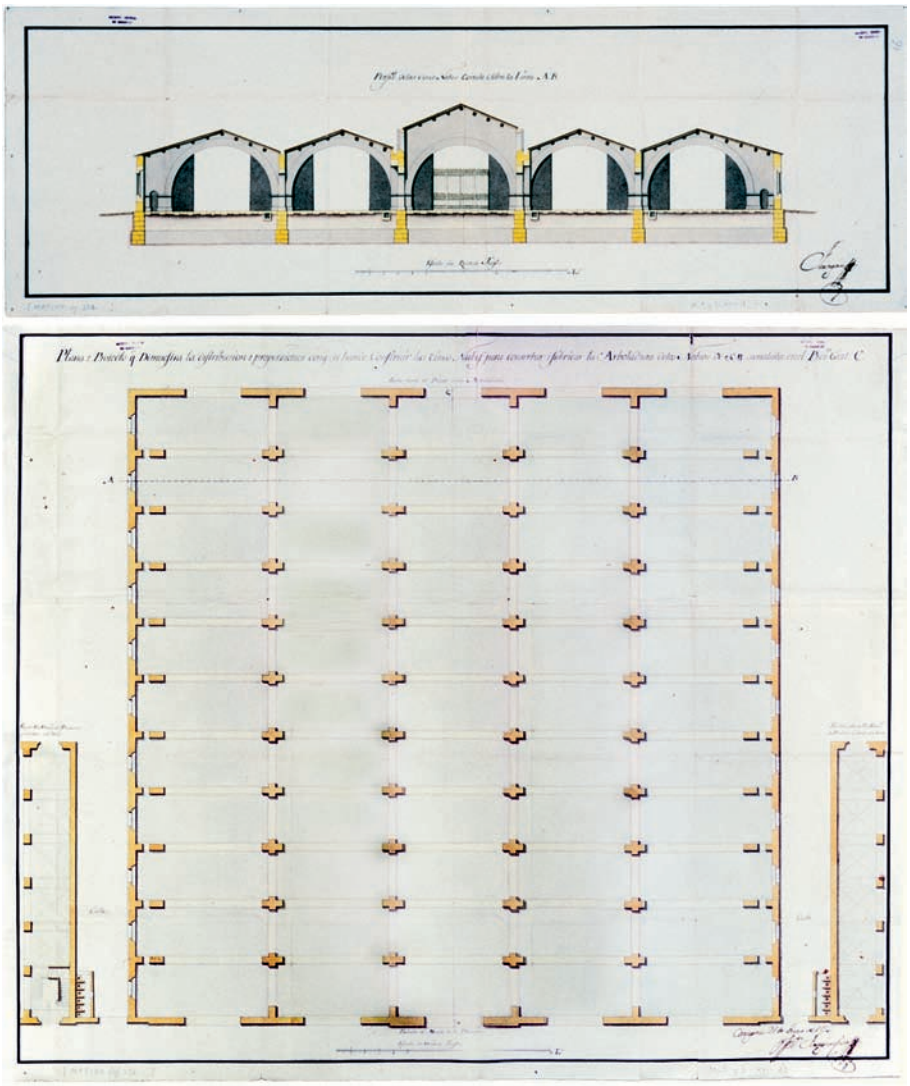
7.16. Ceuta: espigón de Nuestra Señora de África, *«Plano que demuestra cómo se debe labrar la cantería de las murallas de la mar en las porciones circulares convexas para que quede bien unida entre sí y trabada con el cuerpo de la mampostería», por Ignacio Sala, 31 de diciembre de 1741. Escala de 165 mm las 8 varas (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XIX-177.)*

En el caso de los arquitectos, los comitentes eran sobre todo privados, principalmente nobles y grandes propietarios, aunque también podían recibir encargos de carácter institucional; pero siempre como profesionales que intervenían individualmente.

Con los ingenieros estamos ya en el camino del «universo de la máquina y de la precisión», que triunfará con los miembros de las Écoles Polytechniques o de la Escuela de Ingenieros de Caminos y Canales fundada por Betancourt. De manera similar, en los ingenieros militares hay una voluntad de cuantificación y de técnica. Están bajo el signo de Minerva, y no de las Artes o las Musas. Si desean convertir el arte de la guerra en una ciencia, también tendrán esa pretensión en la ordenación del espacio y en la construcción de edificios. El saber clásico está todavía muy presente en ellos, como muestran las alusiones a Vitrubio, nada retóricas. Pero a la vez tienen una formación basada en las matemáticas. Son conscientes de la necesidad del cálculo, han adquirido una formación matemática general que los arquitectos tardarán todavía tiempo en poseer. Se atendía a la disciplina pura y mixta, lo que les obligaba a tener nociones de cosmografía y geografía, de hidráulica y de mecánica, materias presentes en el curso de Lucuce, al mismo tiempo que la arquitectura civil y militar.

En los años centrales del siglo XVIII hay en los arquitectos un rechazo decidido del barroco y de los excesos churriguerescos, a la vez que una exigencia de simplifi-

cación y elegancia que la Academia de Bellas Artes de San Fernando se encargará de tutelar. No cabe duda de que esa aspiración a la eliminación de los adornos y de lo superfluo es anterior entre los ingenieros, aunque está por hacer un análisis detallado de la evolución estilística de las construcciones realizadas por los miembros del cuerpo. También apareció tempranamente entre los ingenieros una preocupación por la



7.17. «Plano y sección del proyecto de la distribución y proporciones con que se han de construir cinco naves para fabricar la arboladura de los navíos reales», Cartagena, *por Sebastián Feringan, Cartagena, 27 de enero de 1750. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXI-12, XVII-16.)*

distribución interior y por las adaptaciones funcionales. Debates, explícitos o implícitos, pueden reconocerse, ante todo, sobre los elementos de las fortificaciones, e incluso al hacer propuestas sobre las dependencias de un palacio virreinal o de una Real Audiencia.

Las tipologías son numerosas y muchas se repiten, puesto que se han de construir en todo el imperio. Los ingenieros deben, pues, normalizar los tipos y las representaciones. El ingeniero general puede diseñar edificios para la metrópoli, para Nueva España y Filipinas, y, desde luego, debe revisar y aprobar las propuestas que se le remiten[89]. La homogeneización era posible por la formación adquirida, controlada por los superiores que aprobaban el proyecto. No dependían de un comitente particular que deseara dar una imagen de sí mismo o que impusiera sus gustos, sino de las necesidades del Estado.

Sin duda, en el interior de esa estructura corporativa existieron también diferencias y gustos individuales, y seguramente éstos pueden expresarse de una u otra forma. Eso debía de ocurrir sobre todo en los años iniciales del cuerpo, cuando se integraron en él ingenieros de diversa procedencia (flamencos, italianos, franceses, alemanes, además de españoles) y todavía no estaba organizada y reglamentada la enseñanza. Es probable que en ese momento la diversidad fuera mayor, y que la mezcla produjera hibridaciones y aportaciones valiosas. Como la fachada curva de la iglesia de la Ciudadela, que hizo escuela en Cataluña.

Luego, con la creación de la Academia de Barcelona y la normalización de los estudios a partir de 1739, el molde académico se impone. La homogeneidad pasa a ser mayor. Los apuntes eran cuidadosamente revisados y no había lugar para lo individual. Desde luego, la originalidad era seguramente inconcebible en los grados inferiores, de los ingenieros ayudantes y extraordinarios. Era, en cambio, probablemente posible en los grados superiores, los que correspondían a los responsables de los proyectos (ingeniero ordinario, ingeniero en segunda, ingeniero jefe y director de ingenieros), entre quienes se aceptaba y se requería la innovación.

Es en esos grados superiores en los que podría manifestarse el genio individual, lo que está por estudiar. También las diferencias personales: un Hermosilla que ha estado en Roma y ha colaborado en la Academia de San Fernando, y un Díez Navarro o un Constanzó que han pasado décadas en Guatemala o en Nueva España deben de tener diferencias importantes de formación, gusto y criterio. Por otra parte, la fuerza de la autoridad es posible que se dejara sentir más fuertemente en la metrópoli que en

[89] Son numerosos los casos de propuestas realizadas por unos ingenieros en un destino, elaboración de los planos en Madrid y adaptación final a las condiciones locales por el ingeniero inicial o por otro que le había sustituido. Así ocurrió, por ejemplo, con los planos de Valdivia, elaborados en Madrid a partir de los iniciales de Juan Garland, firmados por el ingeniero general Juan Martín Cermeño, y enviados de nuevo a Garland, quien los adaptó nuevamente a las condiciones del terreno. G. GUARDA, 1990, p. 236.

las provincias lejanas. La contaminación e hibridación de formas que se habían ido elaborando en Indias durante el largo período de semiaislamiento que representó el siglo XVII y las primeras décadas del XVIII, podían tal vez tener más peso en los ingenieros que trabajaban allí.

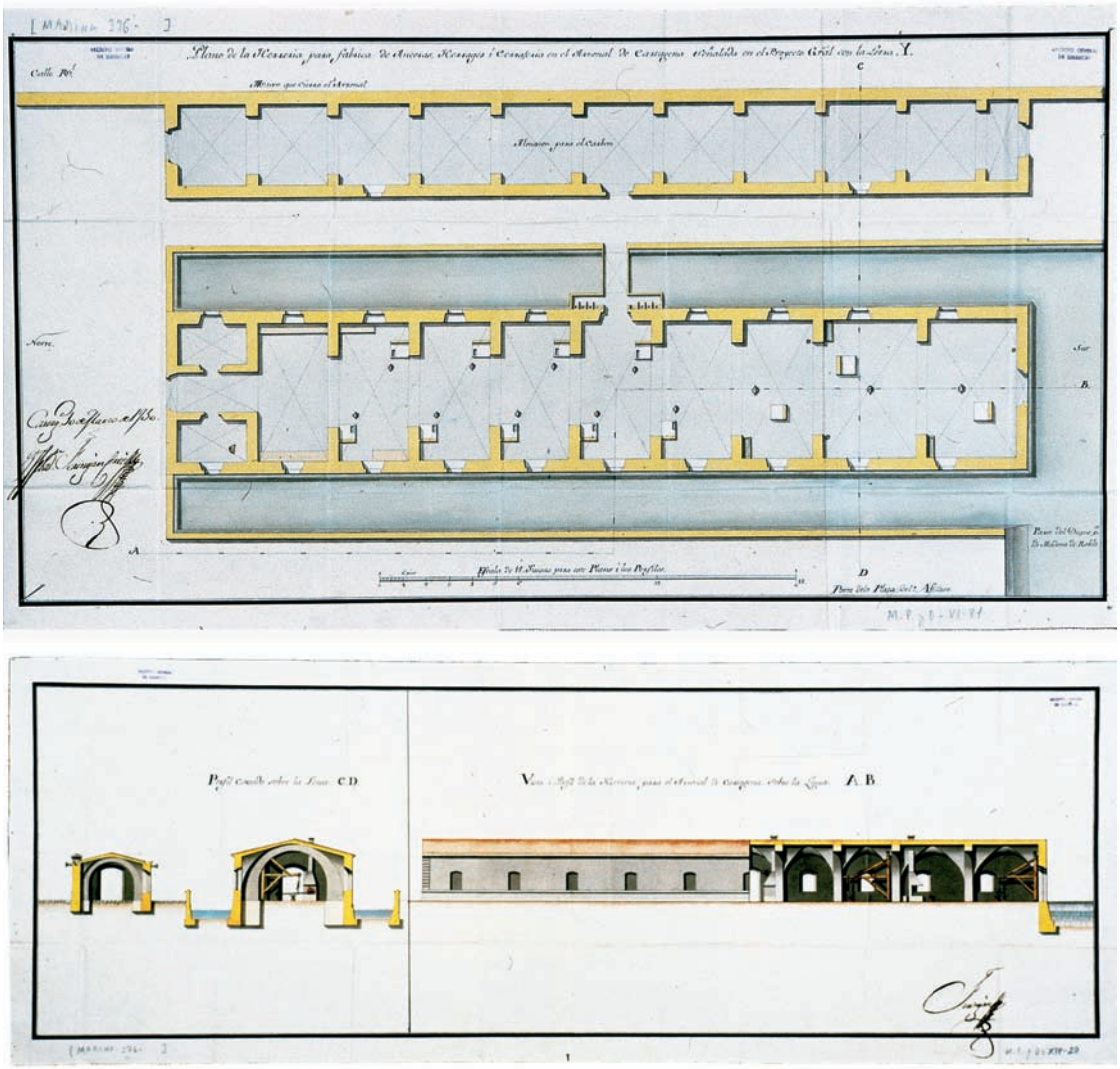
X

El territorio y el dominio de la naturaleza

En el desarrollo de la ciencia hay elementos de continuidad y otros de cambio. Entre los ingenieros militares del XVIII la continuidad es muy fuerte respecto a los del Renacimiento; y el cambio tiene que ver sobre todo con un proceso creciente de organización y especialización, que pasa primero por una separación entre la ingeniería militar y la artillería, luego por una especialización de los miembros del cuerpo militar entre fortificación y obras civiles, por la aparición de los ingenieros de marina (que en España se dedican tanto a la construcción naval como a obras portuarias e hidráulicas en general, y en otros países solamente a la primera), y por la creación del cuerpo de ingenieros cosmógrafos. Finalmente, la constitución del cuerpo de ingenieros civiles de caminos y canales supone la culminación de un proceso que proseguirá en el siglo XIX con la aparición de otros cuerpos técnicos (ingenieros de minas, de montes, industriales, etc.).

Los ingenieros militares tuvieron parte activa en eso que Paul Alliès denominó brillantemente «la invención del territorio», que se hizo en el Setecientos[90]. Intervienen de forma decisiva en la construcción del territorio, un término que desde su aparición en la época romana (*territorium*) está íntimamente ligado al ejercicio del poder sobre una porción del espacio terrestre. Es el marco de competencia de las normas estatales, pero también de la organización a través de la construcción de infraestructuras, la instalación de equipamientos, el reconocimiento y la explotación de los recursos. Su integridad se asegura mediante la defensa en las fronteras, un concepto que se fija en la Edad Moderna como límite preciso y definido, lo que implica tareas de delimitación y de unificación interior. Se trata de un proceso lento, que se inicia en el siglo XVI precisamente en la monarquía hispana con la puesta en marcha de un vasto sistema defensivo del Imperio, en que participan grandes figuras de la ingeniería militar como Antonelli, Fratin o Spanocchi, y con la realización de interrogatorios para conocer los recursos y las posibilidades de todos los reinos y provincias; que avanza en el Setecientos con nuevos proyectos como el catastro, el intento de conocimiento y control de la propiedad y de las actividades económicas, la unificación de impuestos, la Nueva Planta; y que sólo culminaría en el siglo XIX. El territorio aparece en primer lugar como el espacio de la acción del Estado conquistado y apropiado

[90] A lo que yo mismo aludí luego en otra ocasión estimulado por esa obra: H. CAPEL, 1994.



7.18. «Plano y vista de la herrería para fabricar áncoras», en Cartagena, *por Sebastián Feringan, 10 de marzo de 1750. Escala de 245 mm las 18 toesas. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., VI-81 y XIV-20.)*

finalmente por dicha acción. Es en ese sentido en el que puede decirse que el territorio se construye en el siglo XVIII, e incluso que "se inventa".

El territorio estatal es un espacio homogéneo y continuo, sin enclaves, que, aunque existen todavía como restos de los viejos reinos feudales («mis Estados», decía el duque de Béjar, por ejemplo), van perdiendo cada vez más autonomía y operatividad. Hay una clara voluntad de eliminación de fronteras interiores, de las aduanas secas, y

de los peajes internos. Se trata con ello de unificar y facilitar los intercambios. El gobierno de Felipe V lo expresa con contundencia en la ordenanza de 1718 y en la de intendentes, a que antes nos hemos referido.

Una capital central y una red radial de carreteras son la perfecta imagen de ese territorio finalmente organizado por el Estado. Lo cual significa, desde luego, extracción de recursos en beneficio de la clase dominante, que son utilizados en su propio provecho en inversiones suntuarias (palacios, jardines); pero también una aspiración a redistribuir esos recursos en beneficio de los súbditos; voluntad que aparece una y otra vez en las declaraciones, y que podemos aceptar que no es solamente retórica, sino que corresponde a una fase de la evolución social y política, y coincide con los ideales de la Ilustración.

La pretensión de homogeneidad aparece en Francia, con medidas políticas y económicas diversas desde la segunda mitad del XVII; y en España con la Nueva Planta, en el ordenamiento jurídico, en los proyectos de unificación de impuestos, de los derechos y cargas de los súbditos, que no tardarán mucho en convertirse en ciudadanos y en obtener una participación cada vez mayor en las instituciones.

Se trata de un proceso lento y laborioso que exigió muchos equilibrios, ya que necesitó negociación y transacciones con los poderes locales, pero que culminó en el siglo XIX en beneficio de los ciudadanos a partir del momento en que las prácticas democráticas y los derechos se extendieron a capas cada vez más amplias de la población.

Como ha defendido Alliès, es la Administración la que produce el territorio. Los ingenieros militares fueron agentes de esa nueva estructura administrativa y burocrática y de las decisiones que se toman en la política de fomento. Consideran el espacio de manera unitaria y global, aunque sus intervenciones sean locales, y en conflicto muchas veces con los intereses de esa escala local.

La aceptación de la lógica de la movilidad propia, y de la inevitabilidad de los desplazamientos a cualquier rincón del Imperio, apoya esa voluntad política. La disciplina y la lealtad son virtudes indispensables para las tareas de organización y creación del territorio, esencial en la constitución del Estado moderno.

La trascendencia de los aspectos organizativos del cuerpo de ingenieros militares es enorme. Es significativo que la estructura militar se impusiera también a los cuerpos de ingenieros civiles en Francia y en España. Tanto el Corps des Ponts et Chaussées como el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos adoptarán la estructura rígidamente jerarquizada y los mismos principios que los militares, de los que el uniforme y el espadín serán la manifestación pública más evidente. La misma lógica de funcionamiento en las tareas que habían de desempeñar hace que el control se intente extender también, y especialmente en el caso francés, incluso a la vida privada y a los matrimonios, al igual que en los militares.

En el siglo XVIII puede decirse que da un paso decisivo el triunfo del hombre sobre la naturaleza. El conocimiento técnico como elemento racional que guía la

acción del hombre sobre el mundo y lleva a su dominio, del que son expresión los ingenieros, va unido en el Setecientos a los avances en la gestión del Estado y del territorio. Todo ello va ligado a la idea de cuantificación, normalización y homogeneización, donde todo esté ordenado y sea previsible; para hacer posible el dominio de territorios y de hombres. Un proceso iniciado en la protohistoria da ahora un salto de gran importancia.

Cuando los ingenieros militares rescataban una vieja idea aristotélica afirmando que «podían transformar con el arte los defectos de la naturaleza», el hombre ha pasado a considerar la creación como imperfecta y a afirmar que él mismo contribuye a perfeccionarla. Ha pasado a considerarse casi como Dios. La desmesura de ese pensamiento es evidente y tiene muchos peligros. Pero también enormes posibilidades que la técnica está hoy desarrollando. Unido al espíritu optimista y emancipatorio, que asimismo es típico de la Ilustración, da al hombre, de hecho, posibilidades inmensas para eliminar la pobreza, la injusticia y la miseria en el mundo. Que se haga o no depende también de los hombres, de nosotros mismos.

BIBLIOGRAFÍA

ALBIÑANA, Salvador y HERNÁNDEZ, Telesforo: «Notas sobre técnica y proyectismo en la Albufera y el Júcar en la Edad Moderna», *Estudis*, Valencia, 1983, n.º 10, pp. 55-90.

ALLIÈS, Paul: *L'invention du territoire*, Presses Universitaires de Grenoble (col. Critique du droit, 6), Grenoble, 1980.

AMERLINCK ASSERETTO, M.ª Concepción: «Los ingenieros militares y la arquitectura urbana en Guatemala en la época de la Ilustración», en *Actas del XXIII Congreso de Historia del Arte. España entre el Mediterráneo y el Atlántico*, vol. II, pp. 451-456, Universidad de Granada, Granada, 1975.

BÉDAT, Claude: *L'Académie des Beaux-Arts de Madrid. 1744-1808. Contribution à l'étude des influences stylistiques et de la mentalité artistique de l'Espagne du XVIIIe siècle*, Université de Toulouse-Le Mirail, Toulouse, 1974.

—*La Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1808)*, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Madrid, 1989.

BONET CORREA, Antonio: «Las Reales Fábricas», en *Las manufacturas napolitanas de Carlos y Fernando de Borbón. Entre Rococó y Neoclasicismo, o las utopías posibles*, Real Academia de San Fernando/Rai Eri, Nápoles/Madrid, 2003, pp. 10-25.

BRAVO NIETO, Antonio: *Cartografía histórica de Melilla*, Ciudad Autónoma de Melilla, Melilla, 1996.

CALABRO, Mateo: *Tratado de fortificación o arquitectura militar. Dado por el capitán de infantería Don Mateo Calabro Ingeniero en segunda de los Reales Ejércitos de Su Majestad y Director General de esta Real Academia de Matemáticas de Barcelona. Abril 1.º de 1733*. Estudio introductorio, notas y glosario por Fernando R. DE LA FLOR, Universidad de Salamanca, Salamanca, 1991.

CALDERÓN QUIJANO, José Antonio: «El ingeniero Simón Desnaux y su proyecto de Academias militares en América», *Revista de Indias*, 1945, vol. VI, n.º 19, pp. 635-650.

—*Fortificaciones en Nueva España.* 2.ª ed., CSIC/Gobierno del Estado de Veracruz, Madrid, 1984.

CANO RÉVORA, María Gloria: *Cádiz y el Real Cuerpo de Ingenieros Militares, 1697-1847. Utilidad y firmeza*, Universidad de Cádiz, Cádiz, 1994.

CAPEL, Horacio: «Geógrafos españoles en los Países Bajos a fines del siglo XVII», *Tarraco. Revista de Geografía*, n.º 2, Tarragona, 1981, pp. 7-34.

—«La geografía en los exámenes públicos y el proceso de diferenciación entre geografía y matemáticas en la enseñanza durante el siglo XVIII», *Áreas. Revista de Ciencias Sociales*, n.º 1, Murcia, 1981, pp. 89-112.

—*Geografía y matemáticas en la España del siglo XVIII*, Oikos-Tau, Barcelona, 1982.

—«Cursos manuscritos y textos impresos en la enseñanza científica de los ingenieros militares», *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, CSIC, Madrid, 1987, vol. XXXIX, n.º 2, pp. 161-169.

—«El público y la circulación de obras de geografía en el siglo XVIII», en ORDÓÑEZ, J. y ELENA, A. (comps.): *La ciencia y su público. Perspectivas históricas*, CSIC, Madrid, 1990, pp. 225-310.

—«Remediar con el arte los defectos de la naturaleza. La capacitación técnica del Cuerpo de Ingenieros Militares y su intervención en Obras Públicas», en *Antiguas Obras Hidráulicas en América*, *Actas del Seminario de México, 1988*, Centro de Estudios Históricos y de Urbanismo (CEHOPU), Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid, 1991, pp. 507-542

—«Factores sociales y desarrollo de la ciencia: el papel de las comunidades científicas», en VALERA, M. y LÓPEZ, C. (eds.): *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, DM/PPU, Murcia/Barcelona, 1991, tomo I, pp. 185-228. Reproducido en *Suplementos. Materiales de Trabajo Intelectual,* Anthropos, Barcelona, n.º 43, abril 1994 (núm. especial sobre *La Geografía Hoy. Textos, Historia y Documentación*), pp. 5-19.

—«La invención del territorio. Ingenieros y arquitectos de la Ilustración en España y América», en *Actas de las Jornadas sobre la Ingeniería militar y la Cultura Artística Española*, Cádiz, 13-15 noviembre 1989. *Suplementos. Materiales de Trabajo Intelectual*, Anthropos, Barcelona, n.º 43, abril 1994 (núm. especial sobre *La Geografía Hoy. Textos, Historia y Documentación*), pp. 98-115.

—«Filosofía y ciencia en los debates sobre el territorio en la España del siglo XVIII», *Cuadernos de Estudios del Siglo XVIII*, Universidad de Oviedo, Instituto Feijoo de Estudios del Siglo XVIII, 2.ª época, n.º 5, 1995 (1997), pp. 59-100.

—«Los proyectos del ingeniero Sebastián Feringán (1741) y de Francisco Boizot (1774) para el trasvase de los ríos Castril y Guardal», *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 310, 7 de septiembre de 2001 <http://www.ub.es/geocrit/b3w-310.htm>.

CAPEL, Horacio: «El discurso político sobre el regadío del ingeniero militar Fernando de Ulloa, 1767», *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 348, 15 de febrero de 2002 <http://www.ub.es/geocrit/b3w-348.htm>.

—*La morfología de las ciudades. Volumen I, Sociedad, cultura y paisaje urbano*, Ediciones del Serbal, Barcelona, 2002.

—«Construcción del Estado y creación de cuerpos profesionales científico-técnicos: los ingenieros de la Monarquía Española en el siglo XVIII», en CÁMARA MUÑOZ, A. y COBOS GUERRA F. (eds.): *Fortificación y Frontera Marítima. Actas del Seminario Internacional celebrado en Ibiza durante los días 24 al 26 de octubre de 2003*, Ajuntament d'Eivissa, Eivissa, 2005. Reproducido en *Scripta Vetera. Edición Electrónica de Trabajos Publicados de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona <http://www.ub.es/geocrit/sv-85.htm>.

—GARCÍA, L.; MONCADA, O.; OLIVÉ, F.; QUESADA, S.; SÁNCHEZ, J.-E. y TELLO, R.: *Los ingenieros militares en España. Repertorio biográfico e inventario de su labor científica y espacial*, Ediciones de la Universidad de Barcelona, Barcelona, 1983.

—SÁNCHEZ, J.-E. y MONCADA, O.: *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, CSIC/Ediciones del Serbal, Barcelona, 1988.

—NAVARRO ABRINES, M.ª C.: «Carlos de Beranger: un ingeniero militar en el virreinato del Perú», *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 12, 3 de marzo de 1997 <http://www.ub.es/geocrit/b3w-12.htm>.

—CASALS, V.: «Los ingenieros», en PESET, J. L. (dir.): *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla. Siglo XVIII,* Junta de Castilla y León, Valladolid, 2001, vol. IV, pp. 567-602.

CASALS, V. y CAPEL, H.: «La ingeniería y la ciencia a la conquista del territorio», en BONET CORREA, A. (org.): *Fernando VI y su tiempo. Catálogo de la Exposición*, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 2002.

CISNEROS, Gabriela y MONCADA MAYA, J. Omar: «Proyecto de los ingenieros Pedro Ponce y Diego Panes para establecer una fundición de Artillería en la Nueva España», *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 447, 20 de mayo de 2003 <http://www.ub.es/geocrit/b3w-447.htm>.

CORELLA, Pilar: «La Real Casa de Geografía de la Corte y el comercio ultramarino durante el siglo XVIII», *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, 1987.

CORTADA I COLOMER, Lluís: *Estructures territorials, urbanisme i arquitectura poliorcètics a la Catalunya preindustrial*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1998. Vol. 1, *De la Antiguitat al segle XVII*; vol. 2, *Segles XVIII i XIX*.

FLORIDABLANCA, Conde de (José MOÑINO): *Escritos políticos. La Instrucción y el Memorial*. Edición, estudio y notas biográficas de Joaquín RUIZ ALEMÁN, Academia Alfonso X el Sabio, Murcia, 1982.

GALINDO, Jorge: *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares del siglo XVIII. Un estudio sobre la formalización del saber técnico a través de los tratados de arquitectura militar*. Tesis doctoral dirigida por el Dr. José Luis González Moreno-Navarro, Universidad Politécnica de Cataluña, 2000. Edición en CD, Centro de Investigación CITCE, Universidad del Valle, Cali (Colombia).

GALLAND-SEGUELA, Martine: *Les ingénieurs militaires espagnols de 1710 à 1803. Étude prosopographique et sociale d'un corps d'élite.* Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, París, 2003. (Recensión en *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, 2003, vol. VIII, n.º 471, 5 noviembre de 2003 <http://www.ub.es/geocrit/b3w-471.htm>.

—«Las condiciones materiales de la vida privada de los ingenieros militares en España durante el siglo XVIII», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, 15 de diciembre de 2005, vol. VIII, n.º 179 <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-170.htm>.

GIL ALBARRACÍN, Antonio: *Documentos sobre la defensa de la costa del Reino de Granada (1497-1857)*, GBG Editora, Almería/Barcelona, 2004.

GUARDA, Gabriel: *Influencia militar en las ciudades del Reino de Chile*, Academia Chilena de la Historia/Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 1967.

—«El mariscal de campo Don Manuel Olaguer Feliú, Director del Real Cuerpo de Ingenieros», en BLANC RENARD, Neville (coord.): *Homenaje al Profesor Guillermo Feliu Cruz*, Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 1974, pp. 419-469.

—*Historia urbana del Reino de Chile*, Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 1978.

—*Atlas cartográfico del Reino de Chile*, Instituto Geográfico Militar, Santiago de Chile, 1981.

—«El Ingeniero D. Juan Garland y White (†1775)», *Revista Chilena de Humanidades*, Santiago de Chile, 1985, n.º 7, pp. 31-41.

—*Flandes Indiano. Las fortificaciones del Reino de Chile, 1541-1826*, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 1990.

—*El arquitecto de la Moneda Joaquín Toesca 1752-1799. Una imagen del imperio español en América*, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 1997.

—«El Brigadier de ingenieros Carlos de Beranguer, gobernador de Chiloé», en *Entre Puebla de los Ángeles y Sevilla. Homenaje al Dr. J. A. Calderón Quijano*, Publicaciones de la Escuela de Estudios Hispano-Americanos de Sevilla, Sevilla, 1997, pp. 71-81.

LEÓN GARCÍA, M.ª del Carmen: «El camino México-Toluca, proyecto del ingeniero militar Manuel Agustín Mascaró, Nueva España, 1791-1793», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, vol. VI, n.º 123, 15 de septiembre de 2002 < http://www.ub.es/geocrit/sn-123.htm >.

LUCUCE, Pedro de: *Tratado de Cosmografía del Curso Matemático para la Instrucción de los Militares, 1739-1779. Según un manuscrito anónimo de 1776*. Transcripción y estudio por R. ALCAIDE y H. CAPEL, Edicions i Publicacions (*Geocrítica Textos Electrónicos*, n.º 1), Barcelona, 2000. Estudio introductorio «El Curso de Cosmografía de Lucuce en las Academias de Matemáticas Militares: el problema de los textos científicos y el desarrollo de la ciencia española en el siglo XVIII» <http://www.ub.es/geocrit/menu.htm>.

MADRAZO, Santos: *El sistema de transportes en España, 1750-1850*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos/Turner, Madrid, 1984, 2 vols.

MENDOZA VARGAS, Héctor y CISNEROS GUERRER, Gabriela A.: «Diego García Panes y Abella. Un ingeniero militar en la historia indiana», *Biblio3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 109, 3 de septiembre de 1998 <http://www.ub.es/geocrit/b3w-109.htm>.

MONCADA, Omar: *Ingenieros militares en Nueva España. Inventario de su labor científica y espacial. Siglos XVI al XVIII*, UNAM, México, 1993.

—*El ingeniero Miguel Constanzó. Un militar ilustrado en la Nueva España del siglo XVIII*, UNAM, México, 1994.

—«El ingeniero militar Miguel Constanzó en la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de la Nueva España», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, vol. VI, n.º 136, 1 de marzo de 2003 <http://www.ub.es/sn-136.htm>.

—«En torno a la destrucción de la ciudad de Guatemala, 1773. Una carta del ingeniero militar Antonio Marín», *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 444, 5 de mayo de 2003 <http://www.ub.es/geocrit/b3w-.htm>.

MUÑOZ CORBALÁN, Juan Miguel: *Los ingenieros militares de Flandes a España (1691-1718)*, prólogo de Horacio Capel, Ministerio de Defensa, Madrid, 1993, 2 vols.

—«Sanidad, higiene y arquitectura en el siglo XVIII. Los ingenieros militares: un eslabón en la política sanitaria y hospitalaria borbónica», *Boletín de Arte*, Universidad de Málaga-Departamento de Historia del Arte, Málaga, 1990, pp. 119-135.

—«La biblioteca del Ingeniero General Jorge Próspero Verboom», *Academia. Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, n.º 80, Real Academia de San Fernando, Madrid, enero-junio de 1995, pp. 342-362.

—«La iglesia de la Ciudadela de Barcelona. Francia y Flandes en la Ciudad Condal del siglo XVIII», *Locus Amoenus*, n.º 1, Universitat Autònoma de Barcelona-Departament d'Art, Barcelona, 1995, pp. 173-192.

—«Las Juntas de Reales Obras: un órgano técnico-administrativo entre la Corona y el poder municipal en el siglo XVIII», *Arquitectura y Ciudad IV* (Melilla, septiembre de 1992), Ministerio de Cultura, Madrid, 1992.

NAVARRO ABRINES, M.ª Carmen: *Carlos de Beranger, un ingeniero militar en el virreinato del Perú (1719-1793)*, tesis doctoral dirigida por el Dr. Carlos Martínez

Shaw, Barcelona, Universidad de Barcelona (Departamento de Historia Moderna), 1996.

NAVARRO ABRINES, M.ª Carmen: «La mina de mercurio de Huancavélica (Perú). Entre los intentos de reforma de Antonio de Ulloa y el continuismo de Carlos Beranger (1758-1767)», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, vol. I, n.º 4, 1 de junio de 1997 < http://www.ub.es/geocrit/sn-4.htm >.

PICON, Antoine: *Architectes et ingénieurs au Siècle des Lumières*, Parenthèses, París, 1988.

—*L'invention de l'Ingenieur moderne. L'École des Ponts et Chaussées 1747-1851*, Presses de l'École Nationale des Ponts et des Chaussées, París, 1992.

PIÑERA RIVAS, Álvaro de la: «El ingeniero militar Sebastián Feringán, constructor del Real Arsenal de Cartagena», *Revista de Historia Naval*, Madrid, 1985, vol. III, n.º 8, pp. 111-139.

PRIETO GONZÁLEZ, José Manuel: «Cuando enseñar la Arquitectura aún era probable», PESET, José Luis (dir.): *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla. Siglo XVIII,* Junta de Castilla y León, Valladolid, 2001, vol. IV, pp. 685-724.

QUINTANA MARTÍNEZ, Alicia: *La arquitectura y los arquitectos en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1774)*, Xarait, Madrid, 1983.

RABANAL YUS, Aurora: «El tratado de arquitectura enseñado en la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona», *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte*, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, vol. II, 1990, pp. 179-185.

—«Una primera aproximación al tratado de fortificación enseñado en la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona, durante la dirección de Pedro de Lucuce», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al Profesor Antonio Bonet Correa*, Editorial Complutense, Madrid, 1994, pp. 698-705.

—«El concepto de ciudad en los tratados de arquitectura militar y fortificación del siglo XVIII en España», *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, UNAM, México, otoño 2002, vol. XXIV, n.º 81.

RIERA, Juan: «L'Acadèmia de Matemàtiques a la Barcelona Il·lustrada (1715-1800)», en *Actas del II Congreso Internacional de Historia de la Medicina Catalana*, Barcelona, 1975, pp. 73-128.

RUBIO PAREDES, José María y PIÑERA Y RIVAS, Álvaro de la: *Los ingenieros militares en la construcción de la base naval de Cartagena (Siglo XVIII)*, Servicio de Publicaciones del EME (col. Marte), Madrid, 1988.

SAMBRICIO, Carlos: *Territorio y ciudad en la España de la Ilustración*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Instituto del Territorio y Urbanismo, Madrid, 1991.

SANCHEZ PÉREZ, Joan-Eugeni: «Los ingenieros militares y las obras públicas del siglo XVIII», en *Cuatro conferencias sobre historia de la ingeniería y de la obra pública en España*, CEHOPU, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1987, pp. 43-78.

SANCHEZ PÉREZ, Joan-Eugeni: «La estructura institucional de una corporación científica: el Cuerpo de Ingenieros Militares en el siglo XVIII», en PESET, J. L. (coord.): *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica*, CSIC, Madrid, 1989.

SÁNCHEZ TARAMAS, Miguel: *Tratado de Fortificación o Arte de construir los edificios Militares y Civiles. Escrito en inglés por Juan Muller. Traducido en castellano, dividido en dos tomos, y aumentado con notas, adiciones y 222 láminas finas sobre las 26 que ilustran al original*, Thomas Piferrer, Barcelona, 1769.

SOLANO, Francisco de: *Antonio de Ulloa y la Nueva España*, UNAM, México, 1987.

TATJER MIR, Mercedes: *La Barceloneta, del siglo XVIII al Plan de la Ribera*, Los Libros de la Frontera, Barcelona, 1973.

TORREJÓN CHAVES, Juan: *La Nueva Población de San Carlos de la Isla de León (1774-1806)*, Ministerio de Defensa, Madrid, 1985.

TOVAR MARTÍN, Virginia: «Francisco Sabatini, autor del cuartel de las Reales Guardias Walonas de la villa de Leganés», *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, 1981, vol. XVIII, pp. 321-345.

VIGO TRASANCOS, Alfredo: «Evolución urbanística del barrio de La Magdalena», en *El barrio de La Magdalena de El Ferrol*, Vigo, Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia, 1980, pp. 28-47.

—*Arquitectura y urbanismo en El Ferrol del siglo XVIII*, Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia, Santiago de Compostela, 1985.

—«Los tratados de arquitectura de Belidor, Briseux y D'Aviler en la formación de los ingenieros militares: el ejemplo de la "Sala de Armas" del Arsenal de Ferrol», en *Homenaje e la Facultad de Geografía e Historia a los profesores D. Manuel Lucas Álvarez y D. Ángel Rodríguez González*, Servicio de Publicaciones de la Universidad, Santiago de Compostela, 1987, pp. 669-680.

VILARDELL SANTACANA, Joan Enric: *La fundación de Georgetown (1771). Patrick MacKellar y el urbanismo militar británico*, tesis doctoral dirigida por el Dr. José Luis Oyón Bañales, Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 2003 (Recensión en *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, 2003, vol. VIII, n.º 474, 5 diciembre de 2003 <http://www.ub.es/geocrit/b3w-474.htm>).

ZILBERMANN DE LUJÁN, Cristina: *Aspectos socio-económicos del traslado de la ciudad de Guatemala (1773-1783)*, Academia de Historia de Guatemala, Guatemala, 1987.

8

Ingeniería y obra pública civil en el Siglo de las Luces

Juan José Arenas de Pablo
Universidad de Cantabria

El siglo XVIII exhibe un nuevo clima de atención a las obras públicas.[1] Tras la guerra de Sucesión, se abre una centuria de reconstrucción que presencia la ejecución de las primeras carreteras dignas de ese nombre y, ya en el reinado de Carlos III, la aprobación del primer esquema director de lo que será la red nacional de carreteras radiales. La Ilustración conducirá, a finales de siglo, a la organización del cuerpo de Ingenieros de Caminos y Canales y, a imitación de la escuela de París, a la apertura de la Escuela homónima, que inicia su actividad ya en el siglo XIX.

La situación de los caminos en España era tan lamentable como la existente en el último siglo de los Austrias. Pese a la actitud radicalmente nueva de los sucesivos gobiernos que trataron de fomentar el comercio y el transporte, la actividad constructora a lo largo del XVIII resultó escasa y, además, desordenada y poco eficiente. Como recuerdo de aquel estado de cosas, Pablo Alzola relata el viaje del nuevo rey Felipe V, que emplea nada menos que 25 días para trasladarse desde Irún hasta Madrid... y eso que, al estilo tradicional, se había procedido previamente a reparar los caminos y los puentes[2]. Hasta ese momento,

> «se estaba lejos del Estado-Providencia. El destino de los impuestos se movía dentro de los cauces tradicionales: gastos de la Casa Real, la Administración Central y, sobre todo, los gastos militares absorbían la mayoría de los ingresos. Felipe V dedicó algunas cantidades a la fundación de fábricas estatales siguiendo el modelo colbertista. Fernando VI fue más lejos, acometiendo un plan de obras públicas que dio origen a las actuales carreteras radiales»[3].

---

[1] En lo que respecta a puentes y a caminos, el contenido de este capítulo coincide sustancialmente con el capítulo VII de *La Ilustración en España*, en J. J. ARENAS DE PABLO: *Caminos en el aire, los puentes*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2002. El autor agradece el apoyo recibido del editor, Manuel Silva, en este trabajo.

[2] Pablo ALZOLA Y MINONDO: *Historia de las obras públicas en España*, Imprenta Casa de Misericordia, Bilbao, 1899.

[3] A. DOMÍNGUEZ ORTIZ: *Hechos y figuras del siglo XVIII español*, Siglo XXI, Madrid, 1980.

El nuevo clima va a consistir en el apoyo a la industria y al libre comercio[4] y en la intervención del Estado en la dinamización de la economía: industrias, obras públicas y construcciones navales. En las primeras décadas del siglo se funda el Cuerpo de Ingenieros Militares, en el que se van a integrar oficiales que dirigirán las grandes obras públicas. En 1718 se redacta una Instrucción en la que se les encarga el estudio del territorio, del estado de los caminos, las posibles mejoras de su traza, los terrenos que atraviesan y las obras de reparación necesarias. En concreto, «notarán el estado de los puentes y los que convendría reparar o aumentar, con expresión por mayor del coste de cada una de las obras». La Instrucción advierte de la intención del Tesoro Real de sufragar gran parte de esos trabajos «y aun con el trabajo de mis tropas, que emplearé con gusto en lo que pueda conducir al bien común de mis vasallos»[5].

Éste es el punto de arranque de la autoridad del Consejo de Castilla como institución que entiende de los caminos y que va a empezar a ocuparse de su financiación. Hasta entonces eran los pueblos y sus corregidores quienes directamente los construían y conservaban, con los malos resultados que de tal organización, nada tecnificada, cabía esperar. Y, por supuesto, con unas vías de comunicación que eran sólo suma y yuxtaposición de caminos parciales y que, de ese modo, no podían componer una red coherente.

I

Las primeras carreteras construidas por el poder central

Las carreteras del Guadarrama y de Santander a Reinosa, ésta como primer paso de un pretendido enlace directo entre Santander y Burgos, son las primeras obras importantes financiadas en España en su totalidad por el tesoro público, correspondiendo al marqués de la Ensenada la honra de haber puesto en marcha esta iniciativa, tan imprescindible como novedosa. En el caso de la carretera de Reinosa se aplicó una Ordenanza por la que, dada la pobreza de las provincias de Burgos y Santander, era el Consejo de Castilla el que debía proveer dinero para su realización. De la carretera del Guadarrama se construye el tramo entre este pueblo y El Espinar, abriéndose entonces al tráfico el puerto del León; una figura de este animal tumbado sobre un zócalo de piedra, con una placa a sus pies, sigue conmemorando la efemérides: 1749, cuarto año del reinado de Fernando VI.

[4] Ya, como resultado de la guerra de Sucesión, se han difuminado las fronteras y aduanas interiores que hasta entonces separaban los territorios de las Coronas de Castilla y Aragón. Las aduanas se desplazan hasta las fronteras exteriores y los puertos marítimos. Tan sólo las provincias vascas y Navarra quedan fuera del régimen común. Ver a este respecto J. I. URIOL SALCEDO, 1990.

[5] J. I. URIOL SALCEDO, *op. cit.*

Puede sorprender que, para tal ensayo de financiación, se eligieran desde Madrid orografías de las más difíciles que en la Península se pueden encontrar. Refiriéndose al camino de Santander a Reinosa, explica Martínez Vara que tras la decisión, tomada en 1748, de construir el "camino de las lanas", había el interés de la Corona de desviar hacia el puerto de Santander un tráfico hasta entonces floreciente que, embarcado en Bilbao, y a causa de sus privilegios forales, no tributaba a las arcas reales. A lo cual hay que añadir el empeño por facilitar el transporte de maderas al Real Astillero de Guarnizo, inmediato a Santander, que iba a protagonizar en este siglo el rearme naval de España.

Se decide iniciar esa carretera por su tramo más difícil, lo que manifiesta verdadera voluntad política de llevarla a cabo. La subasta del tramo Reinosa-Santander, de 12 leguas de longitud[6], se realiza en 1749 y se adjudica a Marcos de Vierna; a pesar

8.1. Carretera ochocentista de Reinosa a Santander, realizada por Marcos de Vierna entre 1749-1753: *1) Restos del trazado original; 2) Detalle de obra de drenaje. (Fot.: Rafael Ferrer Torío.)*

[6] La legua ordinaria o "legua corta" equivalía a 20.000 pies castellanos, cada uno igual a unos 28 cm. Según esto, el desarrollo del camino de Reinosa sería de unos 67 km, algo por debajo de los 71 que separan hoy Santander de Reinosa. La diferencia estará en la inexactitud de la cifra redondeada y, quizás también, en que pudieran existir caminos en buen estado en las inmediaciones de Santander que serían aprovechados por la nueva carretera. La legua larga, poco utilizada, contenía 24.000 pies castellanos, equivalentes a unos 6,5 km.

de que las estimaciones de gasto se superan siempre, la obra se remata en 1753[7]. Uriol Salcedo (1990) afirma que los directores de esta carretera fueron los ingenieros militares Rodolphe, Stölinger y Vrerich (todos extranjeros, como se deduce de sus nombres), que su costo fue de medio millón de reales por legua, que toda ella iba encajada en muros de contención (de hasta 7 m de altura) y que el peaje para el tránsito por ella se estableció en Reinosa.

Un total de dieciocho puentes "mayores", nuevos o reparados, fueron precisos para esta carretera. Alzola dice que se trataba de un camino con plataforma de 28 pies castellanos (784 cm), que incluía una calzada de 21 pies (unos 5,70 m) y sendas "paredes" laterales de 3 pies y medio cada una[8]. Así, en sólo cuatro años, y a pesar de la pobreza de medios de la época, se construye un camino carretero de unos 70 km que va a ser bien aprovechado por los abundantes arrieros existentes en la Montaña: éstos, acostumbrados a moverse por malas sendas y difíciles pasos, van a dar una vida considerable a este apéndice que de la Meseta castellana baja al mar Cantábrico. Sin embargo, lo que se inició como "camino de las lanas" terminó siendo una carretera de harinas en vías de embarque hacia las Américas desde el puerto de Santander, y ello a partir de la liberalización de ese comercio en 1778, momento hasta el cual todo el tráfico con las colonias se realizaba a través de los puertos de Sevilla y Cádiz. La prevista unión entre Burgos y la capital de Cantabria acabó materializándose por Aguilar de Campoo y Alar, ya en la ruta hacia Palencia y Valladolid. Este itinerario se vio reforzado a finales del siglo con la construcción del Canal de Castilla, hito histórico que se comentará más adelante.

Gervasio de Eguaras, en su *Examen crítico e imparcial de Santander*, que recoge Martínez Vara, describe un Santander transformado a mediados del siglo XVIII por el nuevo camino a Reinosa y por el ya autorizado comercio con las colonias:

> «Todo mudó de repente. Una nueva población se repone en lugar de la antigua: Donde antes se veía un mutuo choque de las olas se ve la tierra seca, donde los mástiles de los navíos, ahora los balcones de los soberbios edificios. Hácese puerto de escala para las Indias. El comercio crece de un salto, el traficante anda las calles a la par que las carretas conducen los frutos coloniales. Todo está en actividad. El arriero descarga los frutos de las Castillas y lleva los azúcares de La Habana».

Un año después de la terminación de este importante camino regresa a España el economista Bernardo Ward, comisionado por Fernando VI para que estudiase el desarrollo de la industria en los países más adelantados de Europa. El resumen de sus

---

[7] Marcos de Vierna aparece como contratista. Sin embargo, va a figurar en las obras de numerosos puentes de la segunda mitad del XVIII como arquitecto que traza y dirige la obra. Además, Alzola da el dato de que esa carretera, de 12 leguas de desarrollo, fue construida con la colaboración de soldados.

[8] Paredes que permiten elevar la plataforma del camino sobre el suelo y que explican la etimología de la voz *calzada*.

observaciones está expresado en un *Proyecto económico* que, en su capítulo de transportes terrestres, concluye con la urgente necesidad de plantear un conjunto de carreteras radiales desde Madrid a La Coruña, Irún, La Junquera, Alicante, Cádiz y Badajoz, coincidentes casi exactamente con las seis vías radiales que, en efecto, se han terminado construyendo. Ward habla también de la necesidad de otras rutas de enlace con los puertos y, finalmente, de las comunicaciones transversales, que son las que permitirán llevar los frutos de las provincias hasta los ejes principales. Del problema de cómo financiar tan enorme programa, Ward dice que

> «haciendo el Rey el primer costo (como corresponde), es muy justo que en lo sucesivo los mantengan los pueblos que disfrutarán el beneficio de esta providencia»[9].

La financiación de estas obras debió de constituir un obstáculo extraordinario, resuelto en parte a través de un impuesto sobre la sal, más los cobros de peajes, pontazgos y portazgos para el mantenimiento de lo construido[10]. Para numerosas obras de navegación interior se llegó a proponer su concesión a compañías extranjeras que, a través de un largo período de tiempo, deberían reembolsarse la inversión y obtener beneficios. La tensión entre la urgencia de realizar lo que se entendía como obras imprescindibles para el progreso de España y la escasez de dinero con que hacerles frente lleva al marqués de la Ensenada, en su conocida *Representación* de 1748 a instar al monarca Fernando VI: «Es preciso empezar, Señor, porque lo que no se empieza no se acaba»[11].

Ward estima que el coste del transporte de mercancías en carretas supone la tercera parte que el realizado a lomos de mulas. ¿Qué ahorro no representarían los canales de navegación, donde las barcazas avanzan por el agua sin resistencia, arrastradas desde ambas orillas por animales de tiro? Ello explica la cantidad de proyectos de canales que ven la luz en esa época[12], la mayoría quiméricos en una orografía tan atormentada y con unos caudales tan escasos e irregulares como los que ofrecen los ríos españoles. De hecho, el ingeniero francés Carlos Lemaur, que va a construir las difíciles carreteras del Guadarrama y de Sierra Morena, había venido a España para estudiar el Canal de Campos, actual Canal de Castilla, cuyas obras se inician en 1753.

Pero el ansia por recuperar el retraso nacional a través de una buena red de comunicaciones es común a todos los gobernantes del siglo XVIII. Don José Moñino, conde de Floridablanca, que había sido primer secretario de Carlos III entre los años

---

9 P. ALZOLA Y MINONDO, 1899.

10 Conocemos con detalle el estado de esa financiación a principios del siglo XIX, que seguía incluyendo un impuesto de 2 reales por fanega de sal, pero también, entre otros, el 1 % del valor de la plata que se desembarcaba en Cádiz y el producto de los portazgos. Sobre un total de 7.200.000 reales de recaudación, la sal aportaba entonces 2.300.000, la plata 720.000 y los portazgos unos tres millones. Vid. A. de BETANCOURT, 1803.

11 P. ALZOLA Y MINONDO, 1899.

12 Por ejemplo, en 1756 se constituye la Compañía de Navegación del Tajo.

1777 y 1792, escribe al ser cesado (y procesado), ya en el reinado de Carlos IV, su memorial de defensa, donde exalta el gran avance que las carreteras y los puentes han experimentado durante su mandato. Pero, comentando la desproporción existente entre la ingente tarea por realizar y los medios disponibles, Rumeu de Armas apunta que:

> «por esta regla, los caminos principales de Barcelona, Cádiz, La Coruña y Cartagena o Alicante a la Corte [...] habían de consumir el tiempo de doscientos años más, cosa que abrumaba la imaginación de Floridablanca, abatiéndole el ánimo a pesar de sus deseos de facilitar el tráfico y comunicación de los pueblos y provincias del Reino, de los que depende gran parte de sus socorros, salida de sus frutos e industrias y su felicidad»[13].

Obsérvese que la ausencia de vías de transporte, añadida a los pontazgos, portazgos y barcajes, producían enormes diferencias de precios en los productos agrícolas entre las provincias del interior y las periféricas o, incluso, entre regiones vecinas. Del mismo modo, las malas cosechas provocaban elevaciones de precios muy superiores en la zona central de la Península a las de los bordes marítimos que podían abastecerse del exterior. Entre las causas a las que los ilustrados achacan la caída de la agricultura, siempre aparece la ausencia de canales y caminos para el libre comercio[14].

II

Los cruces de ríos en las carreteras "radiales" a mediados del siglo

Un buen método, a la hora de valorar la situación a mediados del XVIII, es pasar revista a los cruces de las seis carreteras radiales con los grandes ríos de la Península. Empezando por la actual N-I, el cruce del Duero en Aranda estaba resuelto mediante un puente de piedra desde la época romana, y el del Arlanza en Lerma con un puente en lomo de asno desde el XVII. El Arlanzón se atravesaría en Burgos, como mínimo, por el puente Malatos, y, finalmente, el Ebro se pasaba en Miranda por un puente que había mantenido el servicio desde el reinado de Alfonso VI. La actual carretera N-II exigía, para empezar, el cruce del Jarama en la salida de Madrid hacia Alcalá, lo que dio lugar a la reconstrucción del puente de Viveros, que vino a reemplazar a otro anterior en mal estado. El siguiente obstáculo de importancia sería el Ebro, que se cruzaba en Zaragoza por el Puente de Piedra[15]. Conviene recordar que, hasta la construcción por el ingeniero Ribera del puente colgante de Amposta en las primeras décadas

[13] A. RUMEU DE ARMAS, 1980, p. 255.

[14] Puede verse al respecto G. ANES, 1969.

[15] En su *Viaje de España*, dice Ponz que en Zaragoza se atraviesa el Ebro «por un magnífico puente de piedra de siete ojos».

8.2. Puente de Alcolea (*Al Qalat *dim., El castillejo) *sobre el Guadalquivir, entre Andújar y Córdoba (1785-1792). Sustituye a otro romano de la Vía Augusta. (Fot.:* Revista de Fomento*.)*

del siglo XX, el Ebro no dispuso de ninguna otra obra fija de cruce aguas abajo de Zaragoza. A la salida del Puente de Piedra se atravesaba el río Gállego, inmediato a su confluencia con el Ebro, por un puente de madera. Habría después que pasar el Cinca en Fraga (según Madoz y Ponz, a fines del XVIII y hacia 1840, respectivamente, mediante un puente de madera, siempre incompleto y en mal estado o, con frecuencia, en barca de sirga), y, en Lérida, el Segre recrecido por el Cinca. Ya en la provincia de Barcelona, el río Llobregat iba a dar lugar a la erección de la obra más interesante de la Ilustración, que es –o, mejor, era– el magnífico puente de sillares rojizos de Molins de Rei.

La carretera N-IV, de Madrid a Sevilla y Cádiz[16], tenía que enfrentarse primero al Jarama y después al Tajo y al Guadalquivir. En la época de Fernando VI, tratando de mejorar el acceso de Madrid al Real Sitio de Aranjuez, se había comenzado a edificar el llamado Puente Largo sobre el Jarama, justo antes de su confluencia con el Tajo, obra que vino a reemplazar a un puente de barcas. El Tajo se cruzaba, como hoy, en el mismo Aranjuez, utilizando bien un puente de barcas, bien otro de madera, de los

[16] Los grandes vacíos demográficos que existían a lo largo de esta carretera en la zona de Sierra Morena, desiertos que facilitaban el bandolerismo y los ataques a viajeros y mercancías, impulsaron a Pablo de Olavide a proponer a Carlos III la creación de nuevas poblaciones en su trazado. Así nacieron, entre otras, La Carolina, La Luisiana y La Carlota, pobladas en buena medida con inmigrantes alemanes. Como demuestra Domínguez Ortiz, esos nuevos núcleos fueron además concebidos como experimento social avanzado, donde se trataba de crear sociedades agrícolas más ilustradas, igualitarias y ricas.

que habla Madoz en su *Diccionario*[17]. Vemos cómo los pasos de ríos caudalosos, como el Tajo, daban lugar muchas veces a obras más o menos provisionales que eran objeto de continuos refuerzos y que producían también continuos gastos.

En cuanto al Guadalquivir, existía desde época romana el puente de Córdoba, sometido a reparaciones permanentes. Aguas arriba de esta ciudad, la carretera que, bajando de Despeñaperros, ha cruzado en Andújar a la margen izquierda del río, vuelve a ganar la derecha en Alcolea, exigiendo para ello la construcción de un puente que pasaría a la historia por la batalla que tuvo allí lugar en la revolución de 1868. Veinte años antes, escribía Madoz sobre este puente:

> «Todo él construido de mármol negro extraído de las numerosas canteras que de esta hermosa piedra existen en los alrededores. Cuenta 20 grandes ojos, sostenidos por otros tantos cuchilletes[18] de una solidez no común [...] es uno de los mejores puentes que se conocen en la Península».

Los gastos en el puente de Alcolea desesperaron a Floridablanca[19], algo que no es malo recordar en estos tiempos económicamente más desahogados y de culto a la espectacularidad.

La carretera N-V, de Madrid a Badajoz y Portugal, salvaba el Tajo al pie del puerto de Miravete, desde 1537, gracias al gran puente de Almaraz. El Guadiana presentaba otro obstáculo serio, sobre el que, además del puente romano de Mérida, que hacía posible que la carretera continuara hacia Sevilla y Huelva, en Badajoz existía desde finales del XV, para seguir hacia Portugal, el Puente de Palmas. En ese mismo itinerario, Ponz da noticia, en su *Viaje de España*, del cruce del Guadarrama en la salida de Madrid, cerca de Arroyomolinos, donde había puente de madera tan malo que lo normal era vadear el río siempre que no estuviera crecido.

La carretera de Madrid a Galicia, actual N-VI, había de superar a la salida de Madrid el río Manzanares, lo que desde finales del XVI, y gracias a Juan de Herrera, se había resuelto con la Puente Segoviana. Viniendo de El Pardo, el puente de San Fernando, concluido a mediados del XVIII, permitía también cruzar este río. Para cruzar

---

17 Dice Madoz: «Al frente del Jardín de la Isla, había otro paso, donde se construyó al formarse el Real Sitio un puente de madera que llamaron Puente de Tajo y servía de entrada principal por la parte de Madrid; le dirigió Juan de Castro, maestro de las obras del Sitio, y por su muerte en 16 de Diciembre de 1571, le sucedieron sus hijos Juan y Gabriel. En 1748 se reedificó por D. Leonardo de Vargas, maestro hidráulico, y se hicieron las portadas de cantería por dibujo y dirección de D. Ventura Rodríguez [...]. Arruinado por una creciente, se mandó deshacer en 1788 lo que habían perdonado las aguas, quedando la portada sin uso. En 1728 se ordenó construir más abajo y frente a las huertas otro puente de hitos de madera que en el día se llama Puente Verde».

18 "Cuchilletes" es voz que debe referirse a los tajamares o parteaguas de las pilas.

19 De la importancia del puente de Alcolea da noticia esta frase del testamento político del conde de Floridablanca: «Se han ido siguiendo las construcciones con tales progresos que el camino de Andalucía estaría concluido a no ser por la gran costa y detención del larguísimo puente de la Venta de Alcolea, que ha sido preciso casi construir de nuevo» (citado en A. RUMEU DE ARMAS, 1980).

el Guadarrama en la carretera hacia El Escorial y la sierra del mismo nombre se construyó otro puente de cuidado aspecto dieciochesco. Este río, ya a fines del XVI y en Galapagar, había sido puenteado en la misma carretera por Juan de Herrera. Pasada la sierra, y en el límite entre las provincias de Ávila y Segovia, el río Arevalillo había dado lugar en el siglo XIV a un curioso puente de ladrillo y mampostería, que mezcla el gótico y el mudéjar. En Tordesillas, el Duero se cruzaba desde finales del XV por un hermoso ejemplar de puente de bóvedas ojivales. El cruce del Esla se hacía en las inmediaciones de Benavente, y en muy malas condiciones, por el puente de Castrogonzalo[20].

Y si ésta era la situación en los caminos que conducían a la Corte, ¿cuál no sería la de las comunicaciones transversales de la España periférica? Tomás Fernández Mesa clama en 1755 por el estado de los caminos de Valencia: «En este Reino de Valencia, frecuentemente sucede cortar el correo de Cataluña el barranco llamado de la Viuda». Ya en 1803, Agustín de Betancourt se refiere al puente, parece que recientemente levantado, en ese paraje:

> «Tiene muy bien construida la parte que está fuera del agua [...] hallé que estaba fundado sobre grava, sin ningún pilotaje debajo y en términos que las avenidas de 1801 socavaron los cimientos, de suerte que se veían las cepas al aire sobre la grava [...]; hubiera caído irremisiblemente este invierno»[21].

O sea, tras la penuria que mantiene a un país en la miseria, la ignorancia de quienes no saben construir[22]. Con todo, si se comparan las dificultades que oponen nuestros ríos con las que, por ejemplo, aparecen en Francia, se constata hasta qué punto la hidrografía hispana es escasa. Lo pagamos, a cambio, con una orografía más que accidentada y con unas avenidas desproporcionadas, propias de un clima extremado. No había aquí nada comparable en caudal y en anchura de cauce al Ródano, al Loira o al

---

[20] A. BETANCOURT, en su *Noticia sobre el estado actual de los caminos y canales en España* (1803), escribe a este respecto: «El puente de Castrogonzalo [...] está arruinado más de cincuenta años ha, y sólo se ha habilitado con unos maderos mal colocados y peor asegurados con gravísimo riesgo de los transeúntes». En cambio, cuarenta años después, P. MADOZ escribe en su *Diccionario* que este puente consta de 27 arcos de sillería en buen estado, excepto 4 que volaron los franceses e ingleses en la guerra de la Independencia y que ahora son de madera. Añade que, pese a sufrir un intenso tráfico, se conservan bien.

[21] En la *Noticia sobre el estado actual de los caminos y canales de España* (1803), documento de extraordinario valor para hacerse idea de la situación de las carreteras en España (y de sus técnicas asociadas) a principios del siglo XIX.

[22] En su *Noticia* de 1803, Betancourt se queja amargamente: «En España no ha habido donde aprender, no sólo cómo se clava una estaca para fundar un puente, pero ni aun cómo se construye una pared. En la Academia de San Fernando no se enseña más que el ornato de la arquitectura. Los arquitectos se forman copiando unas cuantas columnas [...] y, con esta educación y estos principios, son examinados por otros que tienen los mismos y se les da patente para cometer cuantos desaciertos se les ocurran en edificios, puentes, caminos y canales».

Garona. Pero incluso esa relativa pobreza de grandes corrientes de agua suponía en el siglo XVIII un problema importante para el transporte carretero.

III

El Consejo de Castilla y la Academia de Bellas Artes, máximas autoridades en caminos y puentes

En conjunto, la impresión de la actividad constructiva en ese siglo es de bastante desorden y escasa eficacia. El Consejo de Castilla se ocupaba de la aprobación de las obras públicas, y a la Real Academia de San Fernando competía, desde Carlos III, la de los diseños de los puentes. Con respecto a la situación anterior de puentes dirigidos por los corregidores y ejecutados por maestros locales, suponía un avance importante. Pero no era raro que la descoordinación entre el Consejo y la Academia llegara a extremos de que se levantaran los puentes fuera de la traza del camino. Todo lo cual explica la necesidad de disponer de una administración profesionalizada y con mando único para hacer frente a las indispensables vías de comunicación. Ese estado de cosas preludia la inminente creación del Cuerpo y la Escuela de Caminos y Canales, que, siguiendo la pauta francesa y de la mano de Agustín de Betancourt, tendrá lugar en 1799, aunque la Escuela hubo de esperar a 1802 para abrir sus puertas[23].

La Real Academia de Bellas Artes había sido fundada en 1752 y, fuera del cuerpo de Ingenieros Militares, era la única institución preocupada por la transmisión del conocimiento técnico, aunque refugiado y semiescondido tras la fachada de la arquitectura. En 1786 se constituye una comisión específica para «el control efectivo de cuantas obras públicas de cierta importancia se hacían en el Reino, para depurar las formas artísticas de viejos hábitos barrocos y adecuarlas a los nuevos gustos de la época, basados en un lenguaje clásico»[24]. Por obras públicas se entendía en la época no sólo calzadas, puentes, presas, puertos, caños y fuentes, sino todo tipo de operaciones urbanísticas y de edificios públicos y aun privados. La autoridad de la comisión da fuerza a los académicos-arquitectos para imponer sus criterios y de ella nace la real

[23] Ilustrados de la talla de Jovellanos y Betancourt critican sin ambages la política de obras públicas del reinado de Carlos III. Y ello porque se han acometido demasiadas obras, demasiado ambiciosas y, además, sin los fondos necesarios para afrontarlas. El gusto por la ostentación, manifestado en muchas carreteras por su excesiva anchura, sus enlosados o en muros de contención de gran altura, merecen a Betancourt el mayor de los reproches. «Se han construido caminos y canales tan suntuosos como inútiles, se han ejecutado puentes góticos y desatinados». El gasto ha sido enorme y la utilidad resultante para la nación, muy pequeña. Críticas que se dirigen por derecho al conde de Floridablanca.

[24] J. E. GARCÍA MELERO: «Juan de Villanueva y los nuevos Planes de Estudio», en *La Real Academia de San Fernando en 1792*, Madrid, 1992.

orden de 1787, firmada en nombre de Carlos III por el conde de Floridablanca, por la cual se establece de modo oficial el título de arquitecto, que

> «para mayor decoro de las nobles artes y prestigio de la Nación [...] está sujeto al riguroso examen de la Academia de San Fernando o la de San Carlos en el Reino de Valencia»[25].

La finalidad de la Comisión era examinar cuantas obras públicas le eran sometidas por el Consejo de Castilla. Pero, al tiempo, hubo de ocuparse de establecer un plan de estudios para los futuros arquitectos, en el que se subraya la importancia que habría que acordar a las matemáticas, la mecánica y la física aplicada. Importancia que habría de concederse... porque hasta entonces no se le concedía, con los consiguientes quebrantos de todo orden en el coste y la durabilidad de las obras.

En 1792, con motivo de la discusión de un plan de estudios, se produce una agria polémica entre Antonio de Varas, profesor de Matemáticas, y el conjunto de los arquitectos, capitaneados por Juan de Villanueva, donde el primero reprocha a los arquitectos su falta de formación matemática. García Melero[26] explica que, según Varas, los arquitectos pensaban que su formación consistía sólo en dibujar mucho y que el estudio de las matemáticas resultaba pesado e innecesario:

> «No se puede confundir a un gran arquitecto con un gran dibujante. El dibujo es, sin disputa, una de las cosas que debe saber, pero no es el dibujo lo que le constituye en arquitecto [...]. Así que necesita del dibujo del mismo modo que el teólogo de saber escribir, pero no es la escritura la que le hace teólogo».

La reacción de los arquitectos fue de tal indignación que Antonio de Varas hubo de retirar su escrito y pedir excusas.

En la Comisión que debate el plan de 1792 encontramos al académico Antonio Ponz, a los pintores Maella y Bayeu, a Francisco de Goya, al arquitecto Villanueva y también a Agustín de Betancourt. Lo que manifiesta de modo fehaciente que el futuro fundador de la Escuela de Ingenieros, de regreso de su estancia en la École de Ponts et Chaussées de París, está al tanto del debate sobre la formación de los arquitectos. Y, aunque su opinión no nos conste, podemos estar seguros de a qué lado se alineaba.

---

25 J. A. DOMÍNGUEZ SALAZAR: «Presentación», en *La Real Academia de San Fernando en 1792*, Madrid, 1992.

26 GARCÍA MELERO y otros: «Documentos», en *La Academia de San Fernando en torno a 1792,* p. 105. Discurso pronunciado el 9 de octubre de 1792 en el que Antonio de Varas y Portilla, profesor de matemáticas en la Academia, manifiesta cuál debe ser la instrucción del Arquitecto, el estado en el que se hallan las matemáticas y la arquitectura y los medios que se deben emplear para mejorar los estudios en la Academia.

IV

Agustín de Betancourt, ingenieros y arquitectos

Betancourt, tras visitar las obras del Canal Imperial de Aragón, marcha a Francia pensando en perfeccionar la minería. No obstante, su estancia en París le hace entrar en contacto con la École de Ponts et Chaussées, cuyo nivel científico le deslumbra. La escuela y la administración de obras públicas le parecen admirables y del todo dignas de ser imitadas en España. Sólo un año después de su llegada, escribe a Floridablanca proponiéndole la creación en España de una Escuela de Puentes y Calzadas, «a fin de tener siempre sujetos hábiles, capaces de dirigir y entretener con inteligencia, acierto y economía en el reino las muchas obras públicas que son necesarias para su felicidad»[27].

Desde el principio, Betancourt se propone la formación de un equipo de expertos en construcciones hidráulicas: puentes y canales. Floridablanca comparte su iniciativa y nuevos pensionados españoles van llegando a París para trabajar coordinados por Betancourt. En los papeles oficiales de Madrid se les denomina «pensionados para Hidráulica, Puentes y Caminos». El conde de Fernán Núñez, que sucede a Aranda como embajador en París, escribe al secretario de Estado en 1788 una carta en la que expresa su admiración por el trabajo que están haciendo:

> «La unión, economía y primor con que estos sujetos trabajan les hace tanto honor a ellos cuanto a la persona que ha puesto a su cuidado este importante encargo, y nada gastará ciertamente S.M. con ellos que no recoja con usura el fruto»[28].

Durante los siete años que pasa en París, Betancourt mantiene gratas relaciones con la flor y nata de la Escuela francesa: Perronet, del que se siente discípulo, Monge o Prony. Se preocupa de formar una espléndida colección de maquetas de puentes y máquinas, así como de copiar planos y láminas de obras e instalaciones industriales. Para lo cual, y gracias a su inteligencia y honradez reconocidas, recibe en el vecino país toda clase de facilidades.

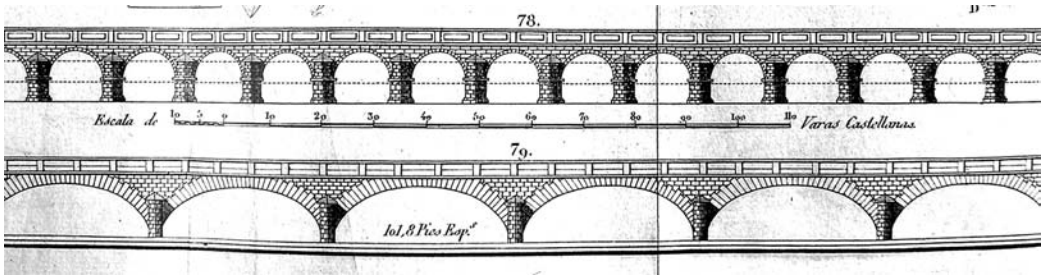
En el catálogo de esa Colección de Modelos, Betancourt da su opinión sobre los puentes de Sainte Maxence y de Neuilly, ambos de Perronet[29]. Sobre el primero dice que «es uno de los más preciosos que se han ejecutado jamás»; del segundo afirma que «por el tamaño de sus arcos, por su magnificencia, sencillez, ligereza y sólidos principios con que se construyó, es digno de servir de modelo a todos los que quieran ejercitarse en esta clase de obras». La operación de descimbrado simultáneo de todos los arcos, realizada en presencia del rey, hubo de impresionarle de verdad.

---

[27] A. RUMEU DE ARMAS, 1980, p. 27.

[28] A. RUMEU DE ARMAS, 1980, p. 64.

[29] A. RUMEU DE ARMAS, 1980, p. 43.



8.3. Arcos de medio punto (puente sobre el Jarama, de Marcos de Vierna)* versus *arcos en "asa de cesto" (empleados por Jean-Rodolphe Perronet, 1707-1794). *Tomado de J. Mariano Vallejo:* Tratado de las Aguas, *2 tomos, Madrid, 1833. Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza.*

Cuando en 1792 se plantea el debate sobre la formación matemática de los arquitectos, Betancourt está ya en Madrid al frente del Gabinete de Máquinas. No resulta difícil imaginar que sus esfuerzos se dirigirían no a luchar por mejorar esa formación sino, de acuerdo con la experiencia francesa, a la fundación de la tan necesaria escuela de ingenieros hidráulicos. Por si hubiera que aclararlo, su amarga queja sobre la incompetencia con que muchos arquitectos acometen la construcción de puentes termina de sentenciar la cuestión:

> «La total ignorancia de los arquitectos en este género de obras, por no tener la menor idea de los principios de hidráulica, es causa de este lastimoso mal. Sería largo el catálogo de los [puentes] que, por defectos de fundación, se han caído pocos años después de terminados»[30].

Obsérvese que, a fines del XVIII, la causa principal de ruina de los puentes no eran las roturas de bóvedas sino los fallos de cimentación de las pilas. Pero ese ataque a los arquitectos, que se inscribe en la polémica histórica entre ellos y los ingenieros, no parece dictado por celos gremiales. En la misma *Noticia* que lo contiene, Betancourt se refiere también a casos escandalosos de despilfarro de recursos en obras suntuosas: con lo que se ha gastado en 8 leguas de carretera entre Barcelona y Vilafranca del Penedés se podría haber construido el camino hasta Valencia, viene a clamar. El puente sobre un barranco seco, el Lladoner, que es una muestra de vana ostentación con la que el director de la obra cree inmortalizarse «venciendo dificultades que no existían», le merece el más duro reproche.

[30] A. de BETANCOURT, 1803.

V

Algunos puentes españoles del XVIII

V.1. Algunos puentes carreteros

El puente de Viveros sobre el río Jarama (Marcos de Vierna, 1772) sigue siendo utilizado en la actualidad por la autovía Madrid-Alcalá de Henares. En el siglo XVIII servía al Camino Real de Aragón componiendo un paso fundamental, tanto por el caudal del río como por el número de personas y carromatos que lo atravesaban. Y es que la carretera de Aragón conducía a Europa y, en el plano comercial, era la principal entrada a Madrid de alimentos y suministros[31].

El primitivo puente de Viveros se construye a partir de 1545 y se reconstruye en 1613. Felipe V, a la vista de su mal estado, ordena en 1753 la construcción de un nuevo puente por medio de una orden real cuyo preámbulo dice:

> «Informado de los perniciosos sucesos acaecidos a los trageneros y pasajeros por la deterioración de los caminos, pasos y puentes, y en especial el de Viveros, tráfico forzoso de los dominios de Aragón, Cataluña y Valencia, se advierte de un tiempo a esta parte con notable ruina [...], merece la primera atención para ocurrir al remedio sin gravar a los vasallos con la gabela de su repartimiento según el común estilo y práctica observado en semejantes asuntos»[32].

La obra definitiva de Viveros es de 1772. En ella aparecen Marcos de Vierna, arquitecto, la figura de máximo relieve en las obras públicas de la segunda mitad del XVIII, y Ventura Rodríguez. Este último ve rechazada su propuesta de reparación del puente existente por el fiscal del Consejo de Castilla, con el argumento de ser

> «un buen arquitecto para edificios urbanos o rústicos, pero no para hidráulicos, los cuales requieren especial dedicación y conocimiento práctico y experimentado y éste se halla en D. Marcos de Vierna, como es notorio»[33].

Del puente de Viveros resulta hoy visible el paramento de aguas abajo, pues el de aguas arriba ha sido casi tapado por el moderno que, demasiado próximo, se construyó hace pocos años para desdoblar la carretera. Paramento, el de aguas abajo, escasamente expresivo a causa de las anchas pilas dotadas de simples contrafuertes verticales rematados arriba por cuerpos troncopiramidales gallonados, pero sin forma hidráulica alguna[34]. Aguas arriba sí existen tajamares de aguda planta triangular. Los parapetos macizos de piedra siguen hoy coronados por esferas en los ejes de pilas y

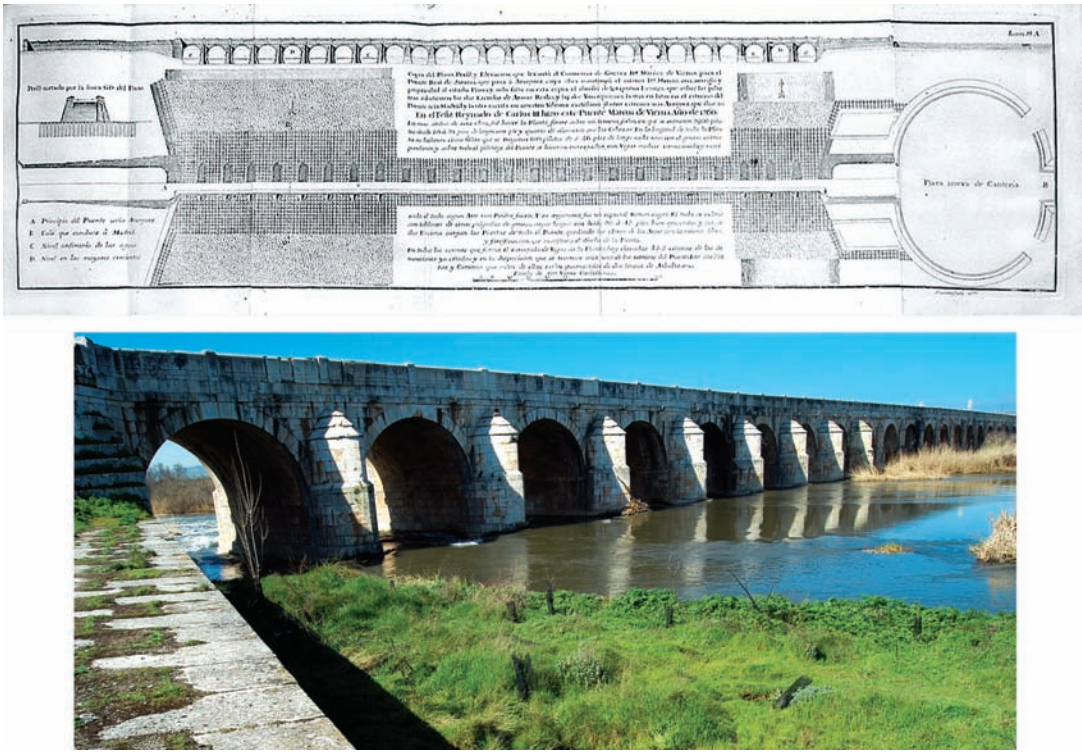
---

31 R. GONZÁLEZ NAVARRO: «Los caminos y puentes que conducen a Alcalá de Henares», en *Actas del II Congreso de Caminería Hispánica*, tomo I, Madrid, 1996.

32 R. GONZÁLEZ NAVARRO, 1996.

33 R. GONZÁLEZ NAVARRO, 1996.

34 Y ello, pese a que a Vierna se le considera experto en arquitectura hidráulica.



8.4. Puente Largo sobre el Tajo en Aranjuez, Marcos de Vierna, 1761. *De sillería, con 25 bóvedas de cañón de 7,5 m de luz, tiene una longitud total de 340 m. (Dibujo procedente de las «Adiciones» de Sánchez Taramás, Fondo de la RSE Aragonesa, Zaragoza. Fot.: M.S.S. y* Revista de Fomento.*)*

dotados de gárgolas de drenaje en las claves de las bóvedas. La visión que Viveros ofrece hoy no resulta demasiado sugestiva, y a ello contribuye el desorden que muestra la margen izquierda del cauce del Jarama.

El puente de San Fernando sobre el Manzanares. Volviendo a la capital de España, el bello puente de San Fernando se utiliza aún hoy por quien proveniente de El Pardo se dirija hacia la autopista de La Coruña. El Manzanares forma una isla que el puente aprovecha para transformarse en dos obras de cruce unidas por un tramo de terraplén contenido por muros. Ofrece ocho pequeñas bóvedas de medio punto (aberturas inferiores a 10 m) limitadas por pilas con tajamares semicilíndricos coronados por agudos sombreretes troncocónicos gallonados. Las estatuas de San Fernando y Santa Bárbara, dispuestas una frente a la otra en sus pretiles, conmemoran a los reyes Fernando VI y Bárbara de Braganza.

El puente sobre el río Guadarrama entre Las Rozas y El Escorial. Con una tipología similar, el construido sobre el Guadarrama en la carretera de Las Rozas a El

Escorial compone con sus nueve bóvedas de medio punto una imagen de gran hermosura. Las pilas aparecen dotadas de tajamares de planta triangular aguas arriba y semicilíndricas aguas abajo, siempre coronadas por cuidados sombreretes gallonados. Sus bóvedas de medio punto, con aberturas que no alcanzan los 10 m, se ven rematadas por impostas y pretiles de piedra, que incluyen mechinales en las claves de las bóvedas.

El Puente Largo de Aranjuez (Marcos de Vierna, 1761). Desde Madrid hacia el Sur, es pieza destacada el Puente Largo de Aranjuez. Obra del reinado de Fernando VI, nace para facilitar el acceso al Real Sitio, sustituyendo a un puente de barcas. Madoz resalta en su *Diccionario* la odisea de su construcción: fue un puente de madera situado al final de la calle de las Moreras que una vez, «desbaratado por una creciente, se subió sobre el vado de las Tejeras», donde tampoco pudo sostenerse. El puente fue reconstruido en 1637 en el soto del Jembleque, pero en 1739 volvió a arruinarse y se reemplazó por un puente de barcas... que el río no tardó también en arrastrar. Es entonces, sigue Madoz, cuando

> «el Señor D. Carlos III [...], que para gloria de la nación determinó en 1760 construir las carreteras generales que desde la Corte conducen a las provincias, al poner en planta la de Andalucía, encargó al arquitecto que la dirigía, D. Marcos de Bierna, la construcción del puente sobre este río, y la llevó a cabo con solidez y hermosura, fabricándose el que hoy se llama Puente Largo, todo de piedra blanca de Colmenar, de buena forma, con entradas espaciosas a uno y otro extremo. Y en los lados, banquetas o aceras de un pie de alto para que la gente transite sin poder ser atropellada por los carruajes y caballerías. Consta de 25 arcos iguales de 90 pies de diámetro, sobre machones de 12 de espesor. Su longitud es de 1.080 pies, 29 de ancho y 42 de altura. A los remates de los pretiles hay 2 leones con unas tarjetas en las garras que dicen: EN EL FELIZ REINADO DE CARLOS III HIZO ESTE PUENTE MARCOS DE BIERNA, AÑO DE 1761».

Como puede observarse, se trata de un puente realmente importante, de 340 m de longitud, aunque compuesto por 25 bóvedas idénticas cuya abertura es de sólo 8 m (y no los exagerados 90 pies de que, quizás de oídas, habla Madoz). Hay que imaginar la preocupación que, a la vista de los anteriores fracasos, tendría Marcos de Vierna en asegurar los cimientos de las pilas. A pesar de lo cual, plantea bóvedas realmente reducidas, con pilas que cubren la tercera parte del desagüe; éstas presentan un ancho de unos 4 m y tajamares de planta triangular que son suma de tres volúmenes superpuestos y progresivamente retranqueados, de los que el superior corresponde al sombrerete protector.

Las proporciones entre ancho de pilas y abertura de bóvedas que ofrece el Puente Largo son propias de los puentes romanos, lo que supone una postura del todo atrasada para finales del XVIII (recordemos no ya las finísimas pilas de los puentes de Perronet sino, por ejemplo, las del Ponte Vecchio de Florencia, que, cuatro siglos antes, cubrían menos del sexto de la luz de las bóvedas). Pero ésa seguía siendo la situación de la técnica en nuestro país. Y, además, la misma cimentación resultaba ina-

decuada, a juzgar por la acerba crítica de Betancourt, quien, refiriéndose entre otros al Puente Largo, escribe en 1803:

> «Se resienten de la mala fundación, en términos que, por este defecto, sobre ser un censo perpetuo para el público por los continuos reparos que necesitan, no permanecerán ni la décima parte de lo que durarían si la fundación se hubiera hecho como requieren esta clase de obras»[35].

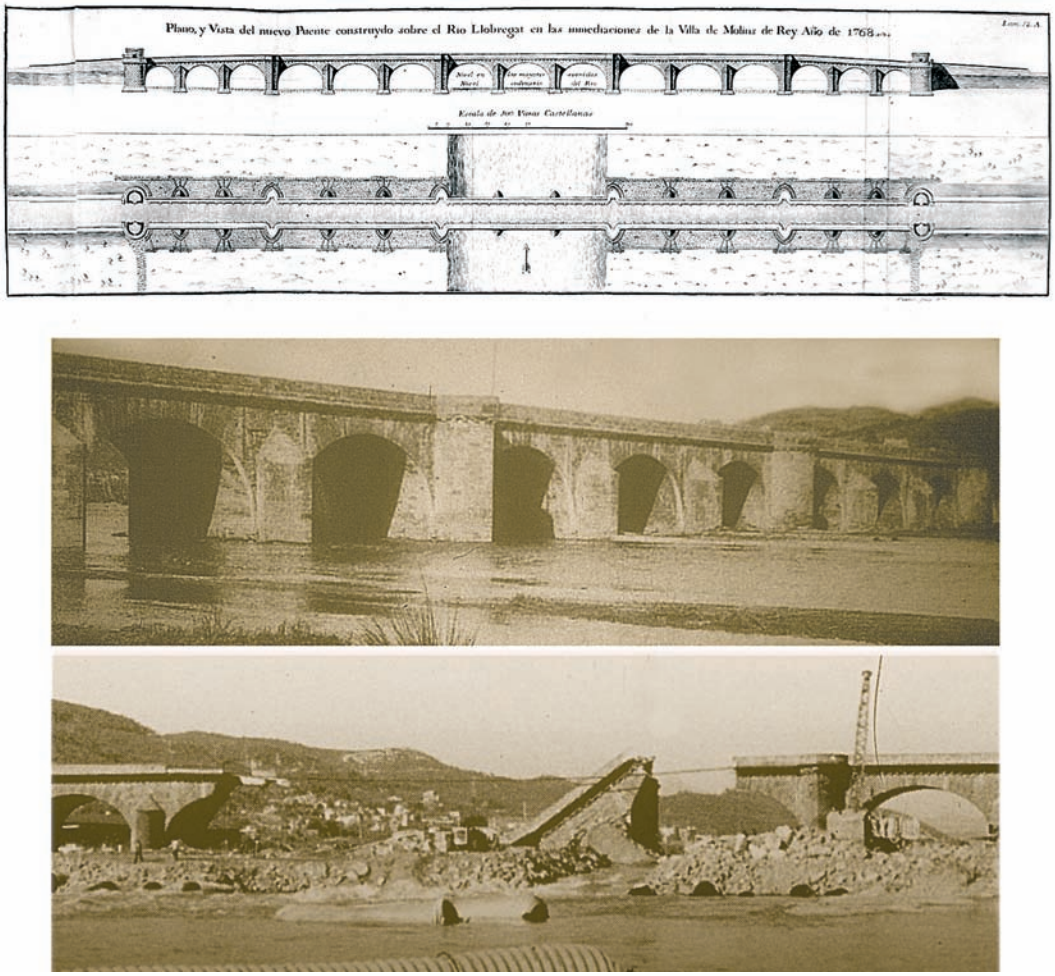
Gracias sin duda a esos "reparos", el puente ha llegado hasta nosotros. Y nos ha permitido apreciar una arquitectura de gran limpieza y serenidad. Es un puente que, a falta de atrevimiento técnico, transmite una magnífica sensación de ritmo y orden arquitectónico, y compone un espléndido pórtico en el acceso a la ciudad de Aranjuez.

***Antiguo puente de Molins de Rei* (Juan Martín Cermeño, 1763-1767)**. El desaparecido puente de Molins de Rei fue levantado en el XVIII sobre el río Llobregat. Tras la guerra de Sucesión, en la que Cataluña combate al lado del pretendiente de Austria, la monarquía borbónica ansía unir de modo firme Barcelona a Madrid y para ello decide la construcción de un puente amplio y seguro sobre el cauce del Llobregat. Barcas de sirga para cruzarlo existían en Sant Andreu, El Prats y Molins, y un puente de madera acababa de ser destruido por las avenidas en Sant Boi. Aguas arriba, en Martorell, se alzaba el estrecho y conocido puente medieval del Diablo. Pero se sentía la necesidad de un verdadero paso, con rasante horizontal, moderno y amplio.

De 1717 es un primer proyecto de Jorge Próspero de Verboom, conocido como el mejor ingeniero militar de la época y autor de las fortificaciones de la Ciudadela de Barcelona. Sin embargo, hasta 1763, y como parte de la nueva carretera Madrid-Barcelona, no se bendice su primera piedra, abriéndose al tráfico de carros cuatro años más tarde. Dirigida la obra por el ingeniero militar Pedro Martín Cermeño (autor también de la catedral nueva de Lérida), posee una longitud de 340 m, quince bóvedas de las que las nueve centrales casi alcanzaban los 20 m de abertura, una plataforma de 11 m y una muy cuidada arquitectura. Constituyó en su momento una de las grandes obras europeas de su género. La amplitud de su plataforma, capaz para el cruce amplio de carros y la circulación de personas, es buena muestra de la ambición con que se acometió esta empresa.

Para su construcción se utilizó piedra arenisca rojiza procedente de las canteras de Cervelló, en la margen derecha del río. Buscando ritmo arquitectónico, los tajamares de una de cada tres pilas ascienden con su planta ojival hasta la plataforma, produciendo en ella ensanches locales, lo que confería a este puente un rasgo poco corriente. Y los que no subían hasta ella, se remataban con bellos sombreretes cuyo gallonado mostraba limpias hiladas horizontales. Pero, a la hora de elogiar esta

[35] A. de BETANCOURT, 1803.



8.5. Puente de Molins de Rei sobre el Llobregat, Barcelona (Juan Martín Cermeño, 1763-1767). *Dibujo procedente de las «Adiciones» de Sánchez Taramás, Fondo de la RSE Aragonesa, Zaragoza. Se arruinó en 1971.*

espléndida realización de la Ilustración borbónica, es mejor dejar hablar a los actuales ciudadanos de Molins, a través de una publicación didáctica[36]:

> «El puente, con su presencia majestuosa, era un elemento ya integrado en la naturaleza, formaba parte del paisaje y era a la vez un símbolo de la capacidad del hombre para hacer frente a la fuerza del río embravecido (había resistido innumerables riadas) y pieza que hombres y mujeres de muchas generaciones habían llegado a hacer suya y de la que se sentían orgullosos».

[36] J. JANÉS e I. RIBAS: *Itineari Historic-Urbá: Molíns de Rei*, ICE, Universidad Autónoma de Barcelona, 1984.

La cimentación de esta obra estaba constituida por pilotes de madera de pino hincados en el cauce, de unos 32 cm de diámetro, con una longitud tan notable como 8 m, y con sus puntas protegidas con azuches de hierros, siguiendo una técnica bien conocida. Cada pila disponía nada menos que de 170 pilotes de madera hincados, estimándose en cinco mil el número total de pinos que fueron precisos, incluida la cimbra, para la ejecución del puente.

Como era habitual, el paso funcionó inicialmente con peaje, que era cobrado a sus entradas, donde estaban dispuestos cuerpos de guardia. Y, «como había gente que se escapa del pago», se colocaron barreras que había que levantar para permitir el tránsito.

El viajero inglés Arthur Young, quien opinó sobre los magníficos puentes dieciochescos del Languedoc, efectúa un viaje por Cataluña entre 1787 y 1789. Al acercarse a Barcelona y llegar a Martorell se asombra de la amplia calzada que encuentra, de 50 a 60 pies de anchura:

> «La campiña se anima, las casas son más ricas, los cultivos se multiplican; pasamos un soberbio puente de 440 pasos, encontrando numerosos carros y coches enganchados con hermosas mulas. Todo indica la proximidad de la gran ciudad y no he visto desde que salí de París ninguna población que esparza en sus contornos tanta vida. La carretera honra al Rey actual»[37].

Young encuentra tanta vida en la entrada a Barcelona que, a diferencia de lo que ha sentido al ver los puentes grandilocuentes del Languedoc, considera razonable la amplitud del puente de Molins. Desgraciadamente, hablamos en pasado. Porque el 6 de diciembre de 1971, una riada de sólo 600 m^3 por segundo, o sea, realmente normal en un cauce que las ha soportado de hasta 3.600, derrumbó una de las pilas centrales de la obra. Y poco después, el día 30, el vuelco lateral de otras dos pilas vino a suponer su sentencia definitiva. La causa de la ruina es tan simple como el abuso en la extracción de áridos del cauce, que llegó a producir un descenso de su fondo en un par de metros, con el consiguiente desguarnecido de la parte superior de los pilotes de madera.

V.2. Puentes urbanos del siglo XVIII

En el siglo XVIII no sólo se construyen puentes carreteros. Los hay urbanos y tan significativos como el madrileño de Toledo sobre el Manzanares, el monumental erigido sobre el Tajo de Ronda o el del Castro de la capital de León.

El puente de Toledo sobre el Manzanares. Obra del arquitecto Pedro Ribera, atraviesa el Manzanares mediante un conjunto de 9 bóvedas de medio punto, de modesta abertura, con imponentes pilas dotadas de tambores cilíndricos de 5 m de anchura. No es una construcción aislada sino que, con miras urbanísticas, se halla

[37] Citado en P. ALZOLA Y MINONDO, 1899.

8.6. Puente de Toledo sobre el Manzanares en Madrid (Pedro de Ribera, 1717-1735); *detalle con suerte de hornacina perforada e imagen de San Isidro, patrón de Madrid. (Fot.: Arturo González Nieto, h. 1918.)*

integrada en un conjunto de muros paralelos al río que limitan plataformas altas que el puente viene a enlazar y de las cuales, con espíritu barroco, compone el decorado principal.

Existía en ese mismo emplazamiento un viejo puente para el que la construcción hacia 1580 de la herreriana Puente de Segovia supuso el progresivo abandono y deterioro. A finales del XVI sus bóvedas estaban arruinadas y es en el reinado de Carlos II cuando se decide su reemplazo; las obras se iniciaron en 1672 y arrastraron todo tipo de ruinas, impericias y dificultades, llegándose a acusar de «odio y mala voluntad» a los maestros arquitectos que las ejecutaban. En 1717 el corregidor de Madrid, marqués de Vadillo, encargó la dirección y el remate de la obra al arquitecto Ribera, quien la concluyó en 1735[38].

El sentido barroco y escénico de la obra de Ribera no necesita ser subrayado: semitambores de pilas que llegan hasta la plataforma y que, dotados de imponentes parapetos en resalto, componen apartaderos que convierten al puente en un salón urbano; casilicios centrales con las imágenes de San Isidro y Santa María de la Cabeza, patronos de Madrid; decoración profusa a lo largo de los pretiles y, como ya se ha dicho, integración en un diseño global, también barroco, del entorno urbano. Posee

[38] P. CHÍAS y T. ABAD: *Puentes de España*, FCC, Madrid, 1994.

una considerable amplitud (180 m) y cabe constatar la utilidad que ello ha supuesto a la hora de encajar las calzadas de la autopista urbana M-30, que a uno y otro lado del río cruzan el puente bajo sus bóvedas laterales. La longitud de obra posibilita hasta la implantación de los ramales de autopista urbana que acometen a los nuevos y vecinos puentes construidos en la década de los 70, que eliminaron cualquier intento de ensanche de la plataforma del puente de Toledo y que han permitido que hoy funcione como obra peatonal y componga al tiempo un verdadero monumento histórico sobre las aguas remansadas y limpias del pequeño río de Madrid.

Puente sobre el Tajo de Ronda (José Martín de Aldehuela, 1763-93). Compone, sin duda, uno de los puentes más románticos de España, con una figura que resulta única en el mundo. Aun siendo una obra de extrema robustez, con unas pilas adosadas a los paredones rocosos que casi cierran el hueco del Tajo, viene a subrayar y perfilar el imponente hueco que la naturaleza creó en esa masa de roca. Por decirlo de otro modo: esos macizos de piedra sillar que constituyen las pilas del puente enmarcan unos huecos verticales cuyas proporciones se asemejan a las del vacío total de la roca, huecos que impactan y producen tanto vértigo como el vacío natural y que, de ese modo, mantienen la tensión visual del espectador.

La obra es proyecto del arquitecto José Martín Aldehuela, quien hacia 1760 recibió del Ayuntamiento rondeño el encargo de levantar un puente que permitiera el paso al otro lado del Tajo sin tener que recurrir a cruzar el río Guadalevín por uno de los otros dos puentes, el romano y el árabe, situados 100 m más abajo de la plataforma que ocupa la ciudad. Ese encargo era posterior a la tragedia que causó el derrumbamiento del primer puente que cruzaba el Tajo, en 1741: una parece que airosa bóveda de 35 m de luz, terminada hacia 1735, causó al caerse cincuenta víctimas. No es, por tanto, extraño que Aldehuela concibiera una obra de gran robustez, eliminando luces importantes y conformándose con aberturas de bóvedas por debajo de los 15 m.

Para quienes defendemos que la esbeltez de las construcciones, y específicamente la de los puentes, no es un valor en sí misma, y que lo que hay que asegurar en cada caso son las proporciones, los ritmos y el orden, los volúmenes del Puente Nuevo de Ronda resultan paradigmáticos. Porque, lejos de resultar pesado, y pese a sus imponentes macizos de sillería, constituye un estupendo ejemplo de encaje en el paisaje, de relación entre macizos y huecos y de bóvedas que, a diferentes alturas, parecen flotar en el vacío.

Lo que sí impresiona es el volumen de la fábrica de piedra que exigió su construcción, de tal modo que elevar esa masa de sillares hasta 90 m del fondo del río tuvo que suponer, hace 250 años, una labor de una complejidad extraordinaria. A ello hay que sumar el efecto que produce contemplar esa habitación bajo el puente, colocada sobre la bóveda principal, que fue la cárcel del pueblo. Demasiadas sensaciones para que el puente de Ronda, por su historia, emplazamiento, paisaje y formas, pueda dejar a nadie indiferente.

8.7. Puente sobre el Tajo de Ronda. Arquitecto José Martín Aldehuela. *De fábrica con tres bóvedas de cañón, tiene una longitud total de 63 m y luz libre de 14 m en su arco central y 10,5 en los laterales. (Fot.:* Revista de Fomento*.)*

Puente del Castro, en León (1787). La entrada a León desde Valladolid exige el cruce del río Torio, donde se menciona desde el siglo XI un puente junto al Castro de los judíos; de ahí el nombre, Puente del Castro, que ostenta la obra actual. Según la inscripción en un monolito a la entrada a la obra, el puente se terminó en 1787. Casualmente, la fecha en que la Academia de Bellas Artes está debatiendo la formación de los arquitectos, alguno de los cuales dio lugar a esta bella obra barroca. El puente presenta un perfil en suave lomo de asno y se compone de 11 bóvedas, de las que la central desempeña el papel de gran portalada, enmarcada por dos pilas con tambores semicilíndricos que llegan hasta la plataforma, produciendo así apartaderos en la calzada.

La sillería de bóvedas y tímpanos es de gran calidad, magníficamente complementados con unos tajamares de pilas, de planta ojival aguas arriba y semicilíndricos aguas abajo, cubiertos de sombreretes gallonados (con lastras de piedra de gran grosor). Pilas que, además, presentan un pequeño resalte en su base, a modo de zócalo, que les confiere dignidad y armonía.

Aspecto menos satisfactorio, en estos momentos, presenta la situación del cauce principal del río, que no coincide con el arco central, lo cual produce en el espectador un cierto desasosiego, algo así como una sensación de desencaje y ruptura.

8.8. *1)* ***Puente del Castro, en León, 1787;*** *2)* ***Puente de Casalarreina, en La Rioja, de principios del siglo XIX.*** *(Fot.: J. J. Arenas.)*

VI

Los canales de Aragón y de Castilla: puentes, acueductos y esclusas

El Canal Imperial de Aragón constituyó una de las dos grandes obras hidráulicas del Siglo de las Luces[39]. Planteado como acequia desde la época de Carlos I, sólo a mediados del XVIII recibe el impulso definitivo para convertirse en una vía de transporte "rápido" entre Tudela y Zaragoza. Tras algunas irregularidades, en 1772 es nombrado protector del canal el canónigo Pignatelli, cuyas dotes de firmeza, gran energía y buena administración hicieron posible, al final, que el canal llegara a Zaragoza y aparecieran, junto al actual parque del Cabezo de Buena Vista, las primeras barcazas transportando productos agrícolas. El canal exigió la construcción de azudes, edificios, esclusas, puertos y desagües, formando un sistema completo de transporte. Y, por supuesto, obligó a erigir numerosos puentes para mantener en servicio los caminos que lo cruzaban.

El conde de Sástago, en su *Descripción de los Canales Imperial de Aragón y Real de Tauste* describe el puente de Formigales:

> «El diámetro de su arco [o sea, su abertura] es de 70 pies, su altura en el centro, 22, su latitud 15, su longitud 180 [...]. Tiene 45.642 pies cúbicos de sillería y 280 toesas cúbicas de mampostería. Esta obra ha merecido la aprobación de cuantos inteligentes la han conocido».

Y es que Formigales ofrece una espléndida bóveda carpanel (tipo asa de cesto) de ladrillo, con muros-tímpano remetidos y un elegante perfil en lomo de asno subrayado por los parapetos, también de ladrillo. Los huecos laterales en esos muros, necesarios para el paso de los caminos de sirga, componen puertas que vienen a aligerar su frialdad. Obras éstas que, por la búsqueda de economía que suponen y por la total elegancia que de ello resulta, entroncan ya con la ingeniería moderna.

Pero, de toda la obra del Canal Imperial, es el cruce sobre el río Jalón en las inmediaciones de Grisén el que da lugar a la obra de fábrica más impresionante, diseñada por Julián Sánchez Bort y construida por Pignatelli. Consiste en un acueducto de cuatro robustas bóvedas, a partir de cuyas claves se desarrollan hacia arriba los muros-tímpano de sillería y mampostería que forman los cajeros del canal. Con pilas rematadas por tajamares de planta semicircular y coronadas por hermosas impostas, y donde la sección del canal se ha estrechado para reducir el volumen de sillería necesaria, el puente acueducto culmina unos largos muros de contención y cajeado del canal, indispensables hasta que el terreno natural asciende lo suficiente para que la obra

[39] El proyecto, ingeniería y arquitectura del canal pueden consultarse en conde de SÁSTAGO: *Descripción de los Canales Imperial de Aragón y Real de Tauste,* Zaragoza, 1796 (estudios y edición facsímil, CEHOPU, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1984); Antonio de las CASAS y Ana VÁZQUEZ: *El Canal Imperial de Aragón*, Zaragoza, 1999.

8.9. El Canal Imperial de Aragón: *1) Puente de Formigales (Navarra); 2) Almenara de desagüe al Jalón denominada de San Martín, con treinta gradas; 3-4) Acueducto del Jalón (obsérvese el estrechamiento del canal sobre el acueducto, para reducir la fábrica), formado por cuatro arcos de medio punto de 8,30 m de luz; 5) La muralla de Grisén. (Fot.: M.S.S.)*

vuelva a trazarse excavada en él. Muros de tal importancia que son conocidos en la zona como "la muralla de Grisén".

Por supuesto que este acueducto no ofrece ninguna ligereza. Por el contrario, sumando el volumen de las bóvedas y pilas a la considerable altura de los cajeros del canal, nos encontramos con una construcción pétrea y masiva, tipo fortaleza; lo que no impide apreciar el cuidado de las formas de los tajamares, sus remates gallonados

y los refinados pretiles con albardillas. A ello hay que sumar la arquitectura de la gran almenara de desagüe (de San Martín) situada en la margen derecha del Jalón y de la escalerilla que permite descender desde la cota del canal hasta el suelo, que tenía plena utilidad por cuanto los viajeros que utilizaban las barcas (en un viaje que, de Tudela a Zaragoza, duraba más de un día) podían pernoctar en la posada construida al efecto en las inmediaciones.

Una vez más comprobamos cómo la belleza de una construcción depende, más que de otras cuestiones, de la adecuación entre su función y su forma, aunque, por supuesto, sus detalles y remates resulten siempre decisivos para transmitir una imagen de obra verdaderamente cuidada.

En 1782, cuando el acueducto sobre el Jalón se hallaba en construcción, Betancourt visitó e inspeccionó el estado de las obras. La impresión que le causan los muros, la almenara y el puente es tal que escribe:

> «Forman sin duda una obra prodigiosa, que no se puede ver sin admiración, ni aun concebir sin osadía, y que da una idea de las fuerzas y de la superioridad del Hombre»[40].

Toda una declaración de la fe en el progreso y en la razón que alentaba a los ilustrados.

Para que fuese posible la navegación se hicieron sólo nueve esclusas, todas en torno a Zaragoza: dos agrupadas en Casablanca (denominadas de San Carlos), cuatro en la Val de Gurriana, pasado el monte de Torrero, y tres –hoy arruinadas– en el camino de Torrecilla. Las agrupaciones permitían reducir costes de construcción y operación. Todas las esclusas del Canal Imperial de Aragón, así como las construidas en el siglo XVIII del Canal de Castilla, son de balsa con forma oval, más sólidas que las rectangulares (efecto bóveda ante el empuje horizontal de las tierras) y permiten el cruce de dos embarcaciones en una operación[41]. Sin embargo, más caras de realizar y más consumidoras de agua, no se seguirán construyendo en las obras del Canal de Castilla en el siglo XIX.

La otra gran obra hidráulica española del XVIII es el Canal de Castilla, la «más importante y gloriosa empresa que puede acometer la Nación», en palabras de Jovellanos. También con precedentes y esbozos en el siglo XVI, el canal es, como el de Aragón, obra de la Ilustración borbónica. En concreto, del marqués de la Ensenada, quien sueña con establecer un sistema completo de comunicaciones entre Madrid y la costa cantábrica, al que pertenecen las carreteras del Guadarrama y de Reinosa a

---

[40] Cita recogida en *Betancourt, Los inicios de la ingeniería moderna en Europa* (catálogo de la exposición), CEHOPU, Madrid, 1996.

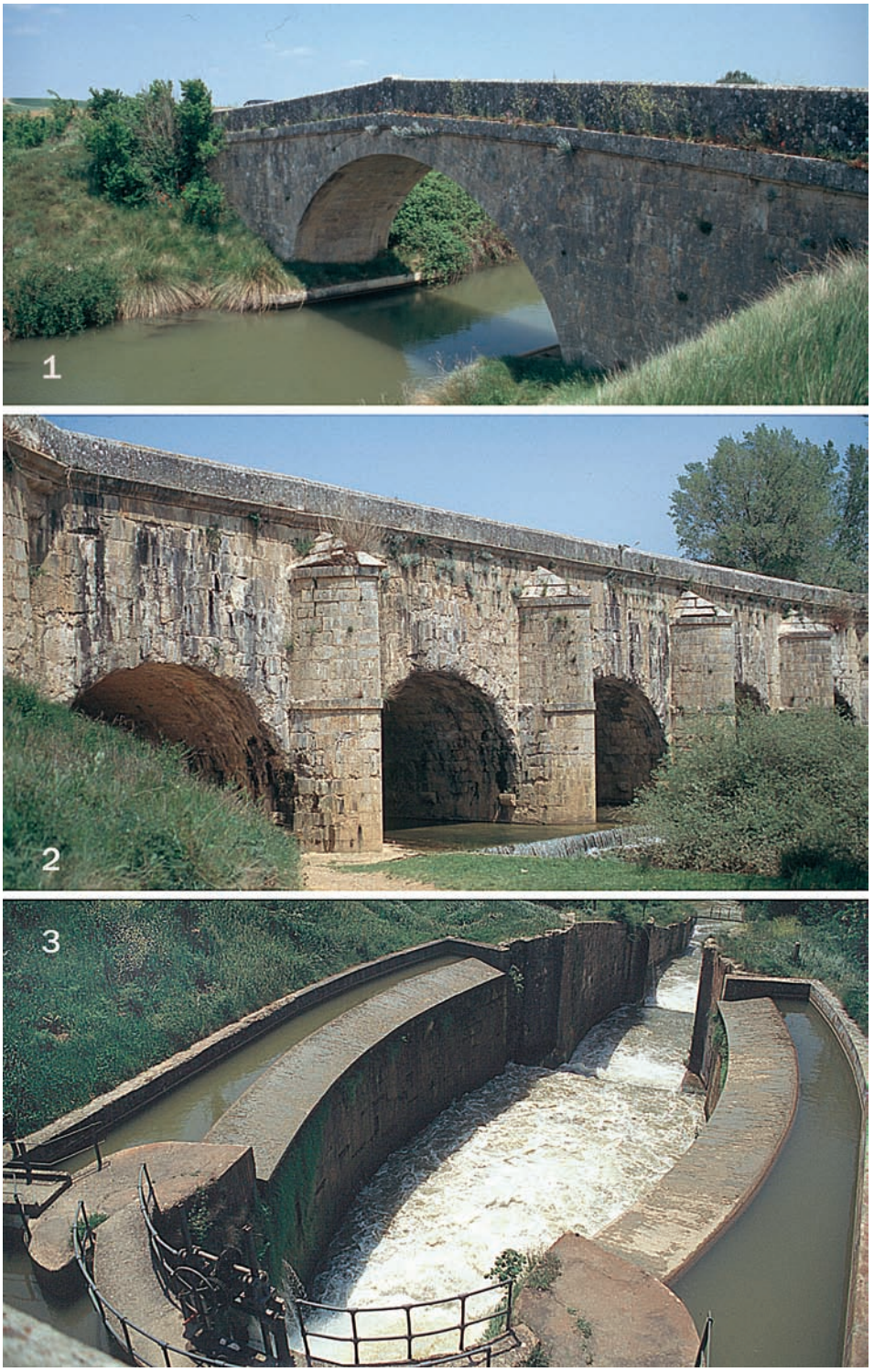
[41] Inspiradas directamente en la obra de M. BÉLIDOR, *Architecture Hydraulique* (París, 1737), a su vez tomadas del "teatro de máquinas" de Vittorio ZONCA: *Novo Teatro di Machine et Edificii*, Padua, 1607.

8.10. El Canal Imperial de Aragón en Zaragoza: *1) Esclusas (ovales) de San Carlos; 2-3) Las esclusas, puente y edificio (almenara y antiguamente con molino harinero de cinco muelas y batán con ocho pilas; hoy existe una central hidroeléctrica); bajo el puente se reintegran al canal las aguas que no fluyen a través de las esclusas. (Fot.: M.S.S.)*

Santander que al principio se han comentado. Para su enlace intermedio, en un territorio relativamente llano, se sueña con un conjunto de canales que las comuniquen.

El canal debía disponer de 4 tramos, que eran el canal del Norte, alimentado por el agua del Pisuerga; el canal de Campos, con agua del Carrión; el del Sur, que debía llegar hasta Valladolid y que sólo llegó hasta Palencia y Medina de Rioseco; y el de Valladolid a Segovia, del todo irrealizable por causa de desnivel de 400 m entre ambas ciudades. El proyecto inicial es del francés Lemaur aunque, al final, es al marino Antonio de Ulloa a quien Ensenada confía la dirección de las obras.

Las carreteras se hicieron y rindieron frutos en breve plazo, pero la obra hidráulica, convertida en el actual Canal de Castilla, sólo se terminó a mediados del siglo XIX, cuando ya el ferrocarril venía a hacer una competencia insostenible a los canales para el transporte de personas y mercancías. Sin embargo, el conjunto de los trabajos realizados es impresionante: canal más puentes y esclusas, caminos de sirga, molinos, batanes, fábricas de harina y dársenas, componen un conjunto de obra civil única por su extensión y, también, por la altísima calidad constructiva que en ese empeño se



8.11. El Canal de Castilla en la provincia de Palencia: *1) Puente típico, cerca de Osorno (obsérvese el camino de sirga); 2) Acueducto de cruce sobre el río Valdavia; 3) Esclusas (ovales) de descenso al nivel del río Carrión, en La Calahorra. (Fot.: Juan J. Arenas.)*

derramó[42]. No hay más que mirar, desde la actual carretera de Palencia a Santander, los puentes, esclusas y casetas de vigilancia para constatar la voluntad que hubo, como en la obra hidráulica aragonesa, de construir bien y para la posteridad.

Los puentes a que, como pasos elevados, da lugar el Canal de Castilla son de una pureza y simplicidad totales. Sus suaves lomos de asno emergiendo en la llanura de Tierra de Campos transmiten un mensaje de austeridad, del todo natural en el paisaje castellano. Con bóvedas de medio punto que abarcan el ancho del canal más unos estrictos pasos laterales para los caminos de sirga, son obras perfectamente delineadas y ejecutadas, pero cuya perfección se ha hecho compatible con una total suavidad de líneas y contornos. Su belleza no se aprecia en toda su intensidad al primer golpe de vista, y hay que esforzarse por captarla: mírese el despiece de sillares de las boquillas y su perfecta continuidad e integración en el plano del tímpano; véase el mismo pretil a dos aguas con el ortostato de clave en suave resalto. Saboréense incluso las coloraciones que esta piedra toma a las diferentes horas del día, con una austeridad que nos acerca a esos valores inmateriales del paisaje de Castilla que la Generación del 98, en su búsqueda de valores esenciales, fue capaz de descubrir y transmitirnos.

Al igual que el Imperial de Aragón, el Canal de Castilla obligó a la construcción de obras complejas, como acueductos y esclusas de salto de nivel. Buen ejemplo de los primeros es el de cruce del río Valdavia en las inmediaciones de Osorno; y, de las segundas, en total 49, las emplazadas en Frómista y Calahorra, próximas a Monzón de Campos. En los unos como en las otras, el cariño en el tratamiento arquitectónico resulta evidente: impostas horizontales a media altura de pilas, tajamares con planta en ojiva y sillares tallados en curva, y bellos sombreretes de coronación, más remates laterales superiores que, con piedras bien talladas, componen el límite de los caminos de sirga por los que puede atravesarse el acueducto. Cuando uno contempla tantos detalles de buen acabado, se convence del espíritu de obra medular española con que el canal fue abordado.

Contemplados desde la posteridad, es fácil entender que el Canal de Castilla representó por su longitud y obstáculos orográficos una obra más ambiciosa y con mayor repercusión política y social que el de Aragón. Sin embargo, la calidad arquitectónica e ingenieril que se despliega en ambos es del mismo nivel. E, incluso, más:

---

[42] El canal supuso en su momento una alta integración de actividades (de transporte, regadío e industriales). En sus aspectos más técnicos, véase N. GARCÍA TAPIA: «Ingeniería hidráulica del canal de Castilla», en J. HELGUERA *et alii*, 1990; su cartografía, en Juan HOMAR: *El Canal de Castilla* (estudio preliminar de Juan HELGUERA QUIJADA), CEHOPU, Madrid, 1992. Sobre un aspecto particular, J. LÓPEZ LINAGE: «Un batán de cueros del siglo XVIII en el Canal de Castilla», en *Estudios en homenaje a Ernesto Veiga de Oliveira*, Instituto Nacional de Investigação Científica de Portugal, Lisboa.

Los puentes sobre el Canal Imperial resultan, con sus bóvedas carpaneles, más modernos que los que salvan al Canal de Castilla.

VII

Presas y azudes

Las presas permiten almacenar agua con el doble objeto potencial de abastecimiento (ciudades, regadíos, lavaderos de lanas, abrevaderos, pesqueras[43]...) o de proporcionar fuerza motriz a instalaciones (proto)industriales (molinos harineros, ferrerías, batanes, aserraderos...; hoy en día, centrales hidroeléctricas).

Con frecuencia, la razón de una presa no es almacenar agua, sino elevar el nivel del curso en el cauce para derivarla. Los azudes[44] son presas de pequeña altura, sin aliviadero, que realizan el vertido de excedentes sobre coronación. En el siglo XVIII se construyeron multitud de azudes. La Presa de Pignatelli es un azud de derivación dispuesto oblicuamente con respecto al cauce del Ebro, que alimenta al Canal Imperial de Aragón. Diseñada por el ingeniero holandés Juan Cornelio Krayenhof, fue construida bajo la dirección de Ramón de Pignatelli entre 1778 y 1790; azud de gravedad de unos 230 m de longitud, llega a elevar las aguas 3,10 m. Con el objeto de posibilitar una cierta navegabilidad por el río, presenta algunos rebajes en su coronación.

De muy diferente envergadura, pero de enorme interés por las innovaciones técnicas que presentan, son las presas descritas y realizadas por el vizcaíno Pedro Bernardo Villarreal de Bérriz, a quien se puede considerar «el primer ingeniero genuino de presas»[45]. Autor del pionero tratado *Máquinas Hidráulicas de Molinos y Herrerías y Govierno de los Árboles, y Montes de Vizcaya* (Madrid, 1736), describe cinco presas de pequeña altura (entre 2 y 5 m), en realidad azudes de derivación a instalaciones protoindustriales (molinos o ferrerías), que construyó en Vizcaya, así como las reglas de diseño empleadas. Sus realizaciones recuperan e innovan sobre la tipología de presas de arcos-gravedad[46] con apoyos en contrafuertes (o estribos), lo que le permite aligerar el cuerpo de la presa; además, dota de inclinación el paramento de aguas arriba para facilitar el curso y estabilizar el muro. La de mayor envergadura es la de

---

[43] *Pesquera* significa también 'muro para detener el agua' (DRAE).

[44] *Azud*, del árabe *as-sudd*: 'la barrera, la presa'.

[45] J. A. FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ, 1984, p. 14. Con carácter general, sobre su obra puede consultarse E. RUIZ DE AZÚA, 1990; además se refleja en T. CASANOVAS (dir.), 1990, ambos editados en el 250 aniversario de su muerte.

[46] O «arcos echados en tierra», se llega a decir en la época, con bóvedas escarzanas, no de medio punto. La presa romana de Esparragalejo, cerca de Mérida, puede considerarse un precedente remoto y singular, aunque con arcos de medio punto.

Bedia (o Barroeta/Ibarra) sobre el Ibaizábal, con 4,50 m de altura y 56 de longitud en la coronación.

La mayoría de las presas del XVIII español son de gravedad, aunque entre las de siglos anteriores las haya soberbias de otras tipologías, por ejemplo de arco-gravedad, donde destaca la de Tibi, construida entre 1580 y 1594, con 42,70 m, récord mundial de altura aún en el siglo XVIII); o de bóveda, entre las que se encuentra, por ejemplo, la de Elche, realizada entre 1632 y 1640, con 23,20 m de altura y que «puede considerarse la primera presa de bóveda del mundo», ya que «su perfil es tan esbelto que no hubiera sido estable sin la curvatura en arco que se dio a su planta»[47]. También es de bóveda la presa de Relleu, erigida entre 1653 (?) y 1756, aún más esbelta que la de Elche, con 31,85 m de altura. Las tres se encuentran en la provincia de Alicante. Entre las de gravedad se encuentran las aragonesas de Arguis (construida entre 1687 y 1704, de 22,5 m de altura, proyectada por Francisco Antonio de Artigas) y de Mezalocha (entre 1719 y 1728, de 45 m de altura sobre los cimientos, 30 sobre el cauce, proyectada por Juan de Yarza, que lamentablemente se destruyó en 1766). De las terminadas al final de este período, una de las últimas es la de Valdeinfierno, cercana a Lorca (Murcia), proyectada por Gerónimo Martínez de Lara (entre 1785 y 1806, de 45 m de altura), sobre la que se volverá después. En Extremadura se construyeron también varias presas interesantes, básicamente de gravedad, con contrafuertes y sobre arroyos, de tamaños relativamente menores (alturas sobre cimientos entre 6 y 18 m)[48].

En el Siglo de las Luces, los canales se miran desde Madrid como las autopistas del transporte y el desarrollo. Pese a la necesidad de regadíos en un país de clima extremado, los canales se anhelan sobre todo como vías de transporte. Los Borbones conocen bien los sistemas de canales de Francia, Alemania y el norte de Italia, donde han constituido un factor de riqueza de primer orden. Pero son países con una orografía incomparablemente más suave que la española y con unos recursos hídricos muy superiores, y mucho más constantes, que los nuestros.

Esos sueños imposibles fueron también azuzados por algunos ingenieros, particularmente por los venidos del extranjero. Lemaur, ingeniero hidráulico francés invitado a España en 1751 por el marino Antonio de Ulloa y que inicia las obras del Canal de Castilla, es un buen ejemplo de soñador hasta más allá de la realidad. Ya hemos dicho que su concepción del Canal de Castilla incluía un ramal sur que desde Valladolid alcanzara Segovia, con un desnivel de 400 m, a salvar con un sistema inmenso de esclusas y con un enorme gasto de agua.

Lemaur llega a proponer un canal que uniera a Madrid con Sevilla y el golfo de Cádiz, empresa extraordinaria si se tiene en cuenta la sucesión de cordilleras que semejante obra necesitaba salvar. Pero no sólo lo propuso sino que llegó a convencer

[47] J. A. FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ, 1984, p. 248.

[48] J. A. FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ, 1984; J. A. GARCÍA-DIEGO, 1994.

a políticos tan avezados como Floridablanca y a banqueros tan sagaces como Cabarrús, y así inició ese magno proyecto con la construcción de la presa del Gasco, en el río Guadarrama, con la nunca vista altura de 93 m. Manuel Díaz Marta expresa su juicio con claridad: «Una muestra de las aberraciones a que puede llegar el arbitrismo de los planificadores hidráulicos la dio el ingeniero Lemaur»[49]. La idea era construir el canal de Guadarrama para reforzar los muy escasos caudales del río Manzanares con el agua recogida en el Gasco, y así hacer posible el canal navegable Madrid-Aranjuez, para cruzar el Tajo y discurrir por las planicies toledanas, alcanzar el Guadiana, subir con esclusas hasta un paso de Sierra Morena y descender, con más esclusas hasta el Guadalquivir en Andújar, continuando ya por el río hasta Sevilla y Sanlúcar de Barrameda.

En 1799, cuando la presa, construida con casetones de fábrica rellenos de arcilla, alcanzaba la altura de 57 m, se derrumbó como consecuencia del hinchamiento de la arcilla por causa de una intensa lluvia. O sea, nada que ver con presión del agua sobre la presa: por la razón simple y clara de que el pequeño caudal del río Guadarrama pasaba libremente por un boquete dejado en el fondo de aquélla. Afortunadamente, ese derrumbe no llevó consigo ninguna avenida, lo que evitó pérdidas humanas. Y, afortunadamente también, ese derrumbe paralizó las obras de lo que no hubiera constituido más que un despilfarro tremendo.

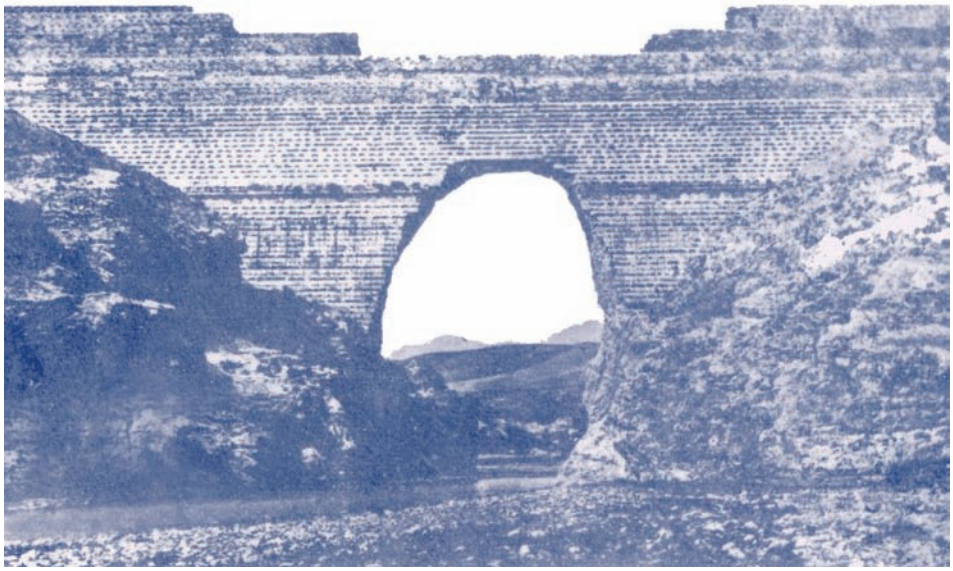
Otros canales muy debatidos fueron los que pretendían trasvasar agua de riego desde la cabecera del Guadalquivir hasta los campos de Murcia y Cartagena. La dificultad orográfica de la zona y la falta de caudales hicieron abandonar la idea. Pero, a cambio, se promovió la construcción de la presa de Valdeinfierno y la reconstrucción de la de Puentes, en el estrecho del mismo nombre. Una vieja presa allí situada se había arruinado en 1748. Puentes actuaba como contra-embalse de la de Valdeinfierno, y sus capacidades respectivas eran de 52 y 29,5 hm^3. La cabida de Puentes constituía todo un récord que sólo se superó en 1912 con la construcción de la presa de Guadalcacín (93 hm^3)[50].

La cimentación de la de Valdeinfierno se hizo sobre roca, pero la de Puentes, careciendo de una base sólida, se edificó equivocadamente sobre una plataforma de madera apoyada en pilotes del mismo material hincados en el suelo de arena. Al llegar a una altura de 50 m (por lo que ostentó, hasta su colapso en 1802, el récord mun-

---

[49] M. DÍAZ MARTA: «Evolución de las políticas hidráulicas españolas desde la Ilustración hasta nuestros días».

[50] El récord previo lo ostentaba el renacentista pantano de Tibi con sólo 3,7 hm^3 (véase Antonio GIL OLCINA (coord.): *Doscientos años de la rotura del pantano de Puentes (1802)*, conferencias en el Centro Cultural de Caja Murcia, octubre de 2002); sobre los dos pantanos lorquinos, Juan HERNÁNDEZ FRANCO, Antonio José MULA GÓMEZ, Joaquín GRIS MARTÍNEZ: *Un Tiempo, un Proyecto, un Hombre, Antonio Robles Vives y los Pantanos de Lorca (1785-1802),* Murcia, Ayuntamiento de Lorca y Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, 2002.



8.12. Vista parcial de la presa dieciochesca del Estrecho de Puentes. *Su construcción dio lugar a una terrible riada en 1802, cuando se rompió por sifonamiento. (Fot. del siglo XIX; tomada de N. SMITH, 1992.)*

dial), sobrevino una gran crecida que, al alcanzar en la presa los 40 m, produjo un sifonamiento general del suelo arenoso, vaciándolo por completo y dejando el cuerpo de la presa en el aire. Al faltar el apoyo en el valle, la presa quedó sustentada como un gran arco en las laderas rocosas, lo que llevó a la formación de un enorme boquete, dejando, como dice Díaz Marta, un fantástico puente apoyado en las laderas. El hundimiento de la presa de Puentes en 1802 constituyó el mayor desastre de la historia hidráulica española, provocando 608 víctimas y enormes daños materiales[51].

Tenía que ser tremendo luchar denodadamente contra los elementos para hacer a España más habitable y para superar las estrecheces de la gente, y recibir bofetadas como la que supuso el hundimiento de esta presa. Este fracaso tuvo el efecto positivo de impulsar la aprobación de los estudios de hidráulica y la organización de la Inspección de Caminos y Canales, según el esquema de Agustín de Betancourt. Tras el desastre de Puentes, Floridablanca escribe en un informe: «El ramo de la ingeniería pide mucha enmienda y mejoría». Es fácil así entender la esperanza con la que Betancourt y sus colegas impulsaron la creación del Cuerpo de Ingenieros de Caminos y Canales en el cambio al nuevo siglo.

---

[51] La presa de Puentes fue reconstruida sobre un lecho de roca a sólo 200 m de distancia de la anterior. Inaugurada en 1884, ha funcionado en perfectas condiciones hasta hoy.

VIII

Traídas de aguas: Pamplona y Málaga

El incremento de la población y la mejora de las condiciones higiénicas urbanas suscitaron en el XVIII la realización, entre otras obras públicas, de abastecimientos de agua. Dos obras exitosas son relevantes: la de Pamplona, sufragada por su ayuntamiento, y la de Málaga, llevada a cabo a iniciativa del obispado. Estas traídas de aguas son conocidas por los acueductos de Noaín y San Telmo, respectivamente.

Hasta finales del siglo XVIII, en Pamplona el agua para beber la aportaban el río Arga y algunos pozos públicos y privados, existiendo sólo tres fuentes de cierta importancia dentro del recinto amurallado. En verano el agua escaseaba y, por otra parte, la situación higiénica era deficiente, ya que estaba permitido arrojar los excrementos humanos a la vía pública. Se acometieron las obras para el abastecimiento desde el manantial de Subiza, situado en la falda de la sierra del Perdón, lo que requirió la construcción del acueducto de Noaín y de cinco fuentes monumentales en la ciudad, obra del escultor rococó Luis Paret. En 1774 se iniciaron los trámites para realizar el proyecto, que se haría realidad en 1790, con la inauguración de un surtidor de 24 caños.

8.13. Acueducto de Noaín, diseñado por Ventura Rodríguez, 1780-93. *(Fot.:* Revista de Fomento.*)*

El ingeniero francés François Gency recibió en 1774 el encargo de la traída de agua, importante obra de fábrica para salvar el desnivel del valle de Elorz, que ofrece un perfil de gran longitud y suavidad. El arquitecto Juan de Villanueva estudió y aprobó el proyecto del francés, y en 1779 se iniciaron los trabajos, que debieron suspenderse al año siguiente por fallos en las mediciones. A la vista de ello, el Concejo decidió en 1780 encargar un nuevo diseño a Ventura Rodríguez. Las obras fueron ejecutadas por los también arquitectos Ángel Santos de Ochandategui y Alejo de Aranguren.

El acueducto de Noaín es ese bello y rítmico conjunto de 97 arcos de medio punto que existe al sur de Pamplona, junto a la autopista de Navarra, cuya construcción hace tres décadas obligó a demoler varios de ellos. Antes de ese corte parcial el acueducto contaba con 1.245 m de longitud, con una altura máxima de 18 m sobre el suelo. Los arcos, de traza semicircular, son de ladrillo y apoyan sobre pilares rectangulares de sillería. Los tímpanos que materializan la conducción de agua son de sillarejos. En ambos extremos se construyeron murallones de mampostería. La impresión que produce esta obra inserta en el suave paisaje de Noaín es del todo satisfactoria. Poco tiene que ver el diseño del acueducto con los palacios y templos, con plantas circulares y elípticas, que Ventura Rodríguez estaba construyendo en Madrid, pero en su bella austeridad esta obra funcional da fe de haber nacido de la mano de un maestro.

Otra obra importante para abastecimiento de agua a núcleos urbanos realizada a finales del siglo XVIII es la de Málaga, construcción patrocinada por el obispo ilustrado Molina Lario, para acercar las aguas del Guadalmedina. Su factura se debe al arquitecto aragonés Juan Martín de Aldehuela (h. 1780), inicialmente formado en el rococó hasta su contacto con Ventura Rodríguez en Cuenca (h. 1753), y que años más tarde realizaría el Puente Nuevo sobre el Tajo de Ronda, que aquí se preconfigura en alguno de los acueductos (el de Arroyo Hondo, por ejemplo). La traída es relativamente corta (unos 11 km), con dos cauces superpuestos (el inferior, cerrado, para agua de boca; el superior, a cielo abierto, para regadío), habiendo de salvar un importante número de dificultades orográficas. Además de la presa de derivación, contaba con 30 acueductos, 33 puentes, 33 alcantarillas, almenaras y arcas diversas, hasta la principal de distribución[52]. Y, como es habitual, molinos que aprovechaban las diferencias de nivel. Entre sus acueductos más significativos se cuentan los que salvan los siguientes arroyos: Humaina (cuatro vanos de 7 m de luz; 15 m de altura y 75 m de longitud), Hondo (dos arcos de 5,4 m; 15 m; 44,3 m) y Quintana (13 ojos de 5,30 m, salvo el central de 7 m; 15 m; 170 m).

Los arcos son todos de medio punto, mientras que la fábrica es siempre de ladrillo y mampostería, lo que la adecua singularmente al agreste paisaje. Las pilas, de

[52] Datos tomados de Pedro José DAVO DÍAZ: *El Acueducto de San Telmo*, Diputación Provincial de Málaga, 1986. Los modernos accesos a Málaga destruyeron aproximadamente un quinto de la obra. Curiosamente, el arca principal, bastante barroca, es de planta pentagonal y contiene diez respiraderos. El frontal está presidido por el escudo heráldico del obispo y la preceptiva lápida en latín.

8.14. Acueducto de San Telmo (Málaga): *1) Arroyo de Humaina; 2) Arroyo de Quintana; 3) Arca principal de distribución (calle Refino). Obra de José Martín de Aldehuela, 1782-1784. (Fot.:* Revista de Fomento *y M.S.S.)*

planta rectangular, dotadas de tajamares semicirculares aguas abajo y triangulares en el paramento de aguas arriba, tienen un grueso de unos 3 m en el acueducto del arroyo de Humaina. Algo cargado de ornamentación y con pretensiones arquitectónicas, este acueducto contrasta con la sencillez y austeridad del pamplonés. La acumulación de impostas y de resaltos en las pilas, bajo los arranques de las bóvedas y en la misma base de los cajeros del canal superior resulta llamativa porque quizás no conocemos ninguna obra de fábrica del siglo XVIII tan ambiciosa en el plano arquitectónico. Se ha afirmado que los acueductos de Aldehuela exhiben un claro andalucismo, llegándose a postular su construcción por «alarifes hidráulicos moros».

IX

Dos puertos: Santander y Málaga

Igual que ocurre con las comunicaciones terrestres, el siglo XVIII amanece con muy escasas infraestructuras portuarias. Una ciudad con puerto fluvial tan fácil como Sevilla carece de muelles con calado en los que acostar las embarcaciones, debiendo proceder a la carga y descarga mediante chalupas que iban y venían del barco a las orillas o, para objetos pesados, con ayuda de una grúa. Pero eso no sólo ocurre en Sevilla: parece que un puerto tan estratégico para el tráfico comercial con las colonias americanas como Santa Cruz de Tenerife tenía limitaciones similares[53].

El caso de Sevilla es llamativo por cuanto en su puerto se concentraba todo el comercio con las Indias, incluidos el oro y la plata. Pues bien, en pleno siglo XVI la canalización del Guadalquivir dejaba mucho que desear, y ello se traducía en la necesidad de ayuda que tenían los barcos para ceñirse al canal de navegación y no embarrancar, lo que acabó conduciendo a que el tráfico marítimo se desplazara al puerto de Cádiz, donde desde 1650 se había ya superado a la capital de Andalucía.

Cádiz y Sevilla representan bien los problemas de los puertos de la época: por ser fluvial, el de Sevilla no sólo estaba abrigado frente al oleaje sino también frente a los ataques de corsarios. Cádiz ocupa una bahía natural de aguas profundas que soluciona bien la navegación y el abrigo frente al oleaje, pero, en cambio, se halla desprotegido frente a la piratería hasta que en 1625 se produce la victoria sobre la flota de Carlos I de Inglaterra, que aumenta la confianza en la recién fortificada plaza y que constituye el punto de arranque de su progreso[54].

La primera dificultad de una obra portuaria que pretendiera basarse en muros de piedra radicaba en la no disponibilidad de cales hidráulicas que fraguaran bajo el agua. Los cementos naturales tipo puzolana sólo existen en lugares muy concretos y

---

53 D. ROMERO MUÑOZ y A. SÁENZ SANZ: «La construcción de los puertos, siglos XVI a XIX», 1995, pp. 185-212.

54 D. ROMERO MUÑOZ y A. SÁENZ SANZ, 1995, p. 195.

hasta el siglo XIX no va a aparecer el cemento Portland artificial. Es una de las razones por las que se acudía a diques compuestos por escollera suelta o concertada, que también puede servir como base inundada de un muro de sillería que componga la parte alta del muelle y que permite una explanación bien urbanizada en su trasdós.

Pero, además, están el oleaje y los temporales. Los puertos que no disponían de abrigo natural resultaban casi imposibles con los medios técnicos de la época. En algún caso, como el puerto de Málaga, se había intentado en el siglo XVI la construcción de un dique de protección a base de escollera perdida que cerrara el puerto por el Este de la ciudad. La escollera ofrece flexibilidad para aceptar movimientos sin roturas pero exige un tamaño y un peso del bloque unitario que sea suficiente para asegurar su estabilidad. El ingeniero genovés Fabio Bursoto concibió un puente móvil que permitía avanzar sobre el dique construido para seguir colocando escollera, lo que había supuesto un avance técnico importante. Pero, al terminar ese siglo, fue imposible llevar adelante esta obra porque el escaso tamaño de las piedras hacía que el dique que se construía en verano quedara desbaratado en los temporales del invierno. Pese a ello, la técnica utilizada por Bursoto llama la atención, y dos maestros del puerto de Barcelona se acercan a Málaga a conocer el nuevo sistema. Pero el resumen final es que un siglo después, al comenzar el XVIII, el dique de protección del puerto de Málaga se hallaba en el mismo estado lamentable de cien años antes[55].

En el siglo anterior se utilizaban en Francia, como tecnología refinada, los cajones de madera fondeados para la cimentación de pilas de puente en ríos caudalosos. Hay noticias del hermano Romain, fraile que se especializó en este tipo de trabajos en la construcción de puentes en el Sena y que al final de su vida fue condecorado por el Rey Sol. El cajón flotante se puede situar con cierta precisión en el río y tras su fondeo ofrece un doble recinto vertical de tablas de madera con el espacio intermedio lleno de arcilla impermeable para, primero agotar el agua, y después excavar en el fondo del cauce, hincar los pilotes de madera y construir en seco la cepa de sillería que va a permitir el arranque de la pila. Parece lógico que ese mismo sistema tratara de aplicarse a la ejecución de obras marítimas con muros apoyados en el terreno de fondo, pero, al tratarse de obras de gran longitud, pretender ejecutar la cimentación de un muro corrido, no digamos pilotarlo con troncos de madera hincados como en las pilas de puente, sería una empresa a todas luces excesiva.

En cambio, sí es lógico utilizar el concepto de cajón flotante como un armazón de madera que, tras su fondeamiento, contiene a los bloques de escollera, los sujeta y, hasta cierto punto, ayuda a evitar la dispersión de los bloques de piedra por el oleaje. De hecho, en el puerto de Barcelona se había procedido a mediados del siglo XV al hundimiento de un viejo barco cargado de piedras para disponer de un punto de apoyo para la construcción de un dique de abrigo[56]. Sistemas de tipo gaviones, o sea,

[55] D. ROMERO MUÑOZ y A. SÁENZ SANZ, 1995, p. 196.

[56] D. ROMERO MUÑOZ y A. SÁENZ SANZ, 1995, p. 193.

piedras enjauladas entre estacas de madera, se utilizaron con mayor o menor éxito para estos fines. Y, en ocasiones, se llegó a fondear cajones de paredes verticales que podían disponerse unos sobre otros para componer muros de gaviones, aunque con escaso resultado de estabilidad a medio plazo.

El otro problema típico de los diques portuarios era el del aterramiento que su propia construcción provocaba y que daba lugar a que, en pocos años, su función quedara reducida o anulada por la desaparición del calado inicial. El problema se produjo efectivamente, entre otros puertos, en el de Málaga, como consecuencia de su ubicación junto a la desembocadura del Guadalmedina, cuyos aportes sólidos eran arrastrados por la corriente marina engendrada por el nuevo dique y depositados en la dársena así creada. El aterramiento de las dársenas y de los canales de navegación continúa siendo hoy un problema en numerosos puertos, pero ahora se dispone de dragas, además de entender y dominar las corrientes marinas. En el siglo de la Ilustración, esos depósitos constituían problemas irresolubles, capaces de anular la función de un puerto.

La situación de los puertos españoles en la época puede deducirse de las informaciones que da Madoz en su *Diccionario,* que empieza a publicarse en 1845. El puerto de Alicante, considerado "bueno", constaba a mediados del XIX de un único muelle de 350 m de longitud, que había sido proyectado en 1803. El muelle del puerto de La Coruña se reducía a dos rampas que en las bajamares quedaban en seco y resultaban del todo inútiles para su función portuaria, situación que se repetía en el puerto de Gijón, mientras que Málaga ofrecía el problema ya comentado de su pérdida de calado por aterramientos. Ello se repite tanto en el Grao de Valencia como en Barcelona por causa de los depósitos arrastrados por los ríos Turia y Llobregat[57]. La impresión general es que el Siglo de las Luces transcurre en España con una casi total carencia de infraestructuras que puedan denominarse de verdad portuarias.

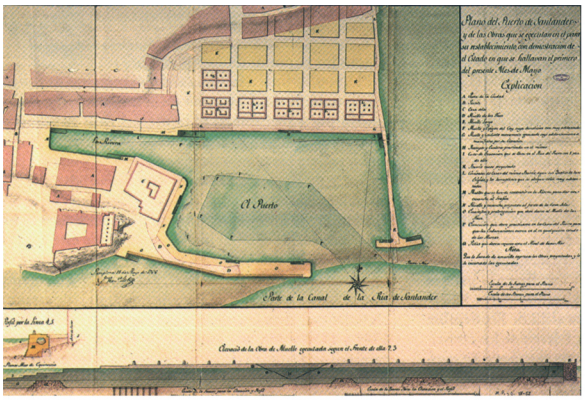
El hecho, sin embargo, es que en ese siglo el impulso a las carreteras y a los canales fue acompañado de la preocupación de los gobiernos por mejorar los puertos. Buen ejemplo de esta actitud es el de Santander, que se concibe como eslabón final de la cadena de transporte constituida por la carretera del Guadarrama a la que ya nos hemos referido, el Canal de Castilla, el nuevo camino carretero de Reinosa a Santander y el propio puerto, que a finales del siglo fue autorizado a comerciar con las colonias americanas.

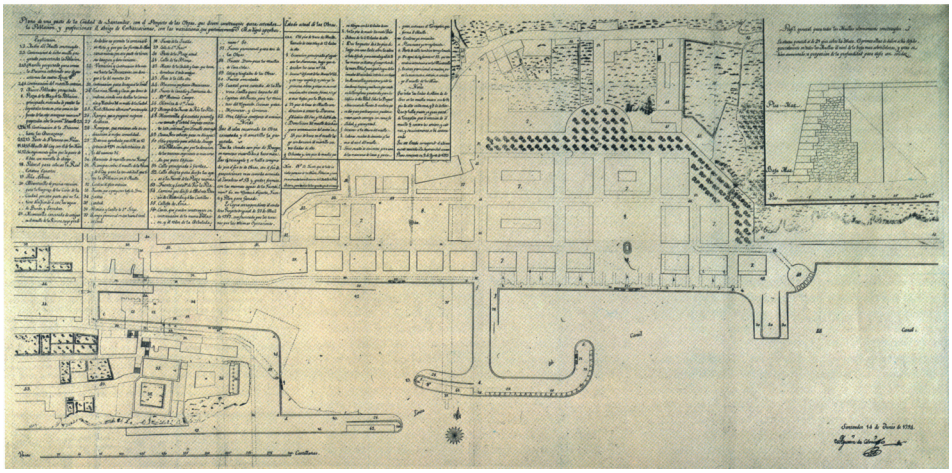
Santander es un caso específico de ciudad que nace de un puerto y que refleja en su trazado urbano las líneas maestras de sus muelles[58]. El Santander de hoy se perfila

---

57 R. ALVARGONZÁLEZ RODRÍGUEZ: «Los puertos españoles desde una perspectiva geográfica. Modelos portuarios de los siglos XIX y XX», en *Coloquio Internacional «El sistema portuario español»*, Ministerio de Fomento, 1995.

58 Es bien conocido el dibujo de Hoefnagel, publicado en G. BRAUN y F. HOGENBERG: *Civitates Orbis Terrarum*, Colonia, 1575.





8.15. El puerto de Santander: *1) Plano debido al ingeniero militar Francisco Llovet, 1768; 2) Plano que incluye la ciudad, debido al oficial de Marina Agustín de Colosía, 1794.*

con claridad en el grabado del siglo XVI de Joris Hofenagel[59] y se ve cómo el puerto nace de la ría de Becedo, que ha marcado el eje de la actual calle de Calvo Sotelo, discurriendo entre la Colegiata y el castillo de San Felipe, situados al Sur, y los edificios que limitan el muelle, situados al norte y que constituían la Puebla Nueva, donde se levantaban las atarazanas. La dársena del puerto se sitúa delante de la ciudad, mirando hacia el Este y ocupando el terreno donde ahora se ubican la plaza de Alfonso XIII y una parte de los Jardines de Pereda. Esa dársena incluye un playazo sin utilidad portuaria, pero que va a constituir, una vez dragado, la primera ampliación del puerto. Y donde lo más llamativo es cómo ese canal de Becedo, origen del puerto medieval y

59 G. BRAUN y F. HOGENBERG: *Civitatis Orbis Terrarum*, 1572-1617. Ilustración reproducida en F. SÁENZ RIDRUEJO: «Ingeniería y obra pública civil», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e Ingeniería en España: El Renacimiento*, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004, p. 376.

8.16. Propuestas de ingenieros militares para el puerto de Málaga: *1) Bartolomé Thurus, 1716; 2) Jorge Próspero de Verboom, 1722; 3) Julián Sánchez Bort, 1784.*

con más que probables antecedentes romanos, ha terminado por marcar la orientación del Santander que en los tres últimos siglos se ha expandido hacia el Este[60].

El primer plano que describe la situación del puerto y de la ciudad en el siglo XVIII, fechado en 1768, es el del ingeniero militar Francisco Llovet. En el clima de optimismo que ha generado el nuevo camino de Reinosa y la autorización real para comerciar con América, el ayuntamiento de Santander solicita a Carlos III la presencia de Llovet para que estudie la ampliación del puerto. El resultado es una propuesta de dragado de la dársena antigua, creando un nuevo muelle orientado según el viejo canal de Becedo, y el aprovechamiento del terreno marismoso que se gana al mar, para plantear una nueva ciudad formada por una retícula ortogonal de calles. Retícula que ha terminado componiendo el actual paseo de Pereda como espléndida imagen de la ciudad mirando hacia su puerto, a la bahía y, además, al Sur.

El plano de Llovet limita la dársena en dirección Norte-Sur con un nuevo dique que posee un remate que en planta recuerda la forma de un martillo. De ahí proviene el nombre de calle del Martillo que conserva la vía urbana allí emplazada. Llovet incluye en su ensanche sólo cinco manzanas de casas, que en planes sucesivos se irán ampliando hasta llegar al paseo actual que termina en Puertochico.

A medida que las obras se ejecutan y que el tráfico crece se suceden diferentes propuestas de ampliación del puerto. El plano del proyecto del teniente de navío Agustín de Colosía, de 1794, posee tanta carga portuaria como urbanística. En él aparece el trazado viario de lo que va a constituir el ensanche de Santander del siglo XIX y es un reflejo de racionalidad y de conocimiento geométrico que en aquella España de escasas luces y corto espíritu científico poseían los oficiales de la Marina. El plano de Colosía incluye una sección transversal del muelle, compuesto por una fachada de sillería en talud, reforzada por atrás con mampostería concertada. Todo lo cual da lugar a un muro de gran espesor que parece apoyar directamente sobre el fondo marino.

En el desarrollo de la ciudad tuvo gran importancia el hallazgo de un nuevo canal de navegación, más o menos paralelo a la ría de Becedo y a unos 100 m al Sur de ella, o sea, hacia el centro de la bahía, lo que va a permitir en el futuro mover los muros en esa dirección ampliando considerablemente el espacio disponible para muelles, que terminará convertido en el actual paseo de Pereda, y en su amplia explanada frontal, hoy paseo marítimo.

El otro puerto con avatares interesantes en el siglo XVIII fue el de Málaga. Su proximidad a las plazas españolas en África y la conquista de Gibraltar por la armada británica en 1704 hacen que Felipe V le preste especial atención, hallándose, como hemos visto, en situación de escasas defensas frente al oleaje y de pérdida de calado a causa de los aterramientos producidos por el río Guadalmedina.

---

60 J. POZUETA ECHÁVARRI: *Santander, el puerto y la ciudad en la historia*, Junta del Puerto de Santander, 1985.

El ingeniero flamenco Bartolomé Thurus, siguiendo órdenes del rey para estudiar la mejora del puerto, aparece en Málaga en 1716. Su plan consistió en prolongar el muelle del Este en dirección Suroeste y en proponer un nuevo dique por el Oeste que se acercara tanto al extremo del anterior que, juntos, crearan una bocana estrecha. Bocana que, según Thurus, iba a reducir la entrada de los sedimentos del río en la dársena y que, además, resultaba ventajosa como defensa tanto militar como sanitaria[61].

Thurus fallece y es relevado por Verboom, fundador del Cuerpo de Ingenieros Militares, que ya había trabajado en el puente de Molins de Rei y que en 1722 redacta un nuevo proyecto que cambia por completo el anterior. Según Verboom, la bocana debe ser amplia para que el agua pueda, en el reflujo, salir de la dársena con velocidad suficiente para arrastrar los depósitos de fango. En concreto, mantiene el dique del Este, ya construido y también el arranque del nuevo dique del Oeste, en su corta longitud ejecutada. De lo cual resulta una dársena mucho más abierta que la imaginada por Thurus; aunque en 1738, y actuando como director de las obras el ingeniero militar Martín Cermeño, vuelve a aparecer el problema de la falta de calado por causa de los depósitos, deduciendo de ello que la gran abertura de bocana defendida por Verboom seguía sin solucionar el problema. Cermeño solicita permiso, que le es concedido, para prolongar mar adentro el dique principal del puerto en una longitud de 70 toesas más, o sea, en unos 130 m.

Los aterramientos provocados por los arrastres del Guadalmedina constituyen el *leit motiv* del puerto de Málaga a lo largo de todo el siglo. Se consulta a multitud de expertos y allí intervienen figuras del prestigio del marino Jorge Juan, aunque las soluciones que unos y otros proponen constituyen variaciones sobre un mismo tema. Hasta vuelven a aparecer propuestas recomendando una bocana estrecha. Un cambio interesante consiste en la propuesta de encauzar el río en su desembocadura con un dique que oriente al agua hacia el Oeste, tratando de evitar los depósitos y las barras de arena. La situación se torna tan sin salida que alguno de los muchos consultados concluye y resume, refiriéndose al dique de levante: «Sin él no tenemos ni podemos tener puerto, y es él la causa y destrucción del mismo puerto»[62].

BIBLIOGRAFÍA

AGUILÓ, Miguel: *La enjundia de las presas*, Madrid, ACS, 2002.

ALZOLA Y MINONDO, Pablo: *Historia de las obras públicas en España*, Imprenta Casa de Misericordia, Bilbao, 1899 (reeditado en Madrid, por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1979, 3.ª ed. 1994).

61 F. CABRERA PABLOS: «El puerto de Málaga en el siglo XVIII: Sus implicaciones urbanísticas», en *Coloquio Internacional «El sistema portuario español»*, Ministerio de Fomento, 1995, pp. 313-332.

62 F. CABRERA PABLOS, 1995, p. 324.

ANES, Gonzalo: *Economía e Ilustración*, Ariel, Madrid, 1969.

ARENAS DE PABLO, Juan José: *Caminos en el aire, los puentes*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2002.

ARRÚE UGARTE, Begoña y MOYA VALGAÑÓN, José Gabriel (coords.): *Catálogo de puentes anteriores a 1800: La Rioja*, Logroño, 1988.

BETANCOURT, Agustín de: *Noticia del estado actual de los caminos y canales de España*, Madrid, 1803 (reproducida por la *Revista de Obras Públicas*, 1869).

CABRERA PABLOS, Francisco y OLMEDO CHECA, Manuel: *El puerto de Málaga, 30 siglos de vida, 400 años de historia*, Málaga, Junta de Obras del Puerto, 1988.

CASANOVAS, Teresa (coord.): *Presas de Bizkaia,* Diputación Foral de Bizkaia, San Sebastián, 1990.

CASAS, Antonio de las, y VÁZQUEZ, Ana: *El Canal Imperial de Aragón*, Caja Inmaculada (col. CAI-100, 33), Zaragoza, 1999.

CHÍAS NAVARRO, Pilar y ABAD BALBOA, Tomás: *Los puentes de España*, Madrid, FCC, 1994.

DOMÍNGUEZ ORTIZ, Antonio: *Hechos y figuras del siglo XVIII español,* Siglo XXI, Madrid, 1980.

FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ, José Antonio (dir.): *Catálogo de noventa presas y azudes anteriores a 1900*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1984.

—*et alii*: *Catálogo de treinta canales españoles anteriores a 1900*, Colegio de Ingenieros de Caminos/CEHOPU, Madrid, 1986.

—ABAD BALBOA, Tomás y CHÍAS NAVARRO, Pilar: *Catálogo de puentes anteriores a 1936. León*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1988.

FERNÁNDEZ VÁZQUEZ, Vicente: *Diego de Ochoa (1742-1805), Arquitecto y académico de mérito de San Fernando*, Ayto. de Ponferrada, 2000.

GARCÍA-DIEGO, José Antonio: *Las presas antiguas de Extremadura*, Fundación Juanelo Turriano/Castalia, Madrid, 1994.

GONZÁLEZ NAVARRO, Ramón: «Los caminos y puentes que conducen a Alcalá de Henares», en VV. AA.: *Caminería hispánica*, tomo I, Madrid, 1996.

Guía de los puentes de España, MOPU, 1987.

HELGUERA QUIJADA, Juan; GARCÍA TAPIA, Nicolás y MOLINERO HERNANDO, Fernando: *El Canal de Castilla*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 1990 (2.ª ed.).

MADRAZO, Santos: *El sistema de transportes en España, 1750-1850* (vol. I: *La red viaria*; vol. II: *El tráfico y los servicios*), Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2002.

RODRÍGUEZ-VILLASANTE PRIETO, Juan Antonio: «La evolución de los puertos españoles en la Edad Moderna», *Puertos españoles en la historia*, Madrid, CEHOPU, 1994, pp. 61-76. .

ROMERO MUÑOZ, Dolores y SÁENZ SANZ, Amaya: «La construcción de los puertos, siglos XVI a XIX», en *Coloquio Internacional «El sistema portuario español»*, CEHOPU, Madrid, 1995.

RUIZ DE AZÚA, Estíbaliz: *D. Pedro Bernardo Villarreal de Bérriz (1669-1740). Semblanza de un vasco precursor*, Fundación Juanelo Turriano/Castalia, Madrid, 1990.

RUMEU DE ARMAS, Antonio: *Ciencia y tecnología en la España ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales*, Colegio de ICCP/Turner, Madrid, 1980.

SÁENZ RIDRUEJO, Fernando: «Algunos aspectos poco conocidos en la historia del Canal Imperial de Aragón», en SÁSTAGO, Conde de (1984), tomo I.

SÁSTAGO, Conde de: *Descripción de los Canales Imperial de Aragón y Real de Tauste,* Zaragoza, 1796 (dos tomos: conjunto de estudios y edición facsímil, CEHOPU, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1984.)

SMITH, Norman: *The heritage of Spanish Dams*, Madrid, 1971 (reed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1992).

URIOL SALCEDO, José Ignacio: *Historia de los caminos de España*, tomo I, Colegio de Ingenieros de Caminos, Madrid, 1990.

VIGUERAS GONZÁLEZ, Modesto, y PEÑA ABIZANDA, Javier: *Evolución de las tecnologías de las infraestructuras marítimas en los puertos españoles*, Fundación Portuaria, Madrid, 2000.

VILLANUEVA DEL PARDO (Marqués de), y BETANCOURT, A. de: *Noticia de la Acequia Imperial, o Canal Real de Aragón,* 1783, en SÁSTAGO, Conde de (1984), tomo II.

VILLARREAL DE BÉRRIZ, Pedro Bernardo: *Máquinas Hidráulicas de Molinos y Herrerías y Govierno de los Árboles, y Montes de Vizcaya*, Oficina de Antonio Marín, Madrid, 1736 (ed. facsímil por la Soc. Guipuzcoana de Ediciones, San Sebastián, 1973).

VV. AA.: *Puertos españoles en la historia*, catálogo de la exposición, CEHOPU, Madrid, 1994.

VV. AA.: *El sistema portuario español*, Actas del Coloquio Internacional, Ministerio de Fomento, Madrid, 1995.

VV. AA.: *Caminería hispánica,* Actas del II Congreso, tomo I, Madrid 1996.

9

La política de construcción de canales. Una aproximación

Guillermo Pérez Sarrión
Universidad de Zaragoza

Las obras públicas, y en concreto las que aquí ocuparán la atención, las obras hidráulicas, siguen atrayendo por su grandiosidad, la dificultad técnica de su construcción o la relevancia que llegaron a tener. Pero no fueron sólo producto del progreso tecnológico o trabajos magistrales de una mente brillante, sino respuestas a las necesidades que planteaba el progreso de la sociedad europea.

En los siglos medievales las obras públicas estaban en manos de los entes locales, señores e iglesias; en los de la modernidad, las mayores con frecuencia sólo pudieron emprenderse cuando fueron surgiendo instituciones supraterritoriales capaces de eliminar fronteras y articular intereses locales, sobre todo y especialmente la monarquía y el Estado[1]. En cuanto a la tecnología, se tiene por cierto que en el siglo XVI los líderes de las obras de ingeniería hidráulica fueron los italianos; de ellos copiaron los nuevos países emergentes, en especial las Provincias Unidas, donde el desarrollo tecnológico se puso al servicio de un progreso económico cuya meta era superar los problemas derivados del exceso de agua, no los de su escasez, como sucedía en las zonas mediterráneas[2]. De Italia y las Provincias Unidas, máquinas y sistemas se fueron difundiendo en los siglos XVII y XVIII hacia países que, ya en otro contexto político y económico, fueron necesitándola y van a ser objeto de atención preferente: Francia y la monarquía española.

I

Los orígenes, 1650-1750

La situación europea del siglo XVI cambió mucho en el siglo XVII cuando, en el marco de la guerra de los Treinta Años y demás conflictos dinásticos y con origen en

---

[1] G. PÉREZ SARRIÓN, 1990.

[2] Sobre ello véanse ante todo las obras de S. CIRIACONO, 1994, 1998 y 2004, y F. CAZZOLA, 1990.

la religión que asolaron el continente, las grandes potencias encontraron en ellos razones de fuerza para incrementar sus gastos bélicos, lo que les obligó a desarrollar y poner a su servicio marina, artillería, pertrechos y obras de ingeniería cada vez más sofisticadas y caras, algo que les forzaba a incrementar sus ingresos fiscales. Esto era algo difícil para todos, pero más para una monarquía como la hispánica, hasta entonces hegemónica. España, aun sumida en una larga crisis social, política y financiera, entró en guerra contra Francia sin contar con recursos suficientes. La derrota y las paces de Westfalia y los Pirineos pusieron fin a su hegemonía, y abrieron un siglo durante el cual España quedó subordinada políticamente a Francia e Inglaterra.

En ese contexto es importante considerar lo que pasó en un país como Francia, que dominó el escenario militar en la segunda mitad del siglo XVII. La monarquía de Luis XIV no sólo disfrutó de un gran poder sino que además, por tener extensas fronteras terrestres, desarrolló una doctrina orientada a defender su espacio interior, que quedaba protegido por plazas amuralladas en las fronteras y articulado por caminos y canales para la comunicación interior. Esto dio gran importancia a la ingeniería y explica por qué los militares tuvieron un papel tan relevante en el desarrollo de obras de ingeniería de doble uso civil y militar, tales como caminos, acueductos, murallas urbanas y palaciegas, conservación de bosques, y canales de navegación interior. Baste citar, a propósito de quienes formularon esta doctrina, el caso ejemplar de Vauban (1633-1707), el ingeniero más grande de la Francia de fines del siglo XVII. Vauban describió un completo plan de construcción de plazas fuertes para defender las fronteras del país; escribió un tratado sobre la conservación de los bosques (1701); otro de construcción y canalización de riberas fluviales y canales interiores (hacia 1690); un estudio sobre el famoso Canal de Languedoc (1691); otro sobre la unión de los ríos Mosa y Mosela; y, como colofón lógico, formuló importantes propuestas de reforma fiscal (1695, 1707). Todo el análisis estaba orientado a ganar las guerras siguientes y a la vez –esto es lo novedoso– a conseguir el desarrollo del mercado interior, ya que favorecer que los súbditos del rey aumentaran la riqueza del país había de ser otro modo más de incrementar su capacidad fiscal y, por tanto, el poder del monarca[3]. Así, el crecimiento económico y el progreso no eran sino objetivos al servicio de la guerra: surgían, militarizados, de ella misma.

La gran influencia cultural y política de Francia en la España de la segunda mitad del siglo XVII perduró durante buena parte del XVIII, lo que contribuye a explicar por qué las ideas de Vauban fueron conocidas pronto en los dominios del monarca español. Tras la guerra de Sucesión, la supresión de los fueros en la Corona de Aragón incrementó la unificación legislativa y administrativa, y aumentó la capacidad de acción de una monarquía borbónica cuyos ministros, no obstante, durante largo tiempo siguieron mirándose en el espejo de Francia. La nueva fase de crecimiento

[3] Todos estos escritos, en VAUBAN, 1988 y 1996.

económico posibilitó el crecimiento de la recaudación y el que se planteasen reformas fiscales en la Corona de Aragón (*equivalente, contribución, catastro, talla*) y Castilla (*Única Contribución*). Todo ello favoreció el fortalecimiento del Estado y la puesta en marcha de políticas de construcción de caminos, canales y puertos que activaran la circulación interior de mercancías y la defensa militar del país, trasladando tropas de un lado a otro, al modo francés. Esta preocupación estuvo presente tanto en los nuevos arbitristas como en los políticos que, en las décadas de los 40 y 50, consiguieron finalmente reorganizar el Estado, dotarlo nuevamente de fuerza, y diseñar los proyectos que fueron el origen de las acciones reformistas de la segunda mitad de siglo.

Así, el navarro Jerónimo Uztáriz Hermiagua, cuya *Theórica y práctica de comercio y de marina* (1724) es una de las mejores expresiones del reformismo primisecular, defendía la realización de obras que hicieran navegable el Ebro para el suministro de la marina y el ejército, que se pretendían reconstruir, y secundariamente para fomentar el comercio interior[4]. Uztáriz, que había servido al rey en Flandes antes de la guerra de Sucesión, conocía bien la situación en Europa y había obtenido el título de ingeniero por la todavía española Real Academia Militar de Bruselas, la más prestigiosa del continente. Allí tuvo por compañero al flamenco Jorge Próspero Verboom[5], quien luego fue ingeniero al servicio del rey español.

La ordenación del territorio no era, sin embargo, el eje central en una obra como la de Uztáriz, orientada a analizar las causas del desequilibrio de la balanza comercial española. Pero el planteamiento es importante porque no estaba alejado de unas ideas que podían ser aceptadas de buen grado por el monarca, y por la influencia doctrinal que tuvo el autor. Uztáriz llegó a ser secretario privado del rey, miembro destacado de la red social de los navarros en Madrid[6], de organismos como las Secretarías del Despacho de Guerra y de Hacienda y de una entidad fundamental, la Real Junta General de Comercio, que dependía de la segunda secretaría citada[7].

---

[4] G. UZTÁRIZ, 1724, p. 218.

[5] Uztáriz utilizó en su obra muchos datos proporcionados por Verboom. Véase R. FERNÁNDEZ DURÁN, 1999, pp. 18-19, y *FICHOZ,* n.º 007268.

[6] Sobre el grupo, véase G. PÉREZ SARRIÓN, 2005.

[7] Según datos de *FICHOZ,* n.º 006042. En febrero de 1702, el recién llegado Felipe V, para despachar todos los asuntos de gobierno, creó una "vía reservada" que no pasaba por el filtro de los consejos tradicionales, consistente en un Consejo de Gabinete o Consejo de Despacho, al que dotó primero de un secretario que estaba al frente de una secretaría del Despacho (Universal) que luego dividió en dos, cuatro y hasta cinco o seis: Estado, Guerra, Hacienda, Indias, Marina y Gracia y Justicia. El Consejo de Gabinete o de Despacho desapareció en 1714 pero las secretarías siguieron durante todo el siglo, ya sin la cobertura del Consejo de Gabinete. Todo, según el importante artículo de J. P. DEDIEU, 2000. De ahí el nombre de Secretaría o secretario del Despacho, en este caso de Hacienda.

Poco después otro ilustrado, el sevillano Bernardo Ulloa (1682-1752), admirador de la obra de Uztáriz, al hacer en 1740 un largo análisis de las causas de la decadencia de las manufacturas españolas, las atribuía a casi los mismos factores: la heterogénea presión fiscal de las alcabalas, el desorden aduanero exterior y «la desigualdad de precios en los abastos», es decir, la escasa articulación del mercado interior. Todo esto venía causado, según él, por la desorganizada diversidad de impuestos sobre los productos transportados, la falta de caminos y posadas acondicionados, y la inexistencia de canales que abarataran los intercambios, como sucedía en Europa[8]. La solución era construir caminos, canalizar ríos y crear canales, emulando los de China y sobre todo Francia, cuyo Canal de Languedoc, que comunicaba ambos mares, era uno de los modelos a imitar en técnica y diseño. Para ello los intendentes remitirían la información necesaria a una Secretaría de la Intendencia de Caminos y Tráfico y, a través suyo, a la Real Junta General de Comercio, para que ésta dispusiera las obras que realizar[9]. No hay ya referencia a su posible valor militar: la propuesta se dirigía exclusivamente a impulsar los intercambios comerciales.

Una década después, algunos de estos propósitos empezaron a estar encauzados en las manos de quien por varios años fue el político más poderoso de España, Zenón de Somodevilla, marqués de la Ensenada, que en su principal representación al rey de 1751 sobre la política a seguir por la monarquía expresaba que la construcción de caminos y canales era un objetivo político importante, orientado sobre todo a la articulación del mercado interior y no tanto a intereses militares, y que debía tomar como modelo de referencia la Francia de Luis XIV, cuyas pautas tan bien habían sido definidas por Vauban[10].

Por entonces el rey encargó a un irlandés a su servicio, Bernardo Ward, viajar por toda Europa buscando modelos de actuación. El resultado fue una obra titulada *Proyecto económico* (1762). Ward proponía el diseño de seis carreteras que comunicarían Madrid con el norte, Barcelona, Alicante, Cádiz, Badajoz y La Coruña[11], en un trasunto anticipado de lo que sería la red radial de carreteras del siglo XX.

Entre 1715 y aproximadamente 1750 los gobernantes al servicio de Felipe V y Fernando VI impulsaron reformas en actividades básicas como la marina, la deuda, las aduanas, las manufacturas, la gestión tributaria y la propia Administración del rey, de tal modo que a mediados de siglo el Estado borbónico contaba ya con un poder ejecutivo notablemente mayor que a principios de siglo. Esto permitió poner en marcha las formulaciones planteadas por los doctrinarios de la primera mitad de la centuria.

---

8 B. ULLOA, 1740, pp. 22-78.

9 B. ULLOA, 1740, pp. 50-58.

10 Marqués de la ENSENADA, 1751, pp. 100-101.

11 B. WARD, 1762. Ward fue el maestro de Rodríguez Campomanes, y ya en el siglo XVIII se le acusó de que amplias partes de su libro, si no todo, habían sido tomadas de la obra de otro prestigioso doctrinario, el intendente José Campillo. Sobre esto, véase J. L. CASTELLANO, 2000.

El momento más interesante es el período de gobierno de Ensenada (1743-1754), que llegó a acumular las Secretarías del Despacho de Marina, Indias, Guerra y Hacienda. Con él se promulgó la ordenanza de intendentes de 8-X-1749, reiterando disposiciones establecidas en la primera, de 1718[12]. Esta ordenanza les atribuía la promoción y mantenimiento de caminos, canales y artefactos industriales. En la Corte, los planes de construcción de canales fueron responsabilidad de Ensenada: tras su caída, por lo menos el Canal de Castilla pasó a depender de la Secretaría del Despacho de Hacienda, y hay razones para pensar que también los otros proyectos que hubiera. Carlos III, rey desde 1759, tomó en 1761 una importante decisión: al recién nombrado para la secretaría citada, el italiano Leopoldo Gregorio, marqués de Squilache (1701-1785)[13], le añadió el nuevo cargo de superintendente general de Caminos, al que quedó asignada la construcción del Canal de Castilla, entonces ya en marcha. No obstante, esta vía no fue la única: el Canal Imperial y la Acequia Real del Júcar fueron impulsados y controlados desde el Consejo de Castilla. En cualquier caso, la coyuntura política cambió bastante en quince años. Dentro de la citada Secretaría, un Real Decreto de 20-XII-1776 delimitó aún más las competencias al crear la Real Junta de Correos y Postas como órgano gubernativo y tribunal supremo para todo lo referente a caminos, canales, albergues, correos y estafetas, presidida por el secretario del Despacho de Hacienda, en tanto que superintendente general de Correos y Postas[14]. Al año siguiente, el organismo pasó de Hacienda al secretario del Despacho de Estado, cargo para el que había sido nombrado el conde de Floridablanca, y ya no se movió de allí.

La política hidráulica desarrollada por Ensenada y sus sucesores contempló obras para comunicar el océano Atlántico y el mar Cantábrico con Mediterráneo por el interior, a través del futuro Canal de Castilla y otros, y el Cantábrico con el Mediterráneo a través del Canal Imperial de Aragón, el Canal de Amposta a San Carlos de la Rápita y el río Ebro. Las dificultades técnicas, la descoordinación, la falta de financiación y la imposibilidad de disponer de agua suficiente para obras así condujeron a esta política al fracaso, que, sin embargo, se trató de llevar a cabo con vigor, y trajo como fruto algunas de las construcciones más espectaculares del siglo. La única forma de tener una idea concreta de cómo se desarrollaron estos proyectos es analizar con cierto detalle algunos de ellos, para lo que se han elegido tres: un canal de navegación, el Canal de Castilla; un canal mixto de navegación y riego, el Canal Imperial de Aragón; y una obra de regadío de cierta extensión, la Acequia Real del Júcar. Merecen un examen detenido porque son obras importantes y se dispone de información abundante sobre ellas. Sus similitudes y diferencias permitirán perfilar más eso que llamamos política de

12 *Novísima...*, 1806, lib. VII, tít. XI, leyes XXIII y XXIV, III, pp. 336-343.

13 Que había ocupado el mismo cargo en el Reino de Nápoles hasta que en 1759 Carlos III pasó a ser rey de España; *FICHOZ,* n.º 000345.

14 La Real Ordenanza de Correos no se promulgó hasta 1794; *Novísima...,* 1806, lib. III, tít. XIII, leyes I a III, II, pp. 99-102.

obras públicas hidráulicas, y concluir algo sobre hasta qué punto el término es aplicable y describe lo que realmente hicieron los ilustrados españoles.

II

Canales de navegación. El Canal de Castilla

El Canal de Castilla, eje de la política hidráulica en la región durante el siglo XVIII[15], en realidad comprende el conjunto de canales de la meseta norcastellana, y es el primer caso a considerar. Los planes de los ilustrados lo abordaron desde el principio: en 1753 el sevillano Antonio Ulloa Torre Giral escribió un *Proyecto General de los Canales de Navegación y Riego para los reinos de Castilla y León*[16]. Cuando el autor lo redactó y publicó, contaba con el apoyo del marqués de la Ensenada, que dio su aprobación.

El plan de 1753 constaba de tres obras: un camino (17 km) que permitiera el paso de carretas por el puerto de Guadarrama hasta El Espinar, unos 40 km al sur de Segovia; una red de canales en Castilla cuyos dos tramos principales, con dirección norte-sur, habían de unir El Espinar con la villa de Reinosa, en Santander; y otro camino carretero de Reinosa al puerto de Santander (71 km). Estaba orientado a organizar el territorio para estimular el crecimiento económico, como ha demostrado Sambricio[17].

Para construir un sistema de canales interiores como el que se describe había varios argumentos poderosos. El primero era Madrid: su abasto de granos era cuestión política de primer orden, y la combinación del camino de Guadarrama (carretas) más un canal (barcazas) garantizaría el transporte de los trigos norcastellanos a la Corte con costes bajos. El segundo era la articulación de la región: asegurar la salida al mar de sus productos (granos y lana), combinando el transporte por canal hasta cerca de Reinosa y con carretas hasta Santander.

El proyecto inicial fue obra de Carlos Lemaur (1725-1785), ingeniero militar francés traído expresamente de París por Antonio Ulloa por encargo de Ensenada, que realizó varios proyectos al servicio de los monarcas españoles[18]. Ulloa, en su viaje a

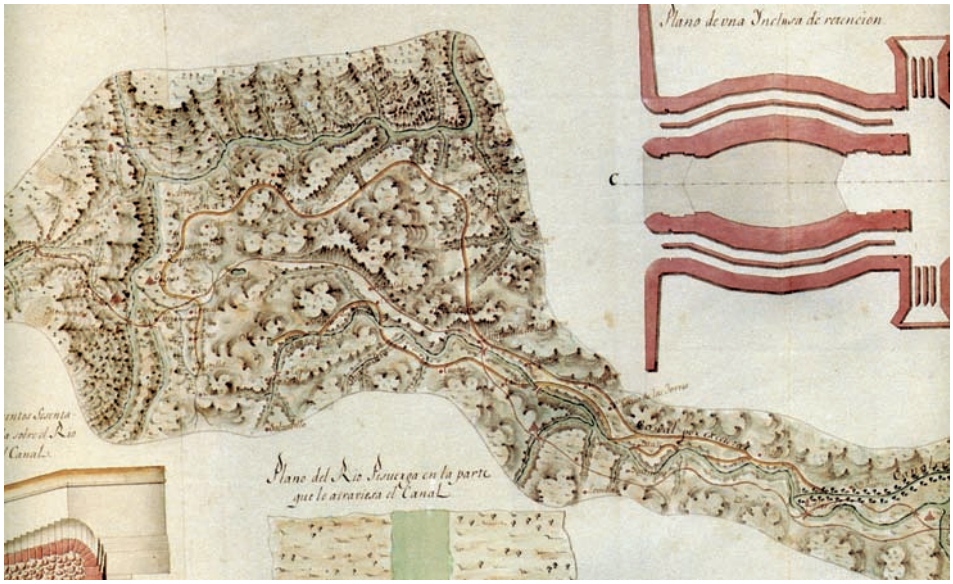
---

15 J. HELGUERA, 1988, pp. 17-102. Salvo otra indicación, los datos sobre los Canales de Castilla se toman de esta fuente fundamental.

16 Ulloa, militar teniente de navío desde 1735, que había recibido una amplia formación en matemáticas y astronomía, fue uno de los científicos más importantes de la Ilustración y, de hecho, actuó al servicio del rey como ingeniero en muchas otras ocasiones. Numerosos datos, en *FICHOZ*, n.º 000822.

17 Más detalles sobre esta cuestión, fundamental a la hora de valorar la política de obras públicas de la Ilustración, en SAMBRICIO, 1986a, pp. 39-58; 1986b, pp. 13-38; y 1991.

18 Más datos, en *FICHOZ*, n.º 004135.



9.1. Extremo norte del Canal de Castilla, 1806. *(Fuente: Juan de Homar,* El Canal de Castilla. Cartografía de un proyecto ilustrado, *estudio preliminar de Juan Helguera Quijada, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid, 1992, s. p.) Detalle del mapa firmado por el ingeniero Juan de Homar en 22-XII-1806. Muestra al sur (lado derecho) la línea arbolada del nacimiento del canal construido, y al norte (lado izquierdo), con un triángulo rojo, Reinosa, sobre el río Ebro. Entre ambos una línea roja delgada marca el camino carretero de Castilla a Santander y dos líneas en rojo anaranjado los trazados que alargarían el canal hasta su destino original, Reinosa, por donde había de conectarse con la navegación del Ebro, el camino a Santander y el mar Cantábrico.*

Francia, había quedado impresionado por el sistema francés que enlazaba los ríos Sena, Ródano, Loira y Garona mediante los canales de Languedoc, Orleans y Briare, comunicando los dos mares. Estas vías comunicaban ríos navegables; España, como apenas tenía ríos así, debería emprender más la construcción de canales y menos la canalización de los cursos fluviales, en opinión de Ulloa.

Entre noviembre de 1751 y octubre de 1752, Carlos Lemaur elaboró y entregó a Ensenada los proyectos del Canal de Campos y del Canal del Pisuerga, luego finalmente llamado Canal del Norte, con 15 esclusas y un gran acueducto de 26 arcos, y presupuestos de 3 y 3,1 millones de reales de vellón, respectivamente. Se trataba de proyectos específicamente para canales de navegación. Casi a continuación, en noviembre, el propio Lemaur volvió a presentarlos a Ensenada incluyendo canales de navegación y riego. Para ello modificaba los trazados, preveía una importante presa y embalse en Congosto, sobre el Pisuerga, y alargaba considerablemente el Canal de Campos, que pasaba de 55.000 a 80.000 varas de longitud, para regar amplias superficies mesetarias, con el resultado de 28 esclusas más y un presupuesto de 4,7 millones de reales. Estaba previsto que al Canal de Campos se le añadieran después los llama-

dos canales de León y Zamora (que nunca llegarían a tener proyecto de obras definitivo) para llevar el agua también a estas dos provincias. En resumen, era una auténtica red de canales de navegación y riego que abarcaba amplias zonas de lo que hoy es la comunidad autónoma de Castilla y León.

Al plan de noviembre de 1752 le faltaba aún el enlace entre el río Duero y el camino de Guadarrama. Entre enero y abril de 1753 Carlos Lemaur hizo las primeras mediciones y un esbozo del nuevo Canal de Segovia o del Duero a Segovia, que pasaba por esta ciudad y llegaba hasta El Espinar, donde acababa el camino carretero del Guadarrama. No tenemos datos sobre si era exclusivamente de navegación, como parece muy probable.

Todo indica que Lemaur, en realidad, hizo sus trabajos para Antonio Ulloa, que por lo menos desde mediados de 1752 fue el encargado por Ensenada de coordinar el proyecto general. En cualquier caso, el resultado fue que el sevillano, a mediados de 1753, con la información de Lemaur, elaboró y presentó a Ensenada un *Proyecto General de los Canales de Navegación y Riego para los Reinos de Castilla y León*[19] que sería la referencia de los gobiernos ilustrados para el medio siglo siguiente. El plan comprendía cuatro canales. El primero era el finalmente llamado Canal del Norte: había de empezar en Olea, unos 6 km al suroeste de Reinosa (pero luego empezó en Alar del Rey, unos 40 km al sur), y enlazaba hacia el norte con el nuevo camino carretero de Reinosa al puerto de Santander. Este canal, que seguía dirección sur, saltaba de la cuenca del Pisuerga a la del Arlanza, y en ésta, en el lugar de Grijota, se bifurcaba en dos. El segundo canal, el de Campos, se dirigía hacia el suroeste y había de morir en plena Tierra de Campos, en Medina de Rioseco (aunque no llegó hasta allí). El tercer canal, con el tiempo denominado Canal del Sur, continuaba en esta dirección acompañando a los ríos Arlanza y Pisuerga; pasaba por Palencia y Valladolid y, apenas dejada atrás esta ciudad, desembocaba en el segundo río citado, muy poco antes de su confluencia con el Duero.

Debió de considerarse que el final del río Arlanza y por lo menos un pequeño tramo del Duero habían de ser navegables. Unos pocos kilómetros aguas abajo, tras el punto de unión de ambos ríos, embocaría el cuarto canal, el de Segovia (que nunca se construyó), para comunicar los demás con el camino de Guadarrama. El cauce remontaba las vegas de dos afluentes de la margen izquierda, el Adaja y el Eresma, en dirección sureste, para acabar en Segovia, unos 40 km al norte de El Espinar, donde empezaba el camino carretero.

En resumen, el proyecto de Ulloa, tal como quedó, no llegó a incluir todas las propuestas de Lemaur: faltaban los canales a León y Zamora, y el Canal de Segovia no

[19] Nos basamos en las referencias que da HELGUERA, 1988, pp. 30-33, quien no indica si el documento es, como supongo, manuscrito, ni dónde está; probablemente, en el Archivo del Canal de Castilla, el Archivo Histórico Nacional o el Servicio Histórico Militar.

llegaba a El Espinar[20]. Sin embargo, evidencia que el plan encargado por Ensenada, unido a los proyectos de caminos carreteros Santander-Reinosa y El Espinar-Guadarrama, comprendía ya tres objetivos: dar salida al mar a los trigos castellanos, acercarlos a Madrid y regar amplias superficies trigueras meseteñas.

No puede menos que sorprender lo general de un plan que al interés comercial añadía el interés social de un regadío que, por lo demás, nunca llegaría a hacerse en el período considerado (sí en el siglo XIX). Y la importancia de estos canales era aún mayor si nos atenemos a ciertas consideraciones geográficas. Reinosa está situada cerca del nacimiento del Ebro, y, por tanto, el sistema Canal de Castilla-camino carretero a Santander podía comunicar no sólo la meseta norte con el Cantábrico sino también ambos con la cuenca del Ebro, si éste pudiera hacerse navegable. Con toda probabilidad, Ensenada o trazó planes para enlazar ambas vías naturales o asumió propuestas de otros en ese sentido. En 1738-1739 un ingeniero militar aragonés, Bernardo Lana (1690-1763), con la ayuda de otro colega quizás francés, Juan Rodolfi o Rodolfe[21], había presentado ya un plan de obras para conseguir la navegabilidad del Ebro desde Zaragoza al Mediterráneo, probablemente por encargo del conde de Aranda. Lana también había presentado un proyecto de reforma del regadío de Lérida mediante un nuevo Canal de Urgel, en Cataluña, en 1750[22]. Poco después de haberse elaborado el plan del Canal de Castilla (1749-1753), en 1756, los mismos Bernardo Lana y Juan Rodolfe estuvieron haciendo mediciones para reformar la vieja Acequia Imperial de Aragón (aproximadamente, entre Tudela y Zaragoza), alargándola unos 20 km hasta Fuentes de Ebro; y en 1757 otro ingeniero, Carlos Witte, realizó otro proyecto a partir de los de Lana y Rodolfe[23].

Todos estos datos prueban que en esos años se estaban trazando planes generales de navegación y regadío a la vez en la meseta castellana y en el valle del Ebro y que, por razones geográficas, la zona de Santander era la clave y punto de unión del interior castellano, el valle del Ebro y el Cantábrico, a través del camino de Reinosa a Santander. De ahí la importancia estratégica que Santander debió de tener para los ilustrados.

Las obras del Canal de Campos, el primero que se emprendió, empezaron el 16 de julio de 1753 y duraron hasta noviembre de 1754, según instrucciones de construcción de Antonio de Ulloa (de 25 de agosto de ese año) y ejecución de Carlos Lemaur. Se preveía un canal con 10 varas de ancho a ras de agua (para que se pudieran cruzar dos barcazas de 50 varas), 20 pies en el fondo (con declives muy suaves para evitar aterrazamientos) y 2 varas de profundidad mínima (para la navegación; con más profundidad en las zonas de más riego). Se llegaron a emplear, en octubre de 1753, hasta 1.500 cam-

---

20 Una reproducción del plano original, apenas legible, en J. HELGUERA, 1988, pp. 30-31.

21 Al menos casó con una mujer francesa, María Bousière; *FICHOZ*, n.º 003763.

22 Estos datos sobre Lana se toman de *FICHOZ*, n.º 004118.

23 Más detalles, en G. PÉREZ SARRIÓN, 1975, pp. 41-44, y 1984. Véase también H. CAPEL, 1983.

9.2. Extremo sur del Canal de Castilla, 1806. *(Fuente: Juan de Homar,* El Canal de Castilla..., *Madrid, 1992.) La línea arbolada de la izquierda muestra el extremo sur del canal construido, junto a él un triángulo rojo señala la ciudad de Palencia. Un poco antes se ve la bifurcación del canal en dos, y el embalse de La Nava, de recarga. Dos trazados en rojo anaranjado muestran las prolongaciones respectivas, aún en proyecto, hacia Valladolid (parte derecha del mapa) y Medina de Rioseco (parte inferior). En el centro del dibujo, una extensa zona agrícola ocupada por numerosos sembrados y algunas parcelas arboladas testimonian el efecto de la expansión agrícola de la centuria, que aún no llegó a ocupar todo el territorio cultivable.*

pesinos jornaleros, alojados en campamentos custodiados por unas decenas de soldados. Debido a su pobreza no podían trabajar a destajo cobrando al final de un tramo, sino que habían de percibir el sueldo diario, por lo que se les pagó un anticipo de 2,5 reales de vellón por día de trabajo, luego reducido a dos reales y luego a sólo pan más una paga semanal, a liquidar al final del tramo construido. El Canal de Campos había de tener una longitud de unas 80.000 varas longitudinales, pero efectivamente se construyeron 14.000 en este período[24]. El coste estimado del tramo era 4,7 millones de reales de vellón. Era el más simple, casi todo mera excavación; por eso, su importe era bajo. Pero empezar por esta parte fue un gran error económico, porque si no se construían los otros canales, el que quedaba hecho iba de la nada a ninguna parte: ni daba salida a las mercancías hacia el norte marítimo, ni las acercaba a Madrid.

La relación entre Lemaur y Ulloa no estuvo exenta de tensiones. A principios de 1754 este último decidió modificar el proyecto aumentando la profundidad del cauce de 6 a 10 pies para asegurar la navegación, lo que elevó el coste presupuestado en casi un millón de reales de vellón. Ensenada fue cesado el 20 de julio de ese año y como consecuencia la obra se paró unos meses después, en noviembre, sin llegar a su objetivo por el oeste.

Entre 1754 y 1758 el proyecto se paralizó. Dimitió Antonio Ulloa, fue cesado Carlos Lemaur –ambos siguieron colaborando con el gobierno–, y, mediando informes de Antonio Ulloa de diciembre de 1754 y de una comisión[25] formada para decidir sobre la cuestión (marzo de 1758), se decidió continuar las obras, dejando el tramo construido del Canal de Campos y empezando el Canal del Norte. Se iniciaba una etapa en la que parece que todo dependía ya del secretario del Despacho de Hacienda[26]. Durante apenas un año (1755-1756) los responsables del proyecto del Canal del Norte fueron, como superintendente general, Juan de Miranda Oquendo, hasta entonces fiscal de la Real Chancillería de Valladolid y, como tal, juez privativo del proyecto; y como ingeniero jefe, otro militar, el capitán Silvestre Abarca. Ambos fueron sustituidos en 1756 por Francisco Ibarrola como delegado de la Secretaría del Despacho de Hacienda y por Fernando Ulloa, hermano de Antonio Ulloa, como ingeniero jefe, este último ayudado por los tres ingenieros que ya habían trabajado allí con Lemaur y Ulloa: Joaquín Casaviella, Juan Courtroy y Jorge Próspero Sicre[27]. El presupuesto de la obra era de unos 30 millones de reales de vellón.

---

24 J. HELGUERA, 1988, pp. 33-46.

25 Compuesta, entre otros, por los ingenieros Juan Martín Cermeño, Pedro Lucuce y, como asesores, Fernando Ulloa, hermano de Antonio Ulloa, y Carlos Lemaur. Todo, según J. HELGUERA, 1988, pp. 46-52.

26 Entonces era "el conde de Valparaíso" (J. HELGUERA, 1988, p. 47). Puede que fueran Cristóbal Valda Andía, marqués de Valparaíso (*FICHOZ*, n.º 025012), o Miguel San Mateo Zaldívar, conde de Valparaíso (*FICHOZ*, n.º 009891).

27 Jorge Próspero Sicre Béjar, quien en 1761 pasó a ser director de la Acequia Imperial de Aragón; *FICHOZ*, n.º 000774.

El trazado del Canal del Norte, cuya construcción fue iniciada por instrucción del secretario del Despacho de Hacienda de julio de 1758, era mucho más complicado y caro porque tenía numerosos acueductos, minas (túneles) y esclusas. La obra no se acabó hasta 1791. El Canal del Norte era el que daba salida a Reinosa y el mar, y, si no se acababa, los granos de la meseta castellana, incluidos los que se transportaban por los otros dos tramos, no llegaban hasta allí por canal: esto quiere decir que en las tres décadas previas a la Revolución francesa, cuando había crecimiento económico y las condiciones políticas eran buenas, el Canal de Campos y todo el sistema fueron obras casi inútiles. La razón de la demora fue la insuficiente dotación económica. No tenemos información precisa sobre los costes efectivos del Canal, pero sabemos que los cuatro tramos finalmente proyectados y presupuestados durante esos 33 años comprendían unas 213.000 varas de longitud y se estimó que costarían respectivamente 8,8, 5,4, 15,6 y 8,7 millones de reales de vellón; en total, 38,5 millones. Si tenemos en cuenta la inflación, la cifra no se desviaba mucho de la prevista en 1756[28].

Las obras se hicieron a impulsos irregulares, en función de la disponibilidad presupuestaria, y en tiempo tan extenso los ingenieros que intervinieron en ellas fueron bastantes, debiendo mencionarse al mariscal de campo Antonio Flobert (probablemente francés, Antoine Flaubert), el coronel español de origen flamenco Carlos Witte Pau (1761) y el ingeniero italiano Francisco Sabatini Giuliani (1775). Después de tres décadas de dedicación, en julio de 1776 el ingeniero jefe y director de las obras del canal, Fernando Ulloa, se jubiló, siendo sustituido por su ayudante desde 1766, el también coronel Juan Homar[29], cuyos planos han sido editados recientemente[30].

Tenemos pocos datos sobre qué ingresos económicos se utilizaron para financiar la obra. El Estado nunca encontró dinero suficiente para construirla en un plazo razonable. En 1759 asignó una dotación de 80.000 reales de vellón mensuales tomados de la renta del tabaco de Castilla, lo que suponía aproximadamente un millón por año, lo que permite suponer que con tal dotación la construcción duraría no menos de 30 años. En 1775, a propuesta de Sabatini, se aprobó una dotación de 200.000 reales al mes, en total 2,5 millones por año, que había de mantenerse entre 1776 y 1780; pero el aumento de los gastos militares por la amenaza de guerra contra Inglaterra obligó a reducirla, y en 1779 ya había vuelto a ser de 80.000 reales de vellón por mes. Entre 1786 y 1791, a los aproximadamente dos millares de obreros que trabajaban en las obras se añadieron 2.000 soldados del Regimiento de América, supuestamente sin sueldo complementario; sólo así, con mano de obra extra no remunerada, se acabó el

[28] J. HELGUERA, 1988, pp. 52-60.

[29] Quien ya en 1744 aparece participando en los proyectos de los Canales de Castilla; *FICHOZ*, n.º 029690.

[30] Véase J. HOMAR, 1992.

canal, que enlazó con el Canal de Campos el 10 de agosto de 1791[31]. La navegación comercial no empezó hasta el año siguiente. La Revolución francesa, con su cortejo de inestabilidad política, gastos militares y patriotismo antifrancés, se había producido hacía tres. Los tiempos buenos habían pasado.

A partir de 1786, en vez de continuar el Canal del Norte hacia Reinosa, Floridablanca decidió emprender el Canal del Sur. Un nuevo director, Juan Homar, hizo un proyecto modesto que lo llevaba tan sólo a Valladolid, con una longitud prevista de unas 67.000 varas y presupuesto de 13 millones de reales de vellón. Se iniciaron las obras en 1792 con la misma dotación de 200.000 reales por mes (unos 2,5 millones por año), que sólo en algún momento a final de siglo (1796) llegó a 3,4 millones. El caso es que hasta 1800 sólo se construyeron aproximadamente unas 22.000 varas, la tercera parte, llevando el agua a las proximidades de Palencia. Entre ese año y 1802, la Real Hacienda empezó a colapsarse y las obras se interrumpieron definitivamente entre 1802 y 1804[32].

El Canal de Castilla no se acabó. El proyecto completo formaba una estrella de tres brazos, dos orientados aproximadamente en dirección norte-sur y otro en dirección oeste. El brazo sur se prolongaba más allá del Duero, hacia Segovia y la sierra de Guadarrama. De este conjunto sólo se construyó el corazón: ni el brazo norte llegó hasta casi Reinosa, ni el oeste lo hizo hasta Medina de Rioseco (y mucho menos las acequias, que lo extendían aún más), ni el sur alcanzó el Duero. Los proyectos finales comprendían unas 320.000 varas de longitud, de las que se construyeron sólo 146.000, el 45% de lo previsto en los proyectos hechos, que no abarcaban todo el sistema[33]. La causa, según datos y conclusión de Helguera, que suscribo, fue la insuficiente financiación[34].

Madoz, a mediados del siglo XIX, estimó el coste total de lo construido en 64 millones de reales de vellón. El gasto real fue superior. Según Helguera[35], expresado en millones de reales de vellón:

Período	Canal	Coste aproximado	Inversión anual media
1753-1757	De Campos	6,9	1,38
1759-1791	Del Norte	48,8	1,46
1792-1803	Del Sur	28	2,54
1753-1803	*Total*	83,4	1,66

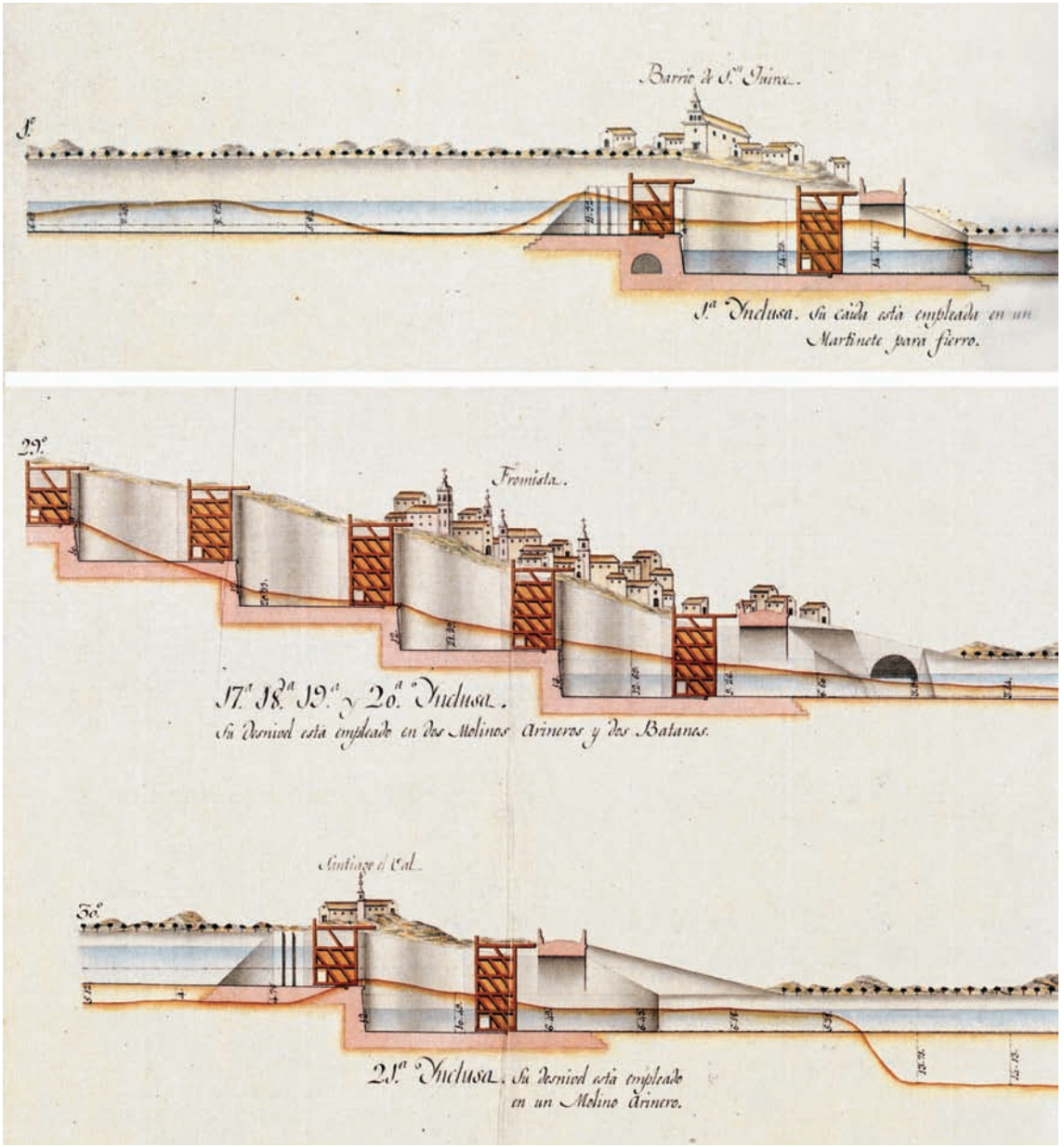
31 Los datos sobre este canal, salvo que se diga otra cosa, han sido tomados de la obra fundamental de J. HELGUERA, 1988, pp. 53-60.

32 Los datos, de J. HELGUERA, 1988, pp. 60-64.

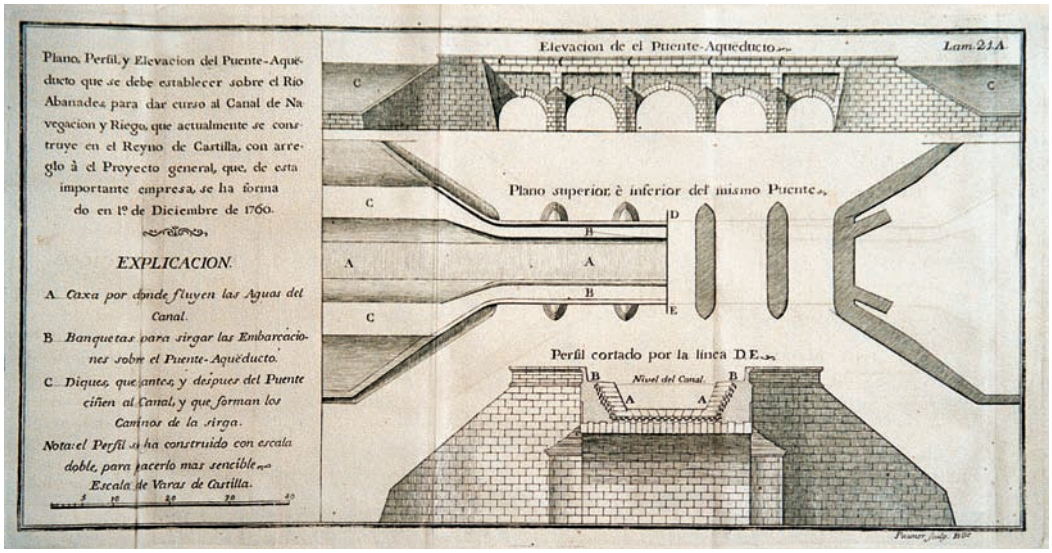
33 El análisis de las obras de ingeniería finalmente construidas en el Canal de Castilla puede verse con detalle en GARCÍA TAPIA, 1988, pp. 161-195.

34 HELGUERA, 1988, pp. 65-78.

35 Según los datos proporcionados por HELGUERA, 1988, pp. 65-78.



9.3. Manufacturas del Canal de Castilla, 1806. *(Fuente: Juan de Homar,* El Canal de Castilla..., *Madrid, 1992.) Aunque el canal se construyó para navegación y riego, los saltos de agua de las esclusas proveyeron de energía hidráulica ciertas manufacturas. Arriba, el salto de la esclusa número 1 se empleó para el martinete de una ferrería; en el centro y abajo, los de las esclusas 17 a 21 movieron molinos harineros y dos batanes textiles.*



9.4. Proyecto de acueducto en el Canal de Castilla, 1760. *(Fuente: Miguel Sánchez Taramas,* Tratado de fortificación..., *1769.) El canal, como otros, hizo necesario construir numerosos puentes, trincheras, almenaras, acueductos y otras obras de ingeniería. Éste es un plano de frente, de perfil y elevación del proyecto de acueducto sobre el río Abadanes, en el Canal del Norte, fechado en diciembre de 1760 (Fondo de la RSE Aragonesa, Zaragoza; fot.: M.S.S.).*

El proyecto es el caso más ilustrativo de intervención directa del Estado. Se emprendió con rentas del rey procedentes de la región, fue dirigido y realizado por militares servidores reales, la construcción parece que se contrató con campesinos obreros y en ningún momento se recurrió a arrendamientos, asientos o financiación exterior. El dinero provino sólo de la tesorería de la renta del tabaco, por fondos recaudados en las provincias de Valladolid y Palencia. El estanco del tabaco había sido creado por la Real Hacienda en 1636 y fue dado en arriendo hasta 1701, año en que la Real Hacienda asumió la administración central aunque siguió arrendando las provinciales. En 1731 pasó a administrar también las tesorerías provinciales[36] de la que desde entonces sería una de las rentas más saneadas de la monarquía.

Lamentablemente, los datos que tenemos sobre el interés social del proyecto y sus repercusiones en la economía regional son pocos. No sabemos nada sobre los conflictos que pudieron suscitar las extensas expropiaciones de tierras para el cauce. En cuanto al uso del agua para regadío, las actuaciones, en lo poco que conocemos, fueron mínimas. La navegación comercial, por razones obvias, no pudo empezar hasta 1791, cuando se unieron los canales de Campos y del Norte; el canal del Sur no llegaría a Valladolid hasta 1836, y el de Campos a Medina de Rioseco, hasta 1849. Los usos industriales para aprovechar la fuerza de los saltos de agua de las esclusas no habían sido considerados en el proyecto inicial: sin embargo, fueron los únicos que tuvieron cierto éxito, aunque ya en la última década del siglo XVIII. Se construyeron

36 Sobre todo ello véase R. ESCOBEDO, 2005.

catorce molinos harineros, cuatro batanes de paños, cuatro fábricas metalúrgicas militares con martinetes hidráulicos, un batán de antes y curtidos, un molino de papel y una gran fábrica de harinas. Casi todo fue iniciativa del Estado. En buena parte fueron estos establecimientos manufactureros los que dieron lugar a once nuevos asentamientos, todos muy pequeños, algunos de los cuales ni siquiera llegaron a poblarse[37].

En resumen, la repercusión económica del proyecto antes de 1790 fue mínima. Lo más relevante fue que durante tres décadas largas se pagaron miles de jornales a las capas más bajas del campesinado, lo que proporcionó trabajo y debió de incrementar el consumo a nivel local. Que sepamos, no hubo reforma agraria alguna, sea cual sea el significado que queramos dar a esta expresión. En cuanto a la navegación y la instalación de industrias, empezaron demasiado tarde.

El Canal de Castilla formaba parte de un proyecto aún más amplio soñado por los ilustrados, que nunca se realizaría: como parte de todo un sistema de navegación de la España interior, se complementaría con otra red de canales que cubriría también la meseta surcastellana. Vale la pena decir algo sobre esto.

Esta red era tan grande como la del Canal de Castilla y no se inició hasta 1782, tras la creación del Banco de San Carlos, con importante participación de capital francés[38]. En 9-XI-1785 el Banco aprobó un proyecto, realizado poco antes por el ingeniero Carlos Lemaur (que había trabajado ya en el Canal de Castilla ayudado por sus tres hijos[39]), que enlazaría el camino carretero del puerto de Guadarrama con dos canales de navegación nuevos que seguirían los ríos Guadarrama y Manzanares hasta El Pardo y Madrid. El punto de partida se ubicaba en Torrelodones, donde el cauce nacía desde una presa sobre el río Guadarrama. A continuación desde Madrid partirían siete nuevos tramos de canal que habían de conectar la capital con Aranjuez, en el río Tajo; éste con el río Guadiana; éste, con el Javalón; y éste, con el Cabezo de Malo, afluente del Guadalquivir, con el que conectaría cerca del lugar de Espeluy, en Jaén. Desde allí, un canal mixto de navegación y riego, compuesto por cuatro tramos, llevaría el agua desde los estrechos de Montoro, por Palma del Río, hasta Sevilla.

Por orden de Floridablanca, el proyecto de Lemaur fue revisado por dos ingenieros distintos contratados a tal fin, Escipión Perusini y el francés monsieur Dupin, que lo encontraron conforme. El coste era tan elevado como el del Canal de Castilla. La red de canales del Guadarrama al Guadalquivir se presupuestó (25-XI-1785) en 82 millones de reales de vellón y el canal del Guadalquivir (7-XI-1785) en 28,4 millones, estando previsto en éste el riego de hasta 127.000 fanegas de tierra de secano. En total, 110,5 millones[40].

---

37 J. HELGUERA, 1988, pp. 81-92.

38 Sobre el Banco, véanse E. J. HAMILTON, 1970, y P. TEDDE, 1988.

39 Casado con la catalana Juana Lamurere, tuvo tres hijos: Manuel, Félix y Francisco Lemaur Murere, que fueron ingenieros y militares (*FICHOZ*, n.os 034263, 034267 y 034266, respectivamente).

40 P. TEDDE, 1988, pp. 142-151.

No es difícil descubrir que detrás de este proyecto estaban el considerado liberal François o Francisco Cabarrús[41], quien había promovido el Banco de San Carlos y lo controlaba, y el conde de Floridablanca, el ejecutor de la política de obras públicas. El plan de financiación era bastante arriesgado si lo vemos desde hoy, aunque quizás entonces a los patrocinadores no les pareciera tanto. El Banco construiría para el Estado, aceptaría hasta 40 millones de descubierto por las obras, y el Estado habría de pagar el coste mediante un crédito del Banco al 5 % reembolsable en 20 años,

> «consignándose los pagos sobre alguna tesorería en particular, o sobre un arbitrio expreso, al tiempo que quedaban hipotecadas las acciones del Banco pertenecientes a los Propios y Pósitos de las provincias o lugares donde se hicieran las obras, como también los mismos fondos, y subsidiariamente la Real Hacienda»[42].

Como muchos de los ayuntamientos y pósitos habían comprado acciones del Banco de San Carlos en 1782-1784, el plan de Cabarrús era que, para conseguir el dinero que les correspondía, pidieran un crédito al Banco contra hipoteca de las mismas acciones. De este modo los canales los pagaban la Real Hacienda y los ayuntamientos y pósitos de la zona correspondientes con dinero prestado por el Banco, que además era el que hacía las obras.

Los riesgos de una operación así hoy parecen elevados. El valor de las acciones del Banco podía oscilar mucho en mercados tan inestables como los de entonces, y, si caían, el Banco no tenía nada que respaldara los créditos dados. Por consiguiente, las acciones se convertían en humo financiero. Además, como actuaba de constructor de la obra, podía pararla y exigir al Estado la devolución del principal. Por otro lado, los pequeños municipios y pósitos eran instituciones orientadas ante todo a fines sociales tan importantes como asegurar el abasto local, que podían entrar en colisión con planes tan volátiles como el presentado por Cabarrús.

En cualquier caso, nada de esto sucedería. En cuatro años, entre mediados de 1786 y principios de 1790, con Carlos, Manuel, Félix y Francisco Lemaur Murere (los hijos de Carlos Lemaur, muerto en 1785) como directores, se construyó parte de la presa inicial y el Canal de Guadarrama con un presupuesto de unos 11,5 millones de reales de vellón, de los que gastaron entre 5 y 6 millones. Propiamente, no acabaron ellos la obra, porque a comienzos de 1789 todos fueron sustituidos en la dirección por Escipión Perusini y Pedro Grollier, probablemente italiano y francés, respectivamente. En esos años trabajaron unos 2.000 ó 3.000 obreros en el proyecto[43]. Cabarrús, como si la realidad no fuera con él, aumentó aún más la red de canales surcastellana: añadió derivaciones hacia el Júcar por el este y el Guadiana por el oeste, con un presu-

---

[41] Véase sobre ello su principal obra, F. CABARRÚS, 1820, y los análisis de J. CRUZ, 2000, pp. 179-196, y G. PÉREZ SARRIÓN (en prensa).

[42] P. TEDDE, 1988, p. 147.

[43] Sobre la obra ya hay algunas buenas monografías: véase T. SÁNCHEZ LÁZARO, 1992 y 1995, y P. DELGADO, 1995.

puesto total de 217,5 millones. Además intentó que el Banco se quedara con la propiedad y gestión de todo el conjunto a cambio de que se le concediera el monopolio de la exportación de plata por 25 años[44]. Las obras, casi detenidas a principios de 1790, tras la caída de Cabarrrús y Floridablanca en 1792, prácticamente ya no avanzaron. Unos años después, en 1799, la presa de Guadarrama, que en ese momento alcanzaba la altura récord de 57 m, se derrumbó, afortunadamente sin provocar avenida alguna y sin pérdida de vidas humanas. El proyecto fue definitivamente abandonado.

El proyecto del Canal de Guadarrama y subsiguientes, que además de tener un plan financiero difícilmente realizable era técnicamente descabellado[45], proporciona referencias importantes para entender lo que venía pasando en otro río alejado, pero como ya se vio no desconectado: el Ebro.

III

Canales de riego y navegación en el Ebro. El Canal Imperial de Aragón

El Canal Imperial de Aragón[46] nació para ser el eje de la navegación comercial por el Ebro y de una importante reforma agraria local. La originaria Acequia Imperial de Aragón, planeada a fines del siglo XV y construida por el emperador Carlos V (de ahí el nombre) para llevar agua del Ebro desde Fontellas (Navarra) hasta Zaragoza, nunca funcionó completamente: defectos de nivelación y problemas de financiación la llevaron sólo hasta el río Jalón, la mitad del recorrido previsto. En 1722 azud y acequia, que eran del rey y se daban en arriendo, quedaron inutilizadas por una avenida del río. Poco después resurgió la idea de adecuarla y alargarla hasta Zaragoza.

En 1735 el ingeniero militar Bernardo Lana efectuó proyectos de reparación que no se llevaron a cabo y que fueron repetidos en 1738-1739 y 1745 por el citado ingeniero y por Sebastián Rodolphe. En 1745-1746 se levantó un mapa catastral de la zona y se hicieron cálculos para continuar las obras hasta Fuentes de Ebro; y en 1757 el propio conde de Aranda, primer impulsor político de la obra, ordenó que el ingeniero Charles Witte hiciera un nuevo proyecto, a ejecutar por la Secretaría del Despacho de Estado con cargo a la renta de Correos[47].

---

[44] El detalle, en P. TEDDE, 1988, pp. 142-151.

[45] P. ALZOLA, 1899, p. 347.

[46] Versión resumida de lo que ya se expuso en G. PÉREZ SARRIÓN, 1975 (capítulo III, pp. 31-86), 1984 (capítulo I, epígrafe 8, pp. 59-62 y 64-68; y toda la segunda parte: capítulos IV y V, pp. 213-347) y 1990 (pp. 241-270). En estos trabajos pueden buscarse las referencias de autoridad y documentales que aquí no se darán con detalle. Sobre la ingeniería de este canal: conde de SÁSTAGO, 1796, y A. de las CASAS y A. VÁZQUEZ, 1999.

[47] Conde de FLORIDABLANCA, 1795, p. 437.

La influencia de Aranda resultó decisiva. El 15 de mayo de 1766, a instancia suya, el francés Jean Augustin Badin, antiguo cónsul de España en Antibes y comisario de guerra del Ejército, presentó un proyecto de reconstrucción de la acequia al Consejo de Castilla. Aranda había sido nombrado presidente de este organismo el mismo mes de mayo; el proyecto entró en noviembre, siendo informado por el entonces fiscal José Moñino, futuro conde de Floridablanca –que fue quien lo acabaría–, y aprobado el 23 de febrero de 1768. Dos factores locales adicionales fueron determinantes para arrancar: en abril y mayo de 1766 se produjo en Zaragoza un sangriento motín causado por el mal funcionamiento del mercado de granos, y en junio reventó el embalse de Mezalocha en el río Huerva, que regaba la mayor huerta de la capital. La ciudad quedó arruinada y sin agua de riego, y en tal coyuntura se hizo grande la presión social a favor de que el proyecto se emprendiera. Aranda tenía casa, patrimonio y amigos en Zaragoza.

La compañía promotora se llamó Badín y Compañía de Madrid y Zaragoza, con propiedad dividida en ocho partes: Luis Agustín Badín más su hijo Luis Miguel, con 3/8 (37,5 %); Jean Baptiste Condom, con 3/8 (37,5 %); Pierre Prades con 1/8 (12,5 %);

9.5. Extremo oriental del Canal Imperial de Aragón, 1796. *Levantamiento topográfico y dibujo de Félix Guitarte grabado por Mateo González. (Fuente: Conde de Sástago,* Descripción de los Canales Imperial de Aragón y Real de Tauste. Dedicada a los augustos soberanos Don Carlos IV y Doña María Luisa de Borbón. Por el actual protector de ambos canales, el —, *Francisco Magallón, Zaragoza 1796, s. p.) Muestra la parte más amplia del territorio agrícola que el nuevo canal llegó a regar, entre los ríos Jalón, al oeste, y Huerva, al este. De oeste a este se observa la zona de riego viejo del Jalón, totalmente cultivada, con algunos sotos incultos; la zona de riego nuevo, con parcelas bastante más pequeñas, muchos plantíos (vid, olivo) y amplias zonas aún no puestas en riego. Al este, la pequeña huerta sur de Zaragoza, muy arbolada, y el comienzo de otra nueva zona regada, también colonizada sólo en parte. La huerta norte de Zaragoza, regada por el Gállego, no aparece.*

y Juan de Zelaya, también con 1/8 (12,5 % restante). El Consejo de Castilla autorizó a prolongar la acequia hasta Quinto de Ebro, unos 20 km aguas abajo de Zaragoza, con un plazo de construcción de ocho años. El cauce mediría entre 4 y 2 toesas de anchura por 1 toesa de profundidad, con taludes de 2 toesas; en total, sólo 8 toesas, con un sifón para cruzar el río Jalón. La sociedad asumía los derechos y obligaciones de la vieja Acequia Imperial, y para financiar las obras se le concedía el cobro de derechos de riego por 40 años y la explotación de las minas de alumbre de Alloza y Herín, en el Bajo Aragón.

De 1768 a 1778 la obra estuvo casi detenida por graves problemas de gestión, administración y financiación[48]. Para dirigir la obra, los Badín contrataron a ingenieros franceses: el geógrafo Esteban Bellecare y los arquitectos y maestros de obras Joseph Roch Bieu (castellanizado José Roque Bieu), Jacques Bieu (Diego Bieu), André Boulavert (Andrés Boulabert) y Antonio Maurín (probablemente en francés Antoine Maurin o Morin). Otro francés, Pierre (Pedro) Herranat, mercader de Zaragoza que en 1755 había sido arrendador de rentas señoriales del conde de Aranda[49], fue nombrado tesorero en 1771.

Para conseguir la financiación necesaria la compañía emitió obligaciones en el mercado holandés a través de Pierre Prades y dos sociedades intermediarias: Adolf Jan Heshuysen & Co., de Haarlem y Amsterdam, y Abraham & Simon Boas, de La Haya, por importe de 1,5 millones de florines holandeses, que equivalían aproximadamente a unos 10 millones de reales de vellón. Los títulos se emitieron al 6 % de interés, y para abonar a los inversores las sociedades intermediarias recibieron el 6 % de interés anual contratado, más una comisión del 5 % sobre la operación de venta de las obligaciones, y otra del 2 % sobre las pensiones y sueldos que se pagaran en concepto de habilitación, aparte otras cantidades menores[50]. Es de suponer que Pierre Prades y otro de los intermediarios, llamado Groiesinger, también cobraron comisiones. Con este planteamiento, los costes financieros devoraron el crédito.

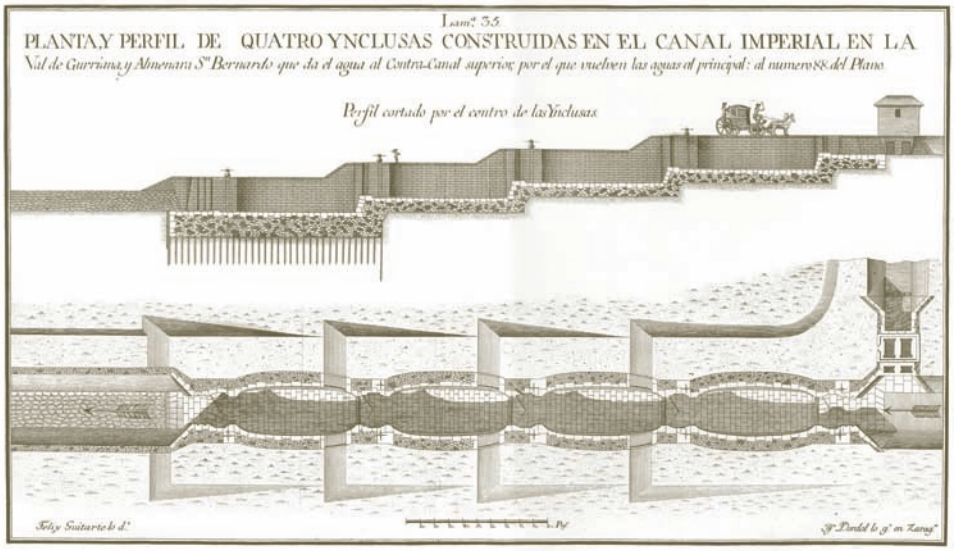
Los inversores de Amsterdam, habituados a intervenir en obras que no conocían pero con una cultura hidráulica basada en la abundancia de agua y no en la escasez, probablemente no entendieron muy bien un proyecto de acequia sólo para riego; para asegurar la rentabilidad, en 1769 enviaron a Zaragoza a un ingeniero, Cornelis Jan Krayenhof, que cambió el proyecto proponiendo un canal navegable que había de llegar mucho más allá, hasta Sástago, con un presupuesto de 10 millones de reales de vellón. La anchura del cauce pasaba de 2-4 a 6 toesas y el azud, nuevo, quedaba aguas arriba de Tudela, lo que hacía la obra mucho más cara por razones de diseño.

---

48 Los hechos, que aquí sólo se dan resumidos, en G. PÉREZ SARRIÓN, 1975, pp. 44-54, y 1984, pp. 54-68.

49 *FICHOZ*, n.º 035258.

50 Los testimonios posteriores de Pignatelli y Floridablanca hablan de «adealas» y «dulzuras». Más datos, en J. PRADELLS, 1992.



9.6. Esclusas en el Canal imperial de Aragón, 1796. *Dibujo de Félix Guitarte grabado por J. F. Dordal. (Fuente: Conde de Sástago,* Descripción de los canales Imperial de Aragón y Real de Tauste..., *1796.) El canal rodeaba Zaragoza por su parte alta y en sus afueras, mediante estas cuatro esclusas, perdía altura para volver a acercarse al río Ebro. Problemas de porosidad en los suelos hicieron que el canal no se siguiera y esta hermosa obra nunca pudiera utilizarse. Los saltos hidráulicos industriales, que tanta importancia tuvieron en el siglo XIX zaragozano, se ubicaron aguas arriba, en almenaras y molinos más cercanos al casco urbano.*

Años después, Floridablanca confirmaría que la idea de Krayenhof de ampliar el proyecto del Canal y hacerlo navegable fue lo que disparó el coste de una obra inicialmente de regadío y más modesta. La ampliación fue informada favorablemente por el Consejo de Castilla, del que Floridablanca era fiscal[51].

En 1770 murió Juan Agustín Badín. Al año siguiente, los costes financieros y de administración se habían disparado, la empresa había dejado de pagar los intereses del crédito y estaba en conflicto con los inversores holandeses, con dimisiones y acusaciones de fraude financiero. Había además problemas en la dirección de obra. Aranda, para solucionar todo esto, envió a los ingenieros militares Fernando Ulloa, encargado del Canal de Castilla, y Julián Sánchez Boort, del departamento de la Marina de El Ferrol, que introdujeron modificaciones importantes. El Consejo de Castilla, presidido por Aranda, separó del gobierno de la obra a Pedro Prades, Luis Miguel Badín y Juan de Celaya (9-V-1772); nombró a Juan Bautista Condom tesorero en Madrid, y puso al frente de la empresa (1-XII-1772) como *protector* al noble y canónigo Ramón Pignatelli Moncayo, su pariente y hombre de confianza en Zaragoza. Poco después se integró en el proyecto otra vieja acequia, el Canal Real de Tauste (16-II-1772),

51 Conde de FLORIDABLANCA, 1795, p. 438.

en la orilla izquierda del Ebro, de acuerdo con la nueva filosofía, que, además de un canal de navegación comercial, buscaba hacer una reforma agraria comarcal. Badín y Compañía dejó de funcionar, aunque no desaparecería hasta 1778.

Entre 1772 y 1776, Pignatelli resolvió la delicada situación. Asumió el proyecto de navegación y riego propuesto por Krayenhof con correcciones hechas por Sánchez Boort (1774), que tras algunas modificaciones posteriores (1776) acabó siendo un canal de riego y navegación que llegaría hasta Sástago, 60 km aguas abajo de Zaragoza, con azud nuevo pasada Tudela, e incluiría (1781) el Canal de Tauste, que por recibir la protección del rey pasó a llamarse Canal Real de Tauste. Por presiones de los inversores holandeses, durante un tiempo fueron directores de la obra dos franceses: primero Gilles Pin (castellanizado Gil Pin), que era o había sido ingeniero del Canal de Languedoc, ayudado por otro compatriota, Danicy; y después, por Joaquín Villanova. La obra fue construida finalmente (1776-1792) con las contribuciones de los ingenieros Julián Sánchez Boort, el ya citado Joaquín Villanova y Luis Chimioni.

En 1773, el conde de Aranda fue nombrado embajador en París y se marchó de Zaragoza, aunque continuó influyendo en la obra. No obstante, fue a partir del nombramiento del conde de Floridablanca como secretario del Despacho de Estado, en febrero de 1777, cuando el canal fue reestatalizado y la financiación resuelta, como él mismo atestiguaría tiempo después. El crédito era insuficiente, los intereses no se pagaban a tiempo y el crédito de España en Holanda y el norte de Europa estaba bajo. El embajador holandés en Madrid, en defensa de las sociedades holandesas, solicitó al rey que la deuda del Canal Imperial en Amsterdam pasara a la Corona, en una operación que contaba con el apoyo del embajador de España en La Haya[52]. En tal situación, la Secretaría del Despacho de Hacienda, que tenía la competencia en el asunto y gran escasez de fondos, propuso pasarla al recién nombrado Floridablanca, con el argumento de que éste ya conocía bien el asunto de su época de fiscal del Consejo de Castilla. El rey aceptó la propuesta (29-V-1777)[53].

La amenaza de guerra contra Gran Bretaña tras la insurrección de las colonias americanas, apoyadas por Francia, exigía al Estado un crédito que había que buscar en los principales centros financieros de Europa: Holanda, Génova y los cantones suizos, lo que obligaba a restaurar inmediatamente el crédito español en el exterior. Fue esta delicada coyuntura internacional, y no otra cosa, lo que hizo que el rey asumiera definitivamente la continuación del Canal Imperial de Aragón y que el Estado se hicie-

[52] No está de más recordar aquí que otro importante ilustrado aragonés, Ignacio Jordán de Asso y del Río, por entonces también cliente del conde de Aranda, era cónsul en Dunkerke (1776) y cónsul general en Amsterdam (1776-1787). Asso realizó con seguridad tareas de intermediación y financiación con sociedades holandesas cuyo detalle ignoramos aún y fue otra pieza importante, quizás esencial, en el éxito de la empresa.

[53] Conde de FLORIDABLANCA, 1795, p. 438.

ra cargo de la deuda en 1777[54]. Floridablanca defendió la reestatalización del proyecto y su continuación atendiendo también a criterios políticos. De hecho, reconoció expresamente en 1795 que otro argumento poderoso para continuar el proyecto era poder realizar una reforma agraria de tanta importancia[55].

Una vez reestructurada la deuda de Holanda, Floridablanca autorizó varios préstamos para la construcción a Magon & Cie., de Cádiz; al marqués de Iranda, de Madrid, y a los Cinco Gremios Mayores, también de Madrid (4,5, 3 y 7 u 8 millones de reales, respectivamente); y creó un arancel sobre exportación de lanas finas, cuyo rendimiento se calculaba en unos cinco millones de reales, para pagar con una parte los dos millones de intereses anuales de la deuda. El arancel se utilizó además como un instrumento proteccionista para impedir la exportación de la materia prima sin transformar, que entonces estaba en aumento a consecuencia de la fuerte demanda exterior. Poco después recurriría también a la creación de deuda interior, generando los vales del Canal Imperial de Aragón, lanzados en dos emisiones (1785 y 1788)[56], precedentes de las posteriores y más conocidas emisiones de vales reales.

Desde entonces la construcción cobró un ritmo nuevo y la obra se construyó prácticamente en quince años, entre 1776 y 1791. Se llevó a cabo el proyecto de Krayenhof, aprobado el 12 de marzo de 1776, con las modificaciones de Sánchez Boort; en 1780 se acabó el acueducto sobre el río Jalón y las compuertas de entrada de agua del Ebro en El Bocal; el agua del Canal llegó a Zaragoza en medio de una gran fiesta el 14 de diciembre de 1784; el puerto fluvial de Casablanca –barrio de las afueras– fue acabado en 1786, y en 1790 se concluyó la gran presa de El Bocal, necesaria para que las aguas del río entraran correctamente.

A partir de octubre de 1790, Floridablanca y Pignatelli decidieron reducir el ritmo de las obras y dedicarse sobre todo a amortizar el capital invertido, destinando para ello las rentas que el Canal generaba más una pequeña subvención de 100.000 reales de vellón al mes. El proyecto inicial no llegó a completarse: las aguas nunca llegaron hasta Sástago, sino sólo hasta unos 2 km aguas abajo de Zaragoza. La financiación de los últimos años fue tan complicada que cuando, como consecuencia de la Revolución francesa, cambió la coyuntura política, en 1792 fueron encarcelados y procesados Floridablanca, Condom y Cabarrús; una de las acusaciones principales de que fueron objeto fue su responsabilidad en la gestión financiera de esta y otras obras públicas[57].

---

[54] Sobre la coyuntura de esos años véase E. J. HAMILTON, 1947, y J. BARBIER y H. KLEIN, 1981; sobre el presupuesto del Estado y los criterios de gasto, más específicamente, H. KLEIN y J. BARBIER, 1985, y R. PIEPER, 1992.

[55] Conde de FLORIDABLANCA, 1795, p. 439.

[56] Conde de FLORIDABLANCA, 1795, pp. 440-441.

[57] Véase al respecto G. PÉREZ SARRIÓN, 1996, y artículo de *Spagna Contemporanea* en prensa.

9.7. Canal Imperial de Aragón: «Plan en vista de las obras del Jalón, con la Advertencia de averse executado ya la mudada de el Río, concluido enteramente los dos Arcos de el Puente y aumentado de muchos pies el alto de las Murallas» *(detalle), dibujado por Gregorio Sevilla, con el visto bueno de Luis Chimioni y Fernando Martínez, 1779. (Fondo de Planos de Obras Hidráulicas, Ministerio de Fomento; Fuente:* Canal Imperial de Aragón*, Servicio de Publicaciones del MOPU, 2 tomos, Madrid, 1984, t. II.) Se muestra el estado de la construcción del acueducto a principios de 1779, probablemente marzo. De izquierda a derecha y de arriba abajo se ven, en perspectiva aérea, un puente para el paso de carros, castillete para acarreo de buro o arcilla, un gran almacén de materiales, dos arcos del acueducto en construcción de los cuatro previstos, el pilotaje con madera para encauzar el río, y el paraje ribereño de extracción de la arcilla. En la parte inferior, sin correspondencia y a escala diferente, el mismo paisaje en proyección vertical con algunas de las acequias del río Jalón.*

Existen dos evaluaciones conocidas, ligeramente divergentes, del coste económico total de la empresa. La primera es un informe, quizás de Pignatelli, citado por Ponz, según el cual los gastos realizados hasta 1787 fueron los siguientes, en cifras redondeadas:

Gastos del Canal Imperial de Aragón, 1768-1787

	Millones de reales de vellón
Obras de 1768 a mayo de 1772	3,8
Obras de mayo 1772 a abril de 1787	60
Adquisiciones de terrenos	0,9
Materiales existentes para las obras, aproximadamente	4
Total	**68,4**

La segunda estimación es de Llauradó[58]:

Ingresos y gastos del Canal Imperial de Aragón y del Canal Real de Tauste, 1770-1790

	Millones de reales de vellón
a) Ingresos	
Emisiones de bonos de 1778 y 1779 en Holanda	52,45
Emisiones de vales de la Acequia de 1785 y 1788	99
Ingresos del Canal Imperial de Aragón hasta septiembre de 1790	6,49
Ingresos del Canal Real de Tauste	1,66
Total ingresos	**159,6**
b) Gastos	
Gastado por Badín y Compañía hasta mayo de 1772	4
Obras en el Canal Imperial	84,5
Compras de edificios y terrenos	1
Administración del Canal Imperial	2,9
Obras en el Canal Real de Tauste (1781-1790)	1
Administración del Canal Real de Tauste (1781-1790)	1
Total gastos	**98,1**
Diferencia	**–61,5**

La segunda es considerablemente más detallada, y muestra el papel decisivo de la deuda. El Canal Imperial en sí costó 98,1 millones según la estimación de Llauradó, pero los ingresos destinados a este gasto fueron 159,6 millones. Casi todo este dinero se consiguió mediante emisiones de deuda. La diferencia entre gastos reales e ingre-

58 A. LLAURADÓ, 1878, pp. 654-655; P. ALZOLA, 1899, p. 345; y G. PÉREZ SARRIÓN, 1984, p. 456.

sos fueron gastos de renegociación de créditos, intereses, comisiones, cambio y giro de letras, conceptos que no aparecen en el balance. En realidad, los ingresos reales para el Canal fueron algo menores, porque una pequeña parte de la deuda consignada en el cuadro se destinó a otros fines; a pesar de todo, puede afirmarse sin exagerar que el 38,5 % del dinero ingresado para el Canal se fue en gastos financieros, de tal forma que por cada millón que entró se pudieron gastar efectivamente unos 600.000 reales de vellón. El coste financiero de la obra fue elevado, aunque, si se considera el período 1778-1790 en que los créditos expresados se disfrutaron, el interés anual medio supuso un 3,2 % del capital movilizado.

Para dar cuenta cabal de la empresa es necesario considerar también la dimensión social, lo que obliga cambiar el enfoque hacia un ámbito territorial reducido, comarcal, local, en el que la figura del gran reformador que fue Ramón Pignatelli emerge poderosa[59]. En las dos décadas anteriores al motín de Zaragoza de abril y mayo de 1766[60], la Iglesia, como acreedor mayoritario de un ayuntamiento en quiebra, se había apoderado de la gestión del pósito, desquiciando el abasto de granos, y acumulaba tierras del entorno mediante la ejecución de deudas censales. Los campesinos parcelarios, así expulsados, se convertían en pobres y marchaban a la ciudad a vivir de la caridad. A la vez, la Iglesia, que poseía la mayoría de los inmuebles urbanos, había aumentado los alquileres desaforadamente. El motín, uno de los más sangrientos de España, dio rostro por primera vez a la masa de desheredados, asustó a los reformistas y convirtió el futuro Canal Imperial en la solución de todo: había que poner en riego los inmensos secanos comunales de la ciudad para repartir tierras entre los pobres, asegurar el abasto, reducir el número de pobres. Como las tierras de la Iglesia y la aristocracia terrateniente en la perspectiva de los ilustrados no se podían tocar, el reparto y riego de tierras comunales era la única reforma agraria posible. El mismo Pignatelli, a pesar de que era clérigo secular, manifestó una gran fobia al clero regular[61] y se enfrentó al poderoso cabildo metropolitano, al que pertenecía.

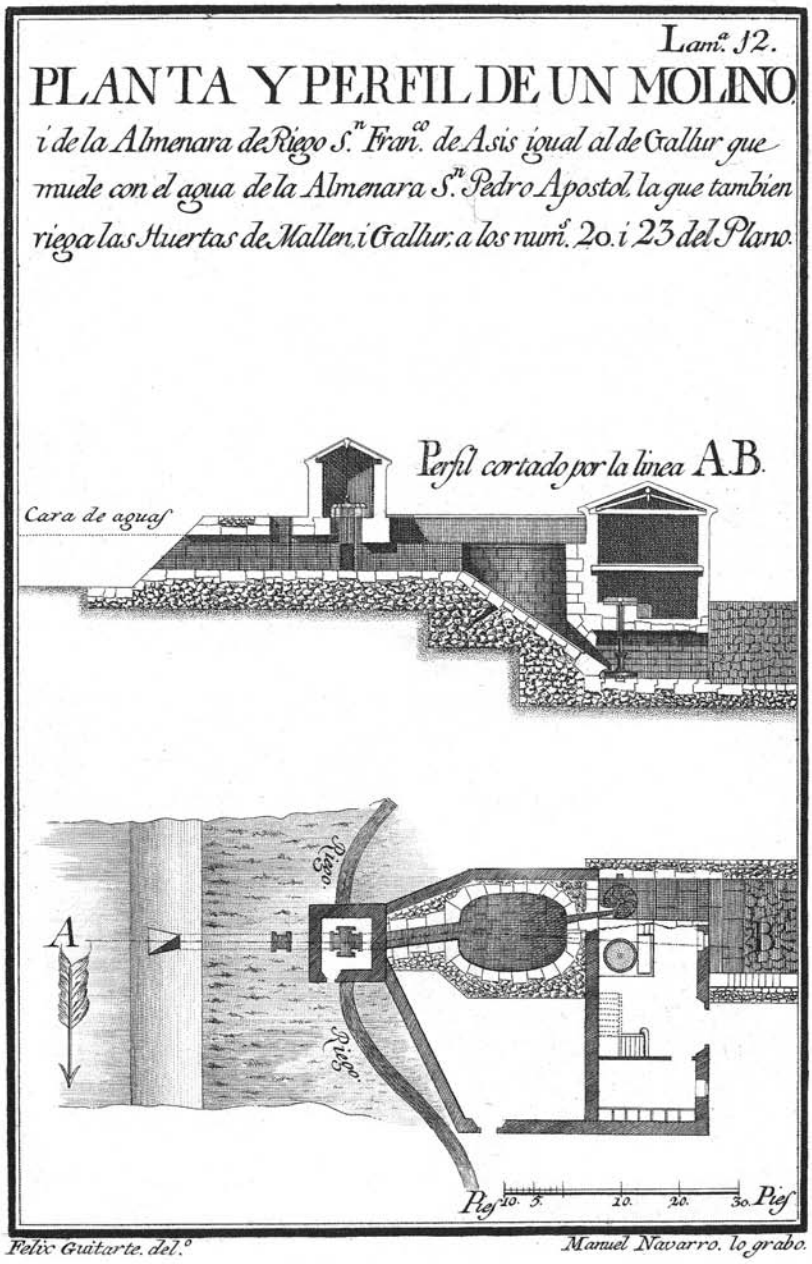
Por otro lado, el Canal Imperial, como el de Castilla, fue construido por campesinos contratados por temporada, aunque no a destajo sino a jornal. Los efectos de inyectar una masa salarial así en un campesinado con tasa de ocupación baja fueron probablemente poco duraderos pero coyunturalmente notables. En 1784, año de máxima actividad constructora, se emplearon 6.000 ó 7.000 trabajadores en las obras. Habida cuenta de que la comarca donde se estaba construyendo el cauce tenía unos

---

59 Lo que sigue es resumen de lo expuesto en G. PÉREZ SARRIÓN, 1975 (capítulo IV) y 1984 (partes segunda y tercera, capítulos IV a VII). El lector puede buscar en las obras citadas las citas de autoridad pertinentes.

60 Sobre el motín, véanse G. PÉREZ SARRIÓN, 1984, pp. 157-168; A. PEIRÓ, 1982; F. BARAS ESCOLÁ y F. MONTERO FERNÁNDEZ, 1987 y 1996; y P. NÚÑEZ, 2002.

61 Así, en un informe privado al conde de Aranda de 25-VI-1768, citado por Lasierra, ataca las comidas de pobres que daban los conventos, y propone la reducción o supresión de los bienes de manos muertas de la Iglesia; A. LASIERRA, 1923, pp. 16-24 y sobre todo pp. 15-18.



9.8. Almenara y molino harinero en el Canal Imperial de Aragón, 1796. *Dibujo de Félix Guitarte; grabado de Manuel Dordal. (Fuente: Conde de Sástago,* Descripción de los canales Imperial de Aragón y Real de Tauste..., *1796.) En este plano, en planta y de perfil, un canal oculto toma el agua del centro del cauce para que la almenara la distribuya a las dos acequias y a la muela del molino, cuando éste precisa trabajar. Los molinos del rey permitieron a los campesinos no depender sólo de los molinos señoriales y de los de la iglesia, más gravosos.*

40.000 habitantes, y que las obras principales fuera de Zaragoza se concentraron entre Tudela y Grisén, durante muchos meses al año y a lo largo de la década de los 80 se llegó a emplear casi toda la mano de obra campesina de la zona, con el consiguiente aumento de ingresos monetarios y el consumo. Sólo al final se empleó mano de obra forzada: entre 1786 y 1789 hubo al menos cinco regimientos del ejército trabajando en Zaragoza y El Bocal, y en este lugar se creó un presidio.

Conocemos bien el uso del Canal Imperial como vía navegable y medio de transporte desde 1789[62], aunque poco sobre el efecto que tuvo en la articulación del mercado compuesto por las comarcas ribereñas del Ebro. Pero el río nunca llegó a ser navegable en su totalidad, como deseaban los ilustrados. Sólo lo fue desde Mequinenza (en el límite con Cataluña), por algunos meses, y en dirección aguas abajo. Además, las aduanas entre Navarra y Aragón dificultaron considerablemente el tráfico interregional de mercancías –que alcanzó sólo cierto volumen en los últimos años del siglo XVIII– y alimentaron el contrabando.

Sin embargo, por contraste con los dos aspectos considerados (financiación y construcción atormentadas, puesta en servicio comercial tardía), la reforma agraria derivada de la extensión del regadío, aunque también llegó tarde, fue una de las más importantes llevadas a cabo en España durante todo el Antiguo Régimen, no sólo por las dimensiones afectadas sino también porque sus previsiones puede decirse que llegaron a cumplirse, ya que en pocos años se transformó sensiblemente la agricultura de la Ribera del Ebro.

La navegación y riego del valle medio del Ebro con el Canal Imperial fueron complementados por obras en la desembocadura. El Canal de Amposta a San Carlos de la Rápita, proyectado para buscar una salida artificial al Ebro y evitar la barra y bancos de arena del delta, asegurando salida directa a las exportaciones aragonesas, tuvo su origen en la compañía que un ciudadano de Tortosa y un ingeniero y un arquitecto franceses, probablemente también los Badín, formaron en 1764 para construir un canal desde la vieja presa de Cherta a la bahía de Los Alfaques[63]. En 1780 se emprendió la creación de la ciudad y puerto de San Carlos de la Rápita, concluidos en 1792. Pero el canal se abandonó unos años después porque se cegaba continuamente; en 1816-1819 seguía fuera de servicio[64].

IV

Obras de regadío en la costa mediterránea. La Acequia Real del Júcar

El análisis de obras hidráulicas tan relevantes como las referidas no agota la labor de los ilustrados en esta materia. En 1770, Ferdinando Galiani mencionaba no menos

62 G. PÉREZ SARRIÓN, 1975, capítulo IV.

63 Porque Luis Miguel Badín era residente en Tortosa; P. VILAR, 1964-1968, III, p. 297.

64 P. VILAR, 1964-1968, III, p. 297.

de 16 grandes obras consideradas en curso en el interior de la península, desde Reinosa hasta Sevilla[65], incluyendo en ellas tanto las que en ese momento estaban en construcción como las que se daba por hecho que había que hacer. Algunas eran disparatadas, otras no pasaron de proyectos. Pero hubo muchas más: concebidas exclusivamente para regadío, menos espectaculares pero no menos importantes, además de numerosas obras de ingeniería hidráulica útiles[66].

La reconstrucción y ampliación de la antigua Acequia de Alcira o Alzira, renombrada Acequia Real del Júcar o Xúquer, que llevó el regadío a todo el oeste de la Albufera, junto a Valencia, fue una de ellas. El origen era una acequia bajomedieval que desde el azud de Antella regaba la margen izquierda del Júcar hasta Alcira. Ya en la segunda mitad del siglo XVII el crecimiento demográfico de la zona aumentó la presión para extender el riego, y tras un *sogueo* o catastro de tierras regadas (1741-1744) orientado a ello, entre 1760 y 1766 un noble aragonés, Pedro de Alcántara Fadrique Fernández de Híjar, duque de Híjar, consiguió mejorar el azud y alargar la acequia hasta Sollana y lugares subsidiarios de Algemesí y Albalat [de la Ribera][67]. La iniciativa fue del duque en su calidad de barón de Sollana, lugar cabeza de la baronía del mismo nombre, que había de recibir el riego nuevo. Como jueces *protectores*, visitadores o comisionados para la obra fueron nombrados sucesivamente dos oidores de la Real Audiencia de Valencia: Martín Dávila Sigüenza (hasta 1764), regente y decano del Real Acuerdo, y José Moreno Alvarado (desde 1764)[68].

La relación entre este proyecto y el del Canal Imperial a través de sus promotores, ambos aragoneses y probablemente emparentados, es evidente. El conde de Aranda no tuvo descendientes, y es sabido que el duque de Híjar heredó su estado y patrimonio a finales de siglo. Por otra parte, Aranda fue gobernador y presidente de la Real Audiencia de Valencia (1764-1766), donde se resolvían los pleitos sobre la materia; y en ella «se preocupó de reglamentar el servicio de las aguas, tan vital para la agricultura valenciana, y se entregó personalmente a dirigir, en calidad de ingeniero militar, la construcción de acequias y canales para mejorar el regadío»[69]. Los comisio-

---

65 F. GALIANI (1770), según la traducción del pasaje aludido en C. SAMBRICIO, 1986a, pp. 49-50.

66 Véase al respecto, por ejemplo, el análisis de artefactos, fábricas e ingenios de I. GONZÁLEZ TASCÓN, 1987.

67 Los datos, en T. PERIS, 1992, pp. 281-287. En general, sobre esta obra puede verse, además de la fundamental aportación de T. PERIS, 1992, M. GUAL, 1979; y para el marco general de la agricultura en la zona, M. ARDIT, 1988.

68 Datos sobre ellos, en *FICHOZ*, n.os 010594 y 004548. El *protector*, visitador o comisionado de la obra era el responsable nombrado por el rey para su realización y, por tanto, la autoridad suprema en ella. En este caso ocuparon el cargo jueces de la Real Audiencia, funcionarios de un organismo de la administración del rey, pero en el caso del Canal Imperial lo fue Pignatelli, que no era funcionario.

69 R. OLAECHEA y J. A. FERRER BENIMELI, 1998, p. 273. También proyectó la población de Águilas (Murcia) y la construcción de un camino y acueducto para el suministro de aguas a la población; A. RUMEU, 1962, p. 145.

nados de la acequia eran jueces de esta institución, y es significativo que las obras acabaran el año del motín de 1766, para cuya represión el conde de Aranda fue nombrado presidente del Consejo de Castilla. Tampoco es casualidad, finalmente, que justo al año siguiente fuera nombrado (26-VIII-1767) como nuevo juez visitador de la acequia alguien de fuera, el jurista catalán Juan Casamayor Josa (†1782), que había estudiado en la Universidad de Huesca: un hombre del círculo de Rodríguez Campomanes, fiscal del Consejo de Castilla, donde entonces estaba Aranda, que tenía contactos en la universidad donde aquél había estudiado[70]. Todos estos datos apuntan a que el conde de Aranda fue también quien, al menos por un tiempo, estuvo impulsando la obra, directamente y por vías interpuestas.

En 1767, con Casamayor, lo que hasta entonces había sido una iniciativa señorial se convirtió en proyecto para duplicar la superficie regada llevando agua hasta el oeste de la Albufera: Espioca, Picasent (o Picassent), Benifayó, Alginet y Almusafes (o Almussafes), con destino final en los amplios terrenos cercanos pertenecientes al Real Patrimonio: Silla, Beniparrell, Albal, Catarroja. A él se adhirieron inmediatamente los beneficiados de estos lugares, casi todos señores de vasallos y terratenientes burgueses de Valencia. No se da cuenta aquí de los numerosos, graves y complejos tumultos y pleitos[71] que enfrentaron a los regantes viejos de la Acequia de Alcira con los nuevos; a ambos con el duque de Híjar y sus vasallos de señorío; a todos ellos con los regantes expectantes de la zona inferior, muchos pertenecientes a la nobleza y la burguesía urbana; y a todos ellos con el rey, tanto en calidad de señor y juez de las aguas a través de la Real Audiencia, como de propietario de superficies regables.

Casamayor ocupó el cargo de 1767 a 1778. Tras un período de turbulencias y de su propia dimisión[72], fue renombrado por el Consejo de Castilla con jurisdicción civil y criminal plena para ejecutar el proyecto, que nuevamente fue encomendado al propio duque de Híjar (8-VI-1771). Según Real Provisión aprobatoria de 26 de agosto de 1767, la financiación se haría con aportaciones de los propios regantes viejos (parte vieja), el propio duque (tierras de la baronía) y los nuevos regantes expectantes (parte final), más 1/20 para el duque a cobrar de las nuevas tierras regadas y 1/20 más para el rey. Para ello se autorizó al duque (9-IV-1772) a emitir censos redimibles al 3 % sobre el mayorazgo de Oraní por importe de dos millones de reales[73]. Además, todos pagarían el *cequiaje* o canon para el mantenimiento.

---

70 Los datos, en *FICHOZ*, n.º 000150.

71 Detallados por T. PERIS, 1992, *passim*.

72 Por un tiempo breve ejerció el cargo de alcalde del crimen de la Real Audiencia de Valencia Francisco Pérez Mecía, que además era terrateniente en Alcira en 1768: T. PERIS, 1992, p. 291; lo que muestra hasta qué punto era complejo el juego de intereses que podía haber en una obra así.

73 A partir de los datos de T. PERIS, 1992, pp. 292-316.

El proyecto de mejora y prolongación del cauce fue hecho en 1768 por quien en primer término fue nombrado ingeniero director de la obra, el catalán Juan Escofet Palau (1720-1808), con coste previsto de unos 120.000 pesos[74]. Poco después el nuevo director, Francisco Aparisi Ferrandis, antes ayudante de Escofet, firmaba otro proyecto (24-III-1773) con cauce enteramente nuevo de unas 24.000 varas valencianas de longitud, cota más alta (unos 4 m) y, por tanto, más capacidad de riego. En cinco años las obras apenas avanzaron; y en 1778, a propuesta del duque de Híjar, el Consejo de Castilla nombró juez protector a Lorenzo Bachiller Rosillo, otro oidor de la Real Audiencia de Valencia[75], que fue quien definitivamente reconstruyó el azud y acequia vieja (en dos momentos, 1779-1781 y 1798) y prolongó el cauce hasta Albal y Catarroja (1779-1792), con un gasto real desembolsado de 2,5 millones de reales. En total, la superficie regada en la zona vieja pasó de unas 52.000 hanegas de riego tradicional *sogueadas* o medidas en 1744 (que debían ser unas 65.000 reales) a 81.500 previstas en 1767, que a principios del siglo XIX (1818) estaban entre 97.000 y 90.000 (Madoz). A ello hay que sumar entre 35.000 y 45.000 hanegas de riego más o menos seguro en la zona nueva, lo que supuso un incremento total de más del 100 % en medio siglo[76].

La Acequia Real del Júcar fue sólo una de las muchas obras de regadío emprendidas en estas décadas, que en conjunto constituyeron la expresión más relevante de la política agraria de la Ilustración en la España seca: incidían en el gran problema del crecimiento agrícola y la distribución de la renta de la tierra. Peris menciona también, sólo en Valencia, las Pías Fundaciones del cardenal Belluga, la desecación de marjales de Bassa Larguera de Elche (1748) y el plan de bonificación de la laguna de Villena (1760)[77].

Asimismo, hubo otros proyectos en el noreste de la península, empezando en Aragón por el nonato Canal de Cinco Villas diseñado por Mariano Monroy en 1768 para regar unas 36.000 cahizadas de 24 cuartales, con un presupuesto estimado de menos de dos millones de pesos[78]. Entre Aragón y Cataluña, en 1783 Manuel Inchausti formuló dos propuestas: una de un canal de regadío pequeño para llevar agua a Tamarite de Litera, con presupuesto de 8 millones de reales de vellón, y otra más grande para regar 200.000 cahizadas de 18 cuartales (unas 85.000 ha), que llegaba mucho

---

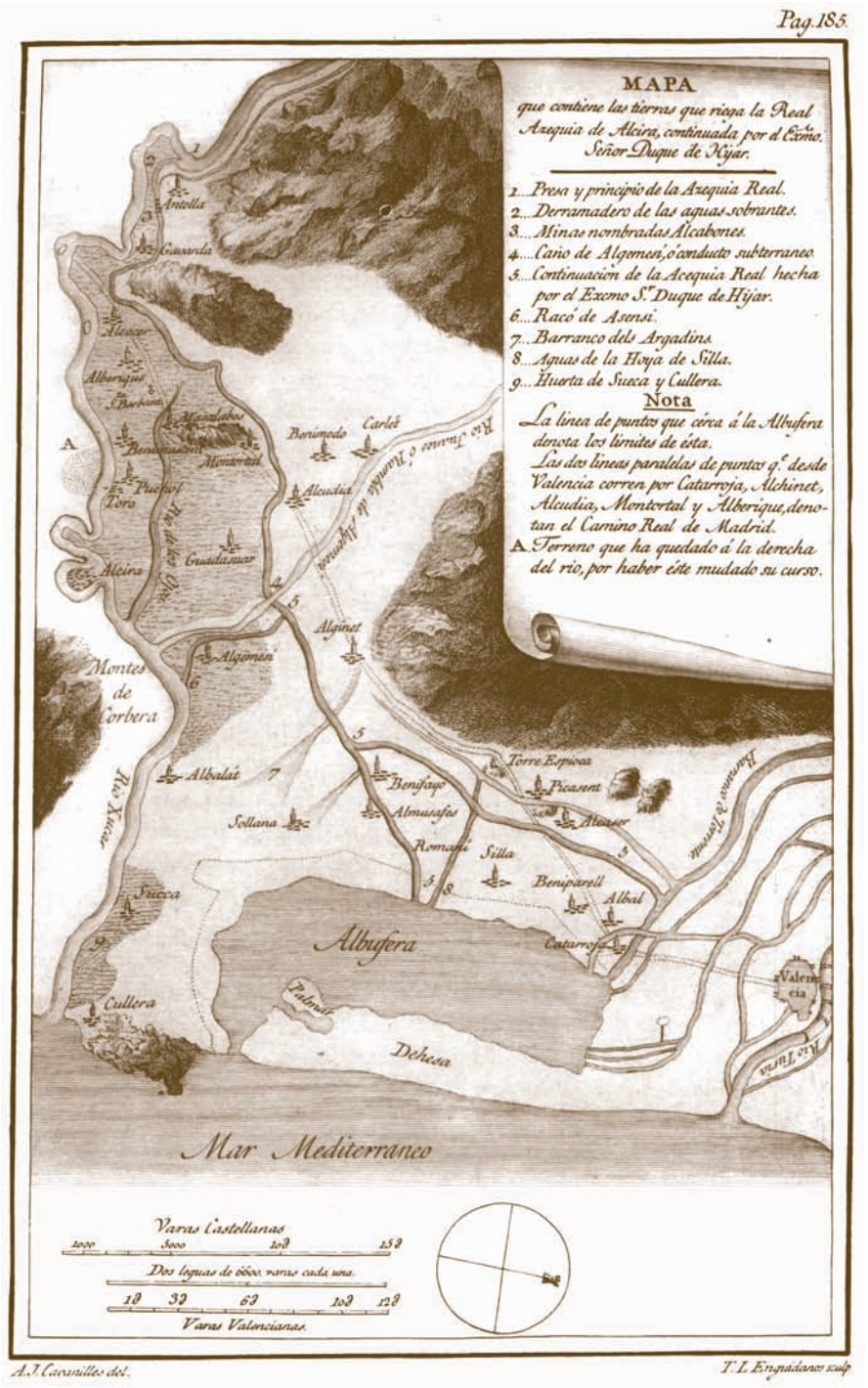
74 Probablemente el peso fuerte, moneda de plata que equivalía a 16 o a 20 reales de vellón según emisiones; considerando el cambio de 20 suponían unos 2,4 millones de reales de vellón.

75 No sabemos desde cuándo, pero lo era en 1801; *FICHOZ*, n.º 015487.

76 Todo, según datos y estimaciones de T. PERIS, 1992, pp. 316-344. Conviene tener en cuenta que la puesta en regadío real de superficies tan amplias no consistía simplemente en llevar el agua; eran necesarias inversiones y operaciones adicionales, por lo que el proceso solía ser progresivo y sujeto a sólo estimaciones.

77 T. PERIS, 1992, p. 297, nota 73.

78 *FICHOZ*, n.º 042362, y G. PÉREZ SARRIÓN, 1975, p. 29, *apud* I. J. ASSO, 1798, pp. 33-35 y 61.



9.9. Plano de la Acequia Real del Júcar, h. 1768. *(Fuente: Antonio J. Cavanilles,* Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reyno de Valencia*, Valencia 1795, 2 vols., vol. 1; Albatros, Valencia, 1995.) Delineado por el ingeniero militar Juan Escofet y Palau hacia 1768, el mapa muestra que la Acequia Real reformada llegó sucesivamente a la zona de Alcira, de riego antiguo; a los lugares de la baronía de Sollana, del duque de Híjar, y a los pueblos coderos, propiedad de otros miembros de la nobleza y la burguesía valenciana, con extensas tierras de la Albufera, que era del rey. El camino real a Madrid marcó el trazado de la actual autovía.*

más al sur, por 30 millones, de los que el Consejo de Castilla aprobó el primero; en 1802 se intentó realizar nuevamente como canal de riego y navegación, sin éxito[79]. En Cataluña tampoco se llevó a cabo la vieja idea de construir el Canal de Urgel, reemprendida en 1727, promovida nuevamente en 1735 por el comerciante barcelonés Jaume de Durán y asumida por la Junta de Comercio en 1765. El Canal fue concebido como de riego y navegación, lo que explica su gran envergadura presupuestaria –360.000 pesos en 1735, 1.600.000 en 1751, 2.500.000 en 1790–[80]. Los comerciantes de Reus no lograron la construcción de un canal de navegación hasta Salou por problemas técnicos; tampoco se realizó la canalización de los ríos Ter y Daró, y hubo otro plan para construir un canal de navegación de Bañolas a Sant Feliu de Guíxols[81]. Ninguno de estos proyectos se llevó a cabo. En cambio, en Lérida se dio un gran crecimiento de la población y de la superficie cultivada en el siglo, pasándose de 6.355 jornales de tierra (1716) a 11.020 (1785); un aumento del 74 %, lo que determinó la construcción de varias acequias y un incremento de la superficie regada: por lo menos, 5.133 jornales de tierra de cereales en 1716, que eran 6.962 en 1754[82].

Finalmente, en Murcia cabe recordar el llamado Canal de Murcia y sus sustitutos, los pantanos de Puentes y Valdeinfierno, en Lorca[83]. En 1768 el ingeniero Juan Escofet, entonces proyectista de la Acequia Real del Júcar, fue comisionado por el Consejo de Castilla para estudiar el futuro Canal de Murcia, del que sólo se sabe que se iniciaron las obras con fondos de la renta de Corrreos, con él como director[84], y que luego se abandonaron por falta de agua. En la financiación intervino Pierre Prades, el intermediario francés en el Canal Imperial de Aragón, a través de Prades & Cie.[85]. Floridablanca, que era murciano, lo sustituyó por los dos grandes embalses citados, en Lorca. En 1792 el embalse de Puentes estaba acabado y el otro construido en más de la mitad; en 1789 se embalsaban ya 24 millones de varas cúbicas de agua y daban servicio de riego. La construcción se llevó a cabo con una consignación mensual de la renta de Correos[86]. En 1802 el embalse de Puentes, mal construido, reventó causando

---

79 J. A. BOLEA, 1978, pp. 11-13.

80 Véase detalle en P. VILAR, 1964-1968, III, pp. 294-297.

81 P. VILAR, 1964-1968, III, pp. 298-299.

82 Sobre él véase F. J. TEIRA, 1977, E. VICEDO, 1981, y P. VILAR, 1964-1968, III, pp. 288-292.

83 Sobre todo ello véase A. J. MULA GÓMEZ *et alii*, 1986; F. CALVO GARCÍA-TORNEL *et alii*, 1986; y R. COUCHOUD y R. SÁNCHEZ FERLOSIO, 1965.

84 *FICHOZ*, n.º 000231.

85 Según referencia de Floridablanca. Los datos sobre la construcción de canales entre 1777 y 1792, tiempo en que Floridablanca fue responsable, en A. RUMEU, 1962, pp. 141-157, y conde de FLORIDABLANCA, 1788, pp. 347-350.

86 Las referencias, en A. RUMEU, 1962, pp. 141-145, y conde de FLORIDABLANCA, 1788, pp. 347-350.

más de 600 muertos en Lorca[87]. En el Canal de Murcia, según testimonio del propio Floridablanca, se perdieron más de 40 millones de reales de vellón[88].

V

A modo de conclusión

Los hechos narrados abundan en proyectos nonatos, inacabados o erróneos, sistemas incompletos, presas mal ubicadas, embalses rotos y desviaciones presupuestarias, que muestran la complejidad de las obras y planes financieros y la escasez de técnicos. Buena parte de los ingenieros que intervinieron eran extranjeros, especialmente franceses, y también flamencos, neerlandeses e italianos; muchos de ellos habían sido, eran o acabarían siendo militares en España. Ozanam ha dejado constancia fehaciente de la intensa llegada de extranjeros cualificados que acudieron a servir al rey en el siglo, especialmente en el período 1700-1720[89]. Estos individuos no acudieron por propia iniciativa; en bastantes casos fueron buscados por el Estado, y para ello el Ejército fue una importante vía de integración de profesionales[90]. Muchos, como ingenieros militares, desarrollaron su actividad en obras civiles hasta que a finales de siglo la monarquía decidió crear un centro de formación específico de ingenieros, idea que fue planteada en 1785 por el canario Agustín Bethencourt o Betancourt Molina (1758-1824), inspector general de Caminos. No obstante, la escuela, concebida como órgano de la Inspección General de Caminos, no sería puesta en marcha –por el propio Betancourt– hasta 1802, con el nombre de Estudio de la Inspección General de Caminos, que al año siguiente cambió por el de Escuela de Caminos y Canales[91].

Finalmente, ¿qué sentido cabe dar a todas estas obras? Contemplar el conjunto añade claridad a nuestra comprensión de la Ilustración, sin duda. Hubo una política hidráulica que tuvo dimensión doctrinal hasta que, en torno a 1750, el marqués de la Ensenada le dio una formulación política y empezó a tomar medidas efectivas. Desde entonces, los planes de obras crecieron aprovechando la cultura política creada, una cultura que vio en los caminos y canales de navegación la vía para promover la articulación mercantil de las incipientes regiones económicas, y en las obras de regadío, donde eran posibles, un recurso esencial para la política agraria. Estas ideas fueron ampliamente compartidas por los reformistas.

---

87 A. J. MULA GÓMEZ *et alii*, 1986, pp. 228-239.

88 *Apud* G. PÉREZ SARRIÓN, 1996, p. 292.

89 D. OZANAM, 1993.

90 La legislación que les era aplicable puede verse en J. A. PORTUGUÉS, 1764-1765.

91 A. RUMEU, 1980, pp. 279 y ss.

No obstante, los instrumentos para desarrollar las obras fueron variados; la financiación, escasa, y los efectos, tardíos. El Canal de Castilla se acometió pronto, la iniciativa fue del Estado, y se financió con ingresos fiscales regionales a un ritmo que eternizó la obra y la dejó a medias. El Canal Imperial se emprendió más tarde, dando licencia a una compañía privada y con financiación mayor y exterior; costó mucho más pero "se acabó" (llegó a Zaragoza) y sustentó una extensa reforma agraria. La deuda exterior, no obstante, afectó a la política exterior, lo que obligó a una reestatalización (1772-1776) muy costosa. La Acequia del Júcar, ni eso: por muy reformista que podamos considerar al duque de Híjar, fue una iniciativa señorial, aunque al poco encontró también la protección del Estado. Es decir, se trata de tres modelos de obra totalmente distintos que compartieron, eso sí, políticos e ingenieros.

En todas ellas hubo numerosos errores de planificación y ejecución. Los canales de navegación y mixtos eran los más caros: los dos citados, en más de cuarenta años costaron casi 250 millones, el 50 % de un presupuesto anual del Estado. Hay datos para suponer que el coste real financiero fue superior. Es obvio que la monarquía nunca hubiera tenido medios financieros para desarrollar una mínima parte de los planes que había formulados a mediados de siglo, aunque desde que en 1777 dejaron de depender de Hacienda y se creó un organismo específico para las obras públicas, las construcciones experimentaron un impulso notable. Pero no dio tiempo a que los efectos se vieran: nadie preveía que llegara una revolución, ni que lo hiciera como lo hizo, en 1789. Ningún reformista concebía un futuro distinto del presente que vivía. No obstante, y por eso mismo también, los ilustrados, hasta que llegaron la revolución y la crisis de la Hacienda, se entregaron decididos a proyectar y construir canales, acequias, obras de regadío, caminos, puentes, puertos y otras hermosas obras de ingeniería. Las que desaparecieron quedan en nuestra memoria. Las que subsisten siguen suscitando respeto y admiración.

BIBLIOGRAFÍA

ALZOLA Y MINONDO, Pablo: *Las obras públicas en España. Estudio histórico por —,* Imprenta de la Casa de la Misericordia, Bilbao, 1899.

ARDIT, Manuel: «Transformacions agràries en la Ribera del Xùquer (segles XVI-XVIII)», en *L'escenari històric del Xùquer. Actes de la IV Assemblea d'història de la Ribera. L'Alcudia 1986*, Ajuntament de l'Alcudia, Valencia, 1988, pp. 69-87.

ASSO DEL RÍO, Ignacio Jordán de: *Historia de la Economía política de Aragón,* Francisco Magallón, Zaragoza, 1798; reed. CSIC, Zaragoza, 1947.

BARAS ESCOLÁ, Fernando, y MONTERO HERNÁNDEZ, Francisco: «Estudio preliminar» de la reedición facsimilar de la obra de Tomás SEBASTIÁN Y LATRE: *Relación individual y verídica del sucesso acontecido en la ciudad de Zaragoza el día 6 de abril de 1766 y de todos sus demás progressos, formada de orden de S.M. y escrita por encargo del marqués de Castelar, Gobernador y Capitán General del Reyno*

de Aragón, y presidente de su Real Audiencia, por — [Imprenta del Rey, Zaragoza 1766], Librería General, Zaragoza, 1987. El trabajo ha sido reeditado también como artículo: «Crisis de subsistencias y conflictividad social en Zaragoza: el motín de 1766», *Estudios de Historia Social*, 36-37 (1986), pp. 523-546.

BARAS ESCOLÁ, Fernando, y MONTERO HERNÁNDEZ, Francisco: «Ramón Pignatelli, la Iglesia zaragozana y el motín de 1766», en G. PÉREZ SARRIÓN y G. REDONDO VEINTEMILLAS, 1996, pp. 33-60.

BARBIER, Jacques y KLEIN, Herbert: «Revolutionary Wars and Public Finance: The Madrid Treasury, 1784-1807», *The Journal of Economic History*, 2 (1981), pp. 315-339.

BOLEA FORADADA, Juan Antonio: *Los riegos de Aragón. V Congreso Nacional de Comunidades de Regantes*, Sindicato Central de Riegos del Alto Aragón [Zaragoza, 1978].

CABARRÚS, Francisco, conde de Cabarrús: *Cartas sobre los obstáculos que la naturaleza, la opinión y las leyes oponen a la felicidad pública*, s. e., Madrid, 3.ª ed., 1820 (1.ª ed., 1808).

CALVO GARCÍA-TORNEL, Francisco; CHACÓN JIMÉNEZ, Francisco y MULA GÓMEZ, Antonio (coords.): *Agua, riegos y modos de vida en Lorca y su comarca*, Caja de Ahorros de Alicante y Murcia, Murcia, 1986.

CAPEL, Horacio *et alii*: *Los ingenieros militares en España siglo XVIII: repertorio biográfico e inventario de su labor científica y espacial,* Universidad de Barcelona, Barcelona, 1983.

CASAS, Antonio de las, y VÁZQUEZ, Ana: *El Canal Imperial de Aragón*, Caja Inmaculada, Zaragoza, 1999.

CASTELLANO CASTELLANO, Juan Luis: «Bernardo Ward», en Enrique FUENTES QUINTANA (dir.): *Economía y economistas españoles*, tomo 3, *La Ilustración*, Galaxia Gutenberg y Círculo de Lectores, Barcelona, 2000, pp. 185-200.

CAVANILLES, Josef: *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reyno de Valencia. Por —*, Imprenta Real, Madrid, 2 vols., 1795; reed. facsímil, Albatros, Valencia, 1995.

CAZZOLA, Franco: «Le bonifiche nella storia d'Italia dall'età moderna all'età contemporanea: qualche considerazione», en Ivan TOGNARINI (ed.): *Il territorio pistoiese e di Lorena tra '700 e '800: viabilità e bonifiche*, Edizioni Scientifiche Italiane, Nápoles, 1990, pp. 43-59.

CIRIACONO, Salvatore: *Acque e agricultura. Venecia, l'Olanda e la bonifica europea in età moderna*, Franco Angeli, Milán, 1994.

—*Land Drainage and Irrigation*, Ashgate, Aldershot, 1998.

—*Eau et développement dans l'Europe moderne*, Maison des Sciences de l'Homme, París, 2004.

COUCHOUD SEBASTIÁ, Rafael, y SÁNCHEZ FERLOSIO, Rafael: *Efemérides hidrológica y fervorosa recopilada y escrita por —*, Imprenta de Silverio Aguirre, Madrid, 1965.

CRUZ, Jesús: *Los notables de Madrid. Las bases sociales de la revolución liberal española*, Alianza, Madrid, 2000.

DEDIEU, Jean-Pierre: «La Nueva Planta en su contexto. Las reformas del aparato del Estado en el reinado de Felipe V», *Manuscrits*, 18 (2000), pp. 113-139.

DELGADO, Pedro: *La Real Acequia del Jarama*, Doce Calles, Colegio de Ingenieros de Caminos y CEHOPU, Madrid, 2 vols., 1995.

ENSENADA, marqués de la, Zenón Somodevilla Bengoechea: «Representación hecha al Señor don Fernando VI por su ministro el marqués de la Ensenada, proponiendo remedios para el adelantamiento de la Monarquía y buen gobierno de ella», 1751, editado en D. OZANAM (1980).

ESCOBEDO ROMERO, Rafael: «Redes de importación, distribución y comercialización del tabaco en los siglos XVII y XVIII: el monopolio español del tabaco entre la gestión privada y la pública», en *Actas del X Simposio de Historia Económica. Análisis de Redes en la Historia Económica, Bellaterra, 27-29/01/2005*, Bellaterra, edición en CD, s. a. [2005].

FERNÁNDEZ DURÁN, Reyes: *Gerónimo de Uztáriz (1670-1732). Una política económica para Felipe V*, Minerva, Madrid, 1999.

FICHOZ (Fichier Ozanam), base de datos prosopográfica relacional sobre el Antiguo Régimen español, gestionada por Jean Pierre Dedieu, CNRS, edición de 10-IX-2004.

FLORIDABLANCA, conde de, José Moñino: «Memorial presentado al Rey Carlos III y repetido a Carlos IV, por el —, renunciando a su ministerio», 1788, en FLORIDABLANCA (1982).

—*Escritos políticos. La Instrucción y el Memorial,* edición, estudio y notas biográficas de Joaquín Ruiz Alemán, Academia Alfonso X el Sabio, Murcia, 1982, pp. 287-416.

GALIANI, Ferdinando: *Dialogues sur le comerce des bleds*, Joseph Merlin, Londres, 1770.

GARCÍA TAPIA, Nicolás: «Ingeniería hidráulica del Canal de Castilla», en J. HELGUERA, N. GARCÍA TAPIA y F. MOLINERO (1988), pp. 161-195.

GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio: *Fábricas hidráulicas españolas,* Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo/Turner, Madrid, 1987.

GUAL CAMARENA, Miguel: *Estudio histórico-geográfico sobre la Acequia Real del Júcar*, Institución Alfonso el Magnánimo/Acequia Real del Júcar, Valencia, 1979.

HAMILTON, Earl J.: *War and Prices in Spain, 1650-1800*, Cambridge, Harvard University Press, 1947.

—«El Banco Nacional de San Carlos (1782-1829)», en *El Banco de España. Una historia económica,* Madrid, Banco de España, 1970, pp. 199-238.

HELGUERA QUIJADA, Juan; GARCÍA TAPIA, Nicolás y MOLINERO HERNANDO, Fernando: *El Canal de Castilla*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 1988.

HELGUERA QUIJADA, Juan: «Aproximación a la historia del Canal de Castilla», en J. HELGUERA, N. GARCÍA TAPIA y F. MOLINERO (1988), pp. 9-159.

HOMAR, Juan: *El Canal de Castilla: cartografía de un proyecto ilustrado*, Ministerio de Obras Públicas/Turner, Madrid, 1992.

KLEIN, Herbert S. y BARBIER, Jacques: «Las prioridades de un monarca ilustrado: el gasto público bajo el reinado de Carlos III», *Revista de Historia Económica*, 3, 1985, pp. 473-495.

LASIERRA PURROY, Antonio: *Apuntes para la biografía de D. Ramón Pignatelli y Moncayo. Por el señor D. —*, Real y Excma. Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País y Tipografía "La Editorial", Zaragoza, 1923.

LLAURADÓ FÁBREGAS, Andrés: *Tratado de aguas y riegos*, Imprenta y fundición de Manuel Tello, Madrid, 1878.

MULA GÓMEZ, Antonio José; HERNÁNDEZ FRANCO, Juan y GRIS MARTÍNEZ, Joaquín: *Las obras hidráulicas en el Reino de Murcia durante el reformismo borbónico. Los Reales Pantanos de Lorca*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Murcia, 1986.

Novísima Recopilación [...] de las leyes de España. Dividida en XII libros. En que se reforma la Recopilación publicada por el Señor Don Felipe II en el año de 1567, reimpresa últimamente en el de 1775: Y se incorporan las pragmáticas, cédulas, decretos, órdenes y resoluciones Reales, y otras providencias no recopiladas, y expedidas hasta el de 1804. Mandada formar por el Señor don Carlos IV, Madrid, 6 tomos en 6 vols, s. e., 1805-1807. Ed. Facsímil, BOE, Madrid, 1976.

NÚÑEZ LÓPEZ, Paloma: «Asociaciones artesanales y posturas anticlericales. El motín de 1766 en Zaragoza», *Jerónimo Zurita*, 75 (2002), pp. 213-239.

OLAECHEA ALBISTUR, Rafael y FERRER BENIMELI, José Antonio: *El conde de Aranda (mito y realidad de un político aragonés),* Zaragoza, Librería General, 1969 (reed. Diputación Provincial de Huesca, 1978).

OZANAM, Didier: «Representación del marqués de la Ensenada a Fernando VI (1751)», *Cuadernos de Investigación Histórica*, 4 (1980), pp. 67-124.

—«Les étrangers dans la haute administration espagnole au XVIIIe siècle», en Jean-Pierre AMALRIC (ed.): *Pouvoirs et société dans l'Espagne moderne: hommage à Bartolomé Bennassar*, Presses Universitaires du Mirail, Toulouse, 1993, pp. 217-229.

PEIRÓ ARROYO, Antonio: «La crisis de 1763-1766 en Zaragoza y el 'motín del pan'», *Cuadernos Aragoneses de Economía,* 3 (1981-1982), pp. 239-250.

PÉREZ SARRIÓN, Guillermo: *El Canal Imperial y la navegación hasta 1812,* Institución Fernando el Católico, Zaragoza, 1975.

—*Agua, agricultura y sociedad en el siglo XVIII. El Canal Imperial de Aragón, 1766-1808,* Institución Fernando el Católico, Zaragoza, 1984.

—«Regadíos, política hidráulica y cambio social en Aragón, Siglos XV-XVIII», en María Teresa PÉREZ PICAZO y Guy LEMEUNIER (eds.): *Agua y modo de producción*, Crítica, Barcelona, 1990, pp. 212-270.

PÉREZ SARRIÓN, Guillermo: «Política hidráulica y capital financiero en la España ilustrada, 1766-1792», en Guillermo PÉREZ SARRIÓN y Guillermo REDONDO VEINTEMILLAS (dirs.): *Los tiempos dorados. Estudios sobre Ramón Pignatelli y la Ilustración*, Diputación General de Aragón, Zaragoza, 1996, pp. 225-299.

—«Las redes sociales en Madrid y la Congregación de San Fermín de los Navarros, siglos XVII y XVIII», comunicación presentada al X Simposio de Historia Económica, Bellaterra 27/29-I-2005, inédita.

—«Los franceses y la crisis financiera de la Ilustración en España», *Spagna Contemporanea*, 27, Turín (en prensa).

PERIS ALBENTOSA, Tomás: *Regadío, producción y poder en la Ribera del Xúquer. La Acequia Real de Alzira, 1258-1847*, Generalitat Valenciana/Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia, 1992.

PIEPER, Renate: *La Real Hacienda bajo Fernando VI y Carlos III (1753-1788): repercusiones económicas y sociales*, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, 1992.

PORTUGUÉS, Joseph Antonio: *Colección general de las ordenanzas militares, sus innovaciones, y aditamentos: dispuesta en diez tomos, con separacion de clases,* Antonio Marín, Madrid, 1764-1765, 11 vols.

PRADELLS NADAL, Jesús: *Diplomacia y comercio. La expansión consular española en el siglo XVIII,* Universidad de Alicante/Instituto de Cultura "Juan Gil-Albert", Alicante, 1992.

RUMEU DE ARMAS, Antonio: *El testamento político del conde de Floridablanca*, CSIC, Escuela de Historia Moderna, Madrid, 1962.

—*Ciencia y tecnología en la España ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales,* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos/Turner, Madrid, 1980.

SAMBRICIO, Carlos: «La lógica de los canales en la cultura de la razón», en VV.AA., *El Canal de Castilla*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986a, pp. 39-58.

—«La ordenación del territorio como utopía real en la España ilustrada», en VV.AA., *El Canal de Castilla,* Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986b, pp. 13-38.

—*Territorio y ciudad en la España de la Ilustración*, Ministerio de obras Públicas y Transportes/Intituto del Territorio y Urbanismo, 2 vols, Madrid, 1991.

SÁNCHEZ LÁZARO, Teresa: *La obra de Carlos Lemaur en España: el canal de Guadarrama*, Universidad Complutense, Madrid, 1992.

—*Carlos Lemaur y el Canal de Guadarrama*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1995.

SÁNCHEZ TARAMAS, Miguel: *Tratado de fortificación o arte de construir los edificios militares y civiles. Escrito en inglés por Juan [John] Muller. Traducido en castellano, dividido en dos tomos y aumentado con notas, adiciones y 222 láminas finas sobre las 26 que ilustran al original,* Thomas Piferrer, Barcelona, 1769.

SÁSTAGO, conde de, Vicente Fernández Córdoba Glimes: *Descripción de los Canales Imperial de Aragón y Real de Tauste. Dedicada a los augustos soberanos D. Carlos IV y D.ª María Luisa de Borbón,* Francisco Magallón, Zaragoza, 1796 (reedita-

do en la miscelánea *Canal Imperial de Aragón*, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 2 tomos, Madrid, 1984).

TEDDE DE LORCA, Pedro: *El Banco de San Carlos (1782-1829),* Alianza, Madrid, 1988.

TEIRA VILAR, Francisco Javier: *El régimen jurídico de aguas en el llano de Lérida (siglos XII a XVIII),* Universidad de Barcelona, Barcelona, 1977.

ULLOA, Bernardo: *Restablecimiento de las fábricas y comercio español. Errores que se padecen en las causas de su [de]cadencia, cuáles son los legitimos obstáculos que le destruyen y los medios eficaces de que florezca*, Antonio Marín, Madrid, 1740. Edición y estudio preliminar de Gonzalo Anes, Instituto de Estudios Fiscales/Antoni Bosch editor, Madrid, 1992.

UZTÁRIZ, Gerónimo de: *Theórica y práctica de comercio y de marina*, Madrid, 1724; reed. Aguilar, Madrid, 1968.

VAUBAN, marqués de, Sébastien Le Prestre de Vauban: *Écrits divers sur l'économie*, texto de presentación de Jean-François Pernot, Les Amis de la Maison Vauban, Saint-Léger-Vauban, 1996.

—*Projet d'une dixme royale,* texto de presentación de Jean-François Pernot, Association des Amis de la Maison Vauban, Saint-Léger-Vauban, 1988.

VICEDO RIUS, Enric: «Propietat, accés a la terra i distribució dels ingressos a la Lleida del segle XVIII», *Recerques*, 12 (1981), pp. 57-90.

VILAR, Pierre: *Catalunya dins l'Espanya moderna. Recerques sobre els fonaments econòmics de les estructures nacionals*, Edicions 62, Barcelona, 1964-1968, 4 vols. Ed. original en VIème Section de la École Pratique des Hautes Etudes, SEVPEN, París, 1962, 4 vols. Ed. en castellano, Crítica, Barcelona, 1978-1988, 3 vols.

VV. AA.: *El Canal de Castilla*, Junta de Castilla y León, Madrid, 1986.

WARD, Bernardo: *Proyecto económico en que se proponen varias providencias dirigidas a promover los intereses de España, con los medios y fondos necesarios para su planificación. Escrito en el año 1762 por —,* Joaquín Ibarra, Madrid, 1779. Edición y estudio preliminar de Juan Luis Castellano Castellano, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, 1982.

10

La fortificación española en los siglos XVII y XVIII: Vauban, sin Vauban y contra Vauban

Fernando Cobos-Guerra
Arquitecto, Valladolid

I

Estado de la cuestión e ideas preconcebidas

> «No se puede dudar de que los españoles aspiran al dominio universal y que los únicos obstáculos que hasta el presente han encontrado son la distancia entre sus dominios y su escasez de hombres».
>
> (El cardenal Richelieu a Luis XIII de Francia[1], en 1624)

Hay varias ideas preconcebidas, que este texto pretende rebatir, acerca de las fortificaciones de los siglos XVII y XVIII. La primera es considerar que tras la muerte de Felipe II el reinado de los Austrias menores fue un período de absoluta decadencia militar cuya deficiencia tecnológica fue subsanada por la regeneración que los Borbones, y su elenco de técnicos franceses, impusieron a la Corona de España después del tratado de Utrecht. Es cierto que la monarquía española no pudo garantizar su antigua hegemonía naval y terrestre en buena parte del siglo XVII, pero, aun así, ¿cómo explicar que tan vasto imperio se conservara en gran parte intacto durante más de un siglo? Es justo reconocer que, incluso aceptando que ni la Armada ni las tropas terrestres fueron tan inoperantes como se cree, la gran protagonista de la defensa fue la fortificación, gracias en buena medida a los intensos trabajos realizados tanto en Europa como en América.

El español será, posiblemente, el imperio que más fortificaciones haya construido en la historia de la humanidad, y su arquitectura ha marcado el paisaje de sus dominios tanto o más de lo que lo hizo la romana con los suyos. Si Richelieu tenía razón en la afirmación de la cita que encabeza este texto, la única opción viable para que la

---

[1] Tomamos prestada la cita (originalmente en G. Hanotaux, *Histoire du Cardinal de Richelieu*) del estudio de G. PARKER, 1972, por ser aún más adecuada a nuestro tema, como se verá, que incluso al del propio Parker.

monarquía hispánica se enfrentara a la escasez de hombres y a las enormes distancias entre sus dominios era construir fortificaciones que aseguraran el control estratégico, defendidas por pocos hombres y dispuestas a resistir durante muchos meses hasta que llegaran los refuerzos o hasta que la escasez, el desánimo o los temporales, obligaran a los enemigos a desistir. En una época en la que ya se sabía que ninguna fortaleza era inexpugnable, éstas se clasificaban por el tiempo que podían resistir sin socorro; y, en la bien organizada práctica militar del XVIII, sitiadores y sitiados conocían esos tiempos, lo que formaba parte de las previsiones estratégicas de los Estados.

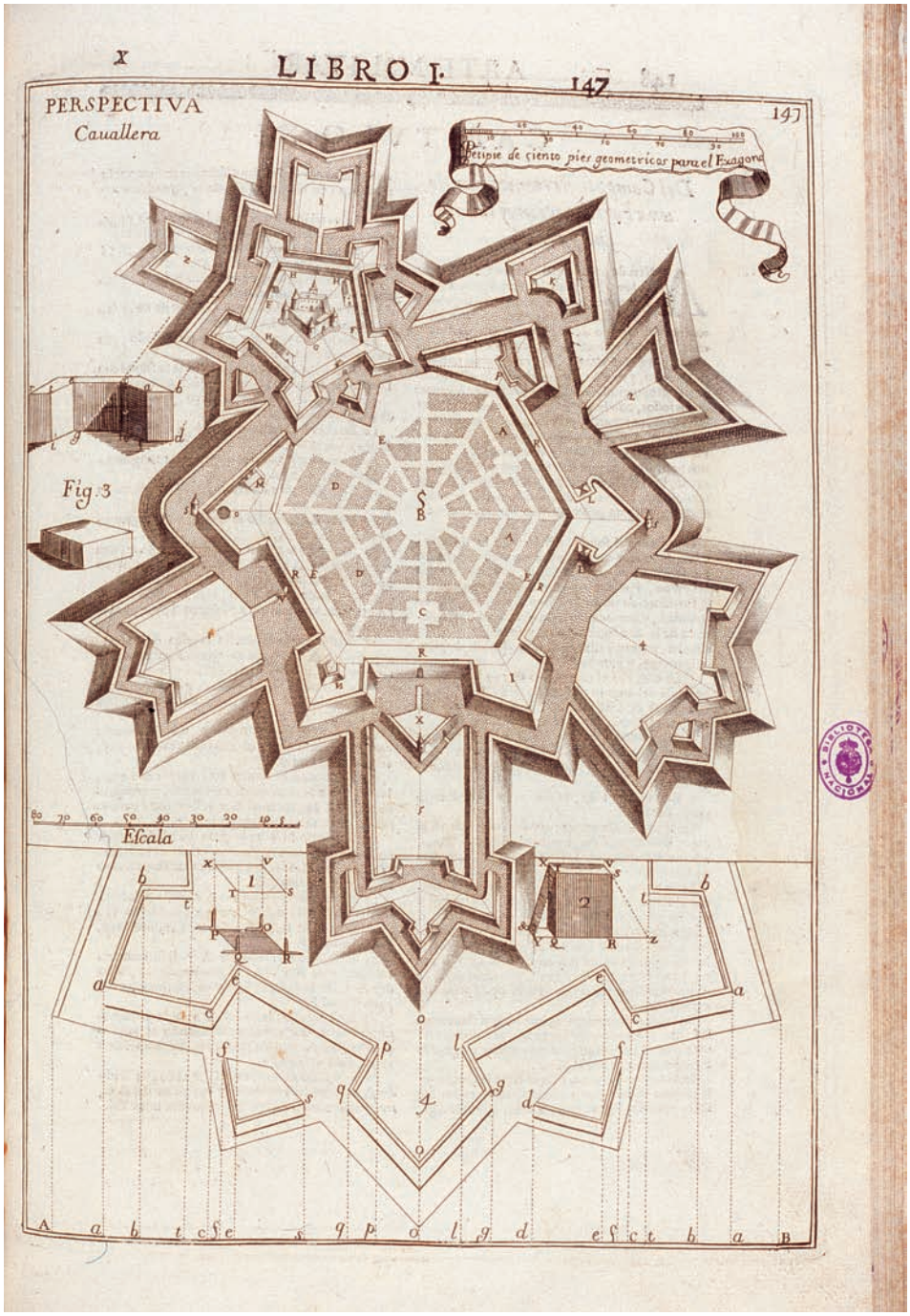
Entre los siglos XVI y XIX las posesiones españolas se apuntalaron con un costoso sistema de fortificaciones, y aunque falló en Túnez (1574), en Cádiz (1596), en Dunkerque (1658), en Namur (1692) o en La Habana (1762), en momentos críticos para la supervivencia del imperio, ésta no hubiera sido posible si el sistema en su conjunto no hubiese funcionado razonablemente bien, más allá incluso de algunos casos heroicos bastante conocidos. Nos falta, desde luego, saber hasta qué punto la Corona no contaba de antemano con el heroísmo de los defensores de Salsas (1503) o de Cartagena de Indias (1741), tanto o más de lo que confiaba en las bondades de las fortificaciones de Lisboa, Orán, Canarias o El Ferrol, por citar sólo algunos de los ataques que fracasaron ante una buena defensa. Pero, significativamente, después de cada fracaso o de cada defensa heroica siempre era inmediatamente mejorada la fortificación, de forma que tras doscientos años de asaltos y defensas, los sistemas fortificados de Cartagena de Indias o de La Habana, por ejemplo, eran mucho más hijos de la experiencia que de la teoría fortificatoria del momento. En todo caso, el número de ataques enemigos fracasados supera con creces al de los que tuvieron éxito[2], y eso sin saber cuántos ataques no llegaron ni siquiera a producirse ante la aparente inexpugnabilidad de las fortificaciones. En 1640, el ingeniero de la Corona española Juan de Médicis justificaba su soberbio proyecto para Malta (del que luego hablaremos) con las siguientes palabras:

> «La frente vieja de la ciudad Valeta, por buenas que se juzguen sus defensas, nadie puede dudar que no se puedan mejorar mucho, así como el modo de fortificar que oy se usa, se tiene por más refinado, y mejor del que se usaba 70 u 80 años ha. [...] procurando hazer las fortificaciones de tal manera, que no solamente tengan y parezcan defensibles, pero que en quanto se puede, sean tenidas del enemigo por inexpugnables. Pudiendo desto resultar el beneficio de no ser interpreso, que tanto se desea, pues la honra que se ganaría en averle valerosamente defendido vendría a costar muy caro, por la destruición que suele traer consigo una larga, y fuerte expugnacion, aunque felizmente sustentada»[3].

---

[2] Inexplicablemente, la Historia española ha recordado mucho mejor los fracasos que todos los éxitos de sus defensas o de su flota, y tienen que ser los propios historiadores británicos los que recuerden derrotas de su Armada tan señaladas como la de Flores en 1591 (R. HUMBLE: *Naval Warfare*, Londres, 2002, p. 60) o los innumerable fracasos en sus asaltos a las costas portuguesas, españolas o americanas.

[3] Real Academia de la Historia (RAH), 9/3773 (2).



10.1. Perspectiva caballera de una fortificación. (Escuela de Palas, *Milán, 1693, tomo II, p. 147; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043.)*

La segunda idea consolidada es que hasta el siglo XVIII, en que los ingenieros de los Borbones introdujeron las novedosas teorías de Vauban, especialmente sus obras avanzadas, las fortificaciones españolas seguían repitiendo modelos del período de Felipe II. Se olvida entonces que Vauban es un ingeniero del XVII, que luchó principalmente contra los ejércitos españoles y que tenía delante a brillantes ingenieros de la Corona española que con medios muy limitados hicieron frente a las poderosas tropas francesas del Rey Sol. Estos ingenieros, desde las "escuelas" de Milán o Bruselas y su brillante tratadística, o desde las fortificaciones que levantaron en el Mediterráneo o en el Caribe, marcan un desarrollo propio con proyectos que ya a mediados del siglo XVII nada tenían que envidiar a los sistemas que más tarde popularizarían Pagan o Vauban.

La revisión de estas dos ideas previas nos llevará necesariamente a analizar hasta qué punto las fortificaciones que en el XVIII se habían considerado de la escuela de Vauban eran simples aplicaciones de los sistemas inventados en el XVII, y cómo las verdaderas innovaciones que Vauban y otros propusieron a finales del XVII y en el XVIII no llegaron a tener aplicación general hasta mucho más tarde.

El objetivo de este texto no es, por tanto, hacer una suerte de "estado de la cuestión" o síntesis de lo mucho y bueno publicado[4] sobre los ingenieros y su formación en el XVIII sino, más bien, abrir camino para una lectura nueva de la evolución técnica que tuvo la fortificación española desde el XVI. No ayuda desde luego el hecho de que el imperio de los Austrias fuera multinacional y multilingüístico, aunque, como han señalado ya algunos autores italianos[5], los ingenieros "milaneses" servían a España aún con tratados en italiano –e igualmente podría decirse de los procedentes de los Países Bajos–, de forma que no es lógico que de estas dos grandes escuelas de fortificación de la Corona sólo tomemos como tratados españoles los que están escritos en castellano. No ayuda tampoco que los territorios citados dejaran de ser parte de la corona hispánica con la llegada de la dinastía borbónica, perdiéndose el vínculo tanto territorial como vasallático de muchos de los militares del imperio[6]. Y aun así, tanto en la "refundación" del cuerpo de ingenieros español con la llegada de los Borbones, como en la praxis de los ingenieros del XVIII, pervivieron muchas más influencias y criterios del XVII hispánico de los que aparentemente podríamos reconocer.

---

[4] Véase H. CAPEL, J. E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988, como representación de los numerosos trabajos publicados por el grupo de investigadores en torno a Horacio Capel; y también, R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, 1991, como representación de lo publicado por estos autores, con opiniones a veces divergentes de lo postulado por el grupo de Capel. Véase también Carlos SAMBRICIO, 1991.

[5] A. COPPA: «La circulación de ideas a través de los tratados de los ingenieros militares milaneses al servicio de Carlos V y Felipe II», en C. HERNANDO (coord.), 2000, y algunas de las ponencias contenidas en G. COLMUTO ZANELLA y L. RONCAIL, 2004.

[6] Y otros, como el III marqués de Leganés, tomaron partido por los Austrias.

Este texto no puede dejar de ser, por tanto, complementario de otros e incompleto en sí mismo. Complementario, en primer lugar, de nuestro anterior trabajo sobre los principios de la fortificación abaluartada renacentista[7], sin cuyo fundamento no es posible entender muchas de las cuestiones aquí referidas; complementario igualmente de lo publicado sobre los ingenieros y los tratados del XVIII, quizá el período de la ingeniería militar española mejor estudiado y sobre el que sólo planteamos un nuevo punto de vista que no afecta tanto a la historia concreta ya conocida como a su valoración global. Finalmente, el texto será incompleto por cuanto muchas de las próximas reflexiones son sólo la base inicial de un programa de investigación que pretendemos desarrollar en los próximos años[8].

Revindicar la importancia de los ingenieros de la Corona española en la génesis de las ideas de la fortificación de los siglos XVII-XVIII y explicar dicha génesis es casi el mismo objetivo. Antes es necesario, sin embargo, retomar el discurso sobre los principios de la fortificación abaluartada del siglo XVI y analizar los cambios fundamentales. Para ello hemos dividido este artículo en cinco capítulos: «Los elementos y las máximas de la fortificación», donde analizaremos cómo se van modificando los valores básicos del diseño de fortificaciones; «Los trazados, su cómputo y las tablas de fortificar», base científica de la fortificación como disciplina matemática; «Las escuelas nacionales y los tratados», en referencia a la experiencia en la formación de los ingenieros entre el XVII y el XVIII, con especial atención a algunos tratados españoles menos conocidos; «Los nuevos elementos y su debate: la forma del baluarte y las obras exteriores», la supuesta gran innovación de la influencia vaubantiana, donde analizaremos algunos de los tratados y proyectos que ya marcaron en la primera mitad del XVII toda la fortificación posterior; y, finalmente, «Vauban, la vuelta a las casamatas y el final del sueño racionalista», apenas unos apuntes sobre la crisis de las fortificaciones usuales en el XVIII, a partir de las propias contradicciones internas ya detectadas en el XVII.

Conviene en todo caso advertir al lector que la ciencia de la fortificación debe estudiarse como todas las «ciencias demostrativas»[9]; no se puede llegar a los problemas finales si no se comprenden los principios iniciales.

---

[7] F. COBOS: «La formulación de los principios de la fortificación abaluartada», en M. SILVA, 2004.

[8] Los trabajos en curso sobre el XVII y el XVIII en los que colaboramos Javier de Castro, Alicia Cámara y otros muchos investigadores, con el patrocinio del Ministerio de Defensa y la Asociación Española de Amigos de los Castillos.

[9] La expresión es de Luis Escrivá, en su tratado de 1538, refiriéndose a la necesidad del dibujo; geometría y luego cálculo matemático se incluirían después como parte del proceso "demostrativo" (L. ESCRIVÁ: *Apología en excusación y favor de las fábricas del reino de Nápoles*, cap. XVI, manuscrito en la Biblioteca Nacional de Madrid. Edición anotada y comentada en F. COBOS, J. J. CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN, 2000).

II

Los elementos y las máximas de la fortificación

> «Hallamos en todos los Autores que de fortificación existieron, que para determinar la cantidad de la extensión del lado, a la figura que pretendieron fortificar; que miraron entre otros, a tres esenciales objetos: de los quales, el primero es la arma con que avia de defender su Plaza; el segundo, la parte de donde avían de administrar la principal defensa; el tercero, que todas las partes de una Plaza estuviesen de tal modo dispuestas, con tal razón compartidas y formadas, que unas a otras se defendiesen por medio de lineas franqueantes, y flanqueantes, o fixantes».
>
> (*Academia de fortificación*, Enríquez de Villegas, 1651[10])

Las ilustraciones adjuntas de la lámina 10.2 explican los elementos o partes comunes de la fortificación: líneas, ángulos, líneas de defensa, baluartes, flancos y obras exteriores. Conocidas éstas (aquí, gracias al juego educativo de cartas publicado por P. Minguet en 1752[11]), serán los principios o máximas los que determinarán en su conjunto cada modelo de fortificación. La definición de estas máximas fue el resultado de todo el proceso de formulación de principios que analizamos en nuestro estudio del tomo anterior; y aunque tratados tempranos de ingenieros de la Corona española como los de Pietro Paolo Floriani[12] (Macerata, 1630) o Juan Santans y Tapia[13] (Bruselas, 1644) no las incluyen expresamente, otros como el de Antoine de Ville (Lyon, 1628) sí lo hacen.

Pese a que inicialmente las máximas pudieron servir para diferenciar a cada tratadista, a finales del siglo XVII casi todos coincidían en lo fundamental. Así, con los dos primeros "objetos" mencionados por Villegas en la cita inicial (el arma y el flanco) coincide en el orden Medrano[14], en 1700, en sus *Máximas y preceptos que generalmente se han de guardar en la fortificación regular e irregular*, cuando por primera máxima da «que la línea de defensa no sea mayor que el alcance que el mosquete en punto en blanco, que es de mil pies», y por segunda «que el flanco no sea mayor de 180 y menor de 100 pies», por las razones que luego explicaremos sobre la capacidad de fuego, o sobre el debate ya conocido acerca de los ángulos flanqueados obtusos o agudos. Pero en la tercera máxima ya divergen los tratadistas, fundamentalmente en el orden. Por ello, y para que el lector pueda hacerse una idea general, vamos a seguir

---

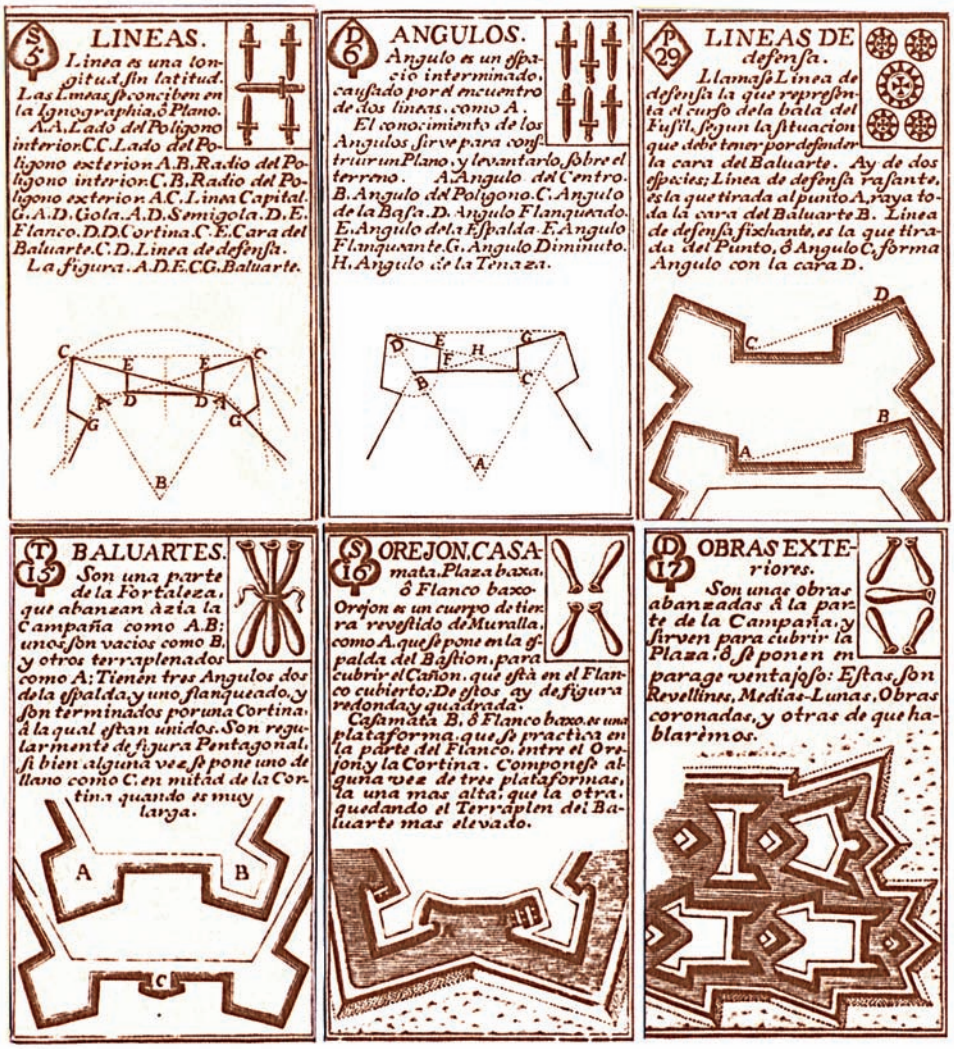
10 Diego ENRÍQUEZ DE VILLEGAS: *Academia de fortificacion de plazas y nuevo modo de fortificar una plaza real diferente en todo de todos que se hallan en los autores que desta ciencia y arte escrivieron*, Madrid, 1651, p. 87.

11 Pablo MINGUET: *Juegos de la fortificación*, Madrid, 1752.

12 Pietro Paolo FLORIANI: *Diffesa e offesa delle piazze*, Macerata, 1630.

13 Juan de SANTANS Y TAPIA: *Tratado de fortificación militar destos tiempos breve e intelegible puesto en uso en estos estados de Flandes*, Bruselas, 1644.

14 Sebastián FERNÁNDEZ DE MEDRANO: *El arquitecto perfecto en el arte militar*, Bruselas, 1700.



10.2. Líneas, ángulos, líneas de defensa, baluartes, flancos y obras exteriores de una fortificación. *(Pablo MINGUET:* Juegos de la fortificación, *Madrid, 1752.)*

el orden que da Lucuze[15] (Barcelona, 1772), comparándolo con las máximas de los tratados de Villegas (Madrid, 1651), *Escuela de Palas* (Milán, 1693), Medrano (Bruse-

15 Pedro de LUCUZE: *Principios de fortificación, que contienen las definiciones de los términos principales de las obras de Plaza, y de Campaña, con una idea de la conducta regularmente observada en el Ataque, y Defensa de las Fortalezas dispuestos para la instrucción de la juventud militar*, Barcelona, Impr. Thomas Piferrer, 1772.

las, 1700) y Cassani[16] (Madrid, 1705), y el supuesto método de Vauban en la edición del abad Du Fay y el Chevalier de Cambray (Amsterdam, 1712)[17].

La primera máxima de Lucuze dice que «todas las partes de una fortificación deben ser vistas, y flanqueadas las unas de las otras», siendo ésta la gran diferencia con la fortificación medieval, donde cada torre se defiende a sí misma, y lo que la convierte en un sistema cerrado. Es el tercero de los objetos de Villegas o la undécima máxima de Medrano: «Que no haya parte de la plaza que no esté vista y defendida de otra». No es muy distinta, lógicamente, de la primera del método Vauban: «Todas las partes que encierran un espacio deben ser flanqueadas, con el fin de que no exista ningún lugar alrededor de la plaza donde el enemigo pueda alojarse sin ser visto, no sólo de frente sino también de lado e incluso de revés, si es posible», reforzando la idea de la defensa lateral o flanqueante antes que la frontal, que es la esencia del sistema abaluartado.

Como la segunda máxima de Lucuze es que «La longitud de la línea de defensa se ha de proporcionar al alcance del fusil», coincidiendo con lo citado de Villegas y Medrano, algunos autores funden ambas máximas y afirman: «Que no ayga en toda la fortificación punto alguno que no sea visto y defendido, alternativamente, uno de otro, de muchos puntos de la fortificación, al tiro del mosquete», primera máxima de la *Escuela de Palas*, en la que coincide también el tratado del padre Cassani. Sobre cómo computar la línea de defensa, Villegas cita a De Ville, donde dice: «Algunos llaman línea de defensa aquella que es tirada desde la punta del baluarte hasta donde se encuentra con el flanco o con la cortina: pero tengo para mí, que la verdadera línea de defensa se deve tomar desde el ángulo del flanco con la cortina hasta la punta del baluarte opuesto, por razón que se tira desde el flanco, del qual pende la defensa del baluarte»[18]. La polémica respecto a la determinación de la línea de defensa como base del trazado, que ya explicamos en nuestro artículo referido al siglo XVI en el tomo anterior, afecta ahora mucho más a la definición del flanco principal y del segundo flanco, que veremos en el siguiente punto, que a la longitud misma de la línea de defensa. Sobre esto último, la *Escuela de Palas* propone «que la línea de defensa no sea mayor del tiro de mosquete, que lo más ordinario llega a 900 pies», aunque Villegas propone 1.100 pies, pues «para esto se ha de suponer que pretendemos defender nuestras plazas, con mosquetes bizcaínos, que son los de que se sirve la nación española como propia arma suya»[19]. Contra líneas de defensa demasiado

16 J. CASSANI: *Escuela militar de fortificación ofensiva y defensiva*, Madrid, 1705.

17 *Verdadero método para fortificar de Mr. de Vauban, donde se muestra el método que se usa actualmente en Francia para fortificar las plazas*, en la edición en castellano publicada por GUTIÉRREZ y ESTERAS, *op. cit*., pp. 161 y ss. La primera edición, más reducida, del abad Du Fay (*Manière de fortifier selon la méthode de M. de Vauban),* es de 1692.

18 ENRÍQUEZ DE VILLEGAS, *op. cit*., p. 95.

19 ENRÍQUEZ DE VILLEGAS, *op. cit*., p. 110.

largas está también el abad Du Fay[20]. Pero, aceptado comúnmente que «la línea de defensa se debe proporcionar al tiro de mosquete y no al de cañón» (máxima IV de Cassani), el mayor alcance de los mosquetes vizcaínos tenía algunas ventajas, ya que implicaba menos baluartes (más distanciados) para englobar igual superficie, pues, como reza la máxima XIV de Medrano, «que un mismo recinto fortificado con menos baluartes a la defensa del mosquete, tenga primer lugar que el que tuviere más»[21].

La tercera máxima de Lucuze, quizás por su tardía redacción, es ambigua en la polémica ya citada sobre primer y segundo flanco, y se limita a decir que «las partes que defienden se deben aumentar quanto se pueda, y disponerlas de suerte que flanqueen a las expuestas en la mejor forma, sin que se descubran de la campaña», aunque no aclara inicialmente cómo. El jesuita Cassani da por máxima aumentar el tamaño de las partes que defienden (los flancos), y el abad Du Fay asegura que «los mejores flancos son los grandes».

En el XVII se había considerado que si la cara del baluarte se alineaba con un punto de la cortina y no con la esquina de encuentro entre flanco y cortina, el parapeto situado entre dicho punto y el flanco podía utilizarse para defender también la cara del baluarte (ver figuras 10.2 y 10.3) y a ese segmento se llamó segundo flanco o flanco secundario. Pero había dos problemas en ello: el primero, al que veladamente se refiere Lucuze, es que quedaba el flanco principal muy expuesto al fuego enemigo; el segundo era que cuanto mayor fuera el segundo flanco, más agudo sería el ángulo de la punta del baluarte[22], y, aunque en la *Escuela de Palas* se da por máxima «que la frente de un baluarte, o fuerza dél, no depende que sea en ángulo agudo, recto o obtuso, sino de la mayor o menor longitud de los flancos opuestos a sus frentes», lo cierto es que otros tratadistas no admitían otro ángulo flanqueado que el recto o, en todo caso, «que el ángulo flanqueado de baluarte, revellín u otra fortificación no sea menor de 60 grados ni mayor de 90, que es el más perfecto y el que yo sigo», como decía Medrano[23]. Du Fay, en su método vaubantiano acepta sólo entre 60 y 100 grados, mientras que, por el contrario, a Villegas en 1651 no le preocupaba que el ángulo flanqueado fuera muy agudo, y, aunque «contra esta opinión discurría largamente Antonio de Villa y en nuestra Architectura Militar, por las mismas demostraciones, que trae Villa, y por sus mismas razones, demostramos lo contrario de lo que pretende provar, sacando por mejores los ángulos agudos que los rectos»[24].

---

[20] «Las caras del baluarte deben ser defendidas por los fusiles de los flancos opuestos» (máxima XII); pero en la XV aclara que «la línea de defensa no debe sobrepasar las 120 ó 125 toesas, ya que los fusiles no tienen efecto más allá de esta distancia. Goldman no tiene [razón] cuando afirma que puede ser de 150 toesas, al igual que George, Pascha, que afirma que esta distancia puede ser de 136».

[21] «Que las plazas, que contienen tanto terreno como otras, con menos baluartes, son las mejores, y más capaces»; máxima XXIV de la *Escuela de Palas*.

[22] Sobre el problema del ángulo flanqueado agudo véase F. COBOS, 2004, *op. cit.*

[23] Medrano, *op. cit.*, máxima VI.

[24] ENRÍQUEZ DE VILLEGAS, *op. cit.*, p. 107.

Villegas es, por supuesto, un claro partidario de este segundo flanco, pues «el fiar la defensa de la brecha tan sólo del flanco primario, que es no entender el Arte de defender, ni conocer la de expugnar; porque uno de los principales defectos que notan en el modo de fortificar de Adan Fritag, es que no da flanco secundario»[25]. La discusión duró gran parte del XVIII, aunque ya a finales del XVII la *Escuela de Palas* señalaba en su máxima XI «que los flancos sean de justa longitud, ni menos de 100 pies ni mayores de 150», aunque incluía una máxima XII que decía «que desde qualquier flanco se descubra sin ningún impedimento la cortina, el flanco, la frente, el foso, estrada cubierta, y espalto, que le está opuesto». Cassani, ya en 1705, niega implícitamente el segundo flanco, cuando incluye entre sus máximas que «la línea de defensa debe tocar el angulo del flanco», aunque su propuesta entra a polemizar sobre la magnitud de dicho ángulo, en un debate interrelacionado que comentaremos más adelante.

Como cuarta máxima, Lucuze establece que «las partes expuestas a las baterías del sitiador han de tener la robustez necesaria para resistir el ataque»; la *firmitas* vitrubiana, con los especiales condicionamientos propios de la fortificación. En ella coinciden casi todos: «Una fortificación permanente ha de constar de flancos, caras y cortinas, tan bien construidos que los primeros cañonazos no consigan derribarlos», dice la segunda máxima del método vaubantiano de Du Fay; y «que toda la plaza esté igualmente fortificada, de modo que pueda resistir al mayor tiro de cañón, y todos los parapetos a su prueva», la segunda de la *Escuela de Palas*.

En cómo se consigue esto hay más diferencias, aunque Medrano y la *Escuela de Palas* coinciden en que «los baluartes terraplenados serán mejores que los vacíos, porque en éstos no se pueden hazer cortaduras»[26]. Añade el autor del tratado milanés que de «todos los parapetos y partes expuestas a las baterías, son mejores los de tierra fuerte que no los de muralla»; y «que la plaza que tuviere el terraplén capaz de hazer el parapeto a prueva, y suficiente para el reculo de la artillería, sea preferida a las que no tuvieren». Tanto terraplén necesita mucha tierra y, en consecuencia, siempre siguiendo la *Escuela de Palas*, aparecen otras máximas que dicen «que no sean tan grandes los baluartes, porque su capacidad no es suficiente a recebir la tierra que se saca del foso, y no permite que los defensores se puedan atrincherar en caso de necesidad»; o que «los fosos angostos y poco profundos en las grandes plazas no son de provecho, porque no dan bastante tierra para los rampares, parapetos, &c., y se passan y ciegan presto». Las características de los fosos también aparecen en las máximas de muchos tratados, relacionadas tanto con la necesidad de cuadrar lo excavado con lo terraple-

25 ENRÍQUEZ DE VILLEGAS, *op. cit.*, p. 105.

26 *Escuela de Palas*, máxima II. Medrano dice «que el baluarte terraplenado sea preferido al vacío, y el entero al medio».

nado[27], como con las mejores condiciones para la defensa, aunque, para no salirnos más del guión de las máximas de Lucuze, que no lo incluye, no lo analizaremos ahora.

La quinta máxima de Lucuze afirma: «La plaza debe estar igualmente fortificada por todas partes, dominar la campaña vecina, y descubrirla hasta el alcance del cañón». Coincide con la segunda de Cassani. Esto, siempre que el terreno lo permita, ya que otra máxima de la *Escuela de Palas* asegura que «las plazas dominadas de alguna eminencia, o que tenga fosos y barrancos en su contorno, no son tan buenas como las que no los tienen, y tuvieren su campaña rasa y descubierta». Ha desaparecido, por tanto, el valor defensivo del lugar que escoge el ingeniero para realizar una fortaleza forzosamente irregular[28], y, de hecho, se afirma «que las plazas irregulares que se parecieren y aproximaren a las regulares, se prefieran a las que no» (máxima XXV de la *Escuela de Palas*), «que la fortificación irregular se aproxime a la fortificación regular» (15.ª de Medrano) o, directamente, que «una fortificación regular es preferible a una irregular» (III de Du Fay).

Finalmente, como corresponde a su tiempo, la sexta y última máxima de Lucuze hace referencia a las obras exteriores: «Si la plaza tiene obras exteriores las unas delante de las otras, deben disminuir su altura a proporción que se adelantan hacia la campaña, de suerte que la plaza domine a la más próxima, y ésta a la que le sigue, &c.», formulación muy parecida a la de Medrano: «Que toda la fortificación exterior esté dominada, defendida y descubierta de la interior»; o a la de la *Escuela de Palas*: «Que las partes más apartadas del centro de la plaza sean vistas, y mandadas, por las que están más cerca», por citar sólo algunas[29].

Aunque Lucuze no da más máximas generales, la mayoría de los tratados anteriores incluían además condiciones o magnitudes de partes o ángulos que la fortificación debía cumplir: «Que la media gola sea de la grandeza del flanco [...]; que la cortina sea de 400 a 500 pies [...]; que la cara del baluarte sea de 300 a 360 pies [...]; que el ángulo flanqueante sea recto [...]; que la entrada encubierta sea de 25 a 30 de ancho [...]; que la explanada tenga de 60 a 100 pies», entre las máximas no citadas de Medrano; o «que la longitud de las frentes que se acercare a los dos tercios de la cortina, se prefieran a los otros», en la *Escuela de Palas*.

Podríamos hacer una tabla con todas estas diferencias entre autores, aunque en este caso la estadística no es realmente un camino directo hacia un conocimiento más profundo; pero, finalmente y como dice el autor de la *Escuela de Palas*[30],

---

27 «Que el foso sea de la grandeza del flanco [...], y siendo grande, no puede ser profundo, porque no habrá donde echar la tierra [...], para que haya tierra para hacer las fortificaciones; la profundidad del foso ha de corresponder con la altura de la muralla como de 15 a 20 pies», dice la 8.ª de Medrano.

28 Ver el último capítulo de nuestro estudio sobre el siglo XVI en F. COBOS, 2004, *op. cit.*

29 «Las obras exteriores deben estar siempre menos altas que la fortificación del cuerpo de la plaza, las más alejadas deben ser las más bajas», máxima XX del metodo vaubantiano del abad Du Fay.

30 *Escuela de Palas*, tomo II, p. 10.

> «Todos los authores, que tratan de fortificación, y quantos buenos ingenieros, y soldados inteligentes ay en esta profesión, apruevan, y convienen en lo general, con las máximas y preceptos que en el capítulo pasado se han propuesto: los quales observan con diligencia, quándo han de hazer nuevas plantas de plazas, o antes de reconocer o remendar alguna ya fortificada. Sólo en lo particular de tales máximas y reglas se diferencien, como en la delineación, si el ángulo flanqueado será mayor o menor del recto; si la línea de defensa deve ser ficante o razante, y si corta o larga; si los flancos han de estar obtusos o rectos a la cortina. En la ichonographía disputan qué anchor se deve dar a los terraplenes, parapetos, fosos, estrada cubierta, y esplanada. En la ortographía o perfil, discurren si deve ser de tierra o muralla, y de las alturas o escarpes que se deven dar a los rampares y parapetos. Desta variedad de pareceres, ha nacido el que los authores que han escrito desta materia, desde que se inventó la Artillería asta hoy, se diferencien entre sí, siguiendo cada uno su opinión, y inventando nuevas descripciones y modos de fortificar, para mostrar cada uno, a la posteridad, su ingenio y bizarría de tirar sus líneas».

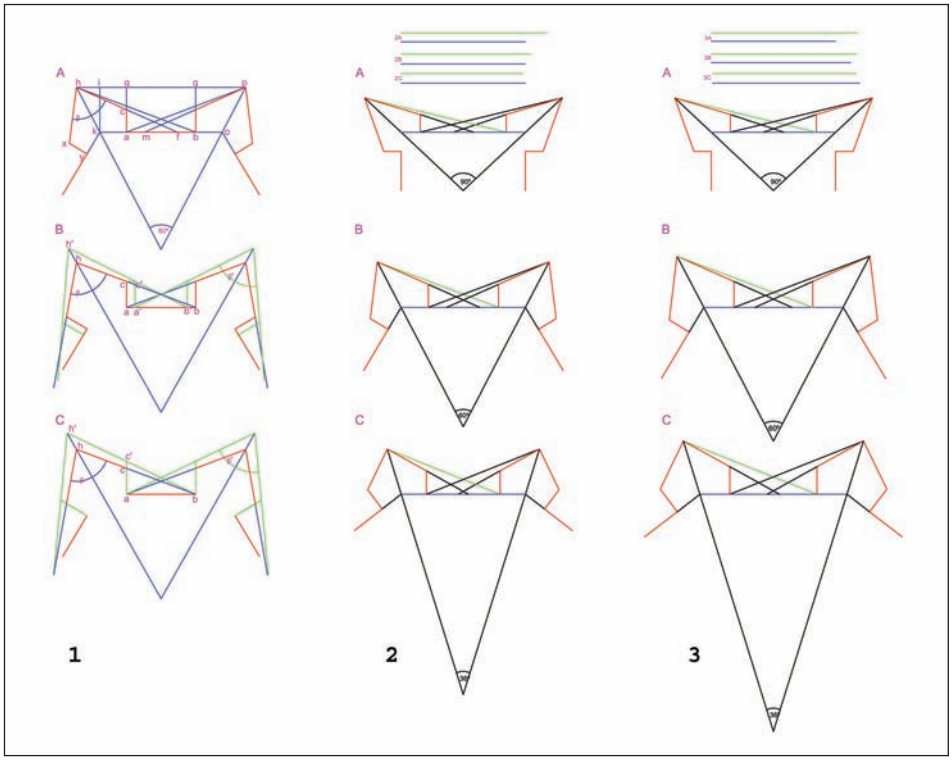
III

Los trazados, su cómputo y las tablas de fortificar

> «[...] y de esta manera se podrán calcular todas las líneas de figuras regulares de muchos lados, que por parecer suficiente hasta 12, se verán sus proporciones en las tablas siguientes».
>
> (Santans y Tapia en su *Tratado* de 1644)

En la figura 10.3.1A se refleja el trazado de una fortificación abaluartada. Simplificando, diremos que *h-p* es el polígono exterior, *k-o* el polígono interior, *k-a* las medias golas, *a-b* la cortina, *a-c* el flanco, y *c-h* el frente o cara del baluarte; β es el ángulo flanqueado y 60° es, en este caso, el ángulo central del polígono por ser un hexágono. La línea que une el centro del polígono con la punta de los baluartes (*h-p*) se llama línea capital; *h-b* es la línea de defensa fijante; y *h-f* es la línea de defensa rasante, diferenciándose fundamentalmente, una de otra, en que la rasante está alineada con la cara del baluarte (es rasante a ella, y representa el tiro que barre a lo largo de dicha cara), mientras que la fijante representa la máxima distancia entre la punta del baluarte y el flanco donde se sitúan las piezas que lo cubren. Como hemos dicho anteriormente, en la fortificación del siglo XVII, el tramo de cortina *f-b* entre el cabo de estas dos líneas se llamó segundo flanco, pues en esa posición podían colocarse piezas de artillería o mosquetes que defendían la cara del baluarte.

Durante el siglo XVI y los inicios del XVII, los problemas de trazado fueron resueltos fundamentalmente con regla y compás; si se daba una dimensión para el polígono principal (*k-o*) o para la línea de defensa (*h-b*), se podía levantar la traza siempre y cuando se conociera la relación que había entre la cortina (*a-b*) y la media gola (*k-a*) y se conociera la medida del flanco (*c-a*). Todas estas dimensiones podían ser dadas por el tratadista o decididas por el ingeniero de acuerdo con las máximas que hemos mencionado, e implicaban necesariamente un ángulo flanqueado (β)



10.3. Esquemas para la interpretación del trazado de la fortificación: *(columna 1) Líneas y ángulos comunes y variación de éstos al modificarse las dimensiones de flanco o gola; (col. 2) Variación de la dimensión de la línea de defensa para distintos polígonos con igual dimensión de lado; (col. 3) Variación del lado del polígono para mantener igual dimensión de línea de defensa.*

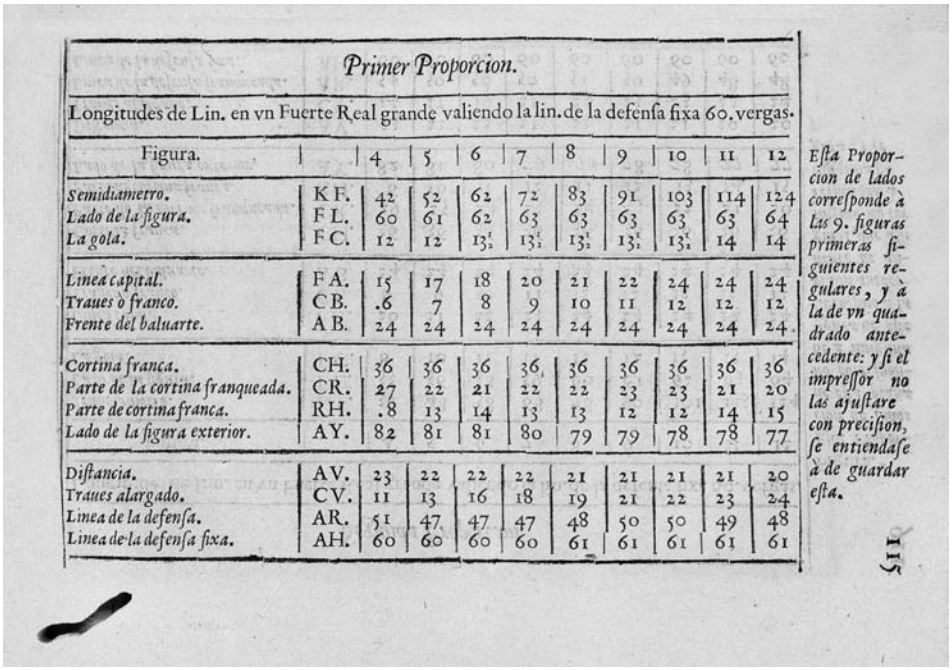
concreto, que podía o debía cumplir las máximas que le afectan (ser recto, o no ser menor de 60°). Evidentemente, como se ve en la figura 10.3.1B, si el tamaño de la cortina cambiaba o si aumentaba la medida del flanco (figura 10.3.1C), el ángulo flanqueado β y la línea de defensa *h'b'* cambiaban de dimensión y podían no cumplir ya con las máximas establecidas.

En el siglo XVII se empezó a establecer fórmulas trigonométricas que relacionaban las distintas magnitudes entre sí, de forma que era posible establecer una relación matemática entre la variación de unas magnitudes y otras. El autor de la *Escuela de Palas* dice que el tratado de Samuel Marolois (Amsterdam, 1628 y 1644) fue de «los primeros que escribieron geométricamente la fortificación [y] por el cómputo y tabla de senos halla los ángulos»[31], aunque Santans y Tapia (Bruselas, en el mismo año 1644)

[31] *Escuela de Palas*, tomo II, p. 36.

también incluye un «proceso de cálculo matemático» por métodos aritméticos y geométricos[32], al igual que otros tratados anteriores como el de de Fritach (1640). Este sistema permitía, en función de unos parámetros fijos, o de unos intervalos concretos (del ángulo flanqueado, de la línea de defensa), hallar las demás magnitudes de las partes que componían la fortificación, generando la correspondiente tabla numérica. Por medio de la tabla se podían conocer todas las magnitudes al tiempo y elegir la forma más conveniente a un lugar o necesidades concretas sin necesidad de dibujarlas todas.

Este método resultaba también especialmente útil para formular una regla que sirviera para fortificaciones construidas a partir de polígonos de distinto número de



Primer Proporcion.

Longitudes de Lin. en vn Fuerte Real grande valiendo la lin. de la defensa fixa 60. vergas.

Figura.		4	5	6	7	8	9	10	11	12
Semidiametro.	KF.	42	52	62	72	83	91	103	114	124
Lado de la figura.	FL.	60	61	62	63	63	63	63	63	64
La gola.	FC.	12	12	13 1/2	13 1/2	13 1/2	13 1/2	13 1/2	14	14
Linea capital.	FA.	15	17	18	20	21	22	24	24	24
Traues ò franco.	CB.	.6	7	8	9	10	11	12	12	12
Frente del baluarte.	AB.	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Cortina franca.	CH.	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Parte de la cortina franqueada.	CR.	27	22	21	22	22	23	23	21	20
Parte de cortina franca.	RH.	.8	13	14	13	13	12	12	14	15
Lado de la figura exterior.	AY.	82	81	81	80	79	79	78	78	77
Distancia.	AV.	23	22	22	22	21	21	21	21	20
Traues alargado.	CV.	11	13	16	18	19	21	22	23	24
Linea de la defensa.	AR.	51	47	47	47	48	50	50	49	48
Linea de la defensa fixa.	AH.	60	60	60	60	61	61	61	61	61

Esta Proporcion de lados correſponde à las 9. figuras primeras ſiguientes regulares, y à la de vn quadrado antecedente: y ſi el impreſſor no las ajuſtare con precision, ſe entiendaſe à de guardar eſta.

115

10.4. Tabla de longitudes de líneas de un fuerte real grande según el número de lados, *para una línea de defensa fijante de 60 vergas. (Juan de SANTANS Y TAPIA:* Tratado de fortificación militar destos tiempos..., *Bruselas, 1644, p. 115; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/8199.)*

32 «[...] y de esta manera se podrán calcular todas las líneas de figuras regulares de muchos lados, que por parecer suficiente hasta 12, se verán sus proporciones en las tablas siguientes, de dos modos, en un fuerte real grande, valiendo la línea de defensa fixa de 60 vergas, y en un fuerte real pequeño valiendo el lado de la figura exterior 60 vergas, que cualquiera destas dos proporciones se puede guardar por ser buenas y las más modernas en estos payses e se ajustan en lo más, con las de Adan Fritag, en su libro primero de Architectura militar, que está en lengua francesa, aproximándose todo lo posible el ángulo del baluarte de las figuras de seis arriba a los 90 grados de un recto, que es de mayor defensa». SANTANS Y TAPIA, *op. cit.*, pp. 113-114.

lados. Si nos fijamos en la columna 2 de la figura 10.3, vemos cómo manteniendo la dimensión del lado del polígono, la dimensión de la línea de defensa o el ángulo flanqueado varían sustancialmente del cuadrado al hexágono, o del hexágono al decágono. Por el contrario, en la columna 3, el lado del polígono varía de dimensión para conseguir que la línea de defensa no varíe. Obviamente, es posible establecer una fórmula trigonométrica que ligue las variaciones de una y otra magnitud en función del ángulo central del polígono, e igualmente podría ligarse mediante fórmulas matemáticas equivalentes la variación de las dimensiones de otras partes como la cortina, el flanco o la cara del baluarte.

Puede establecerse así una regla matemática que permita que la línea de defensa nunca supere una magnitud concreta, que el ángulo flanqueado nunca sea menor de 60°, o que el flanco siempre tenga la misma dimensión. Es posible, desde luego, que esta regla no valga para todos los polígonos, y aparte del triángulo, que es desechado por todos los tratadistas por lo ya explicado en el tomo anterior, algunos autores del XVII y del XVIII limitaron la aplicación de su regla a polígonos de cinco o más lados, o de menos de un número determinado de ellos.

Resulta evidente que el cálculo, o el cómputo, como se dice en la época, era extraordinariamente complejo, y, aunque el método de cada tratadista podía dibujarse, normalmente se acompañaba de las fórmulas trigonométricas que vinculaban unas magnitudes con otras; y a través del cálculo podía sacarse un extenso listado de las dimensiones de cada parte y de los valores de cada ángulo para las construcciones hechas a partir de los distintos polígonos.

La simplificación del cálculo llegó cuando John Napier descubrió los logaritmos y publicó su *Mirifici logarithmorum canonis descriptio*, en 1614; también gracias a Henry Briggs[33], quien en 1624 publicó sus tablas de logaritmos en base 10. Las tablas de logaritmos se convirtieron en un método de cálculo increíblemente sencillo para resolver ecuaciones trigonométricas, algo así como la calculadora de la época, y su aplicación al cálculo de las variables de la arquitectura militar fue inmediata.

«La logarítmica, que es ciencia admirable y nueva, que con sus reglas nos quita la molestia de multiplicar, partir, extracción de raízes, y reglas proporcionales», decía José Chafrión en la exhortación inicial de la *Escuela de Palas* a propósito del contenido del tratado X del curso matemático de este nombre. A partir de este momento, el cálculo queda indisolublemente unido a los tratados de fortificación. El autor de la *Escuela de Palas* explica que para la construcción de una fortaleza «enseña a delinearla geométricamente con el compás y la regla solamente, en donde salen los ángulos y líneas, según el cómputo que haze por trigonometría y logarithmos, que de todo se pone un exemplo, y una tabla general, para que el aficionado pueda obrar con justificación y brevedad», aclarando[34] que «esta operación [por trigonometría] es la misma

33 Ver R. MANKIEWICZ: *The story of Mathematics*, Londres, 2000, cap. 10.

34 *Escuela de Palas*, tomo II, p. 130.

que la pasada [por logaritmos] con esta diferencia sola, que lo que la primera haze con la suma y la resta, ésta la executa con la multiplicación y partición».

Las variaciones de los distintos modelos de trazado podían ser, por tanto, casi infinitas, pero todas se sustentaban en una regla matemática que podía ser traducida a fórmulas trigonométricas que, mediante las tablas logarítmicas, llevaban a una prolija relación o tabla de magnitudes. Está, pues, justificado plenamente que la arquitectura militar fuera un apartado, expresamente el último, de los cursos de matemáticas, que incluía conocimientos suficientes de cálculo logarítmico y trigonometría como para hacer comprensible el soporte matemático del trazado de las fortificaciones. La portada y título de la *Escuela de Palas* es lo suficientemente elocuente como para no engañar a nadie:

> «*Escuela de Palas*, o sea, Curso Mathemático, dividido en XI Tratados que contienen la Aritmética, Geometría Especulativa, Práctica, Lugares Planos, Dados de Euclides, Esphera, Geographía, Álgebra Numerosa, y Especiosa, Trigonometría, y Logarítmica, y últimamente el Arte Militar».

Y donde, por ejemplo, el libro 1, Tratado X, «De la Trigonometría plana espherica, y Logarítmica», contiene en su libro I, «Del Canon Trigonométrico, y de los Logaritmos», los siguientes capítulos: «Definiciones de la Trigonometría»; «Fundamentos del Canon Trigonométrico»; «De los lados de las figuras regulares»; «Modo de hallar los Senos, Tangentes, y formar las Tablas»; «De los Logarithmos, su invención, naturaleza, y propiedades»; «De los Logarithmos directos»; «Modo de hallar los Logarithmos de los números intermedios»; «Declaración y uso de las Tablas Trigonométricas», etc.

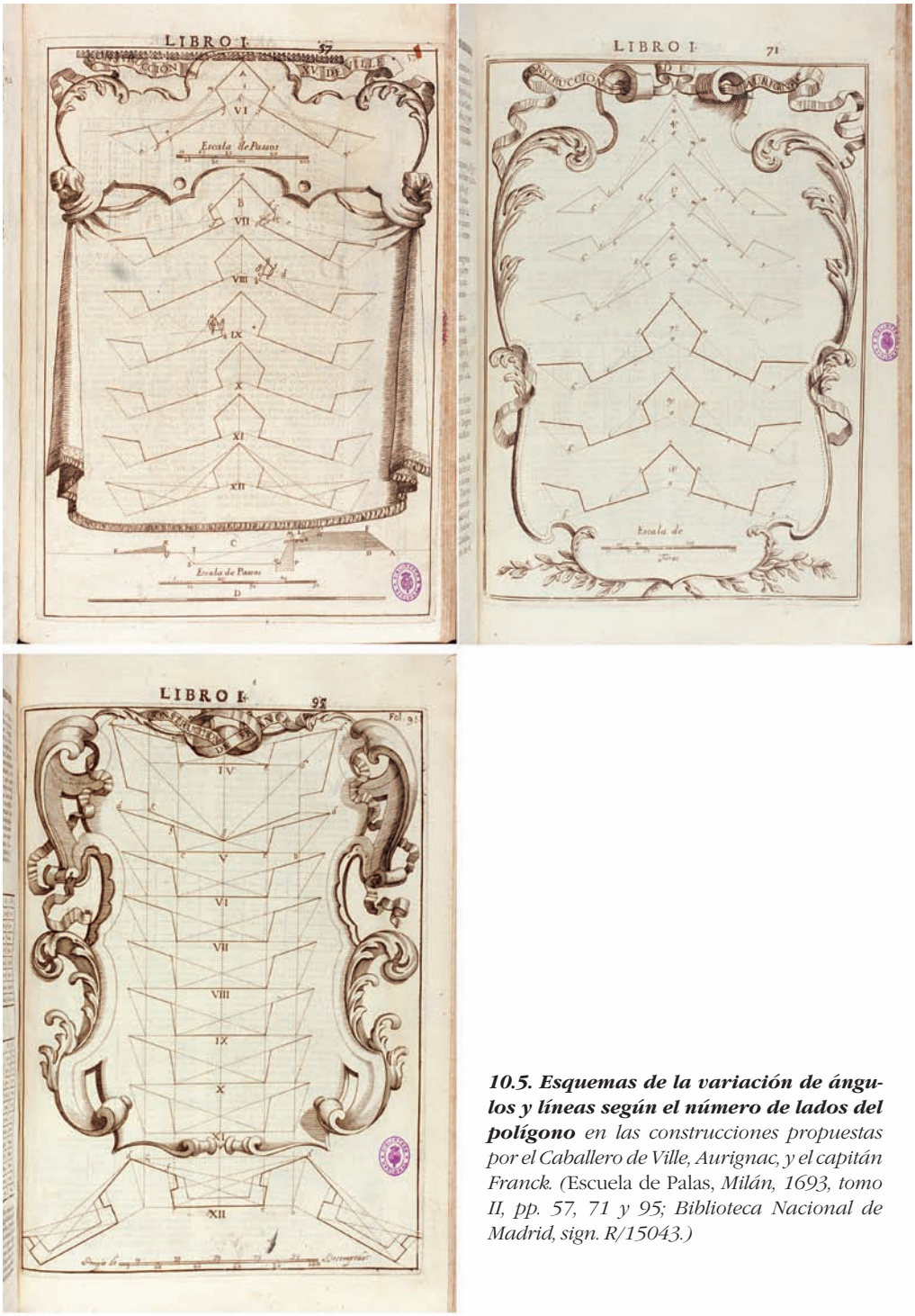
Los dos posibles autores de la *Escuela de Palas*, el III marqués de Leganés y José Chafrión, fundador y alumno aventajado, respectivamente, de la Escuela de Matemáticas de Milán, eran discípulos directos del jesuita y matemático Padre Zaragoza, insigne representante de una escuela jesuítica de matemáticos en España que tendría seguidores en Tosca o Cassani, también jesuita, influidos todos ellos por Caramuel y autores, también todos ellos, de tratados de fortificación. La influencia de los jesuitas se había notado asimismo en los Países Bajos, a través de la Universidad de Lovaina[35], y en Portugal[36].

Con estas bases se produce entonces una traducción de la tratadística militar al lenguaje matemático. El autor de la *Escuela de Palas*, a propósito del método de fortificar de Mallet, explica:

> «Mallet dio la regla para su cálculo, pero se olvidó de hazer el cómputo de las demás figuras regulares, y del formar una tabla, para alivio de los que quisieren seguir sus

[35] Téngase sólo a título de ejemplo la presentación del tratado publicado por Santans y Tapia en Bruselas en 1644, que firma «Ignacio Der Kennis, Profesor de la Theologia, Philosophia y Mathematica, en el Collegio de la Compañía de Jesús en Lovayna», a la que más adelante nos referiremos.

[36] Sobre Portugal y, especialmente, Brasil el acercamiento más completo de los últimos años es la tesis doctoral de B. P. Siqueira BUENO, 2003.



10.5. Esquemas de la variación de ángulos y líneas según el número de lados del polígono *en las construcciones propuestas por el Caballero de Ville, Aurignac, y el capitán Franck. (*Escuela de Palas, *Milán, 1693, tomo II, pp. 57, 71 y 95; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043.)*

> Trabaxos de Marte; de lo que yo, compadecido, por si no se hallaren a mano el canon logarísthmico, la he formado hasta el decágono; advirtiendo, que los números de los ángulos son grados, minutos primeros, y segundos; y los de las líneas son pies de París».

Y a De Ville, cuyo primer tratado era muy temprano para recoger esta tendencia, lo incorpora explicando que «para su segunda delineación [¿1666?] se sirve de las Tablas de Senos, como también de sus logarithmos, acabando su cálculo con la suputacion de quatro triángulos rectángulos y un triángulo obtusángulo. Y con el supuesto, y que el lado interior se divida en 900 pies, y la media gola, y flanco sea la sexta parte de la cortina, esto es 150 pies, procede assí [...]». Sigue el cálculo y más adelante aclara que, según su opinión, «este autor ha imitado a los italianos, y los demás autores franceses le han imitado a él»[37].

Las ventajas de disponer de tablas con todas las magnitudes de cada modelo en cada posible variante era tal, ante la necesidad de elegir o replantear el proyecto en un caso concreto, que la complejidad del cálculo quedaba compensada y permitía al ingeniero elegir "fácilmente" entre muy diversos métodos.

Las diferencias en el método de trazado podían empezar por la decisión de si se tomaba como magnitud inicial el polígono exterior (*h-p* en la fig. 10.3.1A) o el polígono interior (*k-o* en la misma figura), en función de que fueran los accidentes naturales exteriores o la forma urbana interior el principal condicionante. Después, las diferencias deberían haber tenido más que ver con soluciones que pretendían que el ángulo flanqueado fuera siempre recto, que el flanco fuera siempre de la misma dimensión, o que la línea de defensa fuera una dimensión constante. Sin embargo, y paradójicamente, la mayor parte de los tratados establecían reglas proporcionales que pretendían que todas las magnitudes variasen ligeramente para que ninguna de ellas llegara a ser desmesurada o ridícula. Es curiosamente en la *Escuela de Palas* donde su autor explica esta paradoja:

> «Casi todos los authores que han escrito de fortificación, en sus hypotheses dan conocidos algunos ángulos, y líneas, por las quales infieren precisamente la cantidad de las otras: y la mayor parte suponen en todas las figuras regulares sabido el lado del polígono, la capital, la cortina, y la frente, y les señalan determinadas medidas, observando entre ellas una tal proporción; y de las demás partes, como son la línea de defensa, flanco, y media gola, en cada figura se mudan las medidas; siendo assí que éstas son las que havían de ser siempre fixas en todos los polígonos: pues el flanco tan capaz deviera de ser de artillería y tiradores para defender el baluarte de un pentágono, como el de un octágono; la media gola tanta capacidad ha de tener para hazer cortaduras, y levantar cavalleros en el baluarte de un pentágono, como en el de un nonágono. La gran línea de defensa tan larga deviera de ser en el quadrado, como en el eptágono, pues con las mismas fuerzas y armas atacará el enemigo una plaza de ocho baluartes, que una de quatro u cinco, y en este absurdo (a mi parecer) no sólo incurre Fritach, Dogen, y todos

[37] *Escuela de Palas*, tomo II, p. 56.

> sus sequaces (que para el flanco del quadrado en la Fortificación Real dan 112 pies, y para el dodecágono 249, que es más del doble); sino es también los franceses modernos, como Mallet, y Vauban, pues Mallet da al flanco del quadrado 102 pies, y en el decágono 161, y Vauban da 108 pies al flanco del quadrado, y 222 en el dodecágono, y no declaran la razón militar, sino es la del cómputo».

Si la razón del cómputo se imponía a la razón militar hasta producir absurdos, como acertadamente criticaba un autor tan poco sospechoso de despreciar las matemáticas, ¿valía todo esto realmente para algo? Evidentemente, el dibujo o cálculo geométrico no podía trasladarse directamente al replanteo sobre el terreno, y para este caso, conocer todas las magnitudes de forma precisa antes de tantearlas con el dibujo podría resultar muy útil. Que dicho cálculo para las tablas se hiciera por métodos matemáticos, y no midiendo sobre infinidad de dibujos previos, también es comprensible. Sin embargo, reducir la razón militar exclusivamente a la razón matemática era ir demasiado lejos, y ya en la época algunos autores reconocían, a propósito de estos tratados, que «Como la mayor parte dellos han procedido por cómputo de ángulos y líneas, en que emplean la geometría, trigonometría, y logaríthmica, que no todos los ingenieros y soldados entienden [...], y assí entendiéndolas mal nuncan podrán executarlas bien»[38].

En el fondo, el cálculo o el cómputo pretendía establecer un sistema científico cerrado para la formulación de las variantes, y la definición precisa de las partes que sustituyera virtualmente al dibujo. Obsérvese, si no, la formulación casi críptica de esta máxima del método vaubantiano de Du Fay:

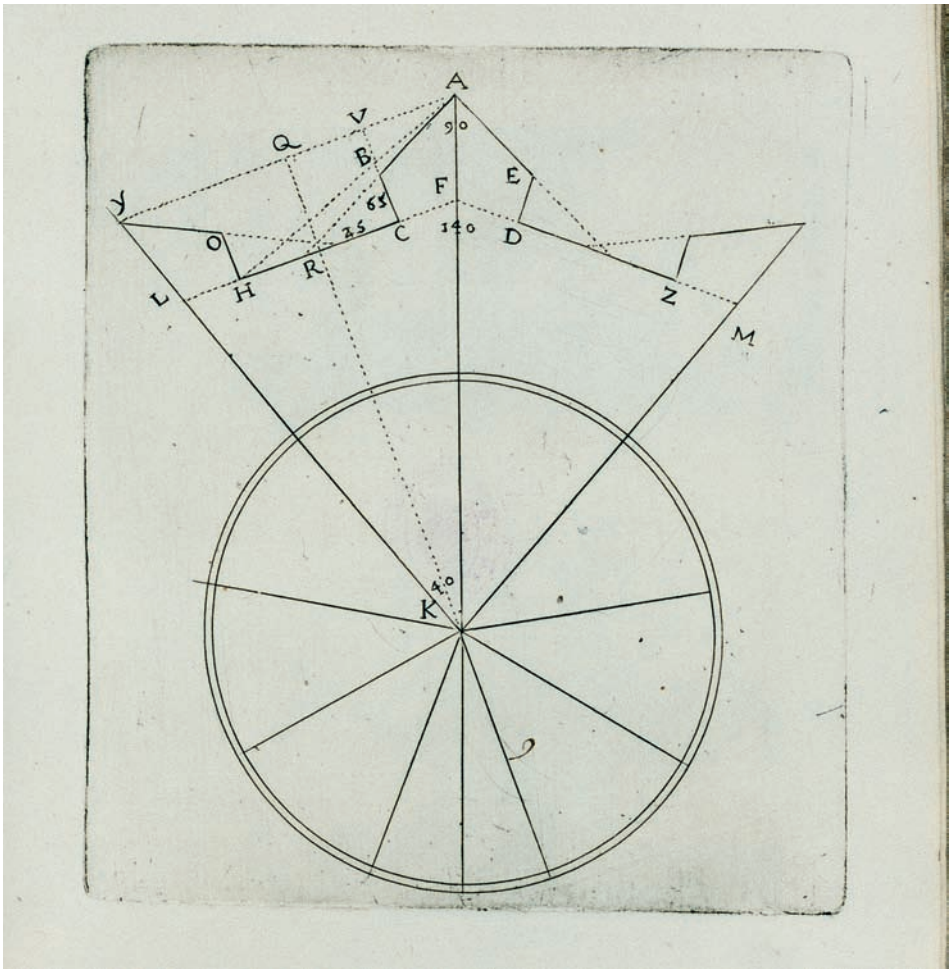
> «Cuanto más estrecho sea el ángulo del centro, más fuerte resultará la defensa y mejor será la plaza, ya que tendrá más lados».

Es obvio que, a mayor número de lados de un polígono, el ángulo central (el que forman las líneas capitales que unen el centro con los vértices, ver figura 10.6) es menor, y el autor podría haber dicho, simplemente, que "a más lados, más fuerte". Pero aunque el argumento es discutible –a tenor de otras teorías–, él pretende hacernos ver que la mayor fuerza defensiva depende directamente del valor del ángulo central, cuando en realidad dependía del mayor número de cañones y defensores que la disposición permitía.

Es verdad, desde luego, que, cuando a mediados del XVII Descartes daba los primeros pasos para fundir la geometría con el álgebra, aún faltaba mucho para que el dimensionamiento de las estructuras dejara de ser un método puramente geométrico y dependiera de procesos de cálculo de resistencias o esfuerzos. Sin embargo, en apenas doscientos años, el arte de la fortificación había pasado de estar en manos de los pintores y artistas del primer Renacimiento a ser casi competencia exclusiva de los matemáticos. Y entre estas dos disciplinas quedaría atrapada la profesión de arquitecto o la de ingeniero hasta nuestros días.

---

[38] *Escuela de Palas*, tomo II, p. 82.



10.6. Construcción de una fortificación a partir del ángulo central del polígono. *(Juan de SANTANS Y TAPIA:* Tratado de fortificación militar destos tiempos, *Bruselas, 1644; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/8199.)*

Obviamente, en la época había reglas geométricas y proporcionales y métodos gráficos bastante sencillos para trazar y construir fortificaciones eficaces y modernas. El enciclopédico trabajo de la *Escuela de Palas* incluye uno de estos métodos, explicando que, como las partes de la fortificación,

> «en cada polígono tiene medidas diferentes. Para determinarlas sin error, los matemáticos recurren a la Trigonometría, ciencia comúnmente ignorada de los ingenieros militares, y resolviendo triángulos, según la dotrina de senos, tangentes y secantes, sacan la conclusión precisamente, sin errar un cabello. Pero como en la Architectura Militar es inútil y superflua toda extraordinaria precisión, porque jamás pudo el aza-

> dón, por ser gobernado de mano rústica y absolutamente ignorante, ejecutar precisamente las medidas que el ingeniero definió, sino que siempre corre a poco más o menos, y como jamás se perdió o ganó alguna plaza por ser sus líneas un pie mayores o menores de lo que prescriben las resoluciones triangulares, luego siguiendo las ideas del Emperador Fernando Tercero, daré una regla fácil con que, pies más o menos, se venga a hazer lo mismo que con toda la Geometría y Trigonometría, que sin causa desperdician los matemáticos especulativos»[39].

Y, sin embargo, este método de cálculo simplificado seguía siendo un método de cálculo de una fortificación regular. Se había producido así una separación radical entre la apreciación de la fortaleza perfecta en cuanto a su razón matemática y la apreciación que en el siglo XVI los españoles tenían de la fortificación perfecta por su adecuación al lugar. Y es este desprecio por la fortificación irregular, que antes veíamos claramente en las máximas, el que impregnaría la enseñanza de la arquitectura y la ingenieria teórica, ya que sólo lo regular se puede someter al cálculo, en una limitación que se arrastrará no sólo hasta el moderno cálculo de estructuras, sino, mucho más profundamente, en las propias claves estéticas y proyectuales de la arquitectura académica imperante hasta el siglo XX.

Pero, aceptadas por la mayoría estas teóricas reglas de juego, sólo las dimensiones fijas iniciales, y el grado de variación que de unos a otros polígonos se admitía en las distintas partes de la fortificación, era en el fondo la principal diferencia que existía entre unos tratados y otros. Esta diferencia es la que en algunos casos servía para argumentar la existencia de escuelas nacionales, pero algunos tratados, y específicamente los españoles de Villegas y *Escuela de Palas*, negaron estas diferencias por el expeditivo método de desmenuzar, una a una, las claves de los trazados (en el caso de Villegas) o los cómputos matemáticos (*Escuela de Palas*) de casi todos los tratados publicados en la época.

Resulta, por tanto, curioso que, aunque la historia de la arquitectura en general se ha fijado en diferencias formales, como la forma del baluarte o las obras exteriores, para identificar la fortificación del XVIII –y atribuírsela directamente a Vauban, la mayor parte de las veces–, el método científico más seguro de averiguar la paternidad "tratadística" de una fortaleza concreta sería "simplemente" hacer una tabla con todas las medidas y magnitudes de sus partes, y ver con qué tabla de qué tratado coincide. La paradoja del asunto es que, si se hiciera esto, se descubriría que la mayor parte de las fortificaciones realmente construidas por la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII son, en mayor o menor medida, trazados irregulares.

---

[39] *Escuela de Palas*, tomo II, p. 83.

IV

Las escuelas nacionales y los tratados

> «Opóngome totalmente al necio prurito de aquellos malos patricios que solamente saben citar autores peregrinos, no conociendo, ni aun por el nombre, los de su nación».
>
> (Pedro de Lucuze, en su tratado de 1772)

Son dos los factores que desdibujan nuestra apreciación de la importancia de la tratadística española. El primero tiene que ver con el carácter plurinacional y plurilinguístico del imperio de los Austrias y el error habitual de considerar sólo los tratados escritos en castellano, ya fueran publicados en Madrid, en Bruselas, en Milán o en Nápoles, ignorando, por contra, los tratados publicados en estos mismos lugares en italiano, francés o latín.

Es cierto que los debates del Consejo de Guerra, los pareceres de los expertos e incluso los proyectos más significativos se redactan en castellano, y las grandes decisiones de fortificación se tomaron y se justificaron en el idioma de la Corte, sin perjuicio de que los expertos que participaban conocieran por lo general los otros idiomas del imperio. Sólo cuando se pretendió emplear en la enseñanza todo lo publicado y, especialmente, cuando con la llegada de la dinastía borbónica las posesiones hispánicas quedaron reducidas a los territorios que comúnmente se entendían en castellano, el espectro de la tratadística disponible se redujo a los tratados escritos en este idioma.

Pero esto no ocurrió siquiera en los primeros años de la Academia de Barcelona en el XVIII, pues, como se ha señalado acertadamente, la mayor parte de los ingenieros al servicio de la nueva dinastía eran franceses, filofranceses o dominaban este idioma, y los textos básicos estaban en francés[40]. A mediados del XVIII, cuando Lucuze redacta su tratado, una tímida reacción a este orden de cosas ya se había producido.

> «El soldado debe estudiar principalmente en los libros de su idioma, tanto por serle más inteligible que el extranjero como porque es hacer injuria a la nación dexarse llevar de la preocupación común de tener por lo mejor a lo más estraño».

La preocupación por disponer de tratados en español no nace, desde luego, en este momento. En 1644, en la introducción del tratado de Santans, éste dice escribirlo

> «obligado de la poca satisfación que en estos sus payses tiene de nuestra nación, pareciéndoles no ha havido ingeniero español en ellos que pueda entender la architectura militar, dexándolo a los holandeses y franceses, que aunque no se les puede negar han sido theóricos, y prácticos, haviendo escrito sobre esta materia bien y cumplidamente, como son el Cavallero Anton de Villa, Adan Fridag, Marloes, Pitiscus, y otros muchos, assí mismo en castellano (si no me acuerdo mal) andan por el mundo el Capitán Roxas,

[40] R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, *op. cit.*, p. 76.

> Lechuga, Ufano, que escrivieron de fortificación y artillería, y Miguel Pérez, de ojea de esquadrones, y otros con mucha sciencia y esperiencia, y mucho de la geometría comentándola, la arithmética, y álgebra, perspectiva, música, navegación, architectura, cosmographía, idrographía, astronomía, y astrología, y finalmente todas las partes que están debaxo del nombre de matemáticas».

A mayor abundamiento, en la presentación del mismo tratado, Ignacio Der Kennis, «Profesor de la Theología, Philosophía y Mathemática, en el Collegio de la Compañía de Jesús en Lovayna», afirma que tiene «mucha confiança que se descubrirá con esto no solamente la fortaleça militar de la illustre nación de España; pero también por esta guía se verá por el mundo su sciencia en fortificar».

La poca predisposición de los españoles a escribir tratados generales, ya comentada[41], quedaba compensada con creces por la riqueza de los debates y experiencias sobre fortificaciones reales. A ello hace referencia Lucuze cuando afirma que en tratados y autores de esta materia

> «deben anteponerse los nacionales a los forasteros (no obstante que entre éstos se hallan obras de grande reputación, y dignas de traducirse a nuestro idioma), pues los tenemos excelentes en el Arte Militar; y porque los acaecimientos de la guerra en esta Monarquía son para nosotros ejemplares los más vivos, los más eficaces, y los más instructivos».

También era verdad que entre el tratado de Santans en 1644 y el de Lucuze en 1772 se había publicado un buen puñado de grandes tratados. Lucuze da un amplio listado, que por extenso no reproducimos completo en el cuadro anexo (pag. sigte.).

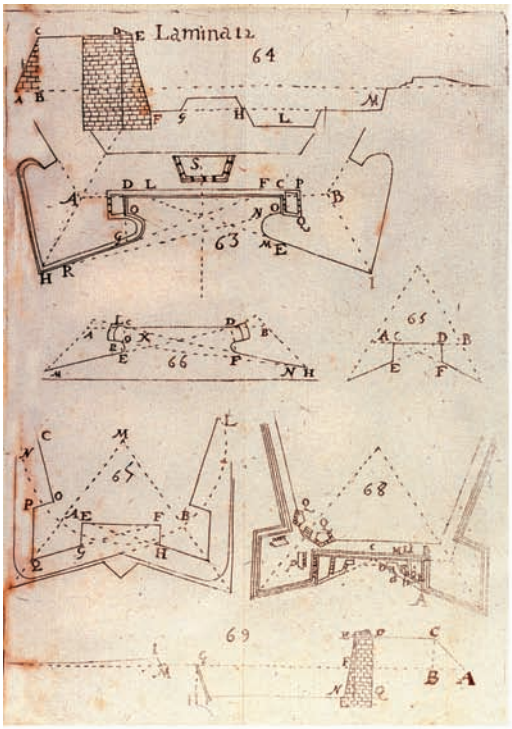
En la lista de Lucuze faltan las obras manuscritas, algunas de la importancia del tratado de Escrivá (1538), y otras muchas que conformaron el conocimiento de la fortificación en su época, como la de Mateo Calabro (1733)[42]. Faltan también, y esto es más curioso, los tratados de los padres jesuitas Zaragoza o Cassani y el del padre Tosca, ignorando así, posiblemente obligado por las circunstancias políticas del momento, la importancia que para la enseñanza de las fortificaciones –y de las matemáticas– habían tenido los religiosos, especialmente los jesuitas, en el siglo XVII y parte del XVIII.

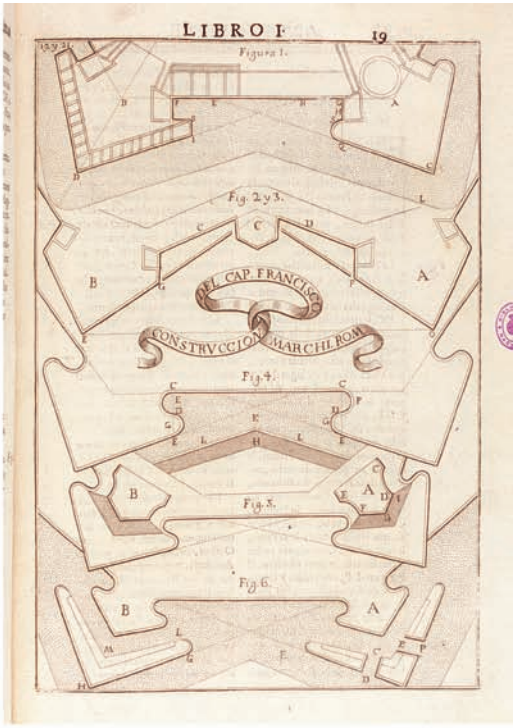
Ignora también Lucuze, pero en 1772 es comprensible, todos los tratados escritos y/o publicados en las antiguas posesiones españolas en otros idiomas, o los publicados en países aliados por ingenieros que estaban al servicio de la Corona española. Al primer grupo pertenecerían claramente, por sólo citar algunos, los de G. Busca

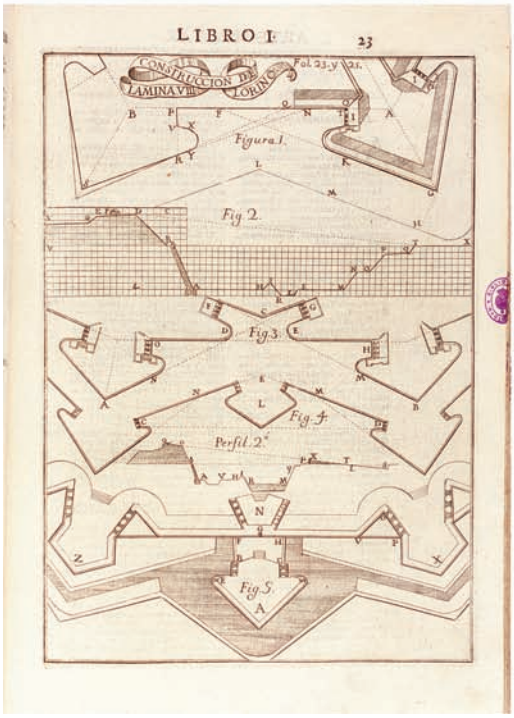
---

41 F. COBOS, 2004, *op. cit.*

42 Sobre Escrivá, ver F. COBOS, J. J. CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN, *op. cit.* Sobre Mateo Calabro, ver CALABRO, Mateo: *Tratado de fortificación o arquitectura militar. Dado por el capitán de infantería Don Mateo Calabro Ingeniero en segunda de los Reales Ejércitos de Su Majestad y Director General de esta Real Academia de Matemáticas de Barcelona. Abril 1.º de 1733*. Estudio introductorio, notas y glosario por Fernando R. DE LA FLOR; trascripción de María Isabel Toro Pascua, Salamanca, 1991.







10.7. Diversas construcciones: *1) entre ellas las tenazas del padre Zaragoza (figura 68) representadas en el tratado del padre José Cassani,* Escuela Militar de Fortificación Ofensiva y Defensiva, *Madrid, 1705; 2 y 3) de F. Marqui y B. Lorini, representadas en* Escuela de Palas, *Milán, 1693, tomo II, pp. 19 y 23. (Biblioteca Nacional de Madrid, signs. 2/15086 y R/15043, respectivamente.)*

Cathálogo de algunos escritores militares españoles, en que se expresa el nombre, el empleo, el título de la obra, el lugar, y año de su impresión, por el orden de su antigüedad

(Extracto del publicado por Lucuze en 1772)

- Luis Gutiérrez de la Vega, Capitán: *Nuevo Tratado, y Compendio de re militari*, impreso en Medina, año 1569.
- Don Bernardino de Mendoza, Comisario General de la Caballería: *Teórica, y Práctica Militar*, en Madrid, 1577.
- Bernardino Escalante, Soldado: *Diálogos del Arte Militar*, en Sevilla, 1583.
- Don Sancho de Londoño, Maestre de Campo General: *Discurso sobre la forma de reducir la disciplina Militar al mejor y antiguo Estado*, en Bruselas, 1587 y 1590.
- Don Diego de Álava y Viamont, hijo de Don Francisco de Álava, Capitán General de Artillería, dio a luz: *El Perfecto Capitán*, obra trabajada por su padre, en Madrid, 1590.
- Don Diego de Salazar, Capitán: *Diálogo del Arte de la Guerr*a, en Bruselas, 1590.
- Luis Collado, Ingeniero de los Reales Exércitos: *Práctica manual de Artillería*, en Milán, 1592.
- Don Cristóbal de Roxas, Capitán e Ingeniero: *Teórica y Práctica de Fortificación*, y otras obras, en Madrid, 1598.
- Don Cristóbal Lechuga, Capitán, Ingeniero y Artillero Mayor: *El Maestre de Campo General, con otras Obras de Fortificación, y Artillería*, en Milán, 1603 y 1611.
- Diego Ufano, Capitán: *Tratado de la Artillería, con otras Obras,* en Amberes, 1613.
- Don Francisco Lanario de Aragón, Duque de Carpiñano, del Consejo de Guerra de Flandes: *Tratado del Príncipe, y de la Guerra*, en Palermo, 1624.
- Don Francisco Manuel Mello, Maestre de Campo: *Política Militar en avisos Generales*, en Madrid, 1639.
- Domingo Moradell, Sargento Mayor de Barcelona: *Preludis Militars*, en Barcelona, 1640; y traducido del catalán por Jacinto Ayom, en Barcelona, 1674.
- Julio César Firrufino, Catedrático de Geometría y Artillería por el Consejo de Guerra, sacó a luz: *El Perfecto Artillero y otras Obras*, así por su estudio como por las experiencias de su padre Julián Firrufino, también Catedrático por el mismo Consejo de Guerra, en Madrid, 1642.
- Don Juan Santans y Tapia, Capitán e Ingeniero Militar: *Tratado de Fortificación*, en Bruselas, 1644.

- Don Carlos Boniers, Teniente General: *Arte Militar*, en Zaragoza, 1644.
- Don Enrique de Villegas, Capitán de Corazas: *Academia de Fortificación de Plazas, y otras Obras*, en Madrid, 1651.
- Don Vicente Mut, Sargento Mayor e Ingeniero: *Arquitectura Militar, y otras Obras*, Mallorca, 1664.
- El Marqués de Buscayolo, Superintendente de las Fortificaciones de Castilla: *Opúsculos Militares*, en Valencia, 1669.
- Alonso de Zepeda y Andrade, Teniente de Maestre de Campo General: *Epítome de las Fortificaciones Modernas*, en Bruselas, 1669.
- Don Juan de Medina, Maestre de Campo: *Breve Compendio Militar*, en Longon, 1671.
- Don Pedro Antonio Ramón Folc de Cardona, Duque de Segorbe y Capitán General: *Geometría Militar*, en Nápoles, 1671.
- Don Andrés Dávila y Heredia, Capitán de Caballos: *Plazas Fortificadas del Ducado de Lorena*, en Madrid, 1672.
- Don Sebastián Fernández Medrano, Sargento General de Batallas: *El Práctico Artillero: el Perfecto Bombardero; y el Arquitecto Perfecto en el Arte Militar*, en Bruselas, 1691.
- El Marqués de Leganés, Capitán General: *Escuela de Palas*, o *Curso Matemático*, en Milán, 1693. Es obra recomendable, pues recopiló 54 méthodos de fortificar de los mejores escritores de diversas naciones, hasta su tiempo: diola a luz Don Bartolomé Chafrión, Alférez de Infantería.
- Don Matheo Morán, Maestre de Campo: *Nuevo modo de Fortificar*; se halla en la *Escuela de Palas*.
- Don Francisco Pietra Santa, Príncipe de San Pedro, Maestre de Campo: *Compendio de Arquitectura Militar*, en Mesina, 1697.
- Don Álvaro de Navia Osorio, Marqués de Santa Cruz de Marcenado y Teniente General: *Reflexiones Militares*, en Turín, 1724. Comprenden todos los ramos de la guerra ofensiva y defensiva; es obra excelente, y como tal celebrada por toda Europa.
- El Conde de Aguilar, Capitán General: *Theses Matemáticas*, que defendió, en Cádiz, 1688.
- Don Ignacio de Sala, Teniente General e Ingeniero Director: *Reflexiones, y Adiciones sobre la Defensa de las Plazas del Mariscal de Vauban*, en Cádiz, 1743.
- Don Phelipe Prosperi, Coronel e Ingeniero en Jefe: *La gran Defensa, o Nuevo Sistema de Fortificación*, en México, 1747.

(Milán, 1601), H. Cataneo (Brescia, 1608), F. Marchi (Brescia, 1609) y todos los ingenieros italianos de la escuela de Milán. Del segundo grupo, de entre los ingenieros que España compartía con Austria o Venecia, valga citar los tratados de B. Lorini[43] (Venecia, 1596-97) o P. P. Floriani (Macerata, 1630).

IV.1.Las escuelas nacionales

Tal cúmulo de tratados al servicio de la Corona española no significa que existiera una escuela española o hispano-italiana, o incluso hispano-austriaca, claramente definida. Como muchos de los tratados incluían el repaso y la crítica de lo publicado por todos los autores anteriores, la diferenciación radical entre las escuelas holandesa, francesa, española o italiana se diluía; y España, con escuelas de fortificación en Milán o en Bruselas, amén de los colegios jesuíticos, y frentes de guerra abiertos en toda Europa, participaba simultáneamente en todas las novedades: sus ingenieros, ahora en Flandes, ahora en Portugal, pasando por Hungría, Malta o América, trasladaban las nuevas formas mucho más rápidamente que cualquier tratado.

Ya veíamos que Villegas niega que existieran realmente escuelas nacionales de fortificación, aunque reconoce a los holandeses una forma particular de hacer, con sus fosos inundables y sus obras exteriores:

> «No hazen los holandeses orejones, no porque sean defectuosos, mas porque llevan la mira tan sólo en tener apartado de la plaza al enemigo, lo que consiguen por medios de obras de fuera, con que consiguen bastantemente su intento, y con esta consideración, dize Antonio de Vila, que podían fabricar sus plazas sin murallas; porque no solo en ellas, mas en las exteriores obras, libran la seguridad de sus plazas»[44].

Por su parte, el autor de la *Escuela de Palas*, aunque reconoce una cierta manera de hacer austriaca, niega, por ejemplo, que la fortificación francesa de Vauban sea realmente distinta a la de algunos autores italianos:

> «Aunque esta construción [la atribuida a Vauban] devía ponerse a lo último, por ser de las más modernas, me ha parecido bien el descrivirla imediatamente después de las de Marchi y el Lorino, para hazer veer que ella se compone de entrambas».

Años después, Cassani habla de «modos de fortificar, que podemos llamar a la española, por ser según varios autores españoles»[45], incluyendo entre ellos al autor de la *Escuela de Palas*, justo con la teoría que más se aleja del común de los tratados de la época:

---

[43] Buonaiuto LORINI: *Delle fortificationi, libri cinque. Ne' quali si mostra con le più facili regole la scienza con la pratica, di fortificare le citta, & altri luoghi sopra diversi siti. Con tutti gli avvertimenti, che per intelligenza di tal materia possono occorrere*, Venecia, 1597.

[44] VILLEGAS, *op. cit.*, p. 225.

[45] CASSANI, 1705, *op. cit.*, p. 170.

El autor de la *Escuela de Palas*

Que uno de los más importantes tratados de matemáticas y fortificación publicados por la Corona española (Milán, 1693) no tenga autor conocido es parte de un juego de máscaras barroco y premeditado. Lucuze se lo atribuye directamente al marqués de Leganés[46], capitán de Artillería y gobernador militar de Milán; pero, sorprendentemente, Tosca afirma que su autor es el ingeniero José Chafrión[47]. La presentación del tratado, escrita y firmada por Chafrión dando a entender que el autor es otro, se acompaña nada menos que por quince poemas en español, italiano, francés y latín, la mayoría sonetos, firmados por diversos autores y dedicados «a la modesta acción de ocultar el autor deste libro su nombre». Obviamente, tal despliegue de "modestia" sólo es comprensible si el autor sabía que su obra era excepcional (que lo es) y que todos en su tiempo conocían su nombre. La gracia del juego radica, lógicamente, en que los poemas están todos llenos de acertijos, inciertos acrónimos y más evidentes juegos de palabras:

Es esta Escuela militar gobierno
Espejo de famosos Capitanes
Norma con que le adquieras o le ganes
Modo de colocar tu nombre eterno.

***10.8. Portada del tratado anónimo* Escuela de Palas,** *Milán, 1693. (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043.)*

> «Este sapientísimo autor establece por principio para su fortificación que las líneas en qualquier polygono deben ser iguales, porque tan capaz ha de ser de defensa el pentágono como el nonágono; luego las líneas del flanco y semigola que defienden qualquiera de las figuras deben ser iguales, para admitir igual número de defensores y artillería en qualquier polygono, siendo cierto que en aquel en que fueren menores avrá menos defensa. Luego para igualar la defensa en todos los polygonos, se deben constituir iguales las líneas».

Son, en todo caso, propuestas extremas, en las que es fácil ver las diferencias; pero, aunque el argumento de *Escuela de Palas* es muy sólido, la fortificación occidental se mantuvo circunscrita a unos principios comunes, más o menos arbitrarios y aceptados por todos los ingenieros, hasta mediados del siglo XVIII. Además, en el caso de la fortificación española, este carácter ecléctico de sus tratados, las limitaciones presupuestarias, el pragmatismo de la defensa y los condicionantes del lugar harán casi imposible que se planteen proyectos que podamos considerar modelos perfectos de una escuela nacional o de un método concreto.

V

Los nuevos elementos y su debate: la forma del baluarte y las obras exteriores

> «Si la plaza no tiene ninguna obra exterior, quién impedirá al enemigo que desde luengo se acerque a las murallas? Abra brecha? Y con todas sus fuerças empieze los asaltos? Quién estorvará, que desde cerca de la plaza empieze a disparar sus bombas tanto menos inciertas quanto más cercano su tiro? En qué cuydado no debe estar la guarnición, y los ciudadanos, desde el primer punto en que se pone el sitio, no teniendo el enemigo reparo ninguno que vencer hasta el foso y las murallas?»[48].

Quizás los dos elementos que más claramente diferencian a la fortificación del XVIII de la renacentista sean la nueva forma del baluarte y las obras exteriores; y, curiosamente, ambos elementos surgieron ya en el XVII e incluso en el XVI.

Respecto al baluarte, siguió existiendo la discrepancia sobre el valor del ángulo flanqueado (la punta del baluarte, que ya veíamos al hablar de la fortificación del Renacimiento[49]). Villegas, en 1651, lo resume con precisión:

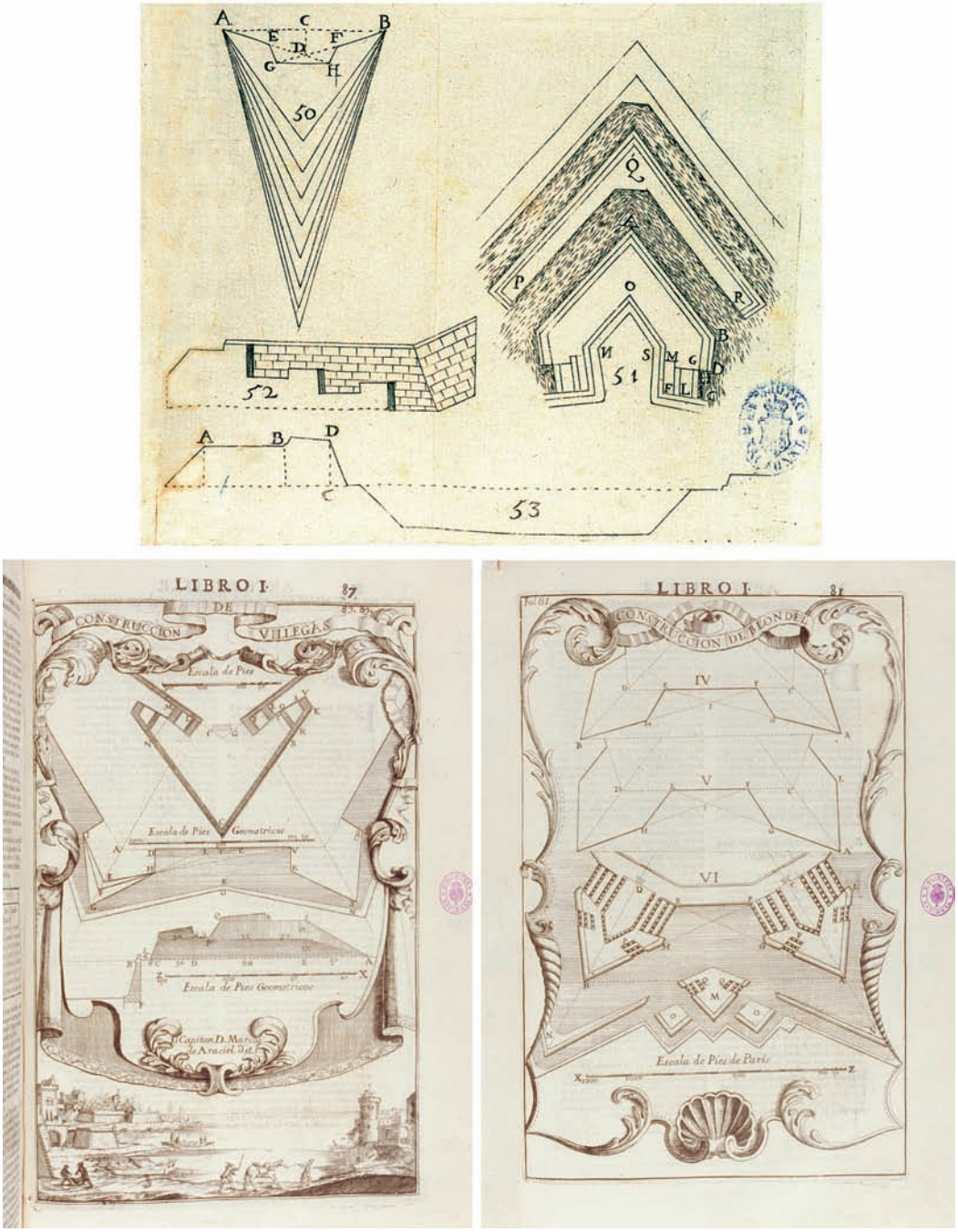
---

[46] Diego Felipe de Guzmán, duque de Sanlúcar, marqués de Morata y III marqués de Leganés.

[47] La información sobre Tosca procede de la investigación, ahora en curso, de la profesora Alicia Cámara.

[48] CASSANI, *op. cit.*, p. 87.

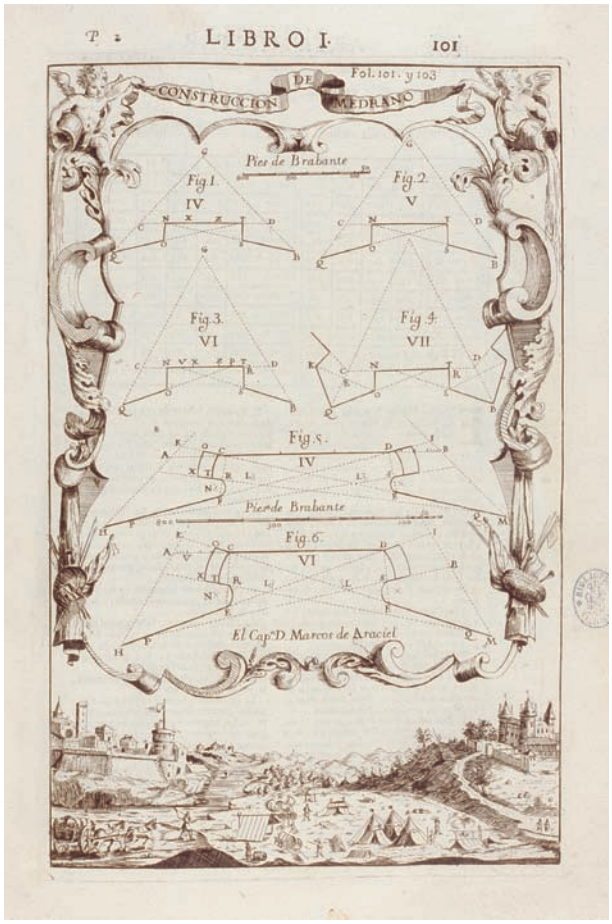
[49] F. COBOS, 2004, *op. cit.*



10.9. Representación de un baluarte a la manera de: *1) Pagán en el tratado de Cassani de 1705; 2) Villegas en el tratado de* Escuela de Palas; *3) Blondel en el tratado de* Escuela de Palas. *(Biblioteca Nacional de Madrid, signs. 2/15086 y R/15043.)*

> «Los antiguos eligieron por mejores los baluartes de ángulo flanqueado, obtuso: Antonio de Vila, sólo el recto admite en sus fábricas; de los modernos, los más apruevan el agudo y el recto, con tal razón que el agudo no sea menor de 60 grados[50]. [...] Los autores que eligen el ángulo flanqueado del baluarte, que no sea menor de 60 grados ni mayor que 90, no admiten el agudo, por ser mejor que el recto; antes demuestran absolutamente que es mejor el recto, mas como no salía recto en todas las figuras, la necesidad les obligó a que formasen el baluarte de ángulo agudo»[51].

También se siguió debatiendo sobre si debían hacerse orejones o disponer flanco retirado en los flancos, pero en esta cuestión algunos autores cambiaron el ángulo



10.10. Construcción del frente y baluartes de Medrano con flancos curvos, *según la representación que aparece en* Escuela de Palas, *Milán, 1693, tomo II, p. 101. (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043.)*

[50] VILLEGAS, *op. cit.*, p. 201.

[51] VILLEGAS, *op. cit.*, p. 203.

flanqueante (el que forma el flanco y la cortina y que habitualmente era perpendicular a ésta) para disponerlo perpendicular a la línea de defensa (a la línea oblicua que forma la cara del baluarte opuesto). El francés Pagan fue uno de éstos, y sobre su fortificación explicaba Medrano:

> «Los flancos son perpendiculares a la línea de defensa [...] hace este autor casamatas y dentro del baluarte otro paralelo a él con foso alrededor, con lo que viene a dar tres flancos, haciendo el baluarte interior vacío: también quiere contraguardias delante de los baluartes y revellines, y cierto que salvo las caras de sus baluartes son grandes, el ángulo flanqueado obtuso y sus flancos por corta espalda poco cubiertos, no se puede condenar esta fortificación, mas sí el gasto que trae consigo».

De hecho, el debate sobre hacer orejones o colocar el flanco perpendicular a la cara, a la cortina o a la línea de defensa, continuó durante casi todo el XVII, dando origen a no pocos modelos de baluarte (ver fig. 10.9), hasta que a finales del XVII, Medrano, por un lado, y los difusores del sistema Vauban, por otro, pusieron de moda el flanco curvo (ver fig. 10.10), que, por su propia condición de curvo y retirado, zanjó en gran parte la polémica.

V.1.La falsabraga

La falsabraga es aparentemente un recinto exterior que rodea las murallas principales, a la manera de las barreras castellanas del siglo XV:

> «Los antiguos españoles le daban nombre de barbacan, los romanos de antemuralla, los italianos de barbacani, y los primeros inventores de su perfección unos fausebraies, y los españoles falsabraga; de los antiguos, entre otros la trae Carlos Teti, de los modernos se hallará en Antonio de Vila, Pedro Sardi, Samuel Maroloes, Adan Fritag, Nicolas Golman, y otros»[52].

Pese a lo dicho, su origen es posiblemente otro, e inicialmente, como ya vimos en el artículo dedicado al Renacimiento[53], se propusieron unos resaltes o plataformas que circundaban los muros de la fortaleza para retener la ruina de las brechas y evitar que colmatara el foso; pero «los modernos no sólo quisieron que esta fosabrea sirviese para detener la ruyna, mas quisieron aplicarla para defensa del foso, y también podemos dezir que de fosabrea le dieron nombre los franceses, de fausee brayes».

Su utilidad para la defensa del foso era consecuencia de la paulatina desaparición de las plazas bajas de los flancos y del alineamiento de los parapetos superiores de la cortina con la línea exterior del glacis. Villegas completa su explicación con este argumento cuando señala que «los architectos holandeses libran toda la defensa del foso en estas fábricas; y con esta consideración no descubren de los parapetos de las cortinas, el foso, mas el plano de la estrada cubierta, y lo más ordinario, la campaña de

---

52 VILLEGAS, *op. cit.*, p. 31.

53 F. COBOS, 2004, *op. cit.*

afuera, formando el rasgo de los parapetos de la cortina, y de la estrada cubierta, por una línea, como se ve en los perfiles de sus fábricas»[54] (ver fig. 10.11.1, con falsabraga, y fig. 10.14.1, con parapeto de cortina alineado a la pendiente del glacis).

Aunque algunos ingenieros españoles, como Grunenbergh[55] en su proyecto de ciudadela de Mesina, o la escuela de Milán en las defensas de Lombardía, las usan, otros muchos afirman, como el propio Villegas en 1651, que «sus defectos consideramos mayores que sus virtudes», y explica que «unos ciñen con esta fábrica toda la muralla, como llevamos dicho; otros tan sólo le hazen enfrente de la muralla, que no es tan defectuosa». De parecida opinión es Cassani en 1705, cuando afirma sobre la falsabraga:

> «Generalmente se reprueba el día de oy por dos razones; la primera, porque la parte de la falsabraga que corresponde a los flancos queda enfilada, si el enemigo llega a derribar un corto parapeto que la defiende. Y aún más eficaz razón es que el enemigo, por la parte que quiere asaltar la ciudad, bate la muralla, y con pocos tiros que aseste, la tierra que de la muralla y terraplén cae, ciega la falsabraga»[56].

De hecho, ya en el siglo XVIII el único vestigio de la falsabraga serán las tenazas o tijeras bajas entre baluartes que con diversas formas, desde las del Padre Zaragoza a las de Pagan, terminarán siendo aceptadas con los diseños de la escuela del primer sistema vaubantiano o las muy parecidas que proponen Medrano y otros autores posteriores.

V.2. Las obras exteriores

En el dibujo anexo (fig. 10.12) aparecen casi todos los tipos de obras exteriores a mediados del XVII, aunque las más usuales y sencillas fueron los revellines, teniendo en cuenta en todo caso que, como avisa el autor de la *Escuela de Palas* años después,

> «suelen equivocarse los militares entre el nombre del revellín y media luna, pues casi la mayor parte llaman media luna al revellín, que se haze delante las cortinas para cubrir las puertas, flancos, plazas baxas y falsas bragas [...]. Media luna propiamente es la que se construye delante las puntas de los baluartes, y que tienen sus golas en arco»[57].

Aunque obras exteriores aparecen ya en los dibujos de F. Marchi, e incluso los baluartes avanzados de fortificaciones como Salsas (1487) pueden considerarse como tales, su uso y difusión se generaliza a finales de los años treinta del siglo XVII. De Ville, en su tratado de 1628, las incluye, y también Floriani en 1630, haciéndolas nacer de la experiencia de la guerra y citando el revellín de la contraescarpa de Ver-

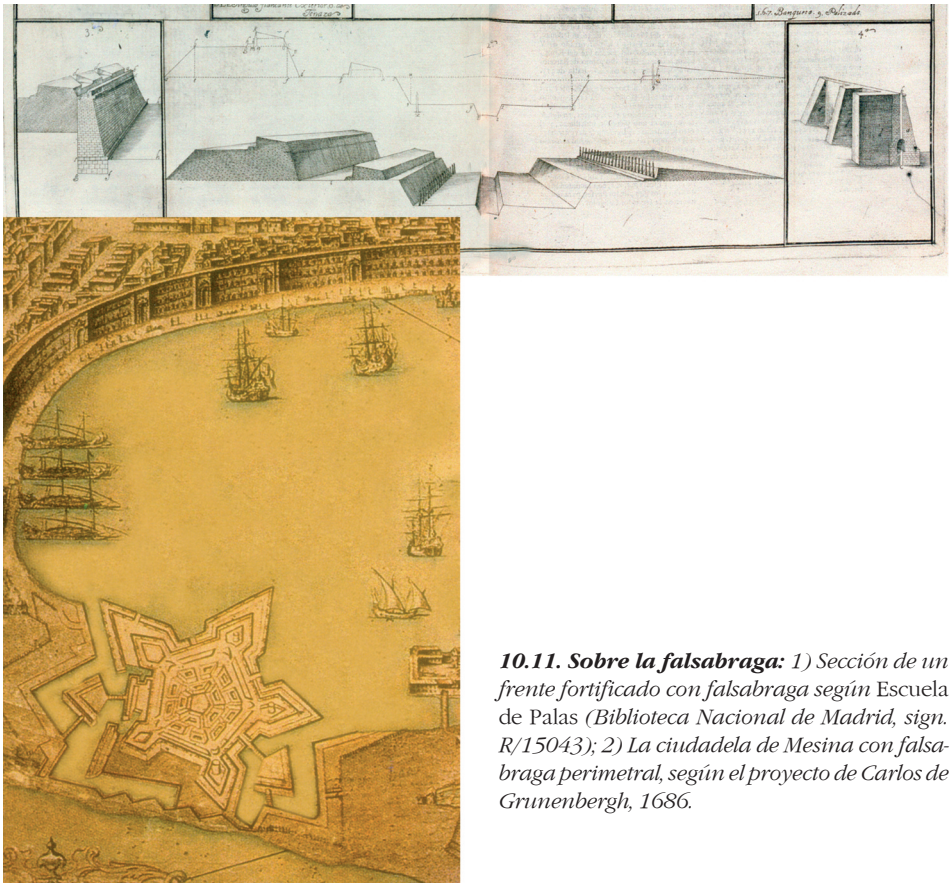
---

54 VILLEGAS, *op. cit.*, p. 437.

55 Carlos de Grunenbergh, ingeniero de origen flamenco que fortifica las plazas de la frontera entre Galicia y Portugal antes de trasladarse a Sicilia en 1681.

56 CASSANI, *op. cit.*, p. 85.

57 *Escuela de Palas*, tomo II, p. 136.

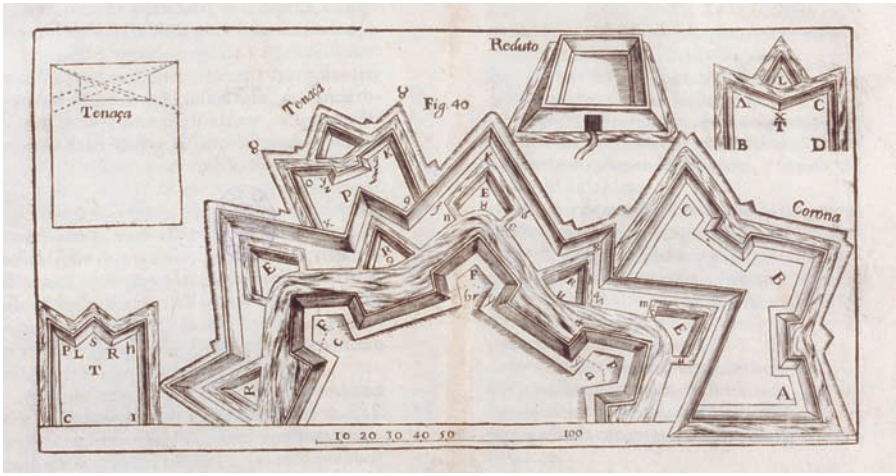


10.11. Sobre la falsabraga: *1) Sección de un frente fortificado con falsabraga según* Escuela de Palas *(Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043); 2) La ciudadela de Mesina con falsabraga perimetral, según el proyecto de Carlos de Grunenbergh, 1686.*

celli como uno de los primeros ejemplos que demostraron su eficacia[58]. Sobre la función de los revellines y su origen, Santans escribe en su tratado de 1644:

> «Los revellines se ponen siempre en medio de las cortinas en la parte exterior del foso, que sus lados cubren toda la cortina con su foso, comunicándole con el de la plaça; de forma que viene a quedar ayslado, y delante de las puentes son tan usados que siempre se ponen en qualquier fortificación, y de grande utilidad; y para delante de las puertas en lugar de baluartes, y se ahorra gran costa, aunque algunos atribuyen las pérdidas de las plaças a estos rebellines, séase como les pareciere, están puestos en uso y deve seguirse utilidad, pues el enemigo los pone en las suyas, como se vio el año de 42 en las villas de Lens y la Bassé, quando se ganaron por ataques siendo governador de estos Estados el Exmo. Señor Don Francisco de Melo, y quien tuvo a su cargo dichos ataques fue el Exmo. Señor D. Andrea Cantelmo, General de la artillería de ellos [...]. No

58 «[...] et così giusto successe sotto Vercelli nel Rivellino della contrascarpa dalla parte de' Spagnoli, i quali, benche in tutta una notte l'acquistassero con mortalità di 200»; FLORIANI, *op. cit.*, p. 131.



10.12. Descripción general de las obras exteriores de una fortaleza, *según la figura 40 del tratado de SANTANS Y TAPIA, Bruselas, 1644. (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/8199.)*

Diferencias de fortificaciones que se pueden ofrecer en una villa[59]

Síguele una figura de fortificar una villa, en que se muestra las diferencias de fortificaciones que se pueden hazer fuera, unidas a las de la plaça puestas en uso, en estos Estados cuyos nombres, de cada pieça, y en qué partes se ven en la figura 40, con los perfiles que le toca.

La plaça principal, es	a.b.c.
Baluartes son los de la letra	F.
Reuellines los de la letra	R.
Medias lunas las de la letra	E.
Obra a cuerno y en español se tiene por tenaça es la de letra	P.
Tenaça que llaman en estos estados, es la de la letra	T.
Corona es la de las letras	ABC.

es negable el ser mejor baluartes en lugar de revellines, aunque el Barón de Groto en su fortificación dize son mejores que baluartes»[60].

La citada referencia al sitio de Vercelli y su revellín que hace Floriani en 1630 es contradictoria con lo dicho por Santans cuando asegura que el uso y utilidad de los revellines se aprendió en Flandes a principios de los cuarenta del siglo XVII. Lo cierto es, realmente, que los ingenieros de la Corona española ya los habían usado magistralmente en proyectos anteriores, especialmente en Malta, cuando curiosamente el virrey de Sicilia (del que Malta depende) era el propio Francisco de Melo.

---

[59] SANTANS, *op. cit.*, pp. 272 y 273.

[60] SANTANS, *op. cit.*, pp. 262-263.

V.3. El debate de Malta

Aunque, curiosamente, no faltan muy buenos estudios sobre la fortificación de Malta, e incluso sobre la importante presencia de ingenieros franceses en la isla[61], y se ha considerado que Malta pudo ser un modelo para muchas otras fortificaciones, la influencia española apenas se ha estudiado. Esto es todavía más extraño si se considera que la defensa de la isla, alquilada a la Orden de San Juan en tiempos de Carlos V, había estado siempre bajo la supervisión del Consejo de Guerra español, de los ingenieros de la Corona y del virrey de Sicilia. Cuando a partir de 1630 se ve la necesidad de reforzar sus defensas frente al turco, se producen una serie de debates y proyectos que constituyen uno de los episodios más interesantes de la época para conocer la evolución de la fortificación y el origen de muchas de las ideas que luego se aplicarán en los siglos siguientes. El conjunto de esta documentación, en castellano, impresa en muchos casos ya en la época y que fundamenta el debate ante el Consejo de Guerra español, no puede resumirse en este artículo y será objeto de una posterior publicación, pero un breve resumen puede darnos una idea de su alcance.

Entre 1635 y 1639 se habían sucedido diversos proyectos y pareceres que en carta al rey de España se resumen así:

> «Que aviendo el Gran Maestre antecesor del que oy es, començado la nueva fortificación en la Ciudad de Valeta, donde está la religión, cuya planta puso en aquella ocasión en las reales manos de V. M. juntamente con los pareceres que sobre la materia se dieron [...]. Y aviéndose después en la execución dellas reconocídose algunos inconvenientes considerables [...], y ha embiado al Cavallero Bartona a Florencia, Nápoles y Milán con las plantas y demás razones que han parecido, para comunicar y conferir la materia, y a pedir al Marqués de Leganés ordene a los ingenieros que tiene den su parecer, y para tomar en ello la resolución más conveniente, ha hecho yr a Malta al Padre Fiorençola de la Orden de Santo Domingo, persona de grande opinión en Italia en materia de fortificaciones»[62].

El proyecto iniciado y revisado por la Corona española era el de P. P. Floriani; los ingenieros del marqués de Leganés (el abuelo del supuesto autor de la *Escuela de Palas*) eran Juan de Médicis, II marqués de Santangelo[63], y Juan de Garay, capitán

---

61 S. SPITERI, 2001; y «The Role of the Military Engineer in the organisation of the Hospitaller Military Order of St. John», en A. CÁMARA y F. COBOS (coords.): *Actas del Congreso Internacional Fortificación y Frontera Marítima*, Ibiza, 2003. Ed. digital, Ibiza, 2005. Sobre los ingenieros franceses ver también D. de LUCA, 1988, 1, pp. 23-33.

62 AGS, E., leg. 3482, 170, año de 1639.

63 No confundir con el también ingeniero al servicio de España Giovanni de Médicis, hijo natural de Cosme, duque de Toscana y muerto en 1621. Este segundo Juan de Médicis era hijo de Rafael de Médicis, que había recibido en 1625 de la Corona de España (reino de Nápoles) el «título de Marqués de Santo Angelo de Grotte, tierra de la provincia de condado de Molisse, con la condición de que le suceda su hijo D. Juan de Médicis» (Madrid, 12 de junio de 1625, s.p., 188-138v; AGS, Cat. XXVIII, títulos y privilegios de Nápoles, 373).

general de la artillería de Milán. De ellos y del citado padre dominico Fiorezola se conservan los pareceres, sometidos al Consejo de Guerra e impresos en castellano para su posterior difusión.

Floriani había defendido su proyecto ante el Consejo de Guerra español en diciembre de 1635, cuando presenta un documento titulado *Respuestas hechas por el Colonel Pedro Pablo Florián en Consejo, cumplido a algunas objecciones, que se hazían sobre la nueva fortificación por él propuesta*, y en el que argumentaba

> «que se trata de aver de defenderse de un poder [los turcos] al qual no se debe oponerse comoquiera, y por esto les he propuesto una fortificación tan real, y de miembros tales, que hasta el día de oy no se ha hecho semejante [...], que con toda sinceridad digo mi parecer que siento, que propongo para el servicio de Dios, de la Christiandad, de su Magestad Católica [el rey de España], y de la religión [la orden de Malta]»[64].

El proyecto de Floriani, para una línea avanzada delante del frente viejo de la Valeta (hoy llamada la Floriana), se explicaba en un texto, también impreso, de octubre de ese año:

> «Pues si consideramos la primera acción que se haze en defender las plaças, que es el tener al enemigo lo más a la larga que se pueda, como se haze con el medio de los puestos aventajados en el primer recinto [...], y si se hubiesen querido valer de las salidas para hacerle perder tiempo, tampoco se podía valer deste medio, pues por no tener estrada encubierta, ni foso capaz ni acomodado, no podía salir gran número de gente en las salidas, ni retirarle con presteza. De manera que con fortificar la frente no más de quinientos pasos geométricos de ancho, se viene a inundar el dicho sitio, y asegurar la fortificación vieja, que por la nueva, formada toda de partes reales, con un valuarte y con dos medios, y con su falsa braga en las cortinas [...]. Y para asegurarse más en cada cortina he sacado un rebellín en medio, con sus retiradas reales»[65].

La repercusión del proyecto de Floriani y del debate generado se adivina no sólo por el hecho de que sus pareceres estén impresos, sino porque el mismo Floriani escribe al maestre:

> «Yo después dando para ello licencia vuestra Eminencia, embiaré a su Santidad, a su Magestad Cesárea, a las de España y Francia, y a otros Príncipes de Italia, las plantas y dibujos, para que vean que yo tengo fundamento muy real, bueno, y fundado en el servicio de la religión, y de toda la Christiandad»[66].

La Corona de España se enteró, desde luego, y, aunque no descartamos que los otros príncipes conocieran el proyecto, el Consejo de Guerra ejerció su autoridad e introdujo modificaciones en lo finalmente ejecutado. En diciembre de 1638 un "humilde" escrito del gran maestre al rey de España le explica que, con «el cuidado

---

64 RAH, 9/3773 (7).

65 «Malta 17 de Octubre de 1635 años. De V. Eminencia muy humilde criado Pedro Pablo Florian». RAH, 9/3773 (5).

66 RAH, 9/3773 (6).

10.13. Descripción de la fortificación de la isla de Malta: *1) Descripción con el parecer para su fortificación de Juan de Médicis en 1639-1640; 2) Detalle de la propuesta de Médicis para el frente viejo de la Valeta y el nuevo frente exterior diseñado por Floriani, véanse los revellines y contraguardias (medias lunas) en el frente viejo diseñadas por Medicis (Francesco NEGRO y Carlo Maria VENTIMIGLIA:* Atlante di città e fortezze del regno di Sicilia, *1640, Biblioteca Nacional de Madrid); 3) La fortificación del frente de la Valeta, construida según el proyecto de Médicis (S. SPITERI, 2001).*

que de la seguridad desta plaza que tanto al servicio de V. Mag. es importante tengo [...], he procurado la venida del P^e. Fiorenzo, la persona de todos estimada por la más eminente de nros. tiempos en materia de fortificación»[67]. Sin embargo, a la Corona no le convence: ordena otros dictámenes y en 1639, «llamado el Padre Ricardo de la compañía de Jhs., hizo el disinio de Malta que V. Md. mandara ver y dio su parecer». Se recomienda entonces que, «si acaso la fortificación que el Maestre embía disiniada estuviere empeçada a hazer, sería de parecer la Junta que V. Md. mandase que se demoliese, y el material se gastase en los baluartes que disinia el Padre Ricardo»[68].

Se ordena poco después que «Don Francisco [de Melo, virrey de Sicilia] se entere de todo y vea si ay algo que moderar o añadir. [...] y encaminar que si no son necesarias todas las fortificaciones no pasen adelante y se hagan las que fueren menester»[69]. Con el virrey están los ingenieros que vienen de Milán, Juan de Médicis y Juan de Garay, que proyectan y reforman las fortificaciones de Malta y alguna de Sicilia, y cuyos diseños quedan incorporados al bellísimo atlas que el virrey estaba preparando y que hoy se conserva en la Biblioteca Nacional de Madrid[70].

> «Mandome V. Mg. tratar con el Gran Maestre la forma de fortificar a Malta [...] con la presencia de Don Juan de Médicis, Marqués de S. Ángel [...] se havía ajustado a satisfación de todos [...], y porque se acabó de ajustar todo aquí con la presencia del Marqués de S. Angel, que queda mi güesped, me ha parezido dar quenta a V. Mg. mientras ajustando las fortificaziones de las seys plaças prinzipales deste Reyno, porque sólo ay puerto y el enemigo puede tomar pie. Palermo, Messina, Trapana, Melazo, Augusta y Çaragoça, remito a V. Mg. las plantas [...]. Ve que se está formando un libro que [...] con la discreción geográfica de Sizilia las fortificaciones antiguas y nuebas y lo que se podrá hazer de nuebo para fortificarlas, ajustadas por el Marqués de S. Angel y algunos ingenieros del Reyno que lo acompaniaban, con que de todo tendrá y quedará la notizia en los Reales Archivos de V. Mg.»[71].

Del proyecto de Juan de Médicis para Malta también hay varios pareceres impresos en castellano. Médicis propone una defensa con revellines y medias lunas (realmente, contraguardias) en el frente viejo y la reforma del frente nuevo empezado por Floriani (ver fig. 10.13.2). En 1640 da instrucciones sobre «la fortificacion de rebellines començada delante de la frente vieja de la ciudad Valeta, conforme al modelo que embié el año pasado»[72], y poco después perfila todos los detalles de su singular proyecto, que se adelanta en muchos aspectos a cualquier otro proyectado antes, ocu-

---

67 AGS, E., leg. 3482, 127.

68 AGS, E., leg. 3482, 167.

69 AGS, E., leg. 3482, 166.

70 F. NEGRO y C. M. VENTIMIGLIA: *Atlante di città e fortezze del regno di Sicilia 1640*, Biblioteca Nacional de Madrid, Mss. 787, y edición facsímil a cargo N. ARICO, Mesina, 1992.

71 Palermo, a 5 de mayo, 1640. AGS, E., leg. 3483, 149.

72 RAH, 9/3773 (2).

pándose, por ejemplo, de las salidas y retiradas de las obras exteriores: «Y para que así la media luna exterior, como la interior, puedan comumicarse con sus fosos con más comodidad, a sus lados se harán las surtidas, que vayan a desembocar al plano del foso»; de la defensa contramina («y junto a la punta de las dichas medias lunas se hará una cisterna profunda hasta la llana del foso, que a la necesidad pueda también servir de contramina»); o de estar oculto de la campaña: «Las puentes para poder surtir sobre los rebellines se tengan en parte, y tan bajas quanto baste para no ser vistos desde la campaña [...]. La media luna de dentro tenerla a filo del parapeto de la de fuera, de manera que desde la campaña parezca toda una»[73].

Estando integrada la Orden de Malta por caballeros de todas las naciones, cualquier proyecto hecho en Malta era conocido inmediatamente por todos los príncipes de Europa. Además, como bien decía el gran maestre en la carta que hemos citado antes, para los españoles, Malta era un bastión fundamental de la defensa del Mediterráneo "spagnolo" contra el turco. Por este motivo, la ambigua posición de Francia, a menudo aliada con los turcos, provocaba no pocas suspicacias en España, recelosa de que, bajo el hábito de la Orden, sus enemigos espiaran sus defensas y conspiraran contra su dominio de este territorio. La presencia en Sicilia de barcos franceses bajo bandera de la Orden de Malta inicia un curioso debate en esos años y, a este respecto, un dictamen de la Corona dice:

> «Los Cavalleros del ávito de San Juan en su religión son neutrales, fuera della cada uno sirve el partido de sus obligaciones, y así se ve que cada vasallo acude a su príncipe: los españoles a España, los franceses a Francia, los ingleses a Inglaterra, los alemanes a Alemania y los savoyados a su Duque [...]; los tiempos son sospechosos i cada príncipe procura conseguir su intento por los caminos que puede»[74].

No sabemos si el hecho de que los pareceres y proyectos citados estén impresos se debe a que circularon copias en todas las cortes europeas, como Floriani quería, pero, incluso aunque no circularan[75], nada de lo que se hiciera en Malta podía pasar completamente desapercibido. La bien documentada presencia de los franceses Creville y Pagan en 1645 en Malta y su conocimiento y aprobación de lo proyectado por Médicis y Garay[76]; la posterior presencia del también francés Blondel y la más tardía llegada de Grunenbergh, enviado por España desde Sicilia[77] en 1681 y en 1687, son sólo algunos ejemplos del continuo intercambio de conocimientos que la fortificación de Malta supuso en la época. Si atendemos a la teoría que sitúa en el tratado de

---

73 RAH, 9/3773 (3).

74 AGS, E., leg. 3482, 28.

75 No hemos podido comprobar si los ejemplares que aparecen en los índices de los archivos de la Orden de Malta y del Vaticano son la misma edición que la española o copias manuscritas.

76 Especialmente en el fuerte luego llamado de Ricasoli. En el frente de la Valeta, Creville propone añadir un hornabeque (S. SPITERI, *op. cit.*, pp. 301 y 283, respectivamente).

77 S. SPITERI, *op. cit.*, pp. 285 y 278.

Pagan el origen del modelo de lo que luego llamaríamos escuela vaubantiana, la importancia de los debates y los proyectos de Floriani, y especialmente de los de Juan de Médicis, se vislumbra como determinante del desarrollo posterior de las nuevas teorías fortificatorias.

VI

Vauban, la vuelta a las casamatas y el final del sueño racionalista

> «Nosotros aventajamos a los romanos en fortificar, pero no se ha llegado a la perfección, y la grande reputación de M. Baubam, y M. Couhorn, no han mejorado, pues han gastado sumas inmensas, y no las han hecho más fuertes».
>
> (Silvestre Abarca, La Habana, 1763)

VI.1. El método de Vauban

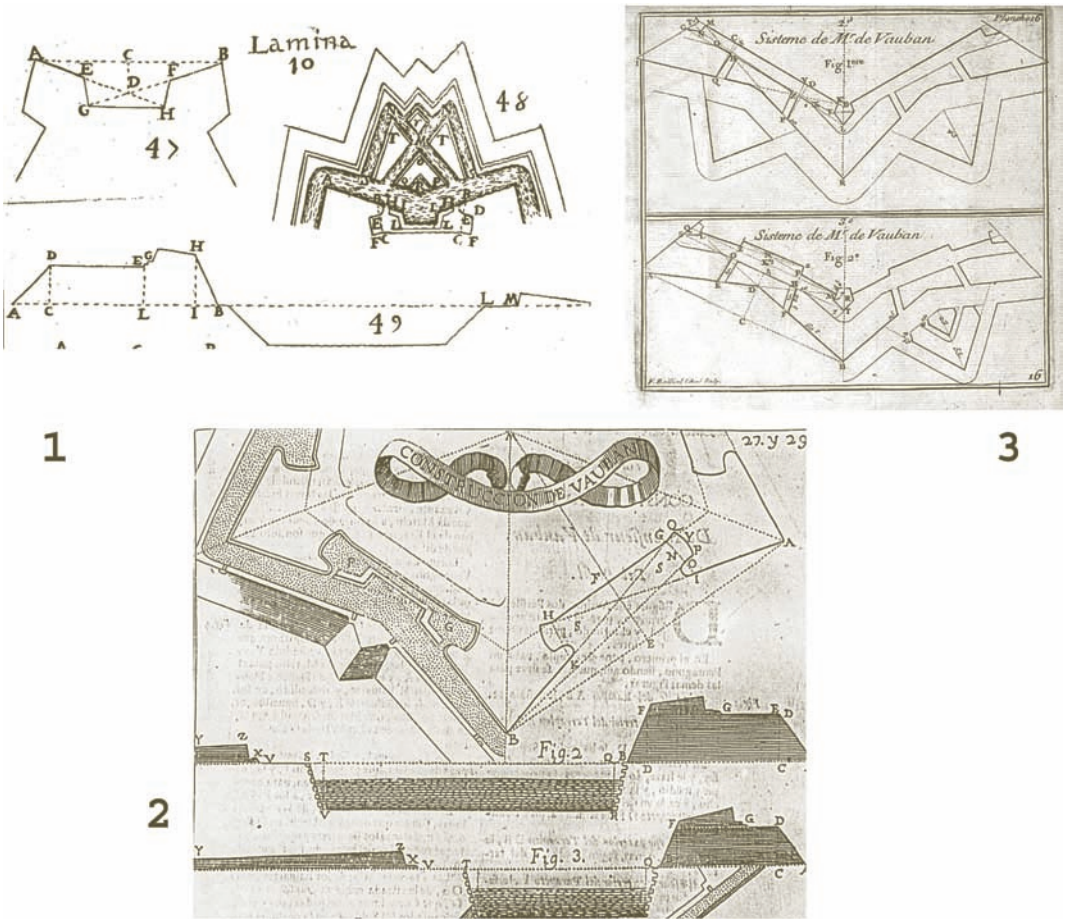
Aunque a partir de la edición de las obras que vulgarizaron los trazados de Vauban la influencia de éstos fue enorme, no se ha considerado habitualmente en la historiografía moderna que tales obras sólo representaban el que luego fue llamado "primer sistema de fortificación de Vauban", que en realidad no aportaba ninguna novedad importante respecto a otros sistemas de fortificación ya conocidos. Este primer modelo de fortificar de Vauban fue difundido fundamentalmente a partir del libro del abad Du Fay: *Manière de fortifier selon la méthode de M. de Vauban* (1692) y sus sucesivas reediciones ampliadas. Sin embargo, no está claro que dichos métodos fueran la verdadera teoría de Vauban. En 1776 Le Blond decía que a Vauban «se le ha hecho autor de muchos libros de fortificación, sin embargo, de no haber escrito cosa alguna sobre esta materia»[78]. Corrobora esta impresión el hecho de que en la edición de Amsterdam de 1702 del *Verdadero método para fortificar de Mr. de Vauban,* del abad de Du Fay y del Chevalier de Cambray, el texto de aprobación del propio Vauban –lo único realmente escrito por él– dice simplemente: «Este pequeño tratado sobre las fortificaciones no contiene nada que no refleje lo que se practica en las plazas del rey».

Los españoles también dudaban. Medrano, en su tratado de 1700, ni siquiera cita un sistema de fortificación que se pueda atribuir a Vauban, y, ya cuando el autor de la *Escuela de Palas* desmenuzaba el modelo de trazado supuesto de Vauban para demostrar que no añadía nada sobre lo ya dicho por Marchi y Lorino, mostraba sus reservas sobre su verdadera atribución:

> «No me pongo en averiguar si la construcción que ponen en el libro que se estampó en Amsterdam año 1680 sea de Mons. de Vauban, o de su discípulo el Cavallero Cambray; lo cierto es que ahora se fortifican las plazas con este méthodo, no sólo en Francia sino en las demás partes de Europa, donde ay medios para el gasto que a menester».

---

78 LE BLOND: *Elementos de fortificación*, Joaquín Ibarra, Madrid, 1776. Citado por R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, 1991, p. 68.



10.14. Esquemas vaubantianos: *1) Trazado del "tenallón" vaubantiano en el tratado de Cassani de 1705 (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. 2/15086); 2) Construcción de Vauban según* Escuela de Palas *en 1693 (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043); 3) Esquemas del segundo y tercer sistema de Vauban. (Anónimo, Bibliothèque Nationale de Paris.)*

La paradoja de nuestro conocimiento sobre Vauban, e incluso de la idea que sus coetáneos tuvieron de su fortificación, es que su fama y su influencia se apoya tanto o más en las ideas que se le atribuyeron que en las realmente suyas, mucho más geniales e innovadoras, y que casi nadie valoró ni en su época ni incluso en los siglos siguientes. De hecho, y pese a que Vauban aseguraba que «l'art de la fortification ne consiste pas des règles et des systèmes mais uniquement dans le bon sens et l'expérience», sólo algunos de los autores que con más profundidad han trabajado sobre la fortificación francesa[79] han resaltado el valor de las adaptaciones al terreno de sus rea-

[79] N. FAUCHERRE: *Places Fortes, bastion du pouvoir*, París, 1990, p. 47.

lizaciones reales y el poco interés que el propio Vauban tenía por seguir los que supuestamente eran sus propios principios.

VI.2. El tiro parabólico

Siendo la arquitectura militar tan dependiente del desarrollo de la artillería, y habiendo glosado su profunda relación con las matemáticas, sorprenderá al lector que ni en el capítulo dedicado al Renacimiento, en el tomo anterior, ni en éste hayamos dedicado ninguna referencia a Tartaglia, a Galileo o a Newton, y al problema de la ecuación de la trayectoria parabólica del proyectil de artillería. La razón de esto es que, mientras las balas fueron bolas macizas de hierro que no explotaban, la eficacia del tiro "por elevación" fue muy escasa, y todos los diseños de fortificación se basaban en considerar el fuego artillero como una trayectoria recta.

Pero, a finales del siglo XVII, el fuego aéreo mediante bombas explosivas concentrado sobre determinadas partes de la fortificación llegó a ser tan intenso que invalidaba casi todos los principios de defensa hasta ese momento en boga; posiblemente, el propio Vauban se dio cuenta de ello cuando fracasó la defensa que hizo de Namur frente al asalto hispano-holandés, dirigido por el ingeniero holandés Coenhoorn y el español Verboom en 1695, y que Vauban calificó directamente de «manière bestiale d'attaquer»[80].

Y es precisamente cuando todos los tratadistas, y la mayor parte de las obras que se ejecutaban, habían renunciado al uso de casamatas cubiertas que pudieran proteger a los defensores del bombardeo, el momento en el que Vauban postula un método de fortificación que utiliza casamatas, troneras cubiertas, torres acasamatadas e incluso caponeras; que dobla el fuego de flanco con cortinas en tijera y que reivindica el valor de las galerías bajas que barren el foso con fuego de fusilería. Es aquí donde radica la principal innovación del segundo y tercer sistema de Vauban, y no, paradójicamente, en la proliferación de obras exteriores. De esta novedad, que aparece en obras de Vauban de finales del XVII, no se enteraron la mayor parte de los ingenieros y tratadistas de ese siglo y de gran parte del XVIII; y la vuelta de las casamatas y caponeras se ha atribuido a las ideas, mucho más tardías, del marqués de Montalembert.

El tratado de Cassani, que podríamos considerar habitualmente filovaubantiano, contaba, por ejemplo, hablando del flanco de una fortificación, que «en este sitio se construían antiguamente las casas matas, llamadas así porque desde ellas se matava. Eran unos aposentos o casas cubiertas por todas partes con unas troneras, desde las quales se disparava a los enemigos. Estas casas matas ya no están en uso; porque el humo de los fogones impedía enteramente el fin, y en aviendo disparado los primeros tiros era imposible el proseguir, y así todas las obras semejantes, como eran los cofres, y las contraminas, ya no se admiten»[81].

---

[80] P. BRAGARD *et alii*: *Namur en état de siège*, Namur, 2004, p. 63.

[81] CASSANI, *op. cit.*, p. 80.

Y aunque algunos autores anteriores[82] y otros posteriores proyectaron casamatas, no hacerlas era el sentir general y la ortodoxia aceptada.

Pero en España, la crisis del modelo falsamente vaubantiano no fue consecuencia directa de las nuevas ideas de Montalembert. A las críticas habidas a partir de las sugerencias de Lucuze sobre la necesidad de apoyarse en la tradición española se unió una serie de proyectos que o bien recuperaban la idea de las casamatas cubiertas y las caponeras, o bien planteaban la defensa con obras separadas entre sí. Se ha hecho referencia[83] al proyecto de Carlos Cabrer para fortificar Montevideo (Uruguay) en 1780 con pequeños baluartes aislados, en una solución de frente discontinuo. La propuesta de Cabrer, seis años anterior al proyecto de Montalembert para Cherburgo, resultaría ser un precedente de esta descomposición del modelo vaubantiano clásico.

Sin embargo, hay precedentes tan interesantes como los baluartes o bastiones del frente amurallado de Cartagena, entre el arsenal y el castillo de Galeras (1766-71), donde la orografía condiciona y facilita que la cortina sea una mera empalizada sin valor defensivo significativo[84] (ver figs. 10.15.1 y 10.15.2). Antes incluso, y también curiosamente con proyectos del capitán general de Ingenieros Juan Martín Cermeño, ya se había producido un cambio sustancial: en sus trabajos para Zamora y Ciudad Rodrigo encontramos una solución de grandes baluartes con fosos y casamatas interiores, paralelas a las caras y a los flancos, como un segundo baluarte interior, desarrollo de lo proyectado en Figueras, pero definidos casi como fuertes independientes; y, por otro lado, grandes fuertes aislados exteriores que, por su dotación y estructura, no pretenden simplemente entretener al enemigo lejos de la plaza hasta ser abandonados en retirada, y se constituyen por el contrario en la defensa principal del conjunto. Proponía, así, Cermeño en 1766 en Ciudad Rodrigo un proyecto «más útil y más sencillo, excusando el cúmulo de obras exteriores y destacadas que propuso Antonio de Gaver, incurriendo en este mismo defecto que motejaba a don Pedro Moreau, sin que mejorase la idea, ni el ahorro, ni la sustancia»[85].

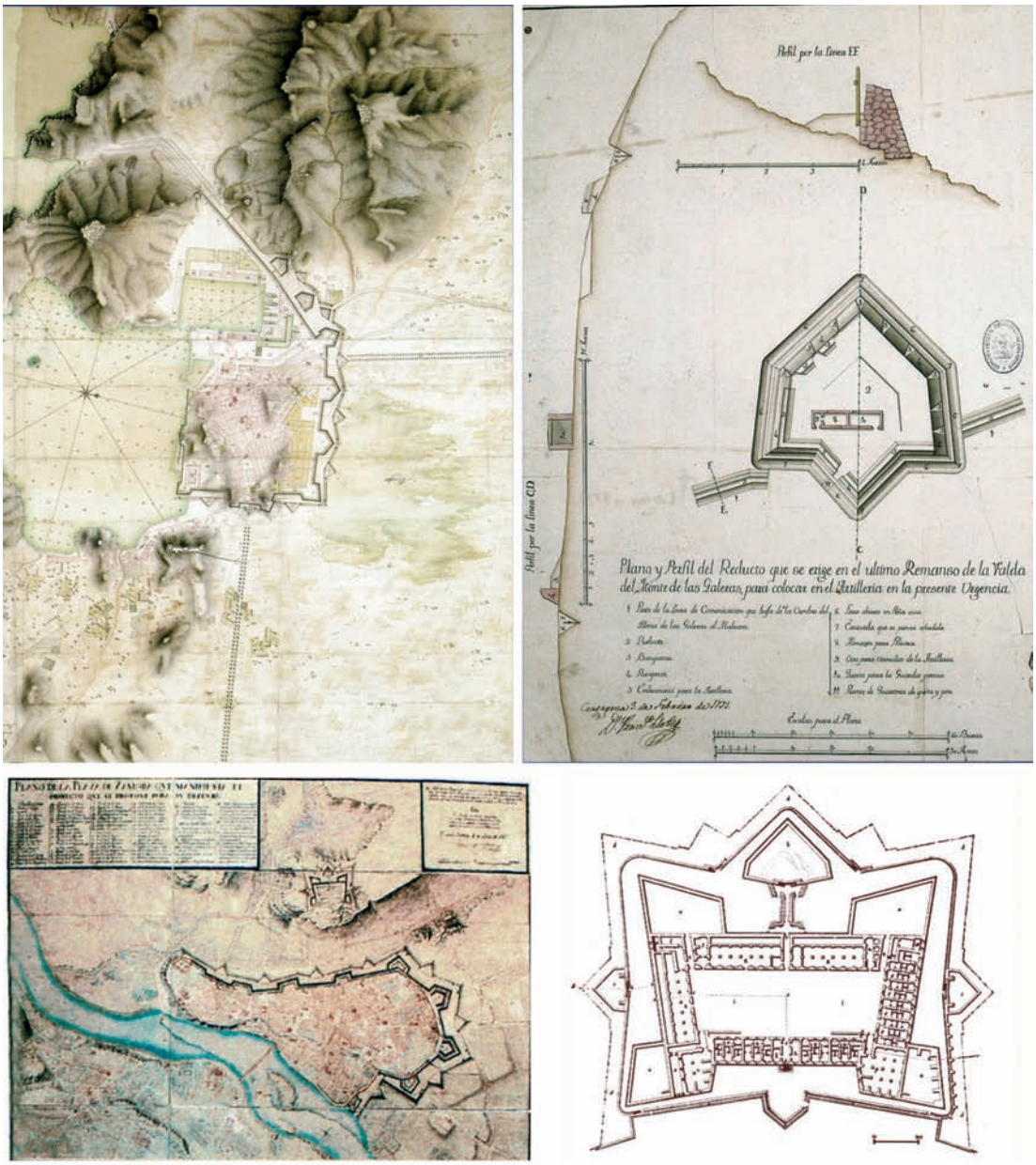
Es probable que complejos sistemas defensivos territoriales como el de Cartagena, el de Orán o el de La Habana optasen por soluciones de fuertes aislados que rompían la concepción unitaria de la defensa clásica. Cuando, a partir de 1763, el ingeniero Silvestre Abarca proyecta y construye el fuerte de San Carlos de la Cabaña en La Habana, para defender la ciudad y el puerto justo por donde más ventaja ganaron los ingleses en su asalto de 1762, su reconocimiento de la imposibilidad de disponer en América de tropas suficientes para hacer salidas y defender obras exteriores (¡qué

82 VILLEGAS, *op. cit.*, p. 250, prefiere casamatas.

83 R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, *op. cit.*, p. 148.

84 Sobre estos proyectos, ver A. INIESTA y J. A. MARTÍNEZ (coords.), 2002.

85 F. COBOS y J. J. de CASTRO, 1998, p. 285.



10.15. Proyectos del ingeniero militar Juan Martín Cermeño: *1) Fragmento del plano general de Cartagena, su arsenal y su puerto, con el proyecto de fortificación, 1766 (Museo Naval de Madrid, E-43-10); 2) Proyecto del ingeniero Llobet para un reducto de artillería en la falda del monte de Galeras, siguiendo el diseño general de Cermeño (Servicio Histórico Militar, 2652-9); 3) Proyecto general de la ciudad de Zamora, 1766 (Servicio Geográfico del Ejército, n.º 341); 4) Fuerte avanzado propuesto para el padrastro de San Francisco, en Ciudad Rodrigo, 1766 (Servicio Geográfico del Ejército, 385).*

razón tenía Richelieu!) ya incluye el juicio crítico sobre Vauban y Coehoorn que reproducíamos al comienzo de este capítulo[86].

Curiosamente, dos de las teorías más usadas para explicar el debate de la fortificación en la segunda mitad del siglo XVIII podrían ser en gran parte falsas, no tanto por la ignorancia de los historiadores modernos como por las ideas equivocadas que sobre Vauban tenían los propios ingenieros del XVIII. La primera de estas ideas enfrentaría en un debate los sistemas de fortificación de Vauban contra Montalembert[87]; un debate que realmente existió (cuando Vauban llevaba muerto 70 años) y que perdió en Francia el propio Montalembert. Sin embargo, las ideas supuestamente vaubantianas que se opusieron a las teorías de Montalembert eran más bien, como hemos visto, el resultado de la depuración del modelo de fortificación del siglo XVII que se extendió a lo largo de todo el XVIII, y que tenía por referente una concepción de la fortificación abaluartada que se consideraba heredera de Vauban sin serlo realmente.

Quizá una clave de este equívoco esté también en la teoría, comúnmente aceptada, sobre el origen de la fortificación de Montalembert y su inspiración en los modelos desarrollados a finales del XV y principios del XVI por diversos ingenieros y, principalmente, por Alberto Durero. No pretendemos negar, sin embargo, el hecho de que las torres, caponeras y bastiones de Durero se parecen mucho a las propuestas de Montalembert, pero también se parecen a las menos conocidas de Vauban; podríamos incluso suponer que el genial pintor alemán influyó por igual en ambos ingenieros, y que la aceptación de las ideas de Montalembert en Alemania ha facilitado que la historiografía alemana relacionara ambos sistemas de fortificación. Sin embargo, y pese a los recientes intentos de demostrar la importante influencia de Leonardo da Vinci en Durero, resulta ahora para nosotros evidente que ambos geniales pintores del Renacimiento tuvieron como referente principal de sus diseños la fortaleza española de Salsas, que Durero cita expresamente[88]. Y es precisamente en Salsas donde el argumento "filogénico" se cierra sobre Vauban.

En la segunda mitad del siglo XVII, tras la Paz de los Pirineos, todo el Rosellón, con la fortaleza de Salsas incluida, pasó a dominio francés, y el propio Vauban realizó una visita de inspección que en buena lógica debiera haber supuesto la destrucción o

---

86 La cita es de ROIG DE LEUCHSENRING: *Los monumentos nacionales de la República de Cuba. Vol. III: Fortalezas coloniales de La Habana*, pp. 200, 205 y 206-274. Ver también A. CÁMARA y F. COBOS: «La experiencia de la monarquía española en la fortificación marítima del Mediterráneo y su proyección en el Caribe», en *Actas del Congreso Internacional «Fortificación y Frontera Marítima»*, Ibiza, 2003. Ed. digital, Ibiza, 2005.

87 MONTALEMBERT, marqués Marc-René de: *La fortification perpendiculaire*, París, 1777.

88 Sobre este tema puede verse F. COBOS: «Los orígenes de la escuela española de fortificación del primer renacimiento», en A. VALDÉS (coord.): *Artillería y fortificaciones en la Corona de Castilla durante el reinado de Isabel la Católica,* Madrid, 2004.

la transformación radical de la vieja fortaleza renacentista de los Reyes Católicos. Sin embargo, el resultado de su informe fue la "restauración" de la fábrica original y su valoración como hito de la historia de la fortificación europea. El informe dice mucho sobre sus verdaderas teorías de fortificación y explica casi mejor que ningún otro documento una temprana –y aparentemente insólita– devoción por las caponeras y casamatas. Dice Vauban de Salsas:

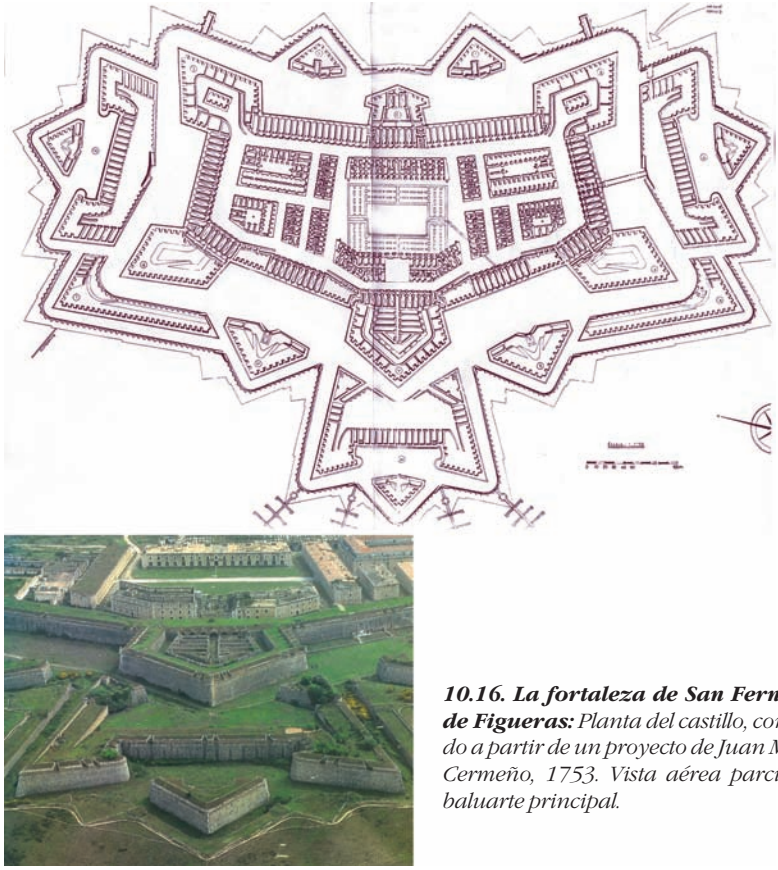
> «se trata de una construcción muy particular compuesta a la antigua manera de fortificar. Y, aunque esté mal flanqueada, hay cinco cosas que la hacen fuerte y buena:
>
> 1.º La masa extraordinaria que excede lo razonable de su revestimiento.
> 2.º La bondad y solidez de los materiales que la componen es tal que pocas fortalezas podrían igualarla.
> 3.º Las casamatas de estas torres muy bien abiertas y conducidas.
> 4.º Las contraminas que reinan alrededor.
> 5.º Su foso grande y profundo».

Se centra asimismo en describir los «elementos exteriores en forma de cruz que también son de masa gruesa de fábrica cuando son casamatados como las torres de la plaza. Estuvieron por delante atados con bellos cofres que fueron demolidos no sé por qué, pero sé que es una lástima porque el fondo del foso, que ahora sólo está visto por la casamata, estuvo muy bien defendido».

Son estas casamatas, y especialmente estos «cofres» o caponeras que pondera Vauban, los que habían caído en desuso desde mediados del XVI, y los que revindicaría Montalembert, supuestamente en contra de las teorías vaubantianas. No era un sistema desconocido, desde luego, y Villegas recordaba en su tratado de 1651 que «los primeros architectos militares, en lugar del refoseto, hazían en el foso seco; al opósito de las puntas de los baluartes unas casamatas quadradas, a que llamavan del foso, eran flanqueadas de los flancos, y de las casamatas de los baluartes opuestos: alojavan en ellas 15 ó 20 mosqueteros, que defendían todo el foso, hasta el ángulo de la contraescarpa, con las frentes todas de los baluartes»[89]. Pero no es menos cierto, desde luego, que casi ningún tratadista defendía su uso en el XVII y mucho menos en la primera mitad del XVIII.

La visión de las raras caponeras que Vauban propone en su tercer sistema cambia radicalmente si se conoce su opinión sobre Salsas. Hoy la fortaleza española se conserva gracias a que el propio Vauban ordenó conservarla sin transformarla (afortunadamente, no pasó por allí alguno de sus supuestos seguidores). Y si la historia de la fortificación del XVIII no puede acabarse sin subrayar el paradójico bucle que se produce cuando Montalembert, aparentemente, se inspira en las soluciones de Durero, en este caso, nos parece mucho más bello, tratándose de la historia de la fortificación española, acabar relatando cómo fue el mismísimo Vauban el que acu-

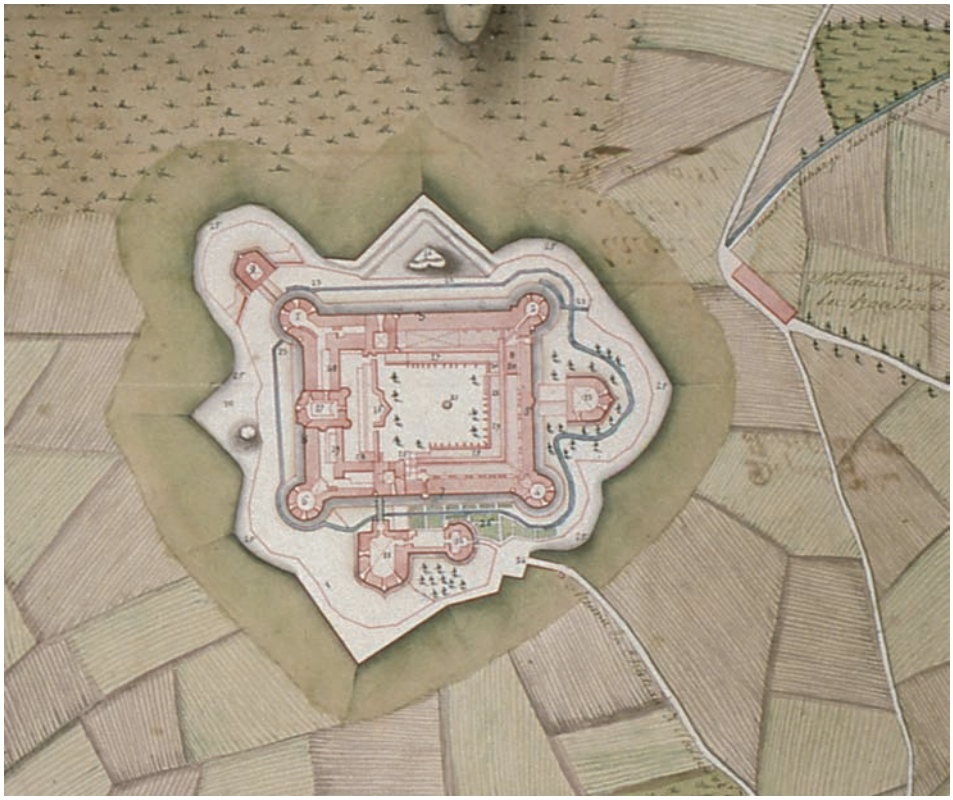
[89] VILLEGAS, *op. cit.*, p. 50.



10.16. La fortaleza de San Fernando de Figueras: *Planta del castillo, construido a partir de un proyecto de Juan Martín Cermeño, 1753. Vista aérea parcial del baluarte principal.*

La fortaleza de San Fernando de Figueras

La que es, posiblemente, la fortaleza más impresionante construida en la España del XVIII, nació con un proyecto de 1753 del capitán general Juan Martín Cermeño. Concebida como fortaleza-tapón de la frontera de Francia, su importante guarnición, que incluía un cuerpo de caballería, debía garantizar que ningún ejército pasase de largo o la cercase sin un gran esfuerzo; por esta razón los elementos de intendencia, como casas o almacenes, y las impresionantes caballerizas y aljibes, fueron diseñados con esmero. La fortaleza, de planta irregular aunque simétrica, se adapta perfectamente a un cerrete que Cermeño eligió expresamente para esta función. La traza no tiene más de dos baluartes iguales, y se dan casi todos los tipos de soluciones según el lugar y la función. Su gran despliegue de obras exteriores, con retiradas muy bien estudiadas y complejos sistemas contramina, se sitúa hacia la parte de Francia y donde la pendiente permite un ataque mejor. En el centro de este frente, un baluarte hueco, con otro baluarte interior y abundantes casamatas para fusilería tanto en el foso interior como en el exterior, dan idea de la dureza del asalto que cabía esperar. Por los otros frentes, un inteligente giro de los lados laterales cortos, y una solución en tijera con un pequeño baluarte en el ángulo del frente posterior, daban resguardo contra el fuego de enfilada y el bombardeo por tiro por elevación a las zonas por las que tanto la caballería como la infantería debían hacer sus salidas.



10.17. La fortaleza de Salsas, al norte de Perpiñán, en 1783. *(Musée de Plans-Reliefs de Paris, C-253.)*

dió a las fuentes originales de Durero, a la fortaleza de Salsas de Ramiro López. Y ante ella, cerrando nuestro particular círculo de estos dos artículos que arrancaban precisamente en Salsas[90], y dándonos de paso otro argumento para considerar la fortificación como el elemento calve de la supervivencia del Imperio español, Vauban escribió:

> «En una palabra, esta plaza ha sido construida por un ingeniero excelente, porque en un espacio muy pequeño encontramos todos los alojamientos, almacenes, acomodos necesarios para el mantenimiento de una potente guarnición, y todo ello construido de tal modo, que una vez debida y correctamente reparada, podemos decir que es un gasto realizado para 100 años»[91].

---

90 F. COBOS, 2004, *op. cit.*

91 *Vauban, Visites des places frontières* (1670-1710), «Mémoire succint pour rendre compte a Monseigneur de Louvoy sur les fortiffications de Pignerol et Roussillon», f. 9-11, Salses, Bibliothèque du Service Historique de l'Armée de Terre, París, Ms. in fol. 33 i.

BIBLIOGRAFÍA

BRAGARD, P., *et alii*: *Namur en état de siège*, Namur, 2004.

BUENO, B. P. Siqueira: *Desenho e desígnio: o Brasil dos engenheiros militares (1500-1822),* Universidad de Sâo Paulo, 2003 (tesis doctoral inédita).

CALABRO, Mateo: *Tratado de fortificación o arquitectura militar. Dado por el capitán de infantería Don Mateo Calabro Ingeniero en segunda de los Reales Ejércitos de Su Majestad y Director General de esta Real Academia de Matemáticas de Barcelona. Abril 1.º de 1733*. Estudio introductorio, notas y glosario por Fernando R. de la FLOR, transcripción de María Isabel Toro Pascua, Salamanca, 1991.

CÁMARA, A. y COBOS, F. (coords.): *Actas del Congreso Internacional «Fortificación y Frontera Marítima»*, Ed. digital, Ibiza, 2005.

CAPEL, H.; SÁNCHEZ, J. E. y MONCADA, O.: *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Barcelona, 1988.

CASSANI, J.: *Escuela militar de fortificación ofensiva y defensiva*, Madrid, 1705.

COBOS, F.: «La formulación de los principios de la fortificación abaluartada", en M. SILVA SUÁREZ (ed.), 2004, pp. 401-438.

— «Los orígenes de la escuela española de fortificación del primer renacimiento», en A. VALDÉS (coord.): *Artillería y fortificaciones en la Corona de Castilla durante el reinado de Isabel la Católica,* Madrid, 2004.

—CASTRO, J. J. de: *Castilla y León. Castillos y Fortalezas*, León, 1998.

—CASTRO, J. J. de y SÁNCHEZ-GIJÓN, A.: *Luis Escrivá, su* Apología *y la fortificación Imperial*, Valencia, 2000.

COLMUTO ZANELLA, G., y RONCAIL, L. (*a cura di*): *Atti del convegno di studi «La difesa della Lombardia spagnola»*, Milán, 2004.

COPPA, A.: «La circulación de ideas a través de los tratados de los ingenieros militares milaneses al servicio de Carlos V y Felipe II», en C. HERNANDO (coord.), 2000.

ENRÍQUEZ DE VILLEGAS, Diego: *Academia de fortificación de plazas y nuevo modo de fortificar una plaza real diferente en todo de todos que se hallan en los autores que desta ciencia y arte escrivieron*, Madrid, 1651.

ESCRIVÁ, L.: *Apología en excusación y favor de las fábricas del reino de Nápoles*. Edición anotada y comentada en F. COBOS, J. J. CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN, 2000.

FAUCHERRE, N.: *Places Fortes, bastion du pouvoir*, París, 1990.

FERNÁNDEZ DE MEDRANO, Sebastián: *El arquitecto perfecto en el arte militar*, Bruselas, 1700.

FLORIANI, Pietro Paolo: *Diffesa e offesa delle piazze*, Macerata, 1630.

GUTIÉRREZ, R. y ESTERAS, C.: *Territorio y fortificación. Vauban, Fernández de Medrano, Ignacio Sala y Félix Prósperi, influencia en España y América*, Madrid, 1991.

HERNANDO, C. (coord.): *Las fortificaciones de Carlos V*, Madrid, 2000.

INIESTA, A. y MARTÍNEZ, J. A. (coords.): *Estudio y catalogación de las defensas de Cartagena y su bahía*, Murcia, 2002.

LE BLOND: *Elementos de fortificación*, Joaquín Ibarra, Madrid, 1776.

LUCA, D. de: «French military Engineers in Malta during the 17th and 18th Centuries», *Melita Historica*, n.º 8, 1988, 1, pp. 23-33.

LUCUZE, Pedro de: *Principios de fortificación, que contienen las definiciones de los términos principales de las obras de Plaza, y de Campaña, con una idea de la conducta regularmente observada en el Ataque, y Defensa de las Fortalezas dispuestos para la instrucción de la juventud militar*, Barcelona, Impr. Thomas Piferrer, 1772.

MINGUET, Pablo: *Juegos de la fortificación*, Madrid, 1752. Edición facsímil a cargo de F. de la FLOR, Madrid, 1988.

MONTALEMBERT, marqués Marc-René de: *La fortification perpendiculaire*, París 1777.

NEGRO, F. y VENTIMIGLIA, C. M.: *Atlante di città e fortezze del regno di Sicilia 1640*, Biblioteca Nacional de Madrid, Mss. 787, y edición facsímil a cargo de N. ARICO, Mesina, 1992.

PARKER, G.: *The Army of Flanders and the Spanish Road 1567-1659*, Cambridge, 1972.

ROIG DE LEUCHSENRING: *Los monumentos nacionales de la República de Cuba. Vol. III: Fortalezas coloniales de La Habana*, pp. 200, 205 y 206-274.

SAMBRICIO, C.: *Territorio y ciudad en la España de la Ilustración*, Madrid, 1991.

SANTANS Y TAPIA, Juan de: *Tratado de fortificacion militar destos tiempos breve e intelegible puesto en uso en estos estados de Flandes*, Bruselas, 1644.

SILVA SUÁREZ, M. (ed.): *Técnica e ingeniería en España. I. El Renacimiento*, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004.

SPITERI, S.: *Fortresses of the knights*, Malta, 2001.

VALDÉS, A. (coord.): *Artillería y fortificaciones en la Corona de Castilla durante el reinado de Isabel la Católica,* Madrid, 2004.

11
Navegación e hidrografía

Manuel Sellés García
Universidad Nacional de Educación a Distancia

Es difícil exagerar el papel de la navegación en la historia de la civilización occidental. A lo largo de la misma, los barcos han constituido el principal –si no el único– soporte de las comunicaciones y del comercio. Fueron indispensables entre continentes e islas, y necesarios en lugares que, aun conectados por tierra, estaban separados por largos y difíciles caminos. Estos caminos se allanaban y acortaban muy notablemente cuando podía emplearse la vela. Todavía hoy, cuando los aviones han terminado por desplazar a los barcos en el transporte de pasajeros, la mayor parte del comercio internacional viaja en las bodegas de los buques. No es de extrañar, pues, que las necesidades de la navegación hayan constituido desde antiguo un factor movilizador de la ciencia y la tecnología.

En el siglo XVIII España había perdido su hegemonía en Europa; pero era una nación marítima y poseía todavía el mayor imperio colonial. Los barcos y el control de sus rutas transoceánicas seguían siendo elementos económica y políticamente vitales. De modo que la consecución y posterior mantenimiento de una Marina de guerra se contaba entre las prioridades más destacadas de los nuevos gobiernos borbónicos.

No es preciso insistir aquí en la crisis en la que se vio sumida España en el siglo XVII, si bien conviene recordar que una de sus consecuencias fue que en general quedó al margen de los logros que supuso la Revolución científica, así como de las iniciativas tecnológicas que, despuntando ya en Inglaterra, conducirían más tarde a la Revolución industrial. En 1713 la paz de Utrecht sancionó el predominio marítimo inglés. Inglaterra consiguió nuevas bases en Gibraltar y en Menorca (esta última se recuperaría en 1783), el privilegio del comercio de negros y un navío de permiso anual para comerciar con las colonias; ventajas estas últimas que aprovechó para realizar un activo contrabando. También amenazaba a las colonias francesas; por ello, a lo largo del siglo XVIII se dio una alianza marítima básica entre Francia y España, cuyas flotas eran individualmente inferiores a la inglesa, pero que, combinadas, podían enfrentarse a ella.

De este modo, cuando, con la llegada de la nueva dinastía borbónica al trono español, se abrió una etapa de reformas que buscaban la recuperación del país, una de las cuestiones más urgentes fue la formación de unas fuerzas navales, pues los

escasos barcos que todavía existían a principios de siglo habían casi desaparecido a consecuencia de la guerra de Sucesión. Pero formar una Marina de guerra prácticamente de la nada, cuando, por otra parte, había una grave escasez de fondos, no era empresa fácil. No se trataba simplemente de conseguir barcos y disponer de tripulaciones, pues en esto no se podía depender del extranjero. Para construir los buques hacían falta buenos astilleros, con personal competente. También, materias primas, como la madera, cuya gestión suponía una política de montes, o como la jarcia y la lona, que eran objeto de fabricación específica. El armamento, los cañones y la pólvora suponían la existencia de explotaciones mineras y de industrias de metalurgia y química. En otro orden de cosas, los barcos requerían tripulación, artilleros, mandos intermedios, como contramaestres experimentados que se encargasen de las maniobras, y pilotos y oficiales preparados, a quienes era preciso dar formación. Por otra parte, los barcos debían navegar, y ahí entraba el pilotaje, particularmente el de altura, para cuyo ejercicio se necesitaban conocimientos especializados y un conjunto de instrumentos cuya fabricación no estaba al alcance de cualquier artesano. Este último es el aspecto que se va a tratar en estas páginas; aunque no por eso se deben perder de vista los demás, pues todos ellos configuran la historia de la navegación española del siglo XVIII, que es mucho más que el análisis del contenido de este o aquel tratado de náutica: es la historia de una política científica y tecnológica (hoy la llamaríamos I+D) que, con sus inevitables vaivenes, trató de establecer –de hecho lo consiguió– una Armada moderna[1].

I

Las técnicas del pilotaje

Hasta el siglo XIX, en la historia de la navegación occidental se pueden distinguir tres etapas. Cada una de ellas corresponde a los escenarios en donde se produjeron las sucesivas expansiones marítimas. El primero fue el Mediterráneo, surcado desde tiempos remotos; más o menos paralelamente se desarrolló una navegación atlántica por las costas occidentales europeas. Aquí se configuró la navegación a estima, que se basaba en el conocimiento del rumbo seguido y de la distancia recorrida por él. El segundo marco fue el Atlántico, surcado primero por los portugueses a lo largo de las costas africanas y atravesado poco después por los españoles para encaminarse a un nuevo continente. En este escenario se introdujo la determinación de la latitud. Finalmente, la posibilidad de conocer directamente la longitud abrió la extensa región del Pacífico. La navegación del siglo XVIII se sitúa entre estos dos últimos marcos[2].

---

[1] Para un estudio general sobre la Marina española del siglo XVIII, véanse J. P. MERINO NAVARRO, 1981, y V. PALACIO ATARD (coord.), 1989.

[2] Para un repaso a estas etapas y a las técnicas e instrumentos empleados, véase M. A. SELLÉS: *Los instrumentos de la navegación,* 1994.

A principios del siglo, las técnicas aplicadas por los pilotos seguían siendo en gran medida las correspondientes al llamado "arte de navegar" ibérico. Éste se configuró como respuesta al desafío que suponía para Portugal y España el establecimiento de sus imperios coloniales. Los primeros viajes de descubrimiento y exploración se realizaron empleando todavía los recursos de la navegación mediterránea y noratlántica. Logrado esto, lo que importaba era que acto seguido estos viajes diesen paso a rutas regulares y seguras que garantizasen, por primera vez a una escala prácticamente mundial, la comunicación y el comercio. Se trataba de recorridos que podían llegar a ser muy dilatados.

Los procedimientos del arte de navegar se plasmaron en los importantes manuales de navegación de mediados del siglo XVI, como el *Arte de navegar* (1545) de Pedro de Medina o el *Breve compendio de la sphera y de la arte de navegar* (1551) de Martín Cortés[3]. Al tornarse rutinarias las navegaciones, los conocimientos de los pilotos, en general, se estancaron en los contenidos de estos manuales, aun cuando no dejaron de producirse nuevos avances que les exigían una capacitación cada vez mayor en matemáticas y en cosmografía. De este modo, no tardaron en ser bastante comunes las quejas de los cosmógrafos acerca de la falta de preparación de los pilotos, y de los pilotos acerca de la falta de experiencia de los cosmógrafos en la práctica de la navegación.

El principal objetivo del pilotaje era marcar diariamente la posición del buque en la carta de navegación, lo que se llamaba "echar el punto". Para ello el piloto debía conocer los llamados "cuatro términos" de la navegación: rumbo, distancia, latitud y longitud; si bien la longitud no se podía determinar directamente, por lo que el procedimiento, en realidad, consistía en fijar la posición mediante la estima (rumbo y distancia) y corregirla con la determinación de la latitud[4].

El rumbo se determinaba mediante el compás o aguja náutica y resultaba de reducir los distintos rumbos por los que, obligado por los vientos, había navegado el barco a lo largo de la jornada. Este rumbo debía corregirse del abatimiento, el ángulo

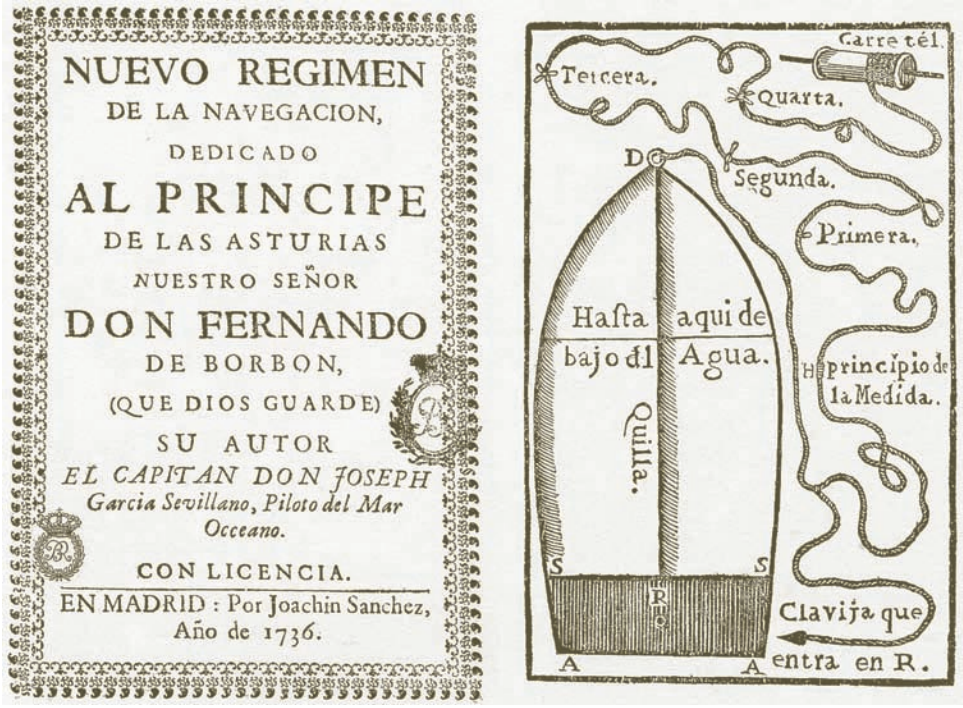
---

[3] Sobre la configuración del arte de navegar puede verse J. M.ª LÓPEZ PIÑERO: *El arte de navegar en la España del Renacimiento*, Barcelona, Labor, 1979. También en esta colección, M.ª I. VICENTE MAROTO: «El arte de navegar y la construcción naval», en M. SILVA (ed.): *Técnica e Ingeniería en España. El Renacimiento*, Zaragoza, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico y Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004, pp. 477-514. Sobre las prácticas del siglo XVII, J. F. GUILLÉN TATO: «La náutica», en *Estudios sobre la ciencia española del siglo XVII*, Asociación Nacional de Historiadores de la Ciencia Española, Madrid, 1935, pp. 461-501.

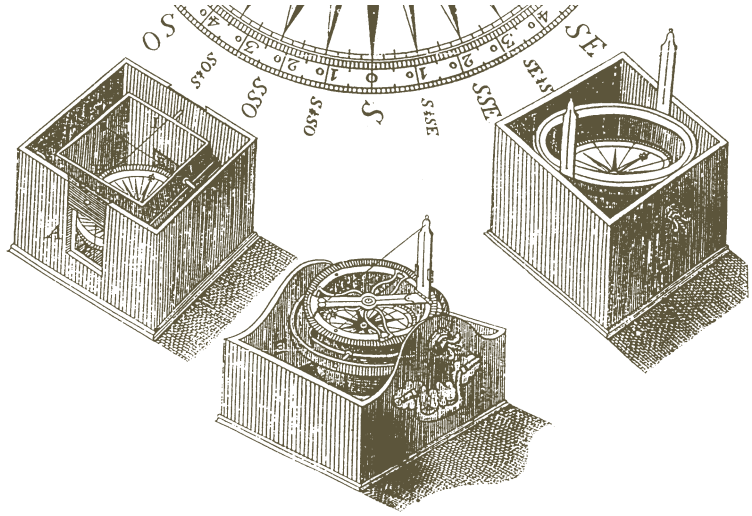
[4] De estas técnicas y de su desarrollo se ocupan todas las historias de la navegación, entre las que cabe citar las de S. GARCÍA FRANCO: *Historia del arte y ciencia de navegar. Desenvolvimiento histórico de "los cuatro términos" de la navegación*, 2 vols., Instituto Histórico de Marina, Madrid, 1947; J. B. HEWSON: *A History of the Practice of Navigation*, Brown, Son & Ferguson, Glasgow, 1951; y E. G. R. TAYLOR: *The Haven-Finding Art. A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook*, Hollis & Carter, Londres, 1956.

que forma la línea de la quilla con la dirección que sigue el buque, y de la llamada "variación de la aguja", que es la declinación magnética, la desviación entre el polo norte magnético y el geográfico, variable con el lugar y con el transcurso del tiempo. Por lo general, para corregir este efecto se observaba la dirección del Sol en el orto y en el ocaso.

La distancia recorrida se estimaba literalmente "a ojo". En 1574 William Bourne introdujo la corredera, una especie de barquilla diseñada para permanecer estable sobre las aguas. Ésta se lanzaba por la borda unida a una cuerda con nudos convenientemente espaciados; el número de nudos largados durante un determinado intervalo de tiempo –por lo general, medio minuto– daba la velocidad del barco en ese momento. Para medir el tiempo se empleaba una ampolleta o reloj de arena. Este procedimiento no comenzó a generalizarse hasta fines del primer cuarto del siglo XVII.



11.1. Corredera de barquilla (Joseph García Sevillano,* Nuevo Régimen de la Navegación, *Madrid, 1736). *Para su empleo, se lanzaba la barquilla al agua, y se iba largando la cuerda, contando los nudos espaciados sobre ella durante el intervalo de tiempo medido por la ampolleta o reloj de arena, generalmente 30 segundos. La velocidad se determinaba en millas náuticas por hora (una milla, 1852,20 m, es la longitud del arco de círculo máximo sobre la esfera terrestre limitado por dos puntos que subtienden un minuto de arco en el centro de la Tierra). Siendo los 30 s 1/120 de una hora, y como el número de nudos contados debía resultar igual al número de millas recorridas por hora, estos nudos debían distanciarse en 1/120 de la milla, es decir, 15,43 m, medida que, como se ve, depende del tamaño de nuestro planeta.*



11.2. Diversos modelos de agujas náuticas empleados para determinar la declinación magnética (J. Juan y Santacilia,* Compendio de Navegación, *Cádiz, 1757). *Para medir la declinación magnética se incorporaba a la aguja náutica (vulgarmente, brújula), un dispositivo para tender la visual a un punto cardinal, para comparar su alineación con la lectura de la aguja. Comúnmente se empleaban el este y el oeste, determinados por los puntos de salida y puesta del Sol.*

La latitud (la altura del polo celeste sobre el horizonte) se determinó inicialmente observando la altura de la Estrella Polar. Dado que ésta no coincidía exactamente con el polo, había que efectuar una corrección que venía explicitada en un conjunto de reglas, conocido como el "regimiento del Norte". Pero el método que pronto se extendió fue el de la medida de la altura del Sol o de alguna estrella a su paso por el meridiano (en el caso del Sol, al mediodía). Para esto se debía conocer su declinación, que en el Sol varía a lo largo del año, por lo que se necesitaba disponer de tablas. Al conjunto de reglas establecido para aplicar la corrección según los casos se le conocía como el "regimiento del Sol". Para observar esta altura se empleó inicialmente un cuadrante graduado provisto de pínulas para guiar la visual, y poco más tarde un círculo completo: el astrolabio náutico. A partir del primer cuarto del siglo XVI se solía emplear la ballestilla, que sería desplazada paulatinamente, aunque no del todo sustituida, por el cuadrante de Davis o "cuadrante inglés", descrito por John Davis en 1581, pues éste sólo se podía emplear en la observación del Sol.

Conocidos los tres términos del rumbo, la distancia y la latitud, tomando dos de ellos se podían echar tres puntos distintos en la carta de navegación: el llamado "de fantasía" (rumbo y distancia), el de "escuadría" (rumbo y latitud) y el de "fantasía y altura" (distancia y latitud). Por lo general, estos puntos no acababan de coincidir, y el piloto debía decidir otorgar mayor confianza a uno u otro; para esto los manuales de navegación también daban una serie de consejos.

Las primeras cartas de navegación, conocidas como "cartas portulano", surgieron en el contexto del Mediterráneo. Estaban adaptadas a la navegación a estima (rumbo y distancia) y se hallaban entrecruzadas por una urdimbre de líneas de rumbo que servían de guía. Cuando, con las navegaciones por el Atlántico sur, se introdujo la determinación de la latitud, surgieron las cartas llamadas "planas", "cuadradas" o "de grados iguales", que comenzaron a usarse a principios del siglo XVI. En éstas los paralelos y los meridianos se representaban, respectivamente, por un entramado de líneas paralelas equidistantes. Dado que, siendo la Tierra esférica, los meridianos coinciden en los polos, esta representación era incorrecta: el tamaño de los grados de longitud se mantenía constante en la carta, siendo así que éste disminuye gradualmente al aproximarse a los polos. De modo que las líneas de rumbo no se representaban en ellas por líneas rectas. Sin embargo, sobre el entramado de paralelos y meridianos se superponía la urdimbre de líneas de rumbo propia de las cartas portulano. Para manejarse con este tipo de cartas había que corregir las medidas de distancia tomadas sobre la carta en función de su latitud.

En 1569 el geógrafo flamenco Gerhard Kramer, conocido como Mercator, presentó una proyección cartográfica en la que los rumbos se representaban por líneas rectas. El precio a pagar era que los grados de latitud –la distancia entre los paralelos– se separaban progresivamente en la carta al aproximarse a los polos, deformando las distancias, cosa que había que corregir convenientemente. Hecho esto, las cartas de Mercator, llamadas entonces "esféricas", se podían emplear con seguridad. Estas nuevas cartas fueron presentadas a los navegantes por Edward Wright en un libro titulado *Certain errors in navigation* (1599), pero su difusión fue lenta; en las primeras décadas del siglo XVIII los manuales españoles todavía insistían en la conveniencia de su uso.

Por último, otros cambios significativos tenían que ver con los procedimientos de cálculo. Tradicionalmente, los pilotos aprendían las operaciones a realizar como un conjunto de reglas, y resolvían los problemas geométricamente, transportando las medidas con el compás a las escalas que figuraban en las cartas. A fines del siglo XVI surgió, con el empleo de tablas que daban los valores de las distintas funciones trigonométricas, la llamada "navegación aritmética". Poco más tarde, con la invención de los logaritmos por Napier en 1614, se introduciría una navegación logarítmica. En la segunda mitad del XVII estos nuevos procedimientos habían invadido el desempeño del pilotaje. La principal consecuencia era que ya no bastaban las reglas aprendidas ciegamente de memoria: los pilotos debían tener una formación en matemáticas y cosmografía que les permitiese comprender los problemas y resolverlos así adecuadamente[5].

[5] Los procedimientos de la navegación a principios del siglo XVIII en España y su posterior evolución a lo largo de dicha centuria se estudian en M. A. SELLÉS: *Navegación astronómica...,* 2000.

II

La creación de una Armada: la Academia de Guardias Marinas

A principios del siglo XVII comenzaron a oírse en España voces pesimistas sobre el decaimiento de la navegación, que acompañaba a la situación desfavorable en la economía, la política y la cultura en la que se sumió el país. Un siglo después de publicado, todavía se seguía empleando un manual resumido que escribió el cosmógrafo Rodrigo Zamorano en 1581. Las enseñanzas en la Casa de la Contratación decayeron y la navegación se estancó, algo que fue denunciado por el almirante Pedro Porter y Casanate en un libro titulado *Reparo a errores de la navegación española* (1634)[6].

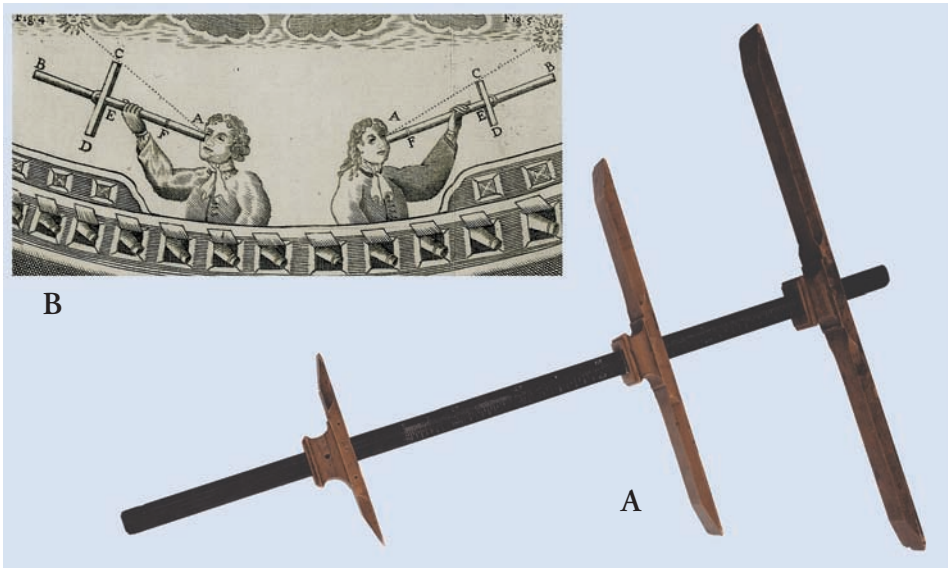
Al llegar al trono Felipe V había escasez de pilotos, y la mayoría de ellos tenían una formación insuficiente y anticuada. No constituía el pilotaje, sin embargo, la primera preocupación del momento, sino la reorganización de las fuerzas navales, que pasaba por la constitución de una Armada permanente. Ésta requería de un cuerpo de oficiales de carrera, y para su formación se estableció en Cádiz, en 1717, una Compañía y Academia de Guardias Marinas. Para ella se buscaba reclutar a jóvenes de una nobleza baja, que estuviesen dispuestos a ascender socialmente siguiendo con provecho la profesión de las armas y a quienes se enseñaría danza, esgrima, artillería, construcción naval, maniobra, fabricación y uso de instrumentos náuticos y matemáticas; dentro de esta última materia se impartirían clases de aritmética, geometría y trigonometría, que en el caso de los cadetes mejor dispuestos podrían complementarse, según su inclinación, con otras de cosmografía, hidrografía, náutica o fortificación militar. También se preveía un período de embarque durante el cual los pilotos del buque se encargarían de las enseñanzas prácticas[7].

Al abrirse el siglo XVIII había en España dos instituciones en las que se enseñaba la navegación. Una era la Casa de la Contratación, aunque por entonces el único cargo ocupado era el de Piloto Mayor, desempeñado por Francisco de Orbe. Otra, el Colegio de San Telmo de Sevilla, establecido en 1681 para formar a niños huérfanos, cuya enseñanza había sido inicialmente confiada a los cosmógrafos de la Casa de la Contratación, y donde desde 1701 daba clases únicamente un antiguo colegial, Pedro Manuel Cedillo. Reformada la Casa de la Contratación al ser trasladada a Cádiz, Francisco de Orbe pasaría a ser director de la Academia, y poco después, en 1722, se con-

---

6 Véase S. BERNABÉU ALBERT: «El Almirante Pedro Porter y los errores de la navegación en el siglo XVII», en M. ESTEBAN PIÑEIRO *et alii* (eds.): *Estudios sobre historia de la ciencia y de la técnica. IV Congreso de la SEHCT*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 1988, 2 vols., vol. 2, pp. 651-663.

7 Las vicisitudes de la Academia de Guardias Marinas se analizan en LAFUENTE y SELLÉS: *El Observatorio de Marina de Cádiz (1753-1831)*, 1988.



11.3. Ballestilla: *a)* ***Ejemplar del Museo Naval de Madrid (inv. 1289);*** *b)* ***Empleo según J. González Cabrera,*** **Navegación Especulativa y Práctica,** ***Manila, 1734.*** *La ballestilla constaba de una vara graduada (la "flecha") sobre la que podía deslizar un travesaño ("sonaja") de longitud proporcionada a la observación, por lo que a la flecha le solían acompañar varias sonajas (por lo general, tres). Para emplear el instrumento se situaba el ojo en un extremo de la flecha, y se movía la sonaja de tal modo que las visuales tendidas por sus extremos apuntasen, respectivamente, al horizonte y al astro; en tal situación, la flecha se encontraba sobre la bisectriz del ángulo formado por el horizontre y el astro, con vértice en el ojo del observador.*

trataría a Manuel Cedillo, quien le sucedería en el puesto, como interino en 1724 y oficialmente cuatro años después, ocupándolo hasta mediados del siglo[8].

Cedillo publicó dos libros que buscaban difundir los nuevos procedimientos que en el siglo anterior se habían introducido en la navegación: *Compendio de la arte de Navegación* (Sevilla, 1717) y *Trigonometría aplicada a la navegación, assí por el beneficio de las tablas de los Senos, y Tangentes Logaríthmicas; como por el uso de las dos Escalas Plana, y Artificial* (Sevilla, 1718); mucho más adelante, cerca del final de su vida activa, publicó un *Tratado de la Cosmographía, y náutica* (Cádiz, 1745). Aunque no conviene apresurarse a la hora de considerar los contenidos de estas obras como la materia correspondiente a las enseñanzas impartidas a los guardias marinas. Sin duda, las lecciones, que se dictaban y copiaban en clase debieron de ser algo más modestas.

[8] Sobre la historia de la Casa de la Contratación, el estudio clásico es el de J. PULIDO RUBIO: *El Piloto Mayor de la Casa de Contratación de Sevilla. Pilotos Mayores, Catedráticos de Cosmografía y Cosmógrafos*, Sevilla, 1950. Sobre el Colegio de San Telmo, M. BABÍO WALLS: *El Real Colegio Seminario de San Telmo, 1681-1981. Bosquejo de su fundación*, Sevilla, 1981.

11.4. Cuadrante de Davis: *1)* ***Ejemplar del Museo Naval de Madrid (inv. 1.239);*** *2)* ***Empleo, según Andre Wakeley,*** **A Agulha de Marear Rectificada,** ***Londres, 1762.*** *El instrumento fue descrito por John Davis en su* The Seaman's Secrets *(1581). Los dos arcos sumaban 90° –de ahí el nombre de cuadrante– y solían dividirse en 30° y 60°.*

En términos más generales, se puede considerar que, en el terreno de la navegación, la primera mitad del siglo fue una etapa de recuperación de saberes. Precedidos por el *Norte de la navegación hallado por el Cuadrante de Reducción* (Sevilla, 1692) de Antonio de Gaztañeta Iturribalzaga, y junto con los libros de Cedillo, cabe alinear los de algunos otros autores escritos con el mismo propósito. Tales fueron el *Tratado de Navegación theórica, y práctica* (Sevilla, 1749) de su sucesor en el Colegio de San Telmo, Juan Sánchez Reciente; de la *Práctica de la Navegación* (Madrid, 1732) del Alférez de Fragata Blas Moreno y Zavala; de la *Navegación especulativa y práctica* (Manila, 1734) del Almirante y Piloto Mayor de la Carrera de Filipinas José González Cabrera Bueno; o del *Nuevo Régimen de la Navegación* (Madrid, 1736) del capitán José García Sevillano[9]. El proceso culminaría con la publicación de las *Lecciones náuticas* (1756) redactadas por el capitán de fragata Miguel Archer, profesor de una escuela en Bilbao, que constituía ya una obra plenamente actualizada.

Esta recuperación no se llevaría a cabo sin algunas resistencias dentro del colectivo de los pilotos, donde se llegó a motejar de «senistas» a los partidarios de los nuevos métodos, llegándose incluso en algún caso a reputarlos de perjudiciales en la práctica. Probablemente esta actitud, que no dejaron de compartir muchos oficiales de la Armada, sirvió para reforzar la natural renuencia de los jóvenes cadetes de la Academia a profundizar en sus estudios. Por otra parte, pronto se escucharon quejas de los pilotos –que seguían siendo civiles contratados por la Marina para embarques concretos– acerca de la intromisión en sus funciones de los jóvenes oficiales. Tampoco faltaron quejas desde la Armada por la insuficiente formación de los pilotos. Y, para redondear el panorama, hay que mencionar también los conflictos de autoridad entre los mandos de la Compañía y el profesorado de la Academia, inevitables en una doble institución cuyo reglamento no vertebraba los escalafones de las estructuras castrense y docente. Las Ordenanzas de Marina de 1748 vendrían finalmente a organizar este y otros ramos de la joven Armada, estableciendo además escuelas de pilotos propias de la Marina. Coincidiendo con esta iniciativa, por otra parte, se iba a llevar a cabo una importante renovación en la institución gaditana de la mano de Jorge Juan y Santacilia.

III

Marina y ciencia: la etapa de Jorge Juan

Cuando, como consecuencia de la polémica que se desencadenó acerca de la verdadera figura de la Tierra –si achatada por los polos o por el Ecuador–, la Academia de Ciencias francesa se dirigió al gobierno español solicitando permiso para que una expedición científica pasase a América con el fin de medir un grado en las proximi-

[9] Sobre los contenidos de estas obras, véase M. A. SELLÉS, *op. cit.*, cap. 1.

dades del Ecuador, el intendente de Marina José Patiño aprovechó la ocasión para adjuntar a la misma a dos guardias marinas. Los seleccionados fueron Jorge Juan y Antonio de Ulloa, quienes participaron en pie de igualdad con los académicos franceses en las operaciones; finalizadas éstas, regresaron a España habiendo adquirido una buena formación científica[10].

Al retorno de Juan y Ulloa la situación había cambiado. La política fundamentalmente dinástica de Felipe V, quien había buscado recuperar las posiciones europeas perdidas en Utrecht, no se había compadecido de la situación del país, sumiéndolo en constantes conflictos bélicos, con lo que retrasó su recuperación. Pero cuando en 1746 ascendió al trono Fernando VI, buscó retirarse de las contiendas, firmando en 1748 la paz de Aquisgrán, a la que sucedió un período de once años de tranquilidad. Fallecido Patiño en 1736, la cúspide política la ocupaba entonces Zenón de Somodevilla, marqués de la Ensenada, quien desde 1743 se encargaba de la Secretaría de Estado y de los Despachos de Guerra, Marina, Indias y Hacienda. Francófilo y partidario de una neutralidad armada, Ensenada contaba entre sus principales proyectos el refuerzo y desarrollo de la Marina de guerra, que pasaba, entre otras cosas, por la nueva reglamentación dada en las ya citadas Ordenanzas de 1748, el establecimiento, en los tres departamentos marítimos creados por Patiño, de arsenales y astilleros y el relanzamiento de la construcción naval.

Juan y Ulloa, inicialmente poco atendidos a su retorno, despertaron la atención del todopoderoso ministro, quien los vinculó a sus proyectos. Pronto salieron de España con sendas misiones de espionaje científico e industrial: Juan a Inglaterra, Ulloa a diversos países europeos. El primero estaba particularmente encargado de la construcción naval, debiendo recoger noticias y procurar con reserva la contratación de técnicos ingleses para que trabajasen en los arsenales[11]. De esa época data su proyecto de elaborar una obra sobre construcción naval basada en fundamentos científicos, y el importante giro que imprimiría a la Academia de Cádiz, cuya Compañía de guardias marinas pasaría a dirigir. En el primer caso el trabajo culminaría con la publi-

---

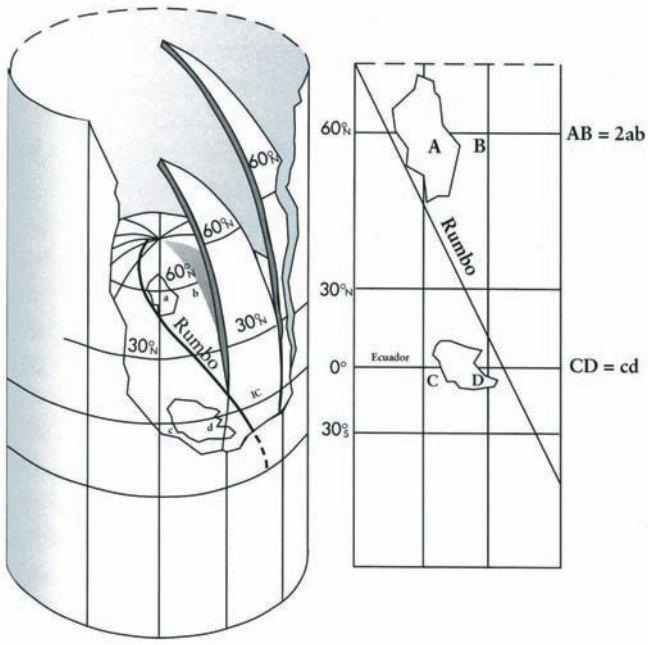
[10] A su retorno, Juan y Ulloa publicaron las *Observaciones astronómicas, y physicas hechas de orden de S. Mag. En los reynos del Perú... de las quales se deduce la figura, y magnitud de la Tierra, y se aplica a la navegación* (Madrid, 1748), así como la *Relación histórica del Viaje a la América Meridional hecho de orden de S. M. para medir algunos grados de Meridiano Terrestre, y venir por ellos en conocimiento de la verdadera Figura, y Magnitud de la Tierra, con otras varias Observaciones Astronómicas* (Madrid, 1748); también redactaron unas *Noticias secretas de América* con información reservada. Los detalles de esta expedición se estudian en A. LAFUENTE y A. MAZUECOS: *Los caballeros del punto fijo: ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al Virreinato del Perú en el siglo XVIII*, Serbal/CSIC, Barcelona, 1987. Sobre los detalles técnicos, A. LAFUENTE y A. DELGADO: *La geometrización de la Tierra (1735-1744)*, CSIC, Madrid, 1984.

[11] Sobre estas comisiones, véase A. LAFUENTE y J. L. PESET: «Política científica y espionaje industrial en los viajes de Jorge Juan y Antonio de Ulloa (1748-1751)», *Mélanges de la Casa de Velázquez*, 17 (1981), pp. 233-262; en el volumen III de esta colección, cap. 1, J. HELGUERA QUIJADA: «Inmigración tecnológica».

cación de su influyente *Examen Marítimo Theórico Práctico, o Tratado de Mechánica aplicado a la Construcción, Conocimiento y Manejo de los Navíos y demás Embarcaciones*, que se publicó en dos volúmenes en 1771. En el segundo, inauguró una nueva política docente.

A Juan le habían acompañado a Londres dos guardias marinas, con el encargo de perfeccionar su formación académica; la idea era que, logrado esto, uno de ellos permaneciese allí como tutor de un nuevo cadete, formando así una cadena ininterrumpida de pensionados. Pero, tal como advirtió Juan al marqués de la Ensenada, no existían allí instituciones o personas que impartiesen tales enseñanzas. Propuso, en cambio, invertir el dinero que se iba a emplear en esto en instrumentos destinados al establecimiento de un observatorio astronómico en la Academia, y encargarse allí de la formación de nivel superior que se buscaba. Como consecuencia nació, en 1753, el Observatorio de Marina.

El Observatorio contaba con un instrumento destacado, un cuarto de círculo mural de seis pies de radio construido por el conocido instrumentista John Bird, lo que, unido a otros de menor entidad pero similar calidad, lo convertía en uno de los



11.5. Proyección de Mercator (adaptada de Thomas Wright,* Certaine Errors in Navigation, *Londres, 1599). *En la proyección de Mercator, empleada en las cartas llamadas en la época «esféricas», «de grados crecidos» o «de latitud crecida», la separación entre los paralelos va aumentando progresivamente hacia los polos, de modo que las líneas de rumbo constante, que sobre la esfera son espirales, se representen en la carta por líneas rectas. Como se puede apreciar en la figura, esto se consigue a costa de una distorsión en las distancias, tanto mayor cuanto mayor es la latitud.*

observatorios mejor dotados de Europa, de entre los que ocupaba la posición más meridional[12]. Si bien no resta apenas información acerca su primera andadura, existe alguna referencia a la puesta en posición de los instrumentos –lo que en astronomía se denomina "calado"– a través de las memorias leídas en una asamblea informal que formó Jorge Juan, con el nombre de "Asamblea amistoso-literaria", integrada por algunos profesores de la Academia, cuyo elenco docente se había renovado. En particular, Juan buscó como director a Louis Godin, académico francés que había encabezado la expedición al Ecuador[13]. También de esta época datan dos proyectos de Juan, la constitución de una Academia de Ciencias en Madrid según el modelo francés y la elaboración, empleando el mismo método de triangulación geodésica del que se habían servido en América para medir el arco de meridiano, de un moderno mapa de España[14].

En la renovación de las enseñanzas náuticas introdujo importantes novedades. Las Ordenanzas de 1748 establecían un reforzamiento de la formación teórica de los cadetes en matemáticas, mecánica y astronomía. Las enseñanzas de navegación, que en la etapa anterior habían ocupado un lugar relativamente poco destacado en el plan de estudios –no se trataba entonces de formar pilotos–, pasaban ahora a primer plano. Esta reforma, sin embargo, no suponía una renovación metodológica: las lecciones debían seguir dictándose y copiándose al modo tradicional, y las enseñanzas matemáticas se limitaban a lo imprescindible para resolver los problemas de la navegación. Juan introdujo el empleo de libros de texto redactados por el profesorado de la Academia y una nueva racionalidad con el estudio de los fundamentos matemáticos de las distintas materias. Fue este último un paso importante, pues supuso el abandono del recurso a la memorización de reglas y procedimientos de cálculo para la resolución de los problemas a favor del planteamiento de éstos desde los primeros principios. Tal como escribió en el prólogo de su *Compendio de Navegación para el uso de los Cavalleros Guardias-Marinas* (1757), exponía el pilotaje «disponiéndole según V. ms. lo necesitan, excusando lo ya enseñado en otros Tratados, e incluyendo la razón y demostración de cuanto se practica, aun de las menudencias más triviales, a fin de que en cualquier ocasión, no servilmente, sino como necesita hacerlo un Oficial, puedan V. ms. exponer sus dictámenes con el mayor acierto». Pese a su orientación docente, el *Compendio* contenía algunas novedades, como un detallado estudio

12 Sobre este utillaje y la andadura del Observatorio, véase A. LAFUENTE y M. A. SELLÉS: *El Observatorio...*, *op. cit.,* pp. 135 y ss.

13 Si bien ésta se conoce en la actualidad como la "expedición La Condamine", nombre de otro de los académicos que tomó parte en ella.

14 Sobre dichos proyectos, J. M.ª TORROJA: «Jorge Juan y los antecedentes de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales», *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, 67 (1973), pp. 16 y ss. Su proyecto del mapa de España se encuentra en las *Memorias del Depósito Hidrográfico*, 1 (1809), pp. 143-145.

del octante de Hadley y de sus errores, un instrumento que Ulloa y él mismo habían descrito por primera vez en castellano en su *Relación histórica del viaje a la América meridional*[15].

Jorge Juan, sin embargo, quería llegar más lejos, formando con mayor profundidad a algunos cadetes y marinos de especial aplicación y convirtiendo a la que ya era Academia y Observatorio de Guardias Marinas en el centro científico de la Armada, del que hasta el momento ésta había carecido. Allí se formaron, por ejemplo, Nicolás Guerrero, Vicente Doz y José Solano, quienes en 1754 participarían en la expedición destinada a demarcar los límites entre las posesiones americanas de España y Portugal. También introdujo el estudio del cálculo infinitesimal, puesto de manifiesto en los certámenes públicos establecidos por las ordenanzas y a los que concurrieron los cadetes más adelantados a partir de 1753.

Poco tiempo, sin embargo, residió Juan en Cádiz, movido por diversos encargos, entre los que destaca la dirección del nuevo programa de construcción naval. Estas ausencias, unidas a los viajes de Godin a París en busca de su reivindicación como académico, paralizaron las actividades del Observatorio[16]. Por otra parte, la caída del marqués de la Ensenada en 1754 había supuesto la pérdida de favor de Juan. De modo que el Observatorio quedó desatendido, y la labor de Juan no tuvo la necesaria continuidad. En 1769 los guardias marinas serían trasladados a la vecina población de San Fernando, junto con el resto de las dependencias del Departamento marítimo, estableciéndose allí la Academia y quedando el Observatorio aislado en la antigua ubicación de Cádiz. Tampoco, por otra parte, cuajaron los proyectos de fundación de una Academia de Ciencias y del mapa de España que había elaborado Juan.

Entre tanto, en 1759, Carlos III había ocupado el trono, y se abría un nuevo período de hostilidades con la participación en la guerra de los Siete Años, finalizada en 1763 con la pérdida de las colonias francesas en América y la consolidación de la supremacía naval inglesa en el Atlántico. Un nuevo período bélico se inició en 1779, con la intervención de España en la guerra de emancipación de las colonias inglesas de América, concluida en 1783. En 1770 Jorge Juan había sido nombrado director del Seminario de Nobles de Madrid, tras haber visto en 1765 cómo su programa de construcción naval se veía sustituido por el modelo francés, al que siempre había criticado.

Como se ha dicho, no fueron tiempos muy brillantes en el terreno de las actividades científicas, que no se vieron alentadas aunque resultaban a veces políticamente necesarias, como cuando, con ocasión de la observación del tránsito de Venus por

---

15 Tanto el contenido del *Compendio* de Juan como las enseñanzas impartidas en esta época en la Academia se repasan en M. A. SELLÉS: *Navegación astronómica...*, *op. cit.*, 2000, cap. 2.

16 Fallecido Godin en 1760, le sucedió en el cargo, hasta 1768, Gerardo Henay, profesor de matemáticas contratado por Juan para la nueva etapa y persona de su confianza, el cual, al parecer, no se hallaba particularmente interesado en la práctica de la astronomía; a éste le sucedió un marino, Vicente Tofiño.

el disco solar de 1769, se comisionó a dos marinos, Vicente Doz y Salvador Medina, para acompañar a California al abate Chappe. También hubo que recibir a las expediciones francesas destinadas a probar los nuevos métodos para la determinación de la longitud: sucesivamente recalaron en Cádiz, donde debían hacer observaciones, las dirigidas por Cassini (1768-69), Fleurieu (1768-69) y Verdun, Borda y Pingré (1771-72). Este contacto estimuló a Tofiño a reanudar las actividades en el Observatorio, desplazándose allí intermitentemente con José Varela, también profesor en la Academia, entre 1773 y 1776. Sus resultados se publicaron con el título de *Observaciones astronómicas hechas en Cádiz, en el Observatorio Real de la Compañía de Cavalleros Guardias Marinas* (2 vols., 1776-1777). Pero su trabajo quedó interrumpido por orden del comandante de la Compañía de Guardias Marinas, quien justificó su decisión alegando que sus ausencias en Cádiz perjudicaban las actividades de la Academia. Merece la pena anotar que José Varela fue nombrado en 1781 para dirigir una nueva expedición destinada a determinar, tras el Tratado de El Pardo de 1778, los límites entre las posesiones coloniales portuguesas y españolas en América.

Posiblemente, tal interrupción de las observaciones no fue arbitraria. A lo largo de esos años la construcción naval proseguía, y se dejaba sentir con cada vez mayor urgencia la necesidad de contar con más oficiales, lo que había inducido a acortar el período de enseñanzas y obligó finalmente a crear en 1776 nuevas academias de guardias marinas, dependientes de la de Cádiz y, por consiguiente, bajo la dirección de Tofiño, en los otros dos departamentos marítimos. Esto no supuso, sin embargo, modificaciones en los estudios, en los que se empleaban sólo dos años, cuando Jorge Juan había conceptuado necesarios siete[17].

IV

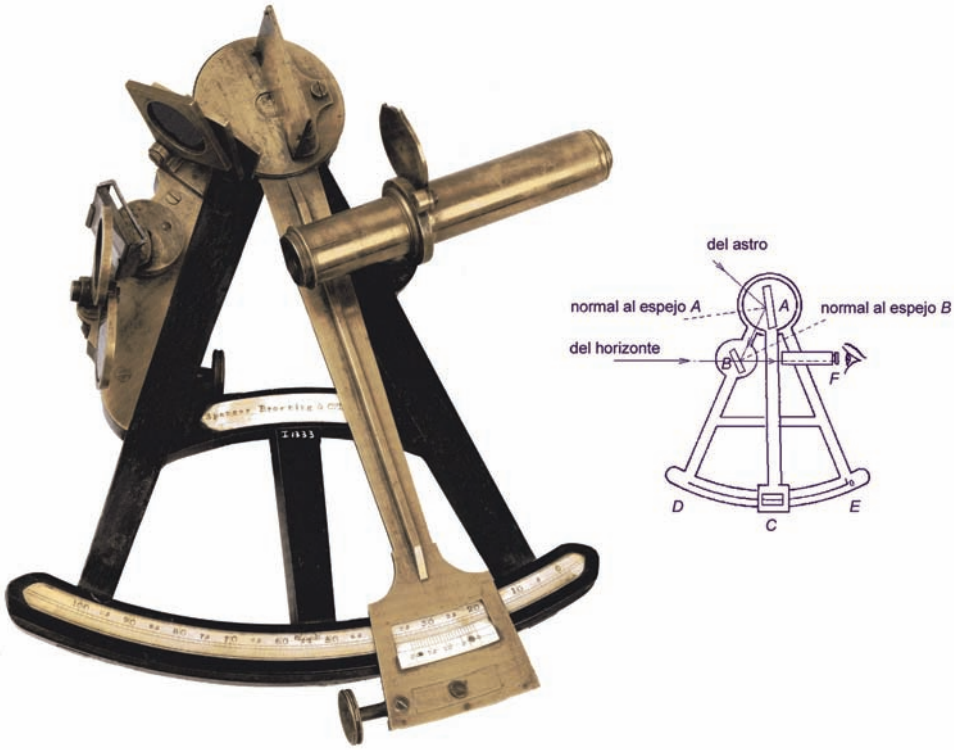
Las escuelas de pilotos

Hasta el primer tercio del siglo XVIII, la Armada contrataba, en cada ocasión, a los pilotos empleados en sus barcos. Encontrar buenos pilotos no era cosa sencilla, pues en los buques de la Armada su situación, como civiles sin ningún tipo de mando, posibilitaba que los oficiales se inmiscuyesen en su tarea; cuando menos, esto era lo que los pilotos hacían notar en sus quejas. En 1734 se decidió contratar a una dotación fija de pilotos, que cobrasen un sueldo aun hallándose desembarcados, pero esto no resolvió los problemas. Así, las Ordenanzas de 1748 establecieron la creación de un Cuerpo de Pilotos de la Armada, colocándolos en el grado más alto de los oficiales de mar[18].

---

17 Debe tenerse en cuenta que, a su ingreso, sólo se exigía a los cadetes saber leer y escribir y la aritmética más elemental.

18 Estas y otras cuestiones se abordan en M. A. SELLÉS y A. LAFUENTE: «La formación de los pilotos en la España del siglo XVIII», en J. L. PESET *et alii: La ciencia moderna y el nuevo mundo*, CSIC y Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, Madrid, 1985, pp. 149-191.



11.6. Octante de Hadley: *1)* ***Ejemplar fabricado por Spencer Browning, Londres (Museo Naval de Madrid, inv. 11333);*** *2)* ***Empleo del octante: en el instrumento, el espejo B se halla semiplateado, y el espejo A es arrastrado por el brazo AC.*** *La luz del astro incide sobre A, convenientemente situado, y es reflejada hacia B, y de allí a un pequeño anteojo F; desde F también se observa, a través de la mitad no plateada de B, el horizonte. Para determinar la altura de un astro, pues, hay que girar el brazo hasta que a través del anteojo se vea que coinciden la imagen del astro y el horizonte. Entonces su altura viene marcada en la escala por el extremo de AC, dotado de una escala de vernier.*

El nuevo Cuerpo estaba dirigido por el Piloto Mayor de la Armada, con sede en Cádiz, ayudado por dos directores de pilotos en los otros dos departamentos marítimos. Éstos, al menos sobre el papel, asumían las funciones de recopilación de datos y elaboración de cartas que antaño desempeñaban los cosmógrafos de la Casa de la Contratación. En cuanto al Cuerpo en sí, estaba compuesto por pilotos primeros, pilotos segundos y pilotines, que debían formarse en las escuelas que se establecerían en cada uno de los departamentos. En ellas se enseñaría la navegación desde un punto de vista práctico excusando, salvo en el caso de los ya impuestos en ella, el estudio de los principios teóricos, y aun a éstos se les debían enseñar de forma muy somera. Subordinados los pilotos a los oficiales de la Armada, se deseaba reflejar tal subordinación en el alcance de los conocimientos.

En las décadas siguientes, el libre comercio se fue concediendo a una serie de puertos españoles. Esto supuso un aumento en la demanda de pilotos particulares, lo que llevó a abrir algunas escuelas, que comenzaron a proliferar en la última década del siglo. En 1786 el Ministerio de Marina asumió el control de las enseñanzas en todas estas escuelas, incluyendo el Colegio de San Telmo y otro similar creado en Málaga, y en 1790 se dictó un plan de estudios uniforme para todas ellas, que sería impartido necesariamente por pilotos de la Armada. El plan, ya casi finalizado el siglo, incluiría los nuevos métodos de determinación de la longitud por cronómetros y por distancias lunares, que se comentarán en el siguiente apartado, y que complementarían el texto básico, que sería el *Compendio* de Jorge Juan.

El proceso se remataría con la redacción de un texto obligatorio, el *Curso de Estudios elementales* de Marina, cuya elaboración se encargó a Gabriel Císcar. La obra constaba de cuatro tratados (Aritmética, Geometría, Cosmografía y Pilotaje), que se publicaron en 1803; su enseñanza fue declarada obligatoria en 1805, y en tal ocasión Císcar complementó el *Curso* con una *Exposición* en la que detallaba el método a seguir en su docencia. El *Curso* conoció varias reediciones, la última en 1873.

V

La resolución del problema de la longitud

Conseguida la determinación de la latitud mediante la observación de la altura de los astros sobre el horizonte, la de la longitud constituía la asignatura pendiente. En 1598 Felipe III ofreció un importante premio a quien resolviese este problema, conocido en España como el del "punto fijo"; a él concurriría Galileo proponiendo el uso de sus recién descubiertos satélites de Júpiter[19]. En el siglo XVIII el premio que movilizó las investigaciones fue el ofrecido en 1714 por el Parlamento inglés.

La diferencia en longitud entre dos lugares no es más que la diferencia entre sus horas locales, convertida en medida angular a razón de 360° cada 24 horas. Tanto en tierra como a bordo de un buque, la hora local siempre se puede obtener por medio de la observación del mediodía solar. El problema era conocer, en ese mismo momento, la hora en un meridiano de referencia. Para ello se habían sugerido dos procedimientos. Uno consistía en conservar dicha hora transportándola en un reloj de precisión, un cronómetro marino. El otro, tradicional en cosmografía, era emplear un suceso celeste observado simultáneamente desde ambos lugares. Con fenómenos como los eclipses de Sol o de Luna, este procedimiento se había usado para conocer

[19] Sobre estos premios y las ideas que concurrieron a ellos, E. FERNÁNDEZ DE NAVARRETE: «Memoria sobre las tentativas hechas y premios ofrecidos en España al que resolviese el problema de la longitud en la mar», en *Colección de documentos inéditos para la historia de España*, vol. 21, Madrid, 1852, pp. 5-241.

a posteriori la diferencia de longitud entre los distintos lugares desde los que se había efectuado la observación. Para las necesidades de la navegación el problema era encontrar un fenómeno a observar que fuese relativamente frecuente, y que además pudiese ser predicho con cierta exactitud, es decir, que la hora en que se observase desde el meridiano de referencia tenía que ser conocida por quien realizase la observación a bordo del barco. Los eclipses de los satélites de Júpiter al pasar por detrás del cuerpo del planeta que había sugerido Galileo constituyeron un método apreciado en tierra, pero además de presentar el inconveniente de ser invisibles cuando Júpiter se encuentra en las proximidades del Sol, ofrecían el de requerir un anteojo bastante potente, lo que los tornaba imposibles de observar dados los movimientos del buque. Una buena opción era el movimiento lunar. La Luna, además de acompañar a los demás astros en el movimiento diurno debido a la rotación de nuestro planeta, tiene un movimiento propio que la hace retroceder sobre el trasfondo de las estrellas a razón de medio grado por hora. Si este movimiento pudiese predecirse con la suficiente exactitud, podrían confeccionarse tablas de las distancias del borde de la Luna a una serie determinada de estrellas zodiacales que suministrasen a los navegantes la hora en que, en el meridiano de referencia, la Luna se encontraba a tal o cual distancia de una estrella. Observada esta distancia desde el buque, se podría obtener la diferencia en longitud, si bien en este caso era asimismo necesario un reloj que conservase aceptablemente el tiempo desde la determinación de la hora local hasta el momento de la observación.

Hasta mediados del siglo XVIII ni las técnicas de la mecánica de precisión permitían la construcción de un reloj con una marcha lo bastante regular (que debía mantener además en un buque en movimiento) como para servir de cronómetro de longitud, ni la mecánica celeste podía predecir con suficiente antelación el movimiento, fuertemente perturbado, de la Luna. Tampoco, por otra parte, existía un instrumento con el que poder realizar a bordo de un barco una observación exacta. El primero que lo posibilitó fue el octante de Hadley, cuya descripción en castellano dieron, como ya se mencionó, Juan y Ulloa, y cuyas prestaciones irían refinándose hasta las de los sextantes actuales[20].

El primer cronómetro capaz de un comportamiento aceptable en el mar fue el presentado al premio del Parlamento inglés por el relojero John Harrison en 1735. Fue su cronómetro N.º 1, sucesivamente perfeccionado en los tres siguientes. Su N.º 4, probado en un viaje realizado en 1761-62, logró cumplir ya con las exigencias del premio: en un viaje de ida y vuelta a Jamaica sólo dio un error de 1 minuto y 5 segundos, lo que representaba menos de un tercio de grado en la longitud. Los relojeros franceses, por su parte, también se esforzaron por conseguir cronómetros aceptables. Los de Pierre Le Roy y Ferdinand Berthoud fueron probados en 1768-69 con resultados

[20] El nacimiento y desarrollo de este instrumento se puede seguir en Ch. H. COTTER: *A History of the Navigator's Sextant*, Brown, Son & Ferguson, Glasgow, 1983.

comparables a los del cronómetro de Harrison. Había nacido la cronometría de longitudes y, finalizada la etapa experimental, se abriría la carrera para establecer con ella una nueva rama comercial. Hasta entrado el siglo XIX, sin embargo, estos cronómetros seguirían siendo máquinas raras y costosas[21].

El procedimiento de las distancias lunares fue posibilitado por el astrónomo Tobias Mayer, quien, desde el Observatorio de Gotinga, aunó sus observaciones con los resultados teóricos de Leonhard Euler, presentando unas tablas en 1755 al premio inglés. El astrónomo real, entonces Nevil Maskelyne, las probó en sendos viajes realizados en 1761 y 1764, comprobando que con ellas se podía obtener la longitud con el margen de medio grado de error. Convertido en ardiente defensor del procedimiento, consiguió a partir de 1767 la publicación de unas efemérides, el *Nautical Almanac*, que posibilitaban su aplicación. Ésta no era sencilla. A la delicadeza de las observaciones que realizar –simultáneamente, las de la distancia del borde de la Luna a la estrella y las alturas de ambos astros sobre el horizonte– se sumaba la complejidad de los cálculos necesarios para corregir la distancia observada de los efectos de la refracción y de la paralaje. El proceso de cálculo, que se conocía como "despejar la distancia", se trató de simplificar mediante el recurso a tablas auxiliares, en una competencia entre métodos que se extendió hasta finales del siglo[22].

Tras su participación en la expedición geodésica destinada a medir un grado de meridiano en el Virreinato del Perú, Jorge Juan fue enviado a Londres en misión de espionaje científico y técnico. Allí se puso al corriente de los progresos de Harrison. En 1750 informaba al marqués de la Ensenada de que había visto el cronómetro, expresándole las grandes dificultades que podría tener para su adquisición. Por otra parte, las posteriores escalas en Cádiz, ya mencionadas, de las expediciones francesas destinadas a probar los cronómetros permitieron que el personal de la Academia de Guardias Marinas obtuviese información de primera mano sobre estas máquinas y los procedimientos para aplicarlas a la determinación de la longitud. La Marina española adquiría sus primeros cronómetros a mediados de la década de los setenta.

Otro tanto cabe decir del método de las distancias lunares que, apoyándose en el almanaque inglés, comenzó a aplicarse por los españoles a partir de 1772. Ese año los oficiales de marina Juan de Lángara y José de Mazarredo, viajando en la fragata *Venus* con destino a Manila, pudieron adquirir en un navío inglés los almanaques corres-

---

21 La historia clásica de la cronometría es la de R. T. GOULD: *The Marine Chronometer. Its History and Development*, Londres, 1925. Reed. Woodbridge, Suffolk: Antique Collector's Club, 1989. Sobre los cronómetros franceses y sus viajes de prueba, véase J. LE BOT: *Quand l'art de naviguer devenait science. Les chronometres de marine français au XVIIIe siècle*, Terre et Mer, Grenoble, 1983.

22 Estos cambios se describen en E. G. FORBES: *The birth of navigational science. The solving in the 18th century of the problem of finding longitude at sea*, National Maritime Museum, Greenwich, 1974 (2.ª ed. 1980).

pondientes a 1772 y 1773 y pusieron en práctica el procedimiento. Comprobada su fiabilidad, se realizaron las gestiones pertinentes para organizar con toda rapidez en la Academia de Guardias Marinas de Cádiz un curso de dos meses de duración que capacitase en este método a los oficiales y pilotos de la Armada. Tres años después, cuando se establecieron dos nuevas academias de guardias marinas en los otros dos departamentos marítimos, Cartagena y El Ferrol, Mazarredo incorporó al plan de estudios de la de Cartagena los procedimientos de determinación de la longitud tanto por cronómetros como por distancias, práctica que se extendió después a las otras academias.

No finalizan con esto las iniciativas de la Armada española para asimilar y aclimatar los nuevos procedimientos para la determinación de la longitud. Pero antes de proseguir con ellas conviene ocuparse de los acontecimientos, decisivos, que tuvieron lugar en torno al año clave de 1783 y que abrieron, dentro de la época que nos ocupa, una última y brillante etapa.

VI

El oficial científico: el Curso de Estudios Mayores

Ya se comentó que a las decisivas reformas de Juan siguió un período de estancamiento y aun de deterioro en las enseñanzas de la Academia y de desinterés por promover las actividades científicas en el seno de la Armada. De hecho, incluso resultaba difícil reclutar miembros de la Armada que sirviesen de maestros en la Academia, pues su permanencia en ella resultaba perjudicial para su carrera al tener menos posibilidades de embarcarse y, con ello, de ascender. No obstante, se dejaba sentir la falta de un grupo de oficiales con la preparación adecuada para acudir al desempeño de las comisiones de carácter científico que pudiesen surgir. Así, a mediados de la década de los setenta comenzó a circular en cartas e informes la idea de que era necesario restaurar las enseñanzas de nivel superior que había introducido Juan. La ocasión oportuna surgió cuando, finalizadas en 1783 las hostilidades de la guerra de Independencia norteamericana, Antonio Valdés ocupó el Ministerio de Marina, siendo secretario de Estado José Moñino, conde de Floridablanca.

Ese año de 1783 Miguel José Gastón, comandante de la Compañía de Cádiz, sugirió la idea de recibir allí a algunos oficiales para profundizar en su formación. Esta iniciativa fue aprobada y extendida a las otras dos compañías de Cartagena y El Ferrol, abriéndose un debate sobre el alcance que había que dar a las enseñanzas. En él participaron Vicente Tofiño y los comandantes de las compañías de Cartagena y de El Ferrol, José de Mazarredo y Francisco Gil y Lemos. Dicho debate trajo aparejada la revisión del plan de estudios que los guardias marinas seguían en las academias.

El plan de estudios del que se llamó Curso de Estudios Mayores, con una duración de cuatro años, quedaría finalmente al arbitrio de los directores de cada acade-

mia, pero éstos dispusieron unas enseñanzas bastante convergentes. Destacan las que estableció Gabriel Císcar para la de Cartagena, que incorporaban el estudio del álgebra finita, el cálculo infinitesimal, la mecánica, la hidrostática y sus aplicaciones a la construcción naval, la óptica y la astronomía[23].

Las cifras sobre oficiales destinados a estos cursos no están completas. Pero consta que fueron destinados a Cádiz 40 oficiales entre 1783 y 1792; en Cartagena constan 8 destinados en 1783 y otros tantos en 1791; y había 15 en El Ferrol a fines de 1785. Su número no fue, pues, escaso.

El establecimiento del Curso de Estudios Mayores reabrió la polémica sobre los objetivos y alcance de la formación superior que debía adquirir un oficial de Marina, particularmente en el Observatorio de Cádiz, adonde fueron destinados los oficiales designados para ampliar estudios. La cuestión era importante porque, al no haberse establecido una Academia nacional de Ciencias, y siendo el de Cádiz el único Observatorio existente en el país, la Marina no tenía a quién recurrir en materias de índole científica y tecnológica, debiendo proveer por sí misma a sus necesidades en estos ramos. Lo que se buscaba para los oficiales seleccionados era un equilibrio entre el desempeño de un oficio castrense, en el que los méritos se adquirían fundamentalmente merced a los embarques y la participación en operaciones bélicas, y el necesario sosiego y dedicación que requerían los estudios avanzados y el desempeño de misiones científicas. Particularmente, al verse de nuevo frecuentado el Observatorio se llegó a plantear, entre los oficiales allí destinados, su utilidad para la Marina, discutiéndose incluso la posibilidad de que sus actividades se reanudasen con las finalidades propias de la astronomía que tenían otros observatorios europeos. En este caso los miembros de la Armada que fuesen destinados allí deberían cambiar su carrera de marinos por la de astrónomos. No eran éstas, sin embargo, las perspectivas que entonces se tenían. En esta etapa el Observatorio, como se verá, iba a encontrar su lugar dentro de la Armada como una escuela de astronomía y un depósito de instrumentos de la Marina, pasando a constituir una base indispensable de las campañas hidrográficas que en ese momento se emprendían. Sin contar con el sostenimiento de la navegación a través de la publicación de unas ya imprescindibles efemérides náuticas.

La necesidad del establecimiento del Curso de Estudios Mayores se patentizó rápidamente cuando, nada más iniciado éste, Tofiño fue comisionado para elaborar una carta de las costas españolas, tarea para la que se hizo acompañar de los oficiales destinados en Cádiz. Así, apenas ocupado de nuevo el Observatorio tras la interrupción de los trabajos que Tofiño llevó a cabo con Varela, quedaría de nuevo práctica-

[23] Císcar había sido destinado inicialmente al Curso, pero su capacitación hizo inútil su asistencia, destinándosele a la enseñanza de la navegación en la Academia. Poco después propondría este plan de estudios, que fue apreciado, pasando a dirigir el Curso. Los detalles se encuentran en A. LAFUENTE y M. A. SELLÉS: *El Observatorio...*, *op. cit.*, pp. 228-243.

mente desierto hasta 1788. Ese año se nombraron dos oficiales agregados a él para adiestrarse en la astronomía y llevar a cabo un plan de tareas. Muy poco después, se agregaron nuevos oficiales y se pusieron bajo la dirección del entonces teniente de la Compañía de Cádiz Alejandro Malaspina. A partir de ese momento el Observatorio no volvería a quedar vacío.

VII

La longitud en España: la Oficina de Calculadores y el Obrador de Relojería

El *Compendio de navegación* que publicó Jorge Juan en 1757 constituía un exponente del esfuerzo de modernización de nuestros saberes. Pero, a partir de 1780, los más recientes progresos exigían su actualización. El nuevo *Tratado de navegación* publicado en 1787 por José de Mendoza y Ríos incorporaba ya un detallado estudio de los métodos existentes para la determinación de la longitud[24]. No obstante, por el momento sólo la Marina de guerra podía asegurar en sus academias la necesaria formación para aplicarlos. A partir de 1792, estas materias también serán explicadas a los pilotos instruidos en las escuelas particulares de náutica que comenzaron a fundarse tras la definitiva liberalización del comercio con América, tradicionalmente un monopolio sevillano, y, al abrirse el siglo XVIII, gaditano. Escuelas, por otra parte, cuyas enseñanzas estaban cuidadosamente controladas por la Armada.

Tanto en el tratado de Mendoza como en las lecciones que José de Mazarredo había inaugurado en Cartagena se daba preferencia, dentro del método de las distancias lunares, a la resolución por el procedimiento trigonométrico directo, sin ningún recurso a las tablas o métodos de simplificación que se habían propuesto para el proceso de cálculo de "despejar" la distancia. Tal práctica sólo era accesible para los oficiales de la Armada, cuya formación matemática se había reforzado en las academias. Pero la capacitación en los cálculos que la resolución directa exigía estaba alejada de las posibilidades que su formación daba a los marinos mercantes. Parecía, pues, urgente generalizar el uso de las técnicas de simplificación propuestas hasta el momento, a la vez que era patente la necesidad de editar unas tablas náuticas y astronómicas que, más accesibles que las inglesas y francesas, llevasen los cálculos a nuestro primer meridiano, el del Observatorio de Cádiz. Era ésta ya, además, una cuestión de prestigio nacional.

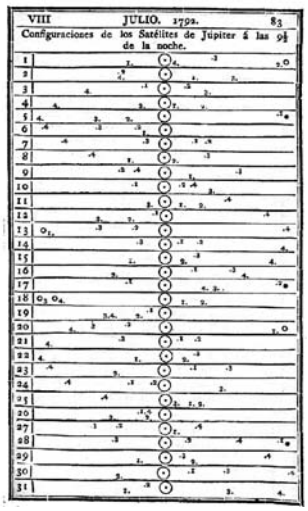
De nuevo la Armada, y particularmente el Observatorio de Marina, afrontaría la tarea de formar un almanaque náutico español. Desde 1785 existía el precedente de las tablas incluidas en el *Estado general de Marina*, cuya eficacia era discutible, dado

[24] Sobre sus contenidos, véase M. A. SELLÉS: «La astronomía náutica en la España ilustrada. El *Tratado* de Mendoza y Ríos», *Asclepio*, 39, fasc. 2 (1987), pp. 33-47.

que no se publicaban con la anticipación suficiente. El primer volumen, aparecido para 1792, de la serie anual del *Almanaque náutico*, corrió a cargo de los oficiales astrónomos del Observatorio, quienes al tener que atender a otras tareas se limitaron a reproducir las tablas de distancias del *Nautical Almanac*, tal como hicieran entre 1774 y 1778 las efemérides francesas, el *Connaissance des temps*, pero trasladando los valores al meridiano del Observatorio de Cádiz. Se importaba, por así decir, la tecnología, pero quedaba pendiente su aclimatación. Era un tema de importancia, puesto que, en palabras de Mazarredo, «sería una mancha que jamás pudiésemos limpiar el valernos de operarios de fuera cuando tenemos dentro de casa quienes lo puedan hacer». La ingente labor que suponían los cálculos de unas efemérides astronómicas y náuticas pronto hizo patente la necesidad de fundar una Oficina de Calculadores que, anexa al Observatorio de Marina, tuviese como cometido específico la confección del *Almanaque*. Por entonces era evidente que, si se deseaba obtener la continuidad suficiente, tal grupo de calculadores debía estar formado por personal civil que no se viese afectado por los embarques y campañas del personal militar. Pero encontrarlos no era tarea fácil, aun en la España de la Ilustración. Hubo que recurrir a los miembros del Cuerpo de Artillería que, a cambio de un buen salario, estuviesen dispuestos a abandonar su condición castrense. Cuatro serían los calculadores que integrarían la oficina, que no funcionaría sin tensiones; pues en ella no cabía la posibilidad de ascensos a puestos que se reservaban para el personal con graduación militar. Pese a todo, la continuidad de las efemérides españolas no se vería interrumpida, ni aun con

ALMANAQUE NÁUTICO
Y
EFEMÉRIDES ASTRONÓMICAS
PARA EL AÑO BISIESTO
DE 1792,
CALCULADAS DE ÓRDEN DE S. M.
PARA EL OBSERVATORIO REAL
DE CÁDIZ.
DE ORDEN SUPERIOR.
MADRID EN LA IMPRENTA REAL.
SIENDO REGENTE D. LÁZARO GAYGUER.
MDCCXCI.

12 ENERO. 1792. IX
Distancias del centro de la ☾ al ☉ y Estrellas orientales de ella.


VIII JULIO. 1792. 83
Configuraciones de los Satélites de Júpiter á las 9½ de la noche.

11.7.* Almanaque Náutico *español. *El primer ejemplar del* Almanaque *contenía las efemérides astronómicas más destacables cada mes, datos relativos al Sol (longitud, ascensión recta, declinación y ecuación del tiempo), a la Luna y a los planetas, junto a las tablas de distancias lunares y la configuración de los satélites de Júpiter, acompañados de tablas de utilidad general, como la de correcciones para el efecto de la refracción. Todos los datos estaban referidos al meridiano de Cádiz.*

la guerra de la Independencia, así como tampoco el proceso de nacionalización emprendido: en 1810 las distancias lunares ya se calculaban directamente para el meridiano de la Isla de León, lugar al que desde Cádiz se había trasladado el Observatorio de Marina.

Por otra parte, el *Almanaque náutico*, que intentaba extender su utilidad a la astronomía y ser el vehículo de difusión de memorias e informaciones científicas, insertó algunos trabajos que, relativos al cálculo de distancias, buscaban su difusión y perfeccionamiento. Al margen de ellos, se publicaron otros estudios que se situaban en las fronteras de la investigación en estos temas. Ciñéndonos a la cuestión de la longitud, cabe mencionar la *Memoria sobre algunos métodos nuevos de calcular la longitud por las distancias lunares* (1795), de José de Mendoza y Ríos, la *Memoria sobre las observaciones de latitud y longitud en la mar* (1796), de Dionisio Alcalá Galiano, y la *Memoria sobre los métodos de hallar la longitud en la mar por las observaciones lunares* (1798), de Francisco López Royo. A ellos no tardarían en seguir los trabajos de Gabriel Císcar dentro del campo de los métodos gráficos. El método propuesto por Mendoza alcanzó una gran difusión: no es nada exagerado decir que, en las siguientes décadas, la mayoría de los marinos europeos y americanos navegaron empleando las tablas de Mendoza[25].

La cronometría de longitudes constituía un procedimiento menos extendido que el de las distancias lunares, ya que, si para un marino no era demasiado difícil disponer de un aceptable sextante, sí lo era, en cambio, poseer un cronómetro que debía adquirir a un precio muy elevado y que necesitaba un mantenimiento especializado. También en este terreno ensayó la Armada española una decidida política de asimilación tecnológica.

Como ya se mencionó, los progresos de la cronometría de longitud eran seguidos de cerca desde el Ministerio de Marina. En 1765, Jorge Juan, en un informe elevado al ministro tras la publicación por Harrison de las pruebas efectuadas con sus relojes, hizo una detenida historia de la cuestión y sugirió el envío de pensionados a Inglaterra

> «a que aprendan con el mismo Harrison, procurando contentar a éste; pues aunque llegue el caso de que se nos vendan los cronómetros, no es esto suficiente; es preciso que haya después quien nos los tenga limpios y corrientes; porque en esto consiste el beneficio, y que si llegare el caso que se rompa una rueda, haya quien la sepa hacer de nuevo».

No se tiene noticias acerca de si se realizaron gestiones con Harrison a este respecto, pero, en todo caso, nada se adelantó hasta que en 1774 se compraron al relojero francés Ferdinand Berthoud sus cronómetros números 7, 9, 10 y 12 y, dos años des-

[25] Es establecimiento y primeros pasos de la Oficina de Calculadores y del *Almanaque* se estudian en A. LAFUENTE y M. A. SELLÉS: *El Observatorio...*, *op. cit.*, 1988, cap. X. Los detalles de los distintos procedimientos propuestos para despejar la distancia se analizan en M. A. SELLÉS: *Navegación astronómica...*, *op. cit.*, 2000, pp. 177-214, 247-252 y 262-288.

pués, los 13, 14, 15 y 16. Como se ve, el gobierno español casi acaparó la producción de los primeros cronómetros de este artesano francés, lo cual muestra el interés que existía sobre el tema. Estas compras no sólo se efectuaron en Francia: también consta la adquisición de los cronómetros números 3, 5 y 6 del prestigioso relojero británico John Arnold. Estos costosos instrumentos pronto tuvieron un importante cometido. A partir de 1783 se iniciaría un programa hidrográfico con la expedición para confeccionar las cartas y derroteros de las costas españolas, encomendada al director de la Academia de Cádiz, Vicente Tofiño, que se comentará un poco más adelante. Los relojes de Berthoud números 10 y 13 fueron usados en esta comisión. Los mismos relojes acompañarían a Alejandro Malaspina en su famosa expedición.

Todo este programa se apoyaría, por un lado, en el personal formado a través del Curso de Estudios Mayores y, por otro, en el Observatorio de Marina, que se había convertido en un centro de trabajos náuticos y en depósito de los selectos instrumentos que en gran número fueron adquiridos en Londres. Entre ellos hay que resaltar la existencia en 1804 de más de dos docenas de cronómetros, en variable estado de conservación. Pero ello no bastaba. Si bien se habían adquirido desde un primer momento las máquinas, se había descuidado el establecimiento de la infraestructura adecuada para su mantenimiento. Los relojes necesitaban limpieza cuando menos una vez cada dos años, y en su defecto estaba amenazada de ruina toda la inversión. Nada se hizo a este respecto mientras los primeros cronómetros funcionaron; pero diez años después de su adquisición todos necesitaban cuidados, y los números 9 y 10 de Berthoud, reparación. Las gestiones realizadas para que Tomás Lozano, relojero en Cádiz, se encargase de ello, no produjeron resultados satisfactorios. Así, en 1788 se enviaron a Berthoud cuatro de sus cronómetros –poco después les seguirían los demás–, ocasión que aprovechó para ofrecerse a formar a un pensionado. Como consecuencia del viaje, los relojes llegaron a París en un pésimo estado, y José de Mazarredo recomendó el envío de alguien que aprendiese con Bertohud. Tras informarse en los establecimientos relojeros españoles, eligió a Cayetano Sánchez, un joven alumno de la escuela de relojería que los hermanos Charost habían establecido en Madrid. La oferta de Berthoud, quien obtendría unos buenos beneficios, no sólo se extendía a formar a Sánchez en la limpieza y arreglo de los cronómetros, sino que se comprometía además a ponerlo en condiciones de construir por sí mismo cronómetros análogos a los suyos.

A partir de este momento no iban a escatimarse las medidas para asegurar la mejor formación especializada del aprendiz. Una vez concluidas en 1791, con resultados muy positivos, las enseñanzas de Berthoud, recorrió otros talleres parisinos para establecer contactos y optimizar la técnica. Terminada su educación en Francia, fue pensionado para viajar a Londres e integrarse en el taller de Emery, otro destacado constructor de cronómetros, quien aceptaría el contrato con tal de que el español no se estableciese posteriormente en lugar donde pudiese hacerle la competencia. Pero no todo eran problemas de mecánica en los cronómetros marinos; también el

trabajo de las piedras duras empleadas en su construcción requería una técnica depurada. Para su aprendizaje sería pensionado a Londres Antonio Molina, escogido asimismo por Mazarredo entre los alumnos de la ya citada escuela de relojería de Madrid.

En 1795 Sánchez regresó a España y formalizó su contrato con la Armada, en el que se estipulaba que debía trasladarse a la Isla de León –adonde poco después se llevaría el Observatorio– y establecer allí un taller de relojería. Se comprometía al mantenimiento de todos los relojes y péndulos del Observatorio, así como a la reparación de los que se le remitiesen desde otros departamentos marítimos. Se le obligaba a reparar los cronómetros de propiedad particular de los oficiales de la Armada por sólo el coste de los materiales empleados y, por supuesto, a construir los que la Armada le encomendase. Se le dejaba en libertad para establecerse por su cuenta, al margen de estas obligaciones, como relojero y cronometrista particular. En el taller dispondría de un ayudante.

Con este tipo de contrato, que estipulaba un sueldo no demasiado crecido y la posibilidad de trabajar particularmente, se pretendía evitar el peligro de inactividad por falta de estímulos económicos, a la par que se esperaba aclimatar la técnica ofreciendo un servicio público.

Pero tras sus primeros y prometedores pasos, la desgracia pareció abatirse sobre el recién establecido taller de relojería. Molina falleció en París a principios de 1798, durante un viaje para la adquisición de material, y la epidemia de fiebre amarilla que asoló Cádiz y su región en 1800 se llevó a Sánchez y a sus ayudantes. El taller quedó desierto, las inversiones perdidas, y frustradas las esperanzas de instruir en los diez años sucesivos a varias docenas de relojeros que aseguraran la autosuficiencia española en este importante tema.

Vacío, pues, el taller y disponibles sus plazas, algunos relojeros españoles trataron de optar a ellas. Todas las solicitudes tuvieron que ser rechazadas, dada la escasa formación que poseían en una técnica tan refinada. Así se decidió, y con suma rapidez, volver a andar el camino con el envío de dos nuevos pensionados, esta vez con Louis Berthoud, quien había sucedido a su tío Ferdinand en el negocio. Agustín Albino y Blas Muñoz serían los jóvenes escogidos para una enseñanza de cuatro años y según un contrato similar al redactado para la formación de su antecesor. Con su retorno al taller se resolvía de nuevo el problema del mantenimiento del conjunto de los cronómetros de la Armada, pero no en mejores condiciones de como lo estuviera anteriormente. Insuficiencias que entonces comenzaron a insinuarse se hicieron críticas en esta nueva etapa. España carecía de la infraestructura industrial que había posibilitado el rápido desarrollo de la cronometría inglesa. Un cúmulo de dificultades impidió que la relojería de precisión española saliera del estrecho margen del taller de la Marina y del mantenimiento de sus cronómetros: falta de mercado, carencia endémica de materiales de construcción –las piedras, los resortes y otros materiales debían importarse del extranjero– y ausencia de artesanos especializados que pudieran abordar, dentro de un proceso de producción en cadena, una construcción de cronó-

metros que pudiese llegar a ser competitiva determinaron que el taller naciese ya sin futuro en esta segunda etapa de su andadura. Añádase a ello la difícil situación de la Marina tras las guerras finiseculares con Inglaterra y Francia y la profunda crisis de la Hacienda pública española durante las primeras décadas del siglo XIX. En esta etapa, toda la actividad científica del país se abocó a una profunda decadencia. No es de extrañar, pues, que en tales circunstancias el taller de relojería del Observatorio cerrase definitivamente sus puertas en 1818. La Marina española, falta de recursos, ya no tenía la pujanza de décadas anteriores y era incapaz de sostener una demanda que posibilitase el mantenimiento y consolidación de una tecnología en la que se habían vertido tan cuantiosas inversiones[26].

VIII

El problema de los instrumentos

La historia del fracaso en la aclimatación de la cronometría de longitudes puede extenderse a otros ramos de la fabricación de instrumentos necesarios para la navegación. Éste fue el caso de los indispensables sextantes, que en España no había quien los fabricase[27].

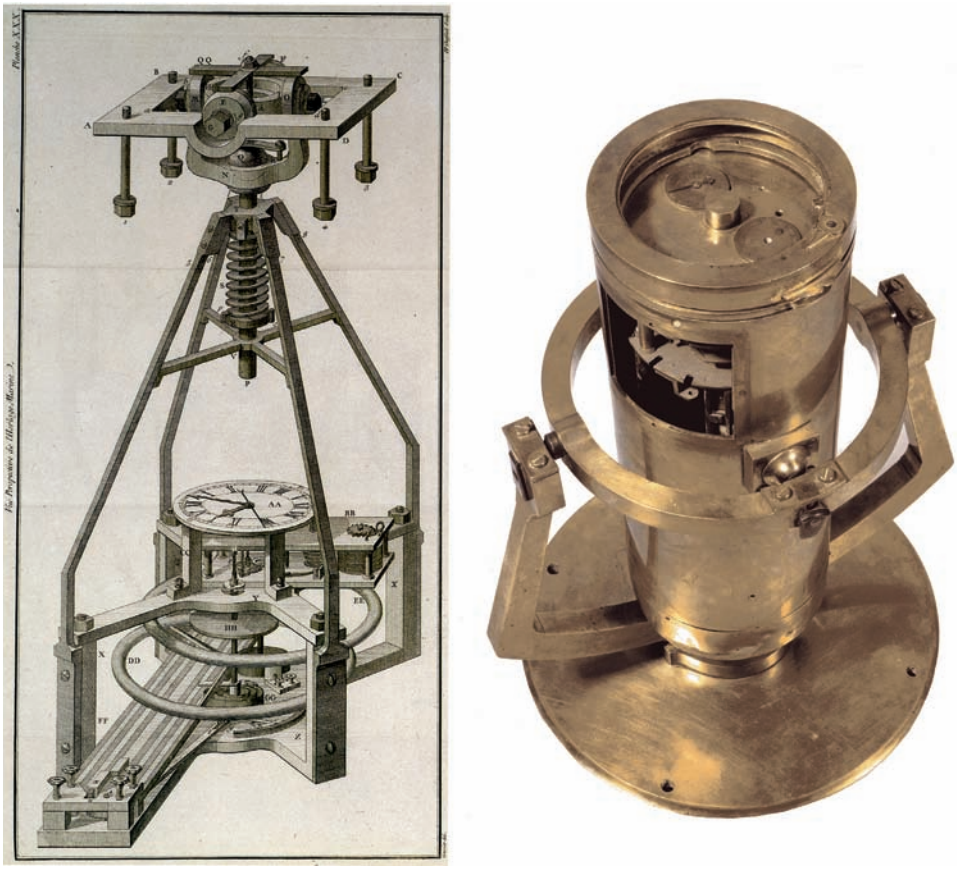
Siguiendo la política de pensionados enviados a formarse al extranjero, José María Baleato, un operario del Arsenal de El Ferrol, viajaba a Londres en 1785 para formarse como instrumentista. Su retorno, tres años después, coincidió con el interés de la Marina por adquirir una máquina para dividir limbos graduados de pequeño tamaño. Esta división presentaba dificultades en la época, lo que convertía el proceso en un trabajo delicado. El auge de los nuevos instrumentos de reflexión pronto dejó sentir la necesidad de una máquina que facilitase la tarea. Precedida por algunos intentos anteriores, la máquina que finalmente dio resultados satisfactorios fue la construida por Jesse Ramsden en 1773[28]. Su adquisición fue encomendada a la embajada, y desde ella a un conocido agente portugués afincado en Londres, J. H. Magellan, quien ya había realizado encargos de compras de instrumentos por parte de la Marina espa-

---

[26] La aplicación del método cronométrico se estudia en M. A. SELLÉS: *Navegación astronómica...*, *op. cit*., pp. 141-176. Sobre el Obrador de Relojería, véase A. LAFUENTE y M. A. SELLÉS: *El Observatorio...*, *op. cit*., cap. IX.

[27] El proceso se recoge con algo más de detalle en M. A. SELLÉS: «El problema de la construcción de instrumentos náuticos en la España del setecientos», en M. VALERA y C. LÓPEZ FERNÁNDEZ (eds.): *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, DM/PPU, Murcia, 1991, 3 vols., pp. 1913-1927.

[28] Sobre esta máquina-herramienta, véanse M. DAUMAS: *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles*, Presses Universitaires de France, París, 1953, pp. 260 y ss., y J. A. BENNETT: *The Divided Circle. A History of Instruments for Astronomy, Navigation and Surveying*, Phaidon-Christie's, Oxford, 1987, pp. 138-139.



11.8. Cronómetro de F. Berthoud: *a) Grabado que muestra el mecanismo de un cronómetro (F. Berthoud,* Essai sur l'horlogerie*, París, 1787); b). Cronómetro N.º 39 de F. Berthoud (Museo Naval de Madrid, inv. 1332). Aunque el método cronométrico dispensaba de las observaciones y de los largos cálculos necesarios en la aplicación del procedimiento de determinación de la longitud por las distancias lunares, no dejaba de requerir la determinación diaria de la hora local para vigilar la marcha del cronómetro; además, era preciso tener en cuenta los efectos sobre esta marcha de los cambios de temperatura.*

ñola. Adquirir una máquina de este tipo no era entonces fácil –de hecho, su exportación estaba prohibida–, y las gestiones de Magellan sólo pudieron prometer no la famosa máquina de Ramsden, sino otra que, según él, había sido fabricada por John Bird. Pero, al caer enfermo Magellan, no se realizó la adquisición, y desde la embajada se compró otra de la que no ha quedado registrado el nombre de su constructor.

En esta negociación se pidieron informes a Baleato, quien propuso construir por sí mismo una máquina como la de Ramsden. Tanto la adquisición del aparato en Londres como la propuesta de Baleato fueron aceptadas, buena prueba del vivo interés que se tenía en el tema de la construcción de instrumentos náuticos. Con tal fin se esta-

bleció en el Arsenal de El Ferrol un taller de construcción en el que debía formar a algunos aprendices.

Cuando llegó la máquina, Baleato advirtió de que sus características no eran adecuadas para el fin previsto, hallándose diseñada para dividir limbos de menor tamaño que los empleados habitualmente. Entretanto, del taller de Baleato habían surgido los primeros instrumentos, particularmente un círculo de reflexión según el modelo de Borda. Pero, al ser probado, el resultado se reveló decepcionante. El instrumento estaba dotado de un mal espejo central, presentando además defectos de construcción y de división de la escala graduada. La fabricación de espejos cuyas caras presentasen el paralelismo necesario era entonces una cuestión delicada, por lo que debían adquirirse en el extranjero, cosa que había hecho, con poco éxito, Baleato, quien resultaba cuando menos culpable de no haberse asegurado de su calidad antes de emplearlo. Estos defectos, aunque en menor escala, se presentaron de nuevo en un conjunto de instrumentos de reflexión que salieron después del taller de Baleato. Los espejos seguían siendo de mala calidad, todos menos uno presentaban defectos de división, y se hallaron fallos en sus mecanismos de ajuste. Baleato atribuyó los defectos en la división a una vibración en su máquina, que afirmó haber corregido.

Así las cosas, Baleato, quien había visto crecer el personal de su taller, presentó un ambicioso plan para convertirlo en un obrador general que, puesto bajo su dirección, cubriese todas las necesidades de la Marina en el ramo de la instrumentación, y que con el tiempo llegase a surtir de todo tipo de instrumentos al país entero. José de Mazarredo, quien ya había promovido el envío de Cayetano Sánchez a París para formarse en la cronometría, informó desfavorablemente. Su idea era otra: estimular la competencia. Por ello, esbozando un plan paralelo al que se seguiría en el caso de la fabricación de cronómetros, sugería que en el taller se formasen algunos discípulos que, especializándose, pudiesen posteriormente instalarse por su cuenta, formando a otros y rivalizando entre sí por el mercado. Esto sucedía en 1791, año en el que Sánchez finalizaba su aprendizaje con Berthoud, pasando a visitar otros talleres parisinos antes de su vuelta. Entretanto, se dispuso que Baleato se centrase en la construcción de instrumentos comunes de navegación, comprometiéndose la Armada a adquirir los que saliesen del taller y superasen las pruebas de calidad, repartiéndose proporcionalmente los beneficios entre el director y los operarios.

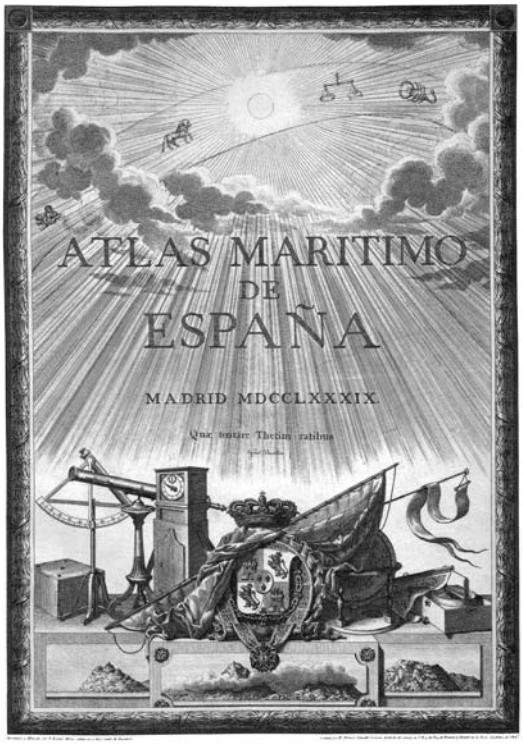
Pocas noticias se tienen del taller después de esto, aunque está claro que Baleato no logró los fines buscados. Consta, sin embargo, que llegó a formar a algunos discípulos. Uno de ellos, Lorenzo Labora, fue instrumentista del Observatorio de la Isla de León, y otro, Juan Andrés Jarén, dirigiría el taller de instrumentos del Arsenal de La Habana.

Entre tanto, la cuestión seguía abierta. Ese mismo año de 1791, hallándose comisionado en Londres José de Mendoza y Ríos para la adquisición de diversos libros e instrumentos con destino al ambicioso proyecto del Museo de Marina que se quería establecer en San Carlos, contrató la enseñanza de un aprendiz con un conocido

instrumentista, Stancliffe, escogiendo para ello a un joven, Miguel Borges. El contrato que éste firmó con la Marina era similar al caso ya visto de la cronometría: a su regreso a España, a Borges se le establecería un taller donde, además de cumplir los encargos de la Armada, podría trabajar para el público, debiendo formar a algunos discípulos.

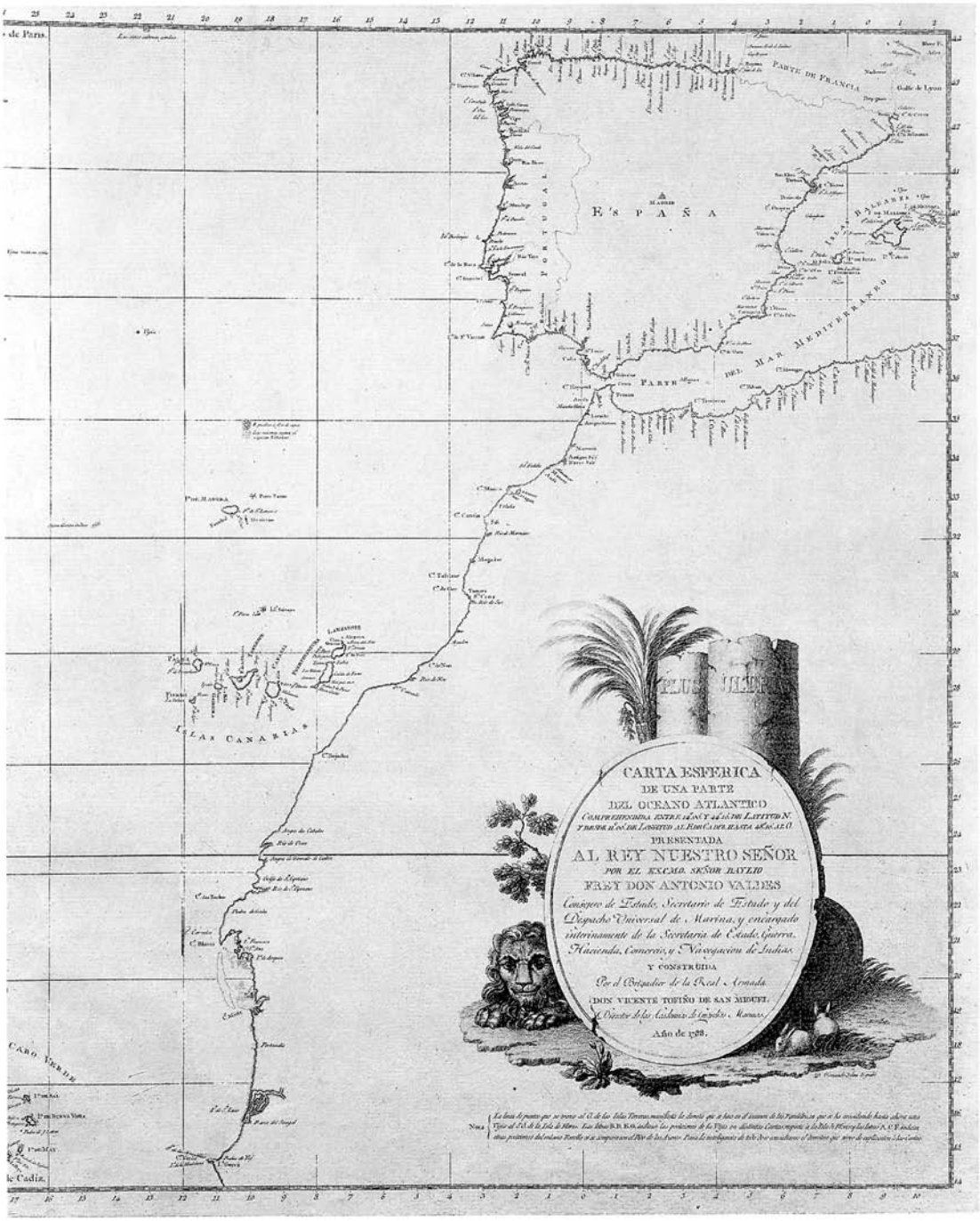
Por otra parte, Mendoza y Ríos pretendió conseguir la máquina de Ramsden, de la que Stancliffe proporcionaría los planos y que, ya en España, esperaba que pudiese construir el relojero Antonio Molina. La ausencia de documentación posterior sobre este asunto apunta a que la idea no tuvo resultado.

Borges retornó en 1800, año señalado por el fallecimiento del personal del Obrador de Relojería, así como también del de Lorenzo Labora, quien como ya se mencionó trabajaba de instrumentista en el Observatorio de la Isla de León. Así, se envió a Borges al Observatorio con el encargo de construir un instrumento de reflexión para probar su habilidad. El informe de Stancliffe sobre Borges fue positivo, pero sea que éste fuese exagerado, sea que las máquinas herramienta de que pudo disponer Borges no eran las adecuadas al intento, tras tres años de trabajo fabricó un sextante que se consideró defectuoso. En 1805 Borges abandonó su puesto camino de Inglaterra, cerrándose con ello los intentos de la Marina ilustrada por aclimatar en el país la fabricación de instrumentos.



11.9. Vicente Tofiño de San Miguel: Atlas Marítimo de España, *1789: Portada dibujada por Rafael Mengs, Capitán en el Real Cuerpo de Ingenieros; grabada por Manuel Salvador Carmona, «grabador de S.M. y del Rey de Francia, Director en la Real Academia de San Fernando». (Museo Naval de Madrid).*

Página siguiente: «Carta Esférica de una parte del Océano Atlántico».


CARTA ESFERICA
DE UNA PARTE
DEL OCEANO ATLANTICO
PRESENTADA
AL REY NUESTRO SEÑOR
POR EL EXCMO. SEÑOR BAYLIO
FREY DON ANTONIO VALDES
Consejero de Estado, Secretario de Estado y del Despacho Universal de Marina, y encargado interinamente de la Secretaria de Estado, Guerra, Hacienda, Comercio, y Navegacion de Indias.
Y CONSTRUIDA
Por el Brigadier de la Real Armada
DON VICENTE TOFIÑO DE SAN MIGUEL
Año de 1788.
ESPAÑA
PARTE DE FRANCIA
PARTE DEL MAR MEDITERRANEO
ISLAS CANARIAS
CABO VERDE

IX

Las expediciones y el Depósito Hidrográfico

La navegación requería cartas y derroteros. Eran estos últimos libros de ruta en donde se consignaban todas las particularidades del recorrido, como corrientes, vientos, abrigos, señales costeras o cualquier tipo de avisos que fuesen de interés para los navegantes. En una primera etapa, la centralización y custodia de todas estas informaciones, consideradas material reservado, se encomendaron a los cosmógrafos de la Casa de la Contratación de Sevilla; ya a mediados del siglo XVIII, esta función pasaría a las nuevas Comandancias de Pilotos de la Armada. En todo caso, en España todavía no se imprimían cartas de navegación, pues seguía pesando el secreto sobre un conjunto de datos que podía facilitar un siempre indeseado contrabando. Como consecuencia, las cartas que circulaban eran manuscritas o procedían del extranjero, y en cualquier caso resultaban poco exactas; había muy pocas determinaciones astronómicas de posición en los territorios coloniales, y no eran infrecuentes errores en la longitud[29] de hasta 5° o 10°. Ahora, con la aparición de los nuevos métodos para la determinación de la longitud en el mar, las navegaciones se prometían más seguras y precisaban cartas más exactas.

A esta circunstancia se unieron otros motivos que confluyeron en que, a partir de mediados de la década de 1760, se hiciese presente a la monarquía española la necesidad de un mayor control de las fronteras y de las rutas a las colonias. Durante la participación de España en la guerra de los Siete Años, en 1762, Inglaterra tomó La Habana y Manila, lo que puso de manifiesto la debilidad de sus defensas. Por otra parte, tras el fin de las hostilidades se comenzó a abrir el comercio libre con América, cuya protección requería no sólo una mayor presencia de la Armada en esas aguas, sino también la confección de buenas cartas de navegación[30]. A todo esto había que sumar la inquietud suscitada por las expediciones que franceses e ingleses emprendieron entonces por el Pacífico, las de Byron (1764-66), Wallis y Carteret (1767-69), Bougainville (1767-69) y Cook (1769, 1772, 1776). Estas circunstancias llevaron al nacimiento del que se ha llamado programa hidrográfico, que se extendería hasta principios del siglo XIX.

Las expediciones hidrográficas se orientaban, por un lado, a la posible apertura de nuevas rutas y al perfeccionamiento de las existentes y, por otro, a la confección de

---

29 N. BROC: *La géographie des philosophes. Géographes et voyageurs français au XVIIIe siècle*, Ophrys, París, 1974 (2.ª ed.), p. 281. (Nótese que, en el Ecuador, un grado mide unos 110 km.)

30 En 1765 se autorizó el comercio directo entre las islas de Cuba, Puerto Rico, Santo Domingo, Margarita y Trinidad y nueve puertos peninsulares: Cádiz, Sevilla, Málaga, Alicante, Cartagena, Barcelona, Santander, La Coruña y Gijón. Sobre la situación política, véase S. L. HILTON: «Apuntes sobre rivalidades internacionales y expediciones españolas en el Pacífico, 1763-1794», *Revista de Indias*, XLVII (1987), n.º 180, pp. 431-446.

cartas mediante el reconocimiento y cartografiado de las costas. Con mayor o menor envergadura, fueron numerosas. Cabe destacar los trabajos de reconocimiento del estrecho de Magallanes en dos campañas que, bajo la dirección de Antonio de Córdoba, se desarrollaron en 1785-86 y 1788-89; la conocida expedición de Malaspina, entre 1788 y 1794; y el reconocimiento de las costas americanas por las divisiones comandadas por Cosme Churruca y Joaquín Francisco Fidalgo[31], iniciado en 1792.

El procedimiento seguido en el cartografiado de las costas fue el empleado por Vicente Tofiño en el ya mencionado reconocimiento de los perfiles costeros peninsulares iniciado en 1783. Consistía, fundamentalmente, en aplicar la triangulación geodésica utilizando el buque como uno de los vértices de cada triángulo de la cadena, y usando sextantes para tender las visuales. Ello se complementaba con la determinación de la latitud y la longitud de una serie de puntos costeros, esta última mediante la observación de los satélites de Júpiter y el empleo de cronómetros marinos. En ocasiones la marcha de éstos se contrastaba por el método de las distancias lunares[32].

La realización de estas expediciones añadió a las funciones del Observatorio de Marina la de depósito del número creciente de instrumentos que la Armada iba adquiriendo con tal fin[33]. Pero la custodia y difusión de las informaciones recibidas se encomendarían a una nueva institución, el Depósito Hidrográfico, que fue establecido en 1797. Su primer director fue José de Espinosa Tello.

X

Conclusión

A pesar de que el Depósito Hidrográfico tuvo una andadura brillante hasta la guerra de la Independencia, llegando a publicar buen número de memorias, derroteros y cartas, el declive de la Armada ya había comenzado. Su inicio se data en ocasio-

---

31 Un breve panorama en S. BERNABÉU ALBERT: «Las expediciones hidrográficas», en M. SELLÉS, J. L. PESET y A. LAFUENTE (comps.): *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Alianza, Madrid, 1988, pp. 353-369.

32 El mismo Tofiño da una detallada descripción de los procedimientos seguidos y de los instrumentos empleados en su *Derrotero de las costas de España en el Mediterráneo, y su correspondiente de África para inteligencia y uso de las cartas esféricas presentadas al Rey Nuestro Señor...*, Madrid, 1787. En el caso concreto de la expedición Malaspina, véase A. ORTE LLEDÓ: «El posicionamiento astronómico de las costas de América en la expedición Malaspina», en A. OROZCO ACUAVIVA (coord.): *La expedición Malaspina (1789-1794). Bicentenario de la salida de Cádiz*, Real Academia Hispanoamericana/Comisión Nacional Quinto Centenario, Cádiz, 1991, pp. 83-96.

33 El detalle de este importante fondo se encuentra en F. J. GONZÁLEZ GONZÁLEZ: *Instrumentos científicos del Observatorio de San Fernando (siglos XVIII, XIX y XX)*, Instituto de Historia y Cultura Naval, Madrid, 1995.

nes en 1795, año en que Antonio Valdés dejó el Ministerio de Marina; tradicionalmente, se considera que fue la batalla de Trafalgar, en 1805, la que marcó el fin de la potencia naval de la España ilustrada. Sea como fuere, el caso es que, como es sabido, la situación política no era favorable, ni Carlos IV y su valido Godoy los más indicados para afrontar la situación. No hay que pensar que las pérdidas de Trafalgar supusieron el fin de la Armada española; todavía quedaban buenos navíos de línea, y no pocos. Pero no había dinero para armarlos ni posiblemente voluntad política para acudir a remediar la situación.

En este contexto, seguido por los oscuros años del reinado de Fernando VII, tan poco proclive al cultivo de las ciencias, las instituciones de la Armada decayeron y se interrumpió todo el esfuerzo que la había guiado durante las dos últimas décadas del siglo XVIII. Se interrumpió el esfuerzo hidrográfico, el Observatorio quedó sin apenas personal y con un instrumental ya periclitado que no se había llegado a renovar, y los barcos caducaron sin hacerse a la mar. El imperio colonial se perdió.

Hubiese sido quizás preferible finalizar esta exposición con el siglo, sin anticipar tristes acontecimientos que, a fin de cuentas, sobrevinieron a principios de la década siguiente. Constituyen, sin embargo, el fin de un ciclo, y forman parte de la lecciones de la historia. Una de ellas tiene que ver con el desarraigo. Fue ésta una característica destacada de nuestra ciencia y tecnología ilustradas: fueron promovidas desde el Estado, urgido por la necesidad. Esto se hizo al margen de las condiciones económicas y sociales, más difíciles de alterar, y que, de haber sido otras, hubiesen podido promover por sí mismas esta ciencia y esta tecnología. Ausente todavía una clase burguesa, depositaria de las actividades industriales y económicas, faltaban tanto la oferta como la demanda, que en el caso que nos ocupa quedaron prácticamente limitadas a la Marina. Por ello, la ausencia de voluntad política, las dificultades de la Hacienda o los reveses bélicos podían hacer peligrar todo el esfuerzo. Pero, en fin, la consideración de las condiciones que hubiesen posibilitado otro desarrollo en el país escapa al objetivo de estas páginas.

BIBLIOGRAFÍA

LAFUENTE, A. y SELLÉS, M. A.: *El Observatorio de Marina de Cádiz (1753-1831)*, Madrid, Instituto de Historia y Cultura Naval, 1988.

MERINO NAVARRO, J. P.: *La Armada española en el siglo XVIII*, Madrid, 1981.

PALACIO ATARD, V. (coord.): *España y el mar en el siglo de Carlos III*, Sondika (Vizcaya), Marinves, 1989.

SELLÉS, M. A.: *Los instrumentos de la navegación. Del Mediterráneo al Pacífico*, Barcelona, Lunwerg, 1994.

—*Navegación astronómica en la España del siglo XVIII*, Madrid, UNED, 2000.

12

Construcciones, ingeniería y teóricas en la construcción naval

Julián Simón Calero
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, Madrid

En líneas generales, el siglo XVIII marcó el inicio de la tecnología moderna, y la construcción naval es una muestra de cómo en una técnica prácticamente ancestral se introducen las novedades teóricas que provienen de una ciencia nueva. Además de ser esto una tendencia general, en la construcción naval hubo, a nuestro juicio, dos factores adicionales: uno, la importancia de la marina –económica, militar, o comercial–, lo que propició que los estados promoviesen medios para facilitar la construcción de barcos y mejorar su calidad; y el otro, su singularidad intrínseca, por ser el barco una máquina que se movía en los dos fluidos por antonomasia, el agua y el aire; a los que la nueva ciencia de la mecánica trataba de dominar en su rama de la hidrodinámica. Esta disciplina constituía la frontera de la mecánica –considerada casi la ciencia por antonomasia–, lo cual explica el esfuerzo de muchos "geómetras" en aplicar los nuevos conocimientos y métodos matemáticos para explicar la dinámica del buque, como diríamos ahora. El primer factor arrastraba un interés político y el segundo uno científico.

En el proceso entran en juego los "constructores", la "ingeniería" y las "teóricas". Los primeros entroncan con una tradición que viene de siglos anteriores, y unos métodos artesanales que pasaban de maestro a discípulo, con la particularidad de que a veces era de padres a hijos. En el siglo XVII y XVIII hacen su aparición las nuevas ciencias, en particular la mecánica general y la de fluidos como una especialización. Los fluidos aportaron nuevas teorías que explicaban el comportamiento de los cuerpos que se movían en su seno. Una consecuencia de las teorías son sus aplicaciones prácticas; por este camino entran los ingenieros, hombres que comienzan a diseñar los buques sustituyendo, o a veces complementando, las técnicas artesanales por conocimientos provenientes de la ciencia. De todas formas, la penetración de los conocimientos teóricos fue lenta, pues los recursos que aportaba la hidrodinámica eran limitados para una máquina tan compleja como era el barco; y, por otra parte, los conocimientos tecnológicos respecto a los materiales también eran muy escasos. En nuestra opinión, hubo una aplicación de las teorías a los elementos existentes. En este

sentido, la ingeniería consistió principalmente en la reinterpretación y modificación de los conocimientos artesanales a través del prisma de una teoría de referencia aportada por la ciencia. Es esclarecedor seguir las máximas que preconiza Jorge Juan[1], en las que introduce criterios de análisis dimensional y analiza paramétricamente el comportamiento del barco frente a variaciones en los diseños. Éste es el proceder distintivo de la ingeniería, que siempre busca los entes técnicos óptimos dentro de los posibles. La aportación de los estudios experimentales a los barcos llegó al final de siglo, aunque desde mediados ya hubo un buen plantel de experimentadores tratando de contrastar las teorías con la realidad; o más bien, constatando cómo cada una iba por un sitio.

La ingeniería posibilitó el tránsito de la consideración del buque como una obra artesanal a otra predecible como resultado de la aplicación de procesos racionales.

I

Historia: el galeón

Como paso previo, y ya establecidos en el siglo de la Ilustración, conviene mirar hacia atrás, pues la construcción naval nos llega de lo profundo de la historia. Su evolución había sido una lenta adaptación del barco a las necesidades que surgían y a las que dimanaban de la conquista de nuevos mares; esta situación motivó la aparición de nuevas técnicas constructivas, tipos de barcos, dimensiones, etc. El proceso, a gran escala, se aprecia casi como una evolución darwiniana, como un juego de prueba y error, método propio, pero no exclusivo, de las situaciones pretecnológicas.

En este camino evolutivo queremos destacar como hito significativo la aparición de la marina propiamente oceánica en el inicio de la era de los descubrimientos y en la que los portugueses tuvieron un papel muy destacado.

A los españoles se nos atribuye el galeón como nave emblemática, rodeada de un halo de aventura y dominio. Sin embargo, la realidad fue diferente, ya que ese buque fue el resultado de la evolución de las urcas y carracas del siglo XV[2]. Nació como un buque armado en la primera mitad del XVI, con el fin de proteger la carrera de Indias, pero también como nave mixta de carga, e indistintamente se le designa como galeón o nao. Hay una serie de ordenanzas[3] en las que se definen sus dimensiones y arqueo para el transporte y los requisitos militares; y ya a principios del XVII el galeón había adquirido su perfil definido. Se daba, además, en España una condición curiosa: la Casa de la Contratación estaba en Sevilla, y era desde aquí desde

[1] Jorge JUAN: *Examen marítimo,* 1771, volumen II, libro 5.

[2] F. FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, 1992.

[3] *Ibid.* En 1607 se fijan sus dimensiones como nave de guerra, en 1613 se alarga la quilla, y se vuelve a reducir en 1618.

donde se comerciaba con las Indias. Para llegar al puerto sevillano se tenía que sobrepasar la "barra de Sanlúcar" a la entrada del Guadalquivir, y este elemento natural limitaba el calado de las naves. Hasta 1680, en que se trasladaron las flotas a Cádiz, no se elimina esta restricción. Por entonces la casi totalidad de la construcción española se llevaba a cabo en el norte de la Península.

El tamaño de los galeones fue creciendo hasta alcanzar entre 300 y 800 toneladas de arqueo[4] en el siglo XVII, aunque llegaron a superar las 1.000 para los denominados la *Almiranta* y la *Capitana*. En su función de buque de escolta a convoyes era más bien lento, y en cuanto a su táctica de combate, además del cañón se incluía el abordaje, por lo que tenían el alcázar alto y otras peculiaridades al respecto. Hubo, no obstante, propuestas para construir algunos más maniobrables, rápidos y aptos para el combate. Los galeones españoles mantuvieron la carrera de Indias, y la experiencia así adquirida tuvo gran influencia en la evolución de la marina oceánica.

La capacidad constructiva española disminuyó progresivamente en la segunda mitad del XVII. A ello contribuyeron los problemas políticos, los ataques de la flota francesa a los astilleros, etc. Tanto es así que a principios del XVIII sólo quedaban la *Capitana* y la *Almiranta* de la Armada del Océano. No había barcos. Sin embargo, en 1691, Antonio Garrote preparó un manuscrito[5] sobre "bajeles", que los divide en seis órdenes, y en él incluye una lista de 272 medidas. El más pequeño, para él el de primer orden, tenía 271 toneladas de arqueo, y el mayor 1371[6].

A finales del siglo XVII, en manos de británicos, holandeses y franceses, el galeón ya se había convertido en navío, un tipo de buque de combate a distancia en el que las superestructuras se habían rebajado y la potencia artillera, aumentado. La gran tradición naval española parecía superada por otras marinas[7].

II

Nueva dinastía

En 1701, tras la muerte de Carlos II sin heredero, se inicia la dinastía borbónica con Felipe V. Las ambiciones de su abuelo, rey de Francia, dan origen a la guerra de

---

[4] La tonelada de arqueo era una medida del volumen que podía transportar la nave. Se definía como 40 codos cúbicos de ribera, que equivalen a 1,5185 m^3.

[5] Existente en el Museo Naval. G. ARTIÑANO Y GALDÁCANO lo transcribe en su *Arquitectura naval española,* 1920.

[6] Dice que los galeones, o naos, *Capitana* y *Almiranta* para la carrera de Indias corresponderían al cuarto orden, con algo menos de 800 toneladas y con capacidad para montar 70 cañones.

[7] En una real cédula de 19 de abril de 1676 para la consulta de los planos y proyecto de los galeones *Capitana* y *Almiranta*, refrendada por el ministro Gabriel de Quirós, se recomienda seguir «la regla observada en su fábrica por los ingleses y holandeses dado la ventaja que se ha reconocido hacen a las de España». Recogido por C. FERNÁNDEZ DURO en *La Armada Española,* 1895, vol. 5, p. 324.

Sucesión, tras la que estaba el interés por los dominios españoles en América. La guerra terminó en 1714, ó 1715 si tenemos en cuenta la toma de Barcelona. Por el Tratado de Utrecht España pierde Flandes, Nápoles, las posesiones en el norte de Italia, Sacramento, Gibraltar y Menorca, estas dos a manos de los británicos, quienes además consiguieron ventajas de comercio con América. Las consecuencias de esta guerra marcarían todo el siglo.

Dada su penuria de barcos, España tiene que solicitar ayuda a Francia para la escolta de la flota de Indias. En 1702, una flota de galeones de transporte que venían así escoltados se ve obligada a refugiarse en Rande ante el acoso de una escuadra angloholandesa. Algunos galeones se descargaron, pero casi todos fueron hundidos. El llamado "desastre de Vigo" fue magnificado por los vencedores en lo que era el inicio de la guerra de Sucesión. Los buques combatientes no eran españoles, pero las comunicaciones con América quedaron cortadas durante bastantes años.

Ello explica que uno de los objetivos de la renovación borbónica fuese potenciar la marina para la protección del tráfico con las Américas. El hecho es que de no tener casi ni barcos, en el correr del siglo España llegó a tener la tercera marina, y en algunos momentos la segunda, de Europa. Esto fue fruto de una política gestada en la primera mitad de la centuria, cuyos efectos perduraron casi hasta su final. Sin embargo, si bien la tendencia política se mantuvo, desde el punto de vista constructivo hubo sus altibajos y tendencias.

El siglo estuvo marcado por los pactos de familia con Francia y por las guerras con Inglaterra, especialmente en el mar. No nos corresponde valorar los resultados, pero es fácil conjeturar que sin el esfuerzo hecho por España[8], pagado a un costo muy alto frente a Inglaterra, la historia del continente americano habría sido muy diferente. La realidad fue que el Imperio español se conservó e incluso se incrementó. No así el comercio, que constituyó la gran batalla perdida.

Y ya hablando de guerras y batallas navales, estimamos que el ciclo de la marina española se cerró con la derrota del cabo San Vicente en 1797, momento en que España tenía unos barcos excelentes. En nuestra opinión, el desenlace debió de ser motivo para cambiar el rumbo de la marina. El segundo desastre fue la batalla de Trafalgar en 1805, más compleja por la alianza con la flota francesa, pero cuyo resultado estaba condicionado por los errores no corregidos de la anterior. Aunque esto no era problema de la marina, sino de todo el país.

De momento esto es suficiente. Más adelante se trazarán en paralelo los perfiles de los gestores de esa política, de sus ejecutores y de los constructores e ingenieros.

[8] Como dato, notemos que España tenía unos 8 millones de habitantes frente a los 20 de Francia y los 12 de Gran Bretaña.

III

El navío

Hasta el siglo XVII no había una separación definida entre el buque mercante y el de guerra; tal era el caso del galeón. Sin embargo, en el XVIII ya hay una clara diferenciación entre ambos, con un crecimiento del barco de guerra que llega a duplicar al mercante. En cuanto a las técnicas constructivas, eran similares para ambos, con la complejidad adicional del apresto del buque de guerra, por lo que nos ceñiremos a éste.

Los buques de guerra se clasificaban principalmente por el número de cañones. En el grupo superior estaban los navíos, también denominados navíos de línea[9], sobre los que gravitaba la responsabilidad de una batalla. Su armamento iba desde 50 hasta 120 cañones, que se distribuían en dos o tres puentes (cubiertas con artillería); siendo clasificados en órdenes o rangos. Sólo hubo un navío con cuatro puentes y 130 cañones, que fue el *Santísima Trinidad*. Las fragatas tenían un solo puente y entre 20 y 50 cañones; eran barcos más rápidos y se usaban para mantener las comunicaciones, vigilancia, avisos y otras funciones auxiliares, incluido el combate[10]. Menores eran las corbetas, que llegaban a 20 cañones. Otros tipos eran las urcas[11], de menos de 40, y los jabeques, con menos de 35 y que era una nave típica del Mediterráneo donde se empleaba para perseguir la piratería. Había también bergantines, goletas, bombardas, quechemarines, etc.

Para dar una idea de la magnitud y dimensiones de los navíos presentamos una tabla para cinco casos típicos[12].

Cañones	Eslora m	Manga m	Calado m	Palos m	Arqueo t	Desplazam. t	Tripulación
120-130	59,4	16,12	7,78	63	2.163	4.902	875/1.048
112	59,4	16,12	7,22	62	2.112	4.770	848
94	54,8	15,60	7,37	59	1.600	2.800	802
74	53,0	14,50	6,80	57	1.500	2.750	510/584
58	41,7	11,95	5,37	45	990	1.730	425

[9] Denominación derivada de que en las batallas los barcos se alineaban en las primeras fases del enfrentamiento.

[10] La clasificación no estaba claramente definida; así, la Marina inglesa consideraba navío a partir de 60 cañones.

[11] Si acaso la urca podía tener la doble vertiente de transporte y militar.

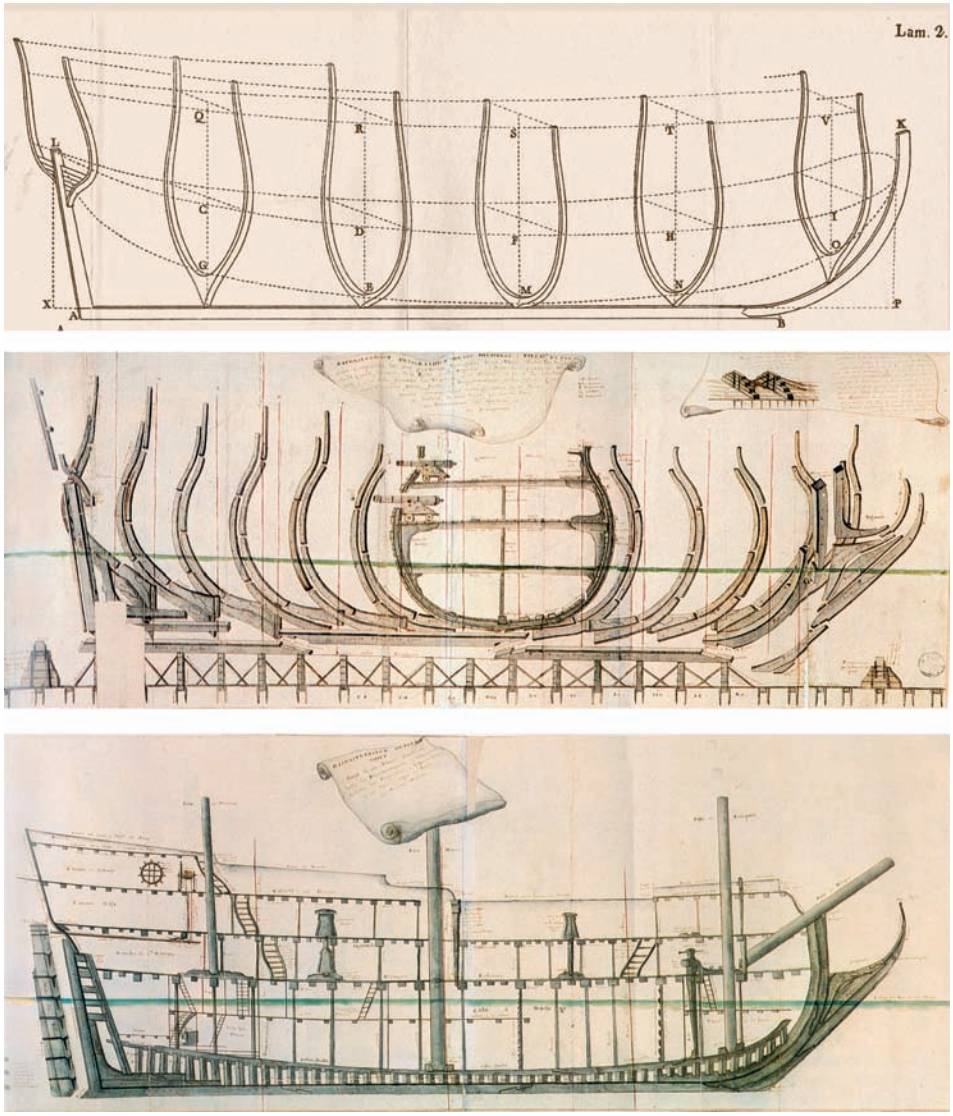
[12] Tomada de C. MOYA BLANCO: *El buque en la Armada Española*, 1981.

El navío era una máquina compleja, la más compleja de su época, tanto en su concepción como en la diversidad de elementos que requería. Su construcción era asimismo complicada, precisando grandes instalaciones, multitud de oficios, elementos auxiliares y recursos económicos muy elevados.

El navío representado en la fig. 12.1, con sus 112 cañones entraría, por tanto, en el segundo grupo de la tabla anterior. Los cerca de 850 hombres de su tripulación –que en tiempo de guerra llegarían a casi 1.000– formaban una pequeña república. Hombres con muy diferentes responsabilidades, provenientes de mundos sociales extremos, sometidos a una vida muy dura y que tenían que hacer todas las labores y esfuerzos físicos durante días interminables, con sólo el mar como horizonte.

El casco era la base del navío. La parte sumergida era la que generaba la fuerza de flotación, por lo que se la denominaba "obra viva", en contraposición a la parte exterior, que era la "obra muerta". Pero además de la flotación, en el casco también se producían las fuerzas hidrodinámicas: unas, las resistencias al avance; otras, las de recuperación frente a las perturbaciones. Las primeras determinarán la velocidad y las segundas, las oscilaciones. Frente a éstas estaban las fuerzas propulsivas: se producían en las velas por efecto del viento relativo; las velas se sujetaban en las vergas, éstas a los palos y éstos se fijaban al casco. Ambas, junto con las fuerzas másicas, tanto el peso como las de inercia, determinaban la dinámica del buque.

12.1. El* Santa Ana*, navío de 112 cañones de tres puentes, *entrando en el puerto de El Ferrol con todo el velamen desplegado, los cañones de las dos baterías superiores asomando por sus portas, la inferior cerrada, los gavieros en las vergas laborando las velas... Un porte realmente majestuoso. (Acuarela de Guillermo G. de Aledo.)*



12.2. Estructura del casco: *A) Tomada del* Examen Marítimo *de Jorge Juan y que esquematiza la construcción a base de cuadernas sobre la quilla, notándose la roda y codaste; B) Proviene del* Diccionario *del marqués de la Victoria (Museo Naval de Madrid), y se aprecia la construcción de las cuadernas a partir de piezas de madera ensambladas y las uniones transversales por medio de travesaños, o baos, sobre los que se soportaban las cubiertas; C) De la misma procedencia, muestra una vista por el plano de simetría, o de crujía. En ésta es ilustrativo ver las dos cubiertas, el sollado, el alcázar y el castillo. También cómo se sujetaban los palos, cómo se situaban las cuadernas sobre la quilla y sobrequilla, cómo se elevaba el fondo desde la cuaderna maestra hacia proa y popa en lo que denominaban la astilla muerta, y el tajamar en la proa. Asimismo se aprecian los dos cabrestantes y la bomba de achique.*

Por otra parte, el casco formaba el habitáculo donde se vivía y trabajaba, era el soporte del armamento –que, como elemento ofensivo, era la última razón del buque– y servía además de coraza frente a los contrarios.

Para explicar la estructura del casco utilizaremos un dibujo del *Examen* de Jorge Juan (fig. 12.2a). La base del navío era la quilla, pieza horizontal sobre la que se asentaban verticalmente las cuadernas. Dada su longitud, se formaba a partir de varios tramos de madera ensamblados. El grosor de esta pieza podía llegar a cerca de 50 cm. Por la proa terminaba en un arco de círculo denominado, consecuentemente, roda. Por la parte de atrás estaba el codaste, que se levantaba con un cierto ángulo. En la figura se representan sólo seis cuadernas, cuando en la realidad su número se acercaba a las setenta, con una separación entre ellas de 70 y 80 cm. Estaban constituidas por varias piezas de madera ensambladas por clavos. Una cuaderna podía tener más de 30 cm de espesor. Aproximadamente en el centro se situaba la cuaderna maestra, básica en la definición del navío.

Para mejor entender las soluciones constructivas se reproduce (fig. 12.2b) parte de una figura del cuaderno del marqués de la Victoria[13]. En esta ampliación se aprecian las varias piezas que formaban cada cuaderna; para su fabricación, como no existía un procedimiento para curvar maderas, se seleccionaban árboles con troncos curvos que se adaptasen a las formas necesarias. Entre los brazos de cada cuaderna se situaban unos travesaños horizontales, denominados baos, sobre los que se asentaba cada una de las cubiertas; a veces había otro inferior que daba origen al sollado (cubierta inferior con compartimentos: alojamientos y pañoles). Todos se reforzaban con soportes angulares en cada extremo. En la figura se representan dos cubiertas y el sollado. El conjunto de la quilla, cuadernas y baos formaba el esqueleto del buque. En la figura también se aprecia el recubrimiento externo o tablazón que se clavaba a las cuadernas y que formaba la parte externa del casco. Estas tablas, cuyo espesor podía ser de 20 cm, se tenían que conformar por calor y agua para que se adaptasen a las cuadernas. También se recubría con tablas la parte interna y la parte superior de los baos, para así formar las cubiertas. La cantidad de madera era mayor en la parte correspondiente a la obra viva que a la muerta, hecho debido a la mayor solicitación de fuerzas.

Todas estas piezas, más las que formaban la proa y popa, constituían el conjunto del casco. El elemento de unión eran los clavos, de hierro, bronce o madera de diversos tamaños, que recibían el nombre de cabillas o cavillería. Claramente las de madera eran más ligeras que las de metal, aunque podían ser menos efectivas al secarse. Nótese que la función de los clavos no sólo era transmitir las cargas estructurales sino forzar la unión de las piezas para que éstas también trabajasen a rozamiento, y en particular para transferir los esfuerzos de cortadura ocasionados por los momentos flec-

[13] Juan José NAVARRO DE VIANA, marqués de la Victoria, realizó un cuaderno, denominado *Diccionario de arquitectura naval,* sobre distintos aspectos de la construcción naval. Según consta, lo inició en 1719 y lo terminó en 1756.

tores, que en gran parte se absorbían por la tablazón. La acción de esta solicitación de cargas se denominaba "el quebranto", que era debido a la distinta distribución de las masas y las fuerzas de flotación; el resultado era equivalente a una fuerza vertical hacia arriba aplicada en el centro que arqueaba el buque. Los efectos laterales del quebranto los absorbían los baos. Sobre el conjunto de solicitaciones estáticas se superponían las periódicas ocasionadas por las oscilaciones naturales del barco, con una magnitud dependiente de las condiciones externas, que llegaban a ser extremas en las tormentas. Es fácil de entender que la unión entre la tablazón distaba mucho de ser perfecta, por lo que era necesario calafatear la carena, operación que consistía en rellenar las juntas con estopa y sellarlas con brea. La brea y el alquitrán eran elementos decisivos en la vida de un barco. No obstante, siempre había entradas de agua, que tenían que achicarse por un sistema de bombas a bordo. En la fig. 12.2c, también del mismo cuaderno, se aprecia la constitución general del casco.

En la segunda mitad del siglo se adoptó el procedimiento de forrar los cascos con cobre para evitar el efecto del molusco *Teredo navalis* (broma), que perforaba los cascos dejándolos inservibles en pocos años. La práctica del forrado comenzó en Inglaterra, y en España[14] se implantó veinte años más tarde. Estaba formado por chapas clavadas con pernos de bronce[15]. Por otro lado, se ha de destacar que la conservación de las maderas era un tema fundamental, pues la construcción del barco con recintos húmedos y poco ventilados favorecía la pudrición. Para evitarla dejaban pasos de aireación o forzaban corrientes con estufas.

Obsérvese la fig. 12.3 para considerar el aparejo: palos, velas, jarcia, etc., responsable de producir y distribuir las fuerzas propulsivas. Aparte de la madera de los palos, ahora el material básico son los derivados del cáñamo, bien trasformado en jarcia, bien en lona. Los palos eran elementos decisivos, siendo el "desarbolado" uno de los accidentes más frecuentes en un navío.

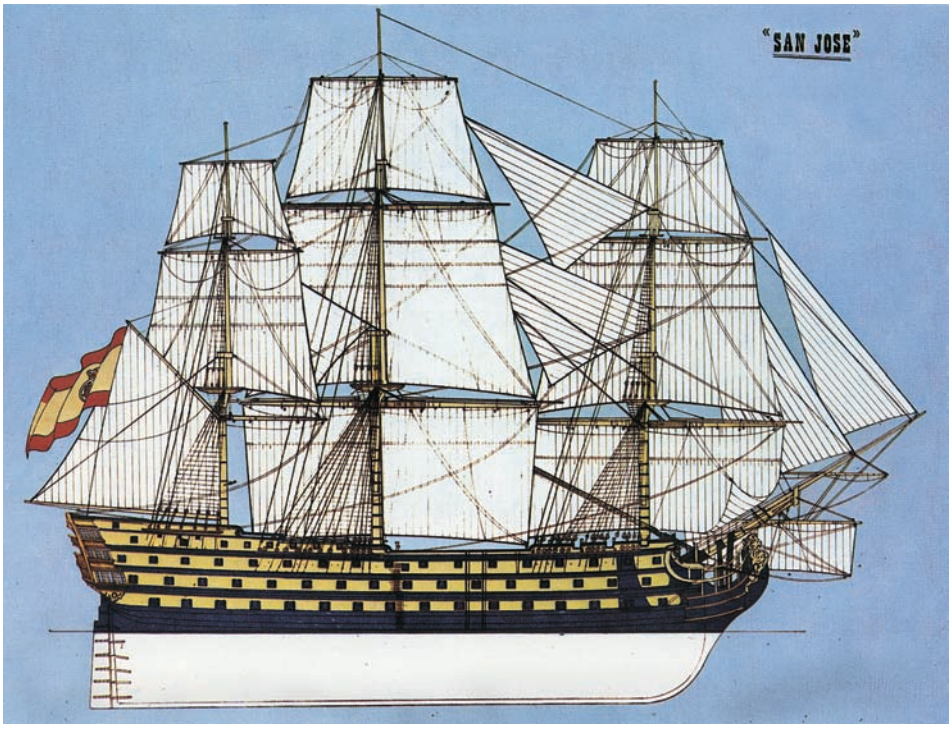
Si para el casco los elementos de unión básicos eran los clavos, ahora su lugar lo ocupan los cordajes o jarcias, que servían para muchas funciones: una, como elementos de unión, tal entre palo y mastelero; para el mantenimiento vertical de los palos, a base de amarres laterales, los obenques constituidos por varios cabos, y en sentido longitudinal los estays, que evitaban la caída a proa; para sujetar, amurar, maniobrar, etc.

Para finalizar, no se ha de olvidar el resto del apresto: cañones, instrumentos, habitáculos, víveres, pertrechos, repuestos y... tripulación.

---

[14] No obstante, en 1514 se forró con chapa de plomo la nao *Santa Ana*. Cf. R. CRESPO RODRÍGUEZ, 1975, p. 27.

[15] A. DE ULLOA, en su obra *La Marina. Fuerzas navales de la Europa y Costas de Berbería*, 1773 (no publicada hasta 1995), dice que otra forma es encaparlos en papel de estraza, más grueso que el regular, aplicado en varias y capas y alquitranado (Sección 6.ª, Asunto 5.º).



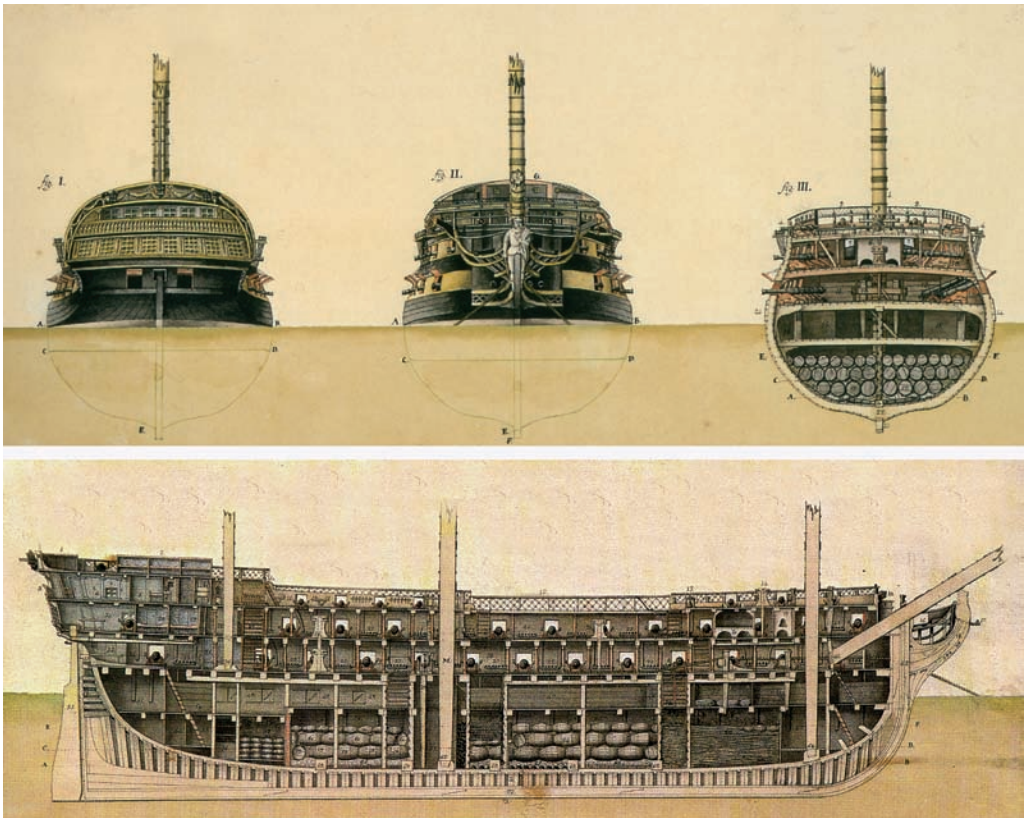
12.3. Interpretación del navío* San José, *por Berenguer, en la que se muestra el aparejo con mucha fidelidad. *Los palos, de proa a popa, trinquete, mayor y mesana, se complementaban con el bauprés, inclinado a proa. Se sujetaban al casco por la jarcia fija –obenques y estays–. El juego de velas básico era de tres por palo –mayores, gavias y juanetes–, todas rectangulares –llamadas cuadras– con la excepción de la baja de mesana que era tipo cangreja; en el bauprés iba la cebadera y los foques –triangulares– que se unían al trinquete. Las velas se desplegaban desde las vergas. Los palos principales se constituían por la unión de tres: el palo macho, el mastelero y el masterelillo, unidos entre ellos por jarcias y zunchos.*

Para tener una idea más precisa de las masas relativas de todos los elementos tomamos el navío de 60 cañones que propone Juan como ejemplo en el *Examen*. El desplazamiento era de 1.995 toneladas, la superficie vélica de 2.500 m², y las masas en toneladas según la siguiente tabla:

Casco	1.230	*Artillería*	109	1.820 kg/cañón
Arboladura	30,5	*Balas*	36,5	608 kg/cañón
Jarcia y velamen	30,5	*Pólvora*	12,8	213 kg/cañón
Respeto	45	*Gente con su ropa*	36,5	91 kg/pers
Anclas	15	*Víveres* (3 meses)	130	3,6 kg/día
Lancha	13,7	*Aguada* (2 meses)	73	3 l/día
Lastre	225			

Al lado de los conceptos de la derecha se han añadido valores unitarios, tal el peso medio de un cañón y sus pertrechos y la ración de víveres y agua (sólo para dos meses, pues su conservación era otro gran problema).

Terminamos aquí la presentación del navío con la fig. 12.4, correspondiente al navío *Montañés* ya equipado, que completa a las del marqués de la Victoria. Bien, ya tenemos nuestro barco aprestado y listo para navegar. Sus bodegas estarían repletas de pipas, o barricas de agua y vino, salazones, etc.; en definitiva, alimentos para varios meses. Los tripulantes vivirían en las cubiertas, dormirían en coys, comerían un rancho a base de galleta y carne seca; más bien malvivían, una vida dura. Los oficiales y el capitán, señor de ese pequeño y difícil mundo, vivían con algo más de desahogo, pero no con menos dureza. Imaginemos el navegar majestuoso de estas máquinas (fig. 12.1), con sus velas desplegadas en un día de viento fresco. O, por el contrario, en un mar tormentoso, con apenas trapo, con olas batiendo la cubierta...

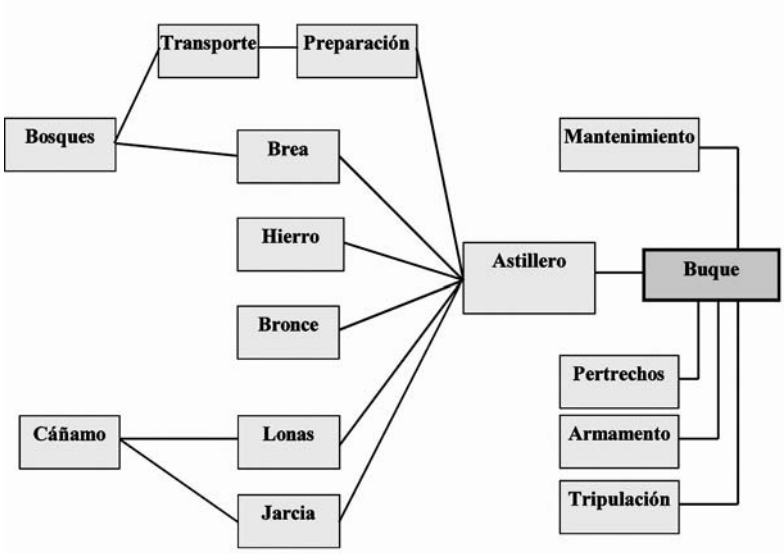


12.4. Navío* Montañés *(El Ferrol, 1794). *En la figura superior se muestran dos vistas, por proa y popa, y un corte por la cuaderna maestra. La inferior es un corte por la crujía. Vemos en ellas las cubiertas con la artillería, los toneles con los víveres en el sollado, el cabrestante, los camarotes en la zona de popa, el acoplamiento de los palos, timón, etc. (Museo Naval de Madrid, sign. PB-65 y PB-66.)*

IV

Fabricación del navío

La construcción de los navíos se llevaba a cabo en los astilleros, donde confluían materiales y oficios. Las piezas se ensamblaban en una grada de montaje a partir de la quilla, sujetándose las cuadernas y el resto con puntales, y empleando grúas y cabrestantes como máquinas auxiliares. El barco se botaba sin arboladura, en una condición que llamaban "en rosca", y luego se aparejaba y pertrechaba. Pero en su vida de servicio tenía que volver periódicamente a los astilleros, o arsenales, para su mantenimiento y carena. En la fig. 12.5 se esquematiza el proceso constructivo que pasamos a detallar.



12.5. Esquema del proceso constructivo de un buque. *Se incluye el pertrechado y el mantenimiento como partes esenciales en la vida del navío.*

IV.1. Maderas

El material básico era la madera, de la que se empleaba especialmente el roble y el pino, aunque no exclusivamente. En la siguiente tabla se detallan las maderas que se necesitaban para un navío de 74 cañones[16]:

[16] Este dato y los siguientes provienen de G. de ARANDA: *Los bosques flotantes*, 1990, p. 100.

	m^3	t
Roble	1.911	1.258
Pino de Soria	1.206	793
Pino del norte	113	75
Haya	227	149
Cedro	22	14
Total	**3.479**	**2.289**

Estas cantidades se han de entender como de "segunda labra", que suponían 3,6 veces más para la madera "en pie"[17]. Esto representaría en torno a las 72 hectáreas de bosque de 150 años[18]. Tomando estos datos como referencia, cotejados con otras fuentes y aproximaciones, y considerando los barcos fabricados en el siglo XVIII, se llega a una estimación para el consumo en todo el siglo de 400.000 m^3 de roble y 224.000 m^3 para el pino. Con estas cifras, dado el sistema de elección de los árboles y con algunas suposiciones de cómo se hacía el corte, resulta una superficie de actuación de 666.000 ha y 224.000 ha para el roble y el pino, respectivamente.

Dada la importancia estratégica de la madera, hubo varias disposiciones de la Corona sobre los bosques. Ya en el nombramiento de Patiño, en 1717, se cita entre sus competencias el aprovechamiento de los bosques. En 1723 se promulga la Ordenanza de Arsenales, con las que se inician las visitas a montes y su valoración, y en las de 1748 se confiere jurisdicción a la Marina sobre todos los montes a menos de 25 leguas (138 km) de las costas[19].

Los árboles se seleccionaban según su dendromorfismo[20], se cortaban a hacha, se los sometía a una primera labra y luego se transportaban al astillero por sendas forestales, ríos y navegación costera. Ya en el astillero se almacenaban en tinglados para su secado y se sometían a un proceso de curación en estanques para eliminar la savia antes de pasar a la segunda labra para obtener las piezas del barco, lo cual podía

17 G. de ARANDA: *El camino del hacha*, 1999, p. 134, donde se explican las pérdidas sucesivas que sufría la madera en los procesos de corta, saca, desembosque, primera labra en el bosque y segunda en el astillero. También se presenta una tabla con la cantidad de madera estructural para navíos desde 50 hasta 100 o más cañones.

18 *Ibidem*.

19 G. de ARANDA: *Los bosques flotantes*, 1990, p. 19.

20 Esto es, buscando que de su morfología natural se pudiesen confeccionar las formas de las piezas requeridas. El *Diccionario* del marqués de la Victoria presenta una lámina (n.º 21) en la que se superponen las piezas sobre la morfología del árbol. G. de ARANDA, en *El camino del hacha*, incluye parte de la obra *Des bois propres au service des Arsenaux de la Marine et de la Guerre,* de P. E. Herbin de Halle, en la que hay una tabla muy completa (pp. 192-193) sobre la «Configuración morfológica de las piezas en el buque y en el árbol».

ser dos años más tarde[21]. La calidad de las maderas era fundamental para la calidad del buque y de su durabilidad en servicio. Por esta razón, los construidos en América, en particular en La Habana, con maderas más nobles, dieron un resultado mucho mejor. Pero no toda la madera provenía de nuestros bosques: los mástiles y a veces la tablazón se importaban de los países bálticos[22].

En el astillero los carpinteros cortaban las piezas según las plantillas provenientes de diseños más o menos elaborados, pero siempre adaptándose a lo ya hecho. La realidad era que con las herramientas de trabajo de que disponían, con las deformaciones de la madera y con las deficientes plantillas siempre había diferencias. Jorge Juan dice en el *Examen* que se encontraban diferencias de hasta pulgada y media (unos 4 cm). Una de las preocupaciones de todos los tratadistas era el producir buenos planos. Las planchas de la tablazón, que tenían que adaptarse a la superficie curva del casco, se conformaban en hornos y baños de arena. El número de piezas estructurales podía llegar a 1.436 piezas más 1.500 tablones[23]. A pesar de los intentos de aprovechar al máximo la madera, se producía una buena cantidad de astillas, de donde viene el nombre de astillero.

También de la madera procedía otro material básico: la brea, obtenida a partir del pino, y que era insustituible para calafatear las carenas y proteger las maderas. Una buena parte venía de Rusia.

Finalmente, el impacto ecológico de esas extracciones sobre nuestros bosques no fue cuantitativamente alto, aunque por el método de corte debió de desperdiciarse mucha madera. Sin embargo, cualitativamente supuso la pérdida de masas arbóreas irremplazables, principalmente sobre el roble común y el albar, a pesar del esfuerzo realizado en la restauración de esos espacios[24].

IV.2. Cáñamo

Otro material básico era el cáñamo, a partir del cual se fabricaban las jarcias y las lonas. El cáñamo es una planta cuyo tallo llega a alcanzar 2 m de altura y de la que se extrae la fibra. Al cáñamo recolectado en rama se le aplicaban unas primeras operaciones de limpieza a pie de planta, y a continuación se acometía la faena del agramado. Ésta era una operación muy penosa que consistía en machacar la fibra y luego espadillarla para quitar el cañizo[25]. Tras ello se enviaba a las fábricas para su hilado.

---

21 G. de ARANDA y ANTÓN, *op. cit.* (pp. 87-89), traza la vida de un roble que nace en Cabuérniga en 1492 y termina en Gibraltar como parte del navío *San Juan Nepomuceno* que se hizo a la mar en 1766.

22 Según cuenta ULLOA, eso era habitual en otros países de Europa.

23 Cf. R. PIÑÓN, 2002.

24 G. de ARANDA Y ANTÓN, *op. cit.*, p. 83 y p. 33. Al respecto, este autor manifiesta que la necesidad de leña para las fundiciones ocasionó mayor daño a los bosques, pues no se trató de introducir en éstas el carbón mineral, como se hizo en otros países europeos.

25 Seguimos a J. QUINTERO GONZÁLEZ en *Jarcias y Lonas*..., 2003.

Tomando el navío de 74 cañones como muestra, se necesitaban 144 t de cáñamo y el trabajo de 160 hombres durante tres meses. La demanda anual en la segunda mitad del siglo XVIII oscilaba entre las 1.600 y 1.840 t. La mayor parte de la producción española provenía de Aragón, Cataluña y, en menor medida, de Valencia, Granada y Murcia; también hubo importaciones.

Para la fabricación de las lonas había que hilar previamente las fibras, lo que requería varias operaciones manuales hasta convertirlas en hilo. El resultado era hilo de varias calidades: un 25 % para la primera, otro 25 % para la segunda, 28 % de tercera y un 15 % de estopa. El de primera clase se dedicaba a las velas de mayor responsabilidad (mayores, trinquete, gavias y velacho), y el de segunda para el resto. La confección de los lienzos se hacía en telares, pasando el hilo por cera y dando lugar a unos anchos de entre 80 y 100 cm. Las velas requerían grandes cantidades de lona; así, un navío como el *San Luis*, de 94 cañones, necesitaba 2.200 m de lienzo de primera clase[26]. Para las lonas Jorge Juan preparó un Reglamento en 1750.

El otro elemento que proviene del cáñamo son las jarcias, para las que también Juan preparó un Reglamento. La importancia de la jarcia es clara: si los elementos del casco se unían por cabillas, el aparejo lo hacía por la jarcia. Había una jarcia firme, que era la que sujetaba los palos y por tanto inmóvil, y otra de labor, que era la empleada para bracear, orientar, sujetar, etc., siempre en operaciones temporales. La jarcia se fabricaba hilando y torciendo la fibra del cáñamo en ruedas de donde salía la filástica, cordón uniforme de unos 8 mm de diámetro, que se enrollaba en carretes de hasta 300 m. Cuando la filástica se iba a usar en la jarcia firme se la pasaba por calderos con alquitrán para impregnar su superficie y así darle una protección contra el ambiente marino.

Había multitud de tipos de jarcia, con denominaciones propias como cabos, cables, calabrotes, guindalezas, etc. Bástenos decir que llegaban a tener 20 cm de diámetro y que había piezas de cerca de 5 t. Por otra parte, un navío necesitaba unas 80 t de jarcia.

No hay una estimación de la jarcia consumida en el siglo, sólo datos aislados aunque significativos. Así, en 1756 la producción de las tres fábricas –una por arsenal– era de 1.450 t, con un consumo anual de 473 t, pero en 1760 en Cádiz se necesitaron 690 t, no sólo para los buques que había en la ciudad sino también para los que se estaban construyendo en La Habana.

IV.3. Metales y otros

El más usado era el hierro, en forma de clavos de unión de muy diversos tamaños; pero también en argollas, cadenas, zunchos y anclas. Éstas eran casi en su totalidad de producción vizcaína, podían pesar 14 t y el resto unas 4,5 t.

---

[26] Considerando un ancho de 100 cm, resultaría una superficie de 1.760 m², a la que habría que añadir los de las velas de segunda clase, cifra consistente con la que ofrece Jorge Juan para su navío de 60 cañones.

Otro metal era el cobre, que se usó para proteger los cascos en el último cuarto de siglo. Se preparaba y batía en láminas de unos 2 mm de espesor en unas 2.500 planchas. Su fijación se hacía por medio de clavos de bronce, pues los primeros de hierro presentaban corrosión electrolítica, fenómeno que se desconocía pero que se resolvió por medios prácticos[27].

Había, además, un gran número de otras piezas. Estaban las bombas de achique, el timón con sus accesorios, los botes, los camarotes y sus equipamientos, los almacenes varios, la santabárbara (cerrada con tabique de ladrillo por miedo a los incendios) y los cabrestantes (indispensables para levar las anclas, maniobras, etc.).

IV.4. Varios

La construcción de un navío duraba unos dos años. Hay algunos estudios sobre el coste de uno de estos navíos: el del *Real Felipe* (1732) sin aprestar fue de 8.396.400 reales de vellón (559.760 pesos), en el que se incluyen un millón de horas de trabajo[28]. Por otra parte, en 1770 se fija un precio de 150.000 pesos para un navío a construir en Cartagena[29]; no se dice el número de cañones, pero debía de ser de 74, frente a los 114 del *Real Felipe*, lo que supondría un factor en peso de dos. Otra referencia es el asiento para construir seis navíos en Guarnizo a 200.000 pesos cada uno[30]. Y en lo tocante a los aspectos económicos, se ha de constatar que el coste de un navío no era igual en todos los astilleros: así, en Cartagena superaba en un 25 % a El Ferrol y en un 50 % a los franceses; es más, en algunos tipos de barco era más del doble que uno británico[31]. Y estos costes no sólo eran aplicables a la construcción, sino también al mantenimiento, lo cual a la larga era aún más gravoso. Esto merece un comentario. Por un lado, hay que considerar el precio de las maderas, más baratas en el norte de España que en el sur o levante, y más aún en Europa. Por otra parte, también era mayor precio de todos los elementos auxiliares, puesto las industrias productivas necesarias tenían que instalarse casi sólo para abastecer a la Armada, por la falta de demanda particular; hasta el punto que era más económico adquirirlos en el extranjero. Este tema lo trata con algún detalle Artiñano[32], quien termina constatando que "es imposible la vida de una industria, cuando, como entonces en éstas, el Estado era el único cliente, y la irregularidad e intermitencias de sus enormes, variables y urgentísimos pedidos, producían plétoras y crisis imposibles de prever ni contrarrestar"[33]. Esto es otra constatación de

---

27 Cf. R. PIÑÓN, *op. cit.*

28 *Ibidem*.

29 M. T. PÉREZ-CRESPO MUÑOZ: *El Arsenal de Cartagena en el siglo XVIII*, 1992, p. 193.

30 Citado por G. ARTIÑANO Y GALDÁCANO: *La arquitectura naval española (en madera)*, 1920, p. 166.

31 Cf. H. O'DONNELL Y DUQUE DE ESTRADA, 1990.

32 G. ARTIÑANO Y GALDÁCANO, *op. cit.,* pp. 170-174.

33 *Ibidem,* p. 172.

la disimetría existente entre una armada poderosa frente una industria y marina mercante débiles.

Se han dejado para el final los cañones, fundidos en hierro, pues el bronce cayó en desuso por su mayor peso, aunque tenían la ventaja de que podían refundirse. Los calibres iban desde 24 libras para la batería inferior, 18 la superior y de 8 en la toldilla y castillo. El *Santísima Trinidad* y los navíos de tres puentes tenían en la batería inferior un calibre de 36 libras. Un cañón de estos últimos pesaba 3.200 kg y alcanzaba una longitud de 3 m; uno pequeño de 8 libras tenían 2,4 m y 1.170 kg.

Finalmente, no hemos de olvidar que las operaciones fabriles sobre un navío no terminaban en su aprestamiento, sino que las labores de conservación eran constantes, y que a lo largo de su vida suponían más esfuerzo y coste que el de su construcción.

V

Las teorías

V.1. Teoría del impacto

La teoría entra en la construcción naval de la mano de la mecánica de los fluidos, la cual –desde nuestro punto de vista– se inició como ciencia en los *Principia* de Newton en el año 1687[34]. A partir de entonces, o más bien casi en paralelo, pues las ideas de Newton tardaron tiempo en difundirse y aceptarse, una serie de autores comenzaron a indagar acerca de cuáles eran las fuerzas que actuaban sobre un cuerpo móvil en el agua utilizando la teoría derivada por Newton para el aire, que denominamos "del impacto", ya que suponía que las fuerzas se producían como consecuencia del impacto de las partículas de aire sobre el cuerpo. Aunque, como hemos dicho, Newton sólo derivó esta teoría para el aire[35], lo cierto es que los matemáticos la extendieron al agua, más por tener una herramienta de cálculo que por su verosimilitud. Hubo también algunos autores que siguieron la teoría cartesiana, en vez de la newtoniana[36].

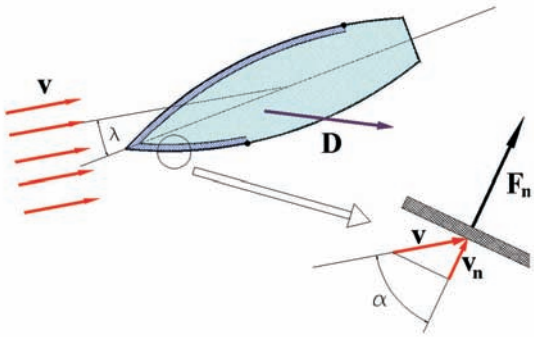
La aplicación de esa teoría a los barcos se inició primero en artículos en las revistas científicas, después ya en libros y al final como tratados. Como no existen referencias de españoles de principios del siglo XVIII, tomaremos a Johann Bernoulli en su obra *Essay d'une nouvelle Théorie de la manoeuvre des vaisseaux*, de 1714, a modo de indicación de cómo se desarrollaban las cosas. Este libro es fruto de una polémica mantenida contra Bernard Renau d'Eliçagaray en cuanto a cómo determinar la deriva

---

34 Cf. J. SIMÓN CALERO: *La génesis de la Mecánica de los Fluidos*, 1996, cap. 2, § 4.

35 En rigor, ni siquiera para el aire real sino para un aire idealizado constituido por partículas equiespaciadas e inmóviles que llamó "medio raro".

36 Hay algunos tratados no newtonianos, como la *Théorie de la construction des Vaisseaux* de Paul HOSTE, 1697.



$$dF_n = kv_n^2 ds = kv^2 \cos^2\alpha\, ds$$
$$= \tfrac{1}{2}\rho v^2 C_d \cos^2\alpha\, ds$$

$$\vec{D} = k\int_{\Sigma} v_n^2 d\vec{s}$$
$$= kv^2 \int_{\Sigma} \cos^2\left[\lambda + \vartheta(\Sigma)\right] d\vec{s}$$

***12.6. Esquema bidimensional del casco de un buque en una corriente* v *y ángulo de deriva* λ.** *Se detalla la fuerza sobre un diferencial de superficie y la total* D. *A la derecha, la fuerza* dF_n *sobre un elemento diferencial de superficie.*

de un barco, bastante sonada en los medios de la época y en la que Bernoulli mantiene unas tesis newtonianas[37].

La fig. 12.6 esquematiza el casco de un barco, todavía bidimensional, en una corriente fluida de velocidad v y con un ángulo de deriva λ. Sobre un elemento diferencial de la superficie la velocidad tiene una componente normal, que es v_n, que es la que genera la fuerza dF_n, también normal, proporcional a la superficie ds, al cuadrado de la velocidad y a un coeficiente k. Esta fuerza puede reducirse al ángulo de ataque local α, densidad ρ y coeficiente C_d.

La fuerza total sobre el cuerpo D, considerada como un vector, será la resultante de la integración de la anterior extendida sobre la superficie vista del cuerpo, que es la resaltada en la figura. Esto es, la teoría del impacto supone que hay zonas en sombra sobre las que no habrá fuerza.

Para las velas el procedimiento era el mismo, pero considerando las velas como placas planas e introduciendo un factor adecuado a la densidad del aire, en vez de la del agua.

La teoría del impacto era claramente insuficiente, siendo su punto más débil, y contrario a la experiencia, la ausencia de fuerzas en la parte trasera, o sea la popa del barco. Todos los autores lo sabían y así lo manifestaban, pero, ante la ausencia de otra teoría, a lo más que aspiraban era a corregir la del impacto. Ésta es una de las razones por la que Jorge Juan busca una teoría alternativa.

No podemos entrar con detalle en la teoría de Juan, pero éste dice que las otras teorías contradicen la experiencia y que «en las teóricas expuestas no se supone el fluido sino destituido de toda gravedad»[38]. Su teoría se basa precisamente en el efecto

[37] La polémica está recogida en varios medios de entonces. Una exposición muy clara nos la da Juan en el prologo de su *Examen*.

[38] Cf. *Examen*, p. XXI.

de ésta, pues, en el supuesto de un avance de una placa en un fluido, la gravedad produciría un efecto equivalente a una velocidad ficticia con la profundidad que se sumaría, o restaría, a la de avance[39]. El resultado más sorprendente es que la fuerza resistente es proporcional a la velocidad, y no a su cuadrado, como indicaban las otras teorías y se mantiene hasta hoy. Su teoría es falsa; no obstante, la del impacto también lo era, pero la diferencia es que ésta se acercaba más a la experiencia sobre la variación respecto de la velocidad.

Hagamos notar que, cuando a mediados de siglo aparecieron las tres Memorias[40] de Euler que constituyen la base teórica de la mecánica de los fluidos, la separación entre lo que se podía esperar de las teorías y de la práctica se hizo casi insalvable, dando lugar a un incremento de la experimentación.

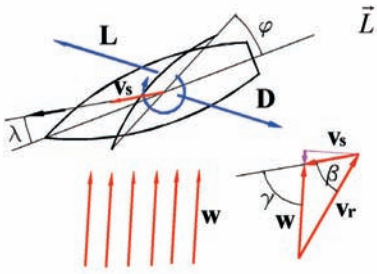
De una u otra forma, las herramientas teóricas estaban disponibles para el paso a las aplicaciones.

V.2. La maniobra

Aunque el modelo del casco sea todavía bidimensional, el procedimiento de cálculo ya está definido. Con él se podían hacer dos cosas:

a) calcular la fuerza resistente producida por el agua sobre el casco, que junto con la del viento sobre la vela permitiría saber la velocidad de avance en función de la del viento;
b) determinar las fuerzas laterales en función de la deriva, lo que permitiría encontrar la posición más adecuada de las velas para obtener las máximas ventajas del viento para el rumbo deseado.

De la segunda se derivó la solución, a nivel teórico, del problema de la maniobra. Esto es, de cómo disponer los aparejos del navío para realizar las tres maniobras clá-



$$\vec{L} = k_v f_v\left[(\vec{w} - \vec{v}_s), \beta + \lambda + \varphi\right]$$

$$\vec{D} = k_m f_m\left[\vec{v}_s, \lambda\right]$$

12.7. Fuerzas sobre el buque. *El barco avanzará a una velocidad respecto al agua* v_s*, que combinada con la del viento* w*, dará como resultado una velocidad relativa sobre la vela de* v_r*, tal como se expresa en el triángulo de velocidades. Las fuerzas resultantes son la resistencia hidrodinámica* D *y el empuje del viento* L.

[39] Un análisis detallado aparece en J. SIMÓN CALERO: «La Mecánica de los Fluidos en Jorge Juan», 2001.

[40] Publicadas en las *Mémoire de la Académie de Berlin*, Vol. XI, 1755.

sicas de la forma más ventajosa: seguir un rumbo dado, ganar al viento y alejarse de un rumbo.

En la fig. 12.7 se representa el barco con su vela movido por el viento; así como las fuerzas producidas: *L* en las velas y *D* en el casco, junto con un momento compensador debido al timón o a velas asimétricas para mantener una condición estacionaria. En el triángulo de velocidades también se muestra la velocidad contra el viento, que existirá siempre que $\beta < 90°$.

La solución de estas ecuaciones admite un conjunto de valores $\{\lambda, \varphi\}$ entre los que habrá un par que maximicen la maniobra deseada. No entraremos en detalles, pero este problema dio mucho juego y se analizó en todos los tratados.

VI

Tratados navales

El siglo XVIII fue prolífico en artículos y estudios navales, por las razones que expusimos al principio. Limitándonos a aquellos que abordan el buque de forma global, los clasificaremos en dos grupos: los descriptivos y los tratados. En los primeros –como su nombre indica– incluimos los que describen proporciones y medidas basadas en la experiencia de los autores, y con ánimo normativo o ilustrativo. Los segundos se aproximan al barco con un respaldo científico, aunque sin excluir la experiencia.

Entre los descriptivos destacamos los siguientes[41]:

1677 *L'Architecture navale...*, F. Dasiée.
1711 *The Ship-Builder's Assistant; or Marine Architecture*, William Sutherland.
1719 *L'art de batir les Vaisseaux et d'en prefectionner la construction,* Witsen, van Eyk, Allard, &c.
1720 *Proporciones de las medidas mas esenciales...,* Antonio de Gaztañeta.
1752 *Éléments de l'architecture navale...,* Henri Louis Duhamel du Monceau.
1768 *Architectura navalis mercatoria...*, Frederic Henrik Chapman.
1775 *Tractat Om Skepps-Byggeriet*, Frederic Henrik Chapman.

Como tratados consideramos los cuatro siguientes:

1746 *Traité du Navire, de sa construction et de ses mouvements*, Pierre Bouguer.
1749 *Scientia navalis*, Leonhard Euler.
1771 *Examen Marítimo,* Jorge Juan y Santacilia.
1773 *Théorie complète de la construction et de la manoeuvre des vaisseaux*, Leonhard Euler.

[41] No se incluye en esta lista el manuscrito de Antonio Garrote de 1691 por no haber sido publicado.

Los dos primeros tratados se gestaron casi simultáneamente[42], pero hay una gran diferencia entre ambos. Euler considera al barco co mo un elemento matemático definido por ecuaciones, mientras que para Bouguer se trata de algo que tiene cuadernas, quilla y maderas, en el que ya asoma la ingeniería. La *Scientia* tiene un gran valor como mecánica aplicada, introduciéndose por primera vez conceptos como los ejes principales de inercia, así como las ecuaciones de oscilación del buque en tres grados de libertad (vertical, balanceo y cabeceo). Es una obra en dos volúmenes llena de ecuaciones y con una amplia casuística que, con toda seguridad, no llegó a ser comprendida por los constructores. El *Traité*[43] se estructura en tres libros, en los que se habla de cómo trazar los planos, tamaños y proporciones, la mecánica del barco a flote con la estabilidad y el metacentro, así como del navío en movimiento con fuerzas en el casco y velas, deriva y maniobras. Además, Bouguer se aplica a la obtención de formas óptimas, materia en la que trabajó con asiduidad[44].

El tercero es el tratado de Juan, que vio la luz en 1771, aunque nuestra opinión es que lo escribió veinte años antes[45]. El *Examen* es una obra en dos volúmenes, muy diferenciados en todo, hasta en la forma de presentación. El primero es un tratado de mecánica aplicada a los fluidos y está estructurado en forma de axiomas, teoremas, proposiciones, etc. El segundo es un aplicación naval, con una presentación con numeración de párrafos. Si la primera parte se asemeja a los *Principia* de Newton, la segunda es más al estilo del *Traité* de Bouguer. Esta diferenciación ya explica en parte la intención de Juan.

Jorge Juan también incluye sus bases teóricas, bastante diferentes y contrarias a las de otros autores, hecho sobre el que Juan insiste haciendo llamadas a la experiencia para justificar sus teorías, aunque no aporte una contrastación experimental que le avale. En el segundo tomo analiza el barco de forma similar a lo hecho por Bouguer pero con más detalle y contenido ingenieril, sin perder nunca de vista el navío, con explicaciones paramétricas. Todo esto lo explicita en un navío de 60 cañones como ejemplo para el que realiza todos los cálculos, y del que ya hemos hecho uso. Es una obra en la que se unen sus amplios conocimientos matemáticos, su intuición de ingeniero y los saberes de un marino. Es un claro ejemplo de cómo se inserta la ciencia en la ingeniería.

---

[42] Bouguer en la expedición a Perú para la medida de un arco de meridiano y Euler en sus viajes entre Berlín y San Petersburgo. El *Traité* se publicó en 1746 a la vuelta de Bouguer, y la *Scientia* en 1749. En este punto recordamos que Jorge Juan y Antonio de Ulloa participaron en la expedición del Perú.

[43] Bouguer se presentó al premio de la Academia de París con *De la nature des vaisseaux* (1727), que es el precedente del *Traité*.

[44] Sobre el origen de este tratado, véase L. D. FERREIRO en «Bouguer in Peru», 2001.

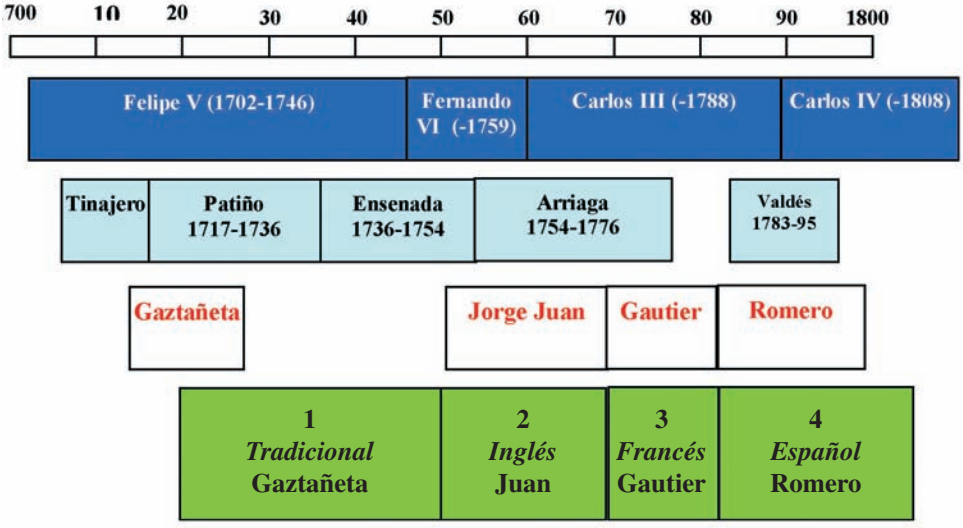
[45] Cf. J. SIMÓN CALERO: «La Mecánica de los Fluidos en Jorge Juan», 2001.

Hay una última obra, el otro tratado de Euler, de alcance mucho más corto que la *Scientia* y que no añade nada nuevo.

VII

Desarrollo histórico

Pasemos a repasar cómo evolucionó la construcción naval española en el siglo XVIII. La fig. 12.8 pretende representar una visión global del proceso a lo largo del siglo. En la fila superior se marcan los reinados de los cuatro monarcas borbónicos: Felipe V, Fernando VI, Carlos III y Carlos IV. Bajo ella, en una segunda fila se indican los promotores de la política naval, desde unos puestos u otros. Reseñamos a cinco: Tinajero, Patiño, Ensenada, Arriaga y Valdés, aunque son el segundo y el tercero los más relevantes. Tinajero realizó los primeros planes, pero la guerra de Sucesión no le permitió desarrollarlos, cosa que le tocó en suerte a Patiño, quien a su vez promocionó a Ensenada; hay, pues, una continuidad en sus políticas. Es más, los resultados de la política del último se manifestaron hasta mucho después de su caída. Hemos de considerar a esta pareja fundamental. Sus políticas no se limitaron a los aspectos navales, aunque la marina ocupaba un lugar prioritario en ellas; no olvidemos que España era un imperio ultramarino que sufrió el acoso permanente de otras naciones, en especial de Inglaterra, cuyo poderío naval era ya muy superior a principios de siglo y continuó en



12.8. Desarrollo histórico. *En la fila superior se indican los reyes, en la segunda los promotores más destacados, en la tercera los constructores que marcaron estilo, y en la cuarta los períodos.*

expansión[46]. Unos y otros ocuparon diversos puestos, incluso hasta acumularon varias carteras ministeriales, pero aquí sólo nos importa su apoyo decisivo a la Marina, que entendían era el único medio de mantener el poder español.

En la tercera están los artífices o realizadores. Citamos a cuatro: Gaztañeta, Jorge Juan, Gautier y Romero Fernández de Landa, que marcan los estilos o períodos de nuestra construcción. Son hombres muy diferentes en sus antecedentes, personalidades y ejecutorias. En definitiva, entre 1721 y 1795 hay en España cuatro estilos diferentes de construcción[47].

VII.1. Período tradicional, o de Gaztañeta (1721-1750)

A la llegada de los Borbones, la Marina estaba tan en precario que hubo que acudir a Francia para que cubriese las misiones nacionales[48]. Ante esta situación, el primer secretario de Marina, Tinajero, estableció un plan de construcción hacia 1710, que tuvo que posponerse hasta el fin de la guerra de Sucesión en 1714. Las necesidades inmediatas se suplieron comprando barcos, y el plan de construcciones se dilató hasta 1721, en el que se adoptaron los diseños de Gaztañeta, con el que se inicia el primer período de construcción, que se suele denominar "el estilo tradicional español", que duró hasta 1750, un largo lapso de tiempo que sobrepasó a su autor, fallecido en 1728. Gaztañeta, un marino con combates a sus espaldas, en el prólogo de la obra *Proporciones más esenciales...* reconoce que en 1672, «bien instruido por maestro consumado, en cuanto conduce a principios teóricos de matemáticas, hice viaje con Oficiales de Mar, muy aventajados, en su profesión, en un galeón del rey, a quienes debió mi aplicación poner en práctica, lo que la especulación adquirió con el estudio». Pues bien, en 1721 por orden del rey se adoptan las medidas que presenta en dicha obra para ocho tipo de bajeles, siendo el mayor de 80 cañones y el menor de 10, y se le inviste de autoridad frente a los asentistas[49]. Los conocimientos de éstos, desde tiempos lejanos, se transmitían casi de padres a hijos. Estaban fundados en reglas prácticas

---

[46] En 1700 el número aproximado de navíos ingleses era de más de 100; los franceses sumaban unos 90. De todos ellos, había bastantes de más de 100 cañones.

[47] C. APESTEGUI, en su «Arquitectura naval entre 1660 y 1754...» (2001), presenta una clasificación algo diferente. Posteriormente, en *Modelos de Arsenal del Museo Naval*, del que APESTEGUI es coautor, se completa esa clasificación hasta 1807. Resumiendo ambos, desde 1660 hasta 1807 consideran seis períodos. El primero entre 1660 y 1712, que a su vez se subdivide en tres etapas: 1660-1680, 1681-1700 y 1701-1712; el segundo entre 1712 y 1728, que se subdivide en 1712-1720 y 1720-1728; el tercero va de1729 a 1748; el cuarto de 1748 a 1764; el quinto de 1765 a 1782; y el sexto se sitúa entre 1782 y 1807. La diferencia más destacada es la matización que introducen entre 1700 y 1729.

[48] Esta asistencia no era en modo alguno gratuita. M. T. PÉREZ-CRESPO cita la cifra de 4 millones de pesos durante la guerra de Sucesión (1992, p. 30).

[49] El procedimiento habitual anterior era contratar la construcción a un asentista, que elegía a los constructores. Si bien la figura del asentista no desapareció, se fueron introduciendo más controles en los diseños y fabricaciones. Al final del siglo la responsabilidad recaía en la Marina.

y carecían de conocimientos teóricos para variarlas o perfeccionarlas[50]. Gaztañeta fija varias medidas y en sus planos detalla la cuaderna maestra, la de popa y la posición de algunas intermedias más, pero sin dimensiones, que fijaban a su criterio los constructores. La información que suministraba era todavía bastante escasa[51], como puede apreciarse en la fig. 12.9a, que hemos tomado de su obra.

Según testimonios de la época, los barcos eran más bien endebles por el excesivo lanzamiento de la popa y por las uniones entre las piezas[52], siendo propensos al quebranto y a una vida corta. Prueba de esto era que a los buques que tenían que ir a América se les sometía a obras adicionales de refuerzo. Es difícil emitir un juicio claro, dada la escasez de datos, pero al respecto traemos las palabras de Vigodet: «Sin embargo de este conocido atraso, así continuamos por espacio de treinta y ocho años, sin que el Gobierno, que veía y tocaba las fatales consecuencias de este orden de cosas, arbitrase ningún medio prudente para librarse del insoportable gravamen que ocasionaban las continuas recorridas, carenas y renovaciones de que no podía prescindirse [...]»[53].

El juicio que hace Ulloa es parecido, y la justificación que presenta para la introducción de la reforma de Jorge Juan –que, como veremos, es el segundo período– «dimanó del convencimiento que se tenía, de los muchos y capitales defectos que se habían experimentado en los [navíos] fabricados antes: unos, balanceadores; otros, de poco aguante; otros, de ninguna vela; otros, de baterías anegadas; otros, de gobiernos duros o tardos [...]»[54]. Es más, niega la definición de este período como tradicional español, sino que dice que cada constructor siguió su estilo con muy poca uniformidad.

Sin quitar validez a ambas opiniones, aunque pudieran estar mediatizadas a favor de Jorge Juan, hemos de reconocer que los treinta años en que estuvo en vigor, y dada la incompleta definición del barco que presentaba Gaztañeta, debieron de dar lugar a muchas variantes dentro de esa tradicionalidad. También hemos de reconocer que en Francia e Inglaterra la construcción siguió evolucionando y mejorando desde el principio del siglo, y que quizás frente a éstas la nuestra no lo había hecho en la misma manera.

Pero recordemos a Gaztañeta y lo que considera que deben ser las cinco cualidades de un navío:

- Que gobierne bien y responda pronto al timón.
- Que aguante sus velas todo tiempo.

---

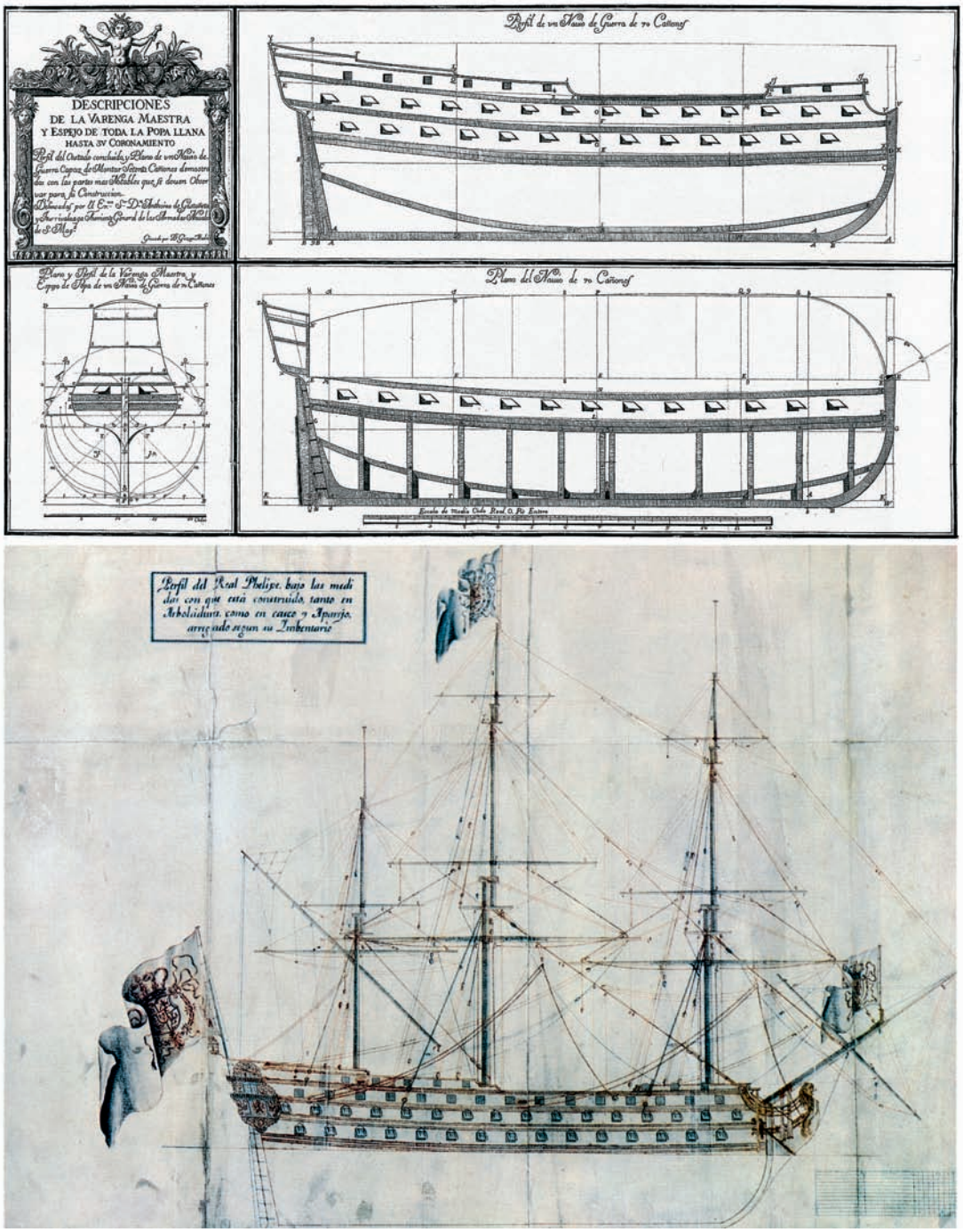
50 Cf. C. VIGODET: «Estudios históricos de la Marina española en el siglo XVIII», transcrito en la obra de C. FERNÁNDEZ DURO: *Disquisiciones náuticas*, 1895, vol. V, *A la mar madera*, p. 169.

51 BOUGER, en su *Traité*, dice que con estos datos podía resultar cualquier tipo de buque y tampoco está muy alejado de esta opinión Ulloa.

52 C. VIGODET, p. 170.

53 *Ibid.,* p. 171.

54 A. de ULLOA, p. 171.



***12.9. Planos de Gaztañeta y navío* Real Felipe,** *primer buque español de tres puentes, botado en Guarnizo en 1732. (Museo Naval de Madrid, sign. PB -82.)*

- Que navegue a satisfacción y sea posante y descansado en las tormentas.
- Que se mantenga al viento sin descaecer en exceso.
- Que la artillería de batería primera esté floreada (esto es, levantada del agua) para usar de ella en todo tiempo a defensa y ofensa.

Cualidades muy parecidas a las que citará Ulloa, aunque éste reconoce que no se pueden satisfacer todas en igual medida, sino que hay que elegir las más adecuadas a cada caso.

Aparte de lo dicho sobre la calidad de los navíos, otro problema adicional es que se escogió como navío básico el de 60 cañones. Esta elección se fundamentó en que la misión principal de la Armada era la escolta de convoyes a través del Atlántico. Sin embargo, en épocas de conflicto estos navíos resultaban pequeños frente a los ingleses, que tenían 80 y hasta 100 cañones, hecho que los situaba en inferioridad de condiciones en los combates. No obstante, también se construyó el primer navío de tres puentes que tuvo la Armada española, el *Real Felipe*[55], con 114 cañones, que mostró su eficacia en la batalla del cabo Sicié, y del que se conserva la lámina mostrada en la fig. 12.9b.

Además del anterior, también es un navío notorio de ese período el *Princesa*[56], de 70 cañones, que tras duros combates contra varios navíos de la Royal Navy fue apresado y conducido a Inglaterra, donde lo estudiaron a fondo[57].

También hemos de resaltar que fue asimismo en esa época cuando se fijaron los emplazamientos de los astilleros principales y de los tres arsenales en las cabeceras marítimas: El Ferrol, Cádiz y Cartagena. De esta materia se hablará más adelante.

Constructores importantes fueron Cipriano Autrán, Juan Pedro Boyer, Arzueta y Juan Bautista Donesteve. Y en América hay otros dos, enemigos enfrentados, Acosta y Torres. Recordemos, asimismo, como testimonio el *Diccionario* de José Navarro, del que ya hemos hecho uso.

Este período lo hemos iniciado en 1721. Cabe la pregunta de cómo se fabricaron los navíos entre principios de siglo y la última fecha[58]. Parece ser que fueron del estilo de Gaztañeta, de quien hay un plano con bastante detalle en 1712. Por tanto, habremos de considerarlos como precursores, o bien plantear que el período se inició antes, hacia 1715.

---

55 El constructor fue Autrán y se construyó en Guarnizo en 1732.

56 Hecho en Guarnizo en 1730 por Boyer y Autrán.

57 La historia de que se tomó como modelo por la Royal Navy, citada por G. ARTIÑANO (1920) y J. FINCHMAN (1851), nos parece un poco exagerada, aunque es cierto que causó admiración. El que sus proporciones fueran las mismas que las de otros navíos posteriores indica, a nuestro juicio, que era un diseño del momento. Indudablemente, la capacidad constructiva británica era superior a la española. De lo que no cabe duda es de que la estudiarían y analizarían a fondo y tomarían de ella todas las enseñanzas posibles.

58 Se construyeron unos18 navíos y 23 fragatas. Véase APESTEGUI, *op. cit*.

VII.2. Período inglés, o de Jorge Juan (1750-1769)

La segunda etapa se vincula a Zenón de Somodevilla, marqués de la Ensenada, quien acomete una reforma de las estructuras nacionales, y entre ellas la de la Marina como una de las más importantes. Tiene muy claro, y así se lo manifiesta al rey, la necesidad de una Marina poderosa para mantener el papel de España y la continuidad del imperio protegiendo el tráfico marítimo y las costas españolas y americanas, especialmente frente a Inglaterra. El plan de Ensenada se basaba en la construcción de 70 navíos y 75 fragatas y otros buques menores. Si bien esta Armada era aún mucho menor que la inglesa, permitiría a España mantener una neutralidad armada, complementada por una política similar en tierra frente a Francia.

Al igual que para otras áreas de actividad, Ensenada quiso introducir técnicas constructivas extranjeras en España, y en este sentido eligió Inglaterra como fuente de conocimientos y de técnicos constructores[59]. Y aquí entró en juego Jorge Juan, persona ya conocida internacionalmente por su participación con Antonio de Ulloa, quien también tuvo su juego en la política de Ensenada, en la expedición para la medida del arco de meridiano a Quito promovida por la Academia de Ciencias de París. Ensenada envió a Juan a Londres, en 1749, con la misión de traerse a España técnicos para su programa de construcción. Juan tuvo que adoptar una doble personalidad, pues, por una parte, era un caballero que iba a estudiar matemáticas y, por otra, actuaba como un espía industrial[60]. En su primera faceta fue elegido miembro de la Royal Society con todos los honores[61], y por la segunda contrató a varios maestros y auxiliares en maderas y jarcias que vinieron a España de forma clandestina y, en algunos casos, tras bastantes peripecias. La aventura (que terminó bruscamente de forma rocambolesca, tanto que tuvo que embarcar disfrazado de marinero y burlar varias inspecciones inglesas en el Támesis) duró unos 14 meses, y en ella, además de contratar personal, también consiguió documentación del navío *Culloden*, que sirvió de partida para las nuevas construcciones.

En Madrid Juan estableció una Junta de Construcción, presidida por él, en la que se discutían y aprobaban los diseños que posteriormente pasaban a los astilleros. En paralelo, en 1752 ya se había cortado y labrado madera para construir 70 navíos y 24 fragatas. Era el plan más ambicioso de construcción naval nunca habido en España. El acopio de madera dio lugar a un plan de repoblación forestal, pero, a pesar de todo tuvo un impacto ambiental importante[62].

Los constructores ingleses se distribuyeron por los astilleros con amplios poderes, suscitando las reticencias de los españoles, tanto por esos poderes como por sus

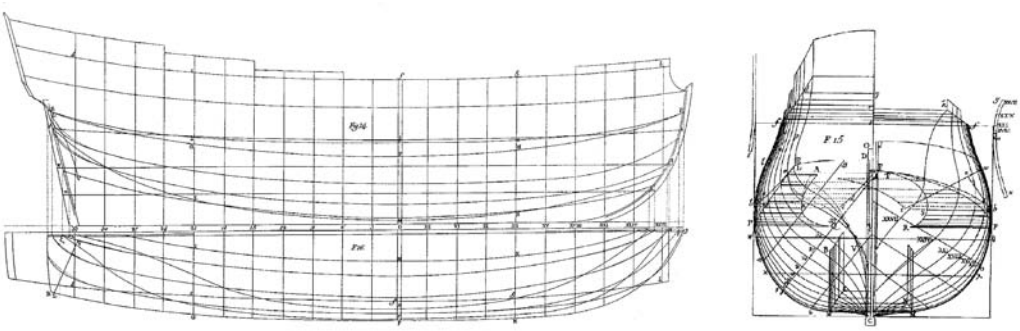
---

59 La técnica inglesa era la más adelantada de Europa y también los franceses la imitaron.

60 Cf. E. SOLER PASCUAL: *Viajes de Jorge Juan y Santacilia*, 2002.

61 Propuesto el 6 de abril de 1749 y elegido tras votación el 9 de noviembre del mismo año.

62 G. de ARANDA: *Los bosques flotantes*, 1990.



12.10. Planos presentados por Jorge Juan en el* Examen Marítimo*, y que corresponden al sistema inglés. *Nótese el grado de perfección frente a los anteriores.*

considerables emolumentos. Algunos volvieron a Inglaterra, otros no cumplieron las expectativas y el resto se integró en la sociedad española[63].

Debido a la influencia inglesa, este período ha sido denominado habitualmente como "construcción inglesa", a pesar de las protestas de Vigodet, Ulloa y Artiñanol, que, muy justificadamente, consideran que la función de Jorge Juan fue decisiva, orientando y unificando los diseños. Por estas razones, aquí lo hemos denominado "Inglés/Jorge Juan", respetando la tradición y con el deseo de que en un futuro quede sólo el nombre de Jorge Juan.

La diferencia principal respecto al período tradicional está en una distinta distribución del casco, que redujo el lanzamiento[64], también algo el puntal, los abrió de revés[65] y se mejoró la distribución interior. En lo tocante a la construcción propiamente dicha, se aumentaron los pernos de unión frente a las cabillas y se mejoraron los encastres; de ello resultó un fortalecimiento de la obra viva y a su vez se aligeró la obra muerta. Otra diferencia fueron los aparejos. Los barcos resultaron mejores, a pesar de ser poco bolineros y cabecear con vientos fuertes.

Los primeros navíos de este estilo fueron el *África*, el *Asia* y el *Septentrión*, botados los dos primeros en 1752 en Cádiz y El Ferrol, y el tercero en Cartagena en 1753[66]. El ritmo de construcción se elevó, llegándose a botar 14 navíos en 1754, con un total de unos 50 en la década. La caída de Ensenada, en la que hubo maniobras británicas para disminuir el ritmo constructivo, no lo redujo sino que incluso continuó con la llegada

63 Cf. J. P. MERINO NAVARRO: *La Armada española en el siglo XVIII*, 1981, pp. 51-53.

64 Esto quiere decir que la longitud de la quilla se aproxima más a la eslora.

65 Esto significa que los ensancha por la parte superior.

66 Otras fuentes citan como los primeros al *Aquilón* y al *Oriente*, botados en El Ferrol en 1754. Es posible que el primer contacto fuese con los tres citados, cuya construcción ya se habría iniciado o bien estaría a punto de hacerse, y que los dos aquí mencionados fuesen tratados con el nuevo estilo desde su diseño.

12.11. El* Santísima Trinidad*, único navío de la época de cuatro puentes, *construido por el sistema de Jorge Juan en La Habana en 1769. Acuarela de Alejo Berlinguero de la Marca, 1750-1810, piloto de primera clase, cartógrafo, profesor de dibujo de las escuelas de navegación de la Marina, h. 1790. (Museo Naval de Madrid, inv. 825.)*

de Carlos III. Otro hecho notable fue el porte de los barcos, que tomó como referencia el navío de 74 cañones, que prácticamente era el básico en las marinas europeas.

Todo este programa naval estuvo, lógicamente, respaldado por una reactivación en los astilleros y arsenales. Guarnizo y La Habana continuaron con su producción, en particular este último. De los tres arsenales, las obras de Cádiz sufrieron retrasos por los problemas del terreno. Los primeros diques de carenar que funcionaron en España fueron los de Cartagena, en cuyo proyecto trabajó Juan.

De los constructores citaremos a Edward Bryant, Ricardo Rooth, David Howell y Matheo Mullan. Les acompañaban los ayudantes Guillermo Richards, Juan Hughs y Guillermo Turner. También hay maestros de jarcia como Patricio Lahgi, Juan de Graaf y otros.

Entre los navíos significativos estuvo el *Santísima Trinidad*, el más grande de su época, construido en La Habana en 1769 con tres puentes y 120 cañones, a los que más tarde se añadió un cuarto puente llegando a 130 cañones, lo que le confiere el ser el único de esta clase y porte que ha habido[67]. No obstante su valor simbólico, sus cualidades marineras no fueron muy buenas y tuvo muchos problemas ya desde el principio. En la fig. 12.10 se muestran dos planos tomados del *Examen*[68]; y la fig. 12.11, una acuarela del *Santísima Trinidad*. También citaremos al *Guerrero*, construido en El Ferrol en 1755 y que estuvo en servicio durante 92 años, y a la fragata *Venus*, botada en la Carraca en 1756[69].

VII.3. Período francés, o de Gautier (1769-1782)

En 1769 se inicia el tercer período, frecuentemente denominado francés, también de forma impropia. El cambio pudo deberse a varios factores: por un lado, las mejoras técnicas de la construcción francesa[70]; por otro, las disensiones entre Jorge Juan y Julián de Arriaga –ministro de Marina–, un mayor afrancesamiento de la Corte, y la firma del Tercer Pacto de Familia, en 1761, en el que se pretendía una uniformidad entre las Armadas[71]. Francisco Gautier llegó a España en 1765[72]; en 1769, tras la desti-

---

67 Véase al respecto E. MANERA REGUEYRA: *El buque en la Armada española*, 1981.

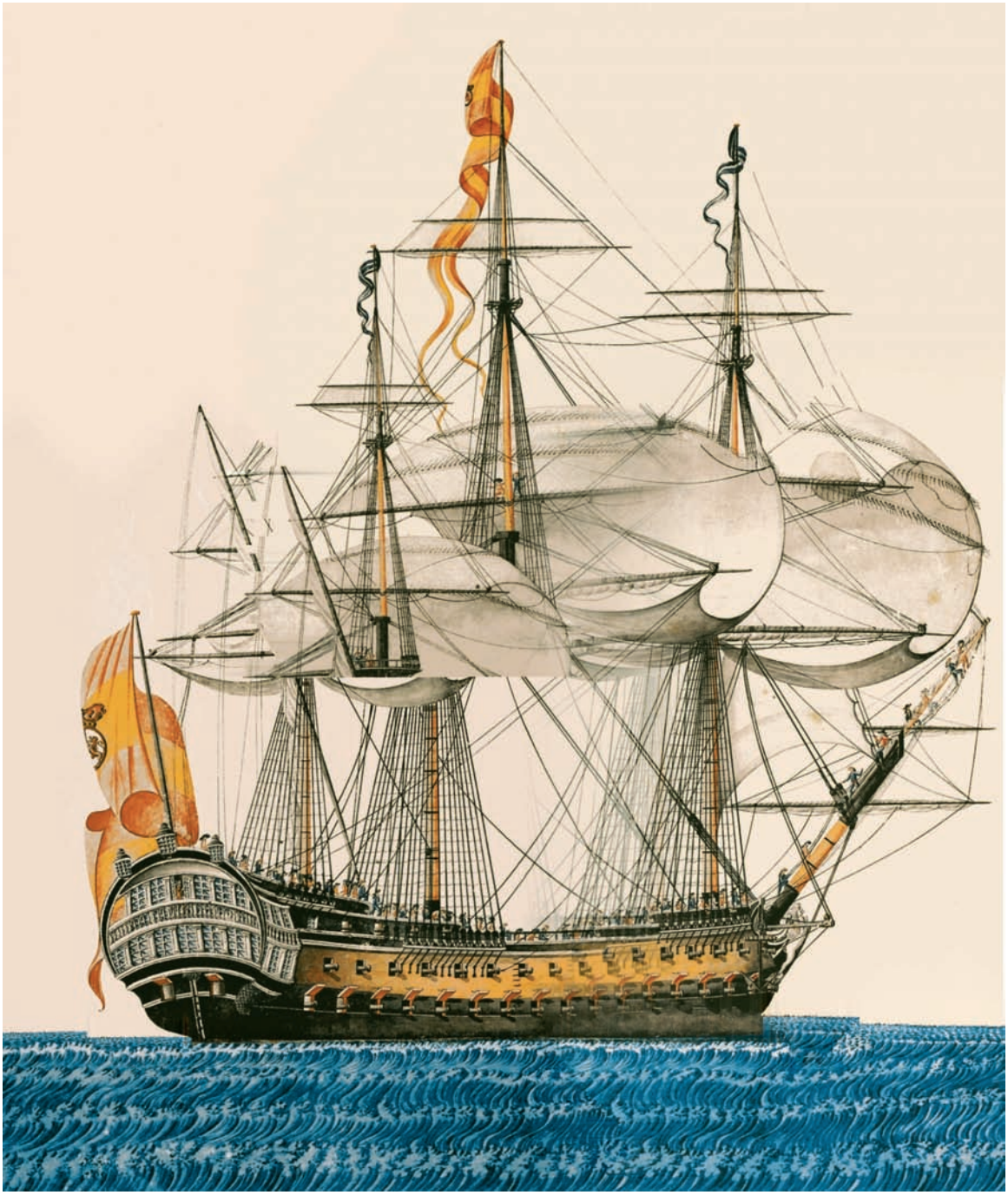
68 Juan presenta en el *Examen* cuatro conjuntos de planos, que denomina tradicional, inglés, francés y geométrico; los aquí presentados corresponden al segundo.

69 Con esta fragata realizaron en 1772 el viaje a Manila Juan de Lángara y José de Mazarredo con el fin de encontrar una nueva ruta.

70 En Inglaterra también hubo discusiones en torno a la calidad de la construcción francesa. Véase al respecto L. D. FERREIRO: *Down from the Mountains*, 2004, cap. 3, pp. 313-317.

71 Cf. J. M. SÁNCHEZ CARRIÓN y J. A. CERROLAZA: «Solución al enigma de los orígenes del Cuerpo de Ingenieros de Marina» (2004). También en este artículo se descarta el supuesto, bastante repetido, de que se hubiese ofrecido el puesto inicialmente a Pierre Bouguer, dado que éste había muerto en 1758.

72 J. M. SÁNCHEZ CARRIÓN y J. A. CERROLAZA, *op. cit.,* dicen que fue presentado al rey el 10 de enero de 1765, lo que indica que las gestiones para su venida debieron de iniciarse años antes.



12.12. Navío* San Juan Nepomuceno *navegando a un largo con las gavias. *Construido por Gautier en Guarnizo y botado en 1766. Acuarela de Alejo Berlinguero de la Marca, h. 1790. (Museo Naval de Madrid, inv. 827.)*

tución de Juan, se hizo cargo de la construcción y en 1770 se le invistió con el título de Comandante General de Ingenieros, cuerpo creado entonces. Hay, por tanto, un solapamieento entre este período y el anterior. A Gautier le confirieron grandes poderes, aún mayores que los que tuvieron los constructores ingleses. Tenía a todos en contra: a Juan[73], a los constructores ingleses y españoles, a una parte del Ministerio. Fue incluso acusado de inactividad, pero debió de tener unos apoyos muy considerables para permanecer incólume frente a todos los avatares, e incluso cuando se retiró –o fue retirado– en 1781 mantuvo el empleo de brigadier.

Su primer destino fue Guarnizo, en 1765, donde se iba a iniciar la construcción de varios navíos por el sistema de Juan, para los que ya había madera cortada; y, aunque el corte era al estilo anterior, Gautier cambió los diseños al nuevo sistema. Uno de estos navíos fue el *San Juan Nepomuceno*, que se puede considerar el primer navío fabricado por Gautier[74], y representado en la fig. 12.12. Una diferencia importante con el sistema anterior era el aumento de la eslora, con lo cual se reducía la manga y aumentaba la esbeltez, y, como consecuencia, también la velocidad; pero, como contrapartida, el buque era más sensible a las perturbaciones y muy especialmente en el balanceo, lo que hacía que con viento lateral aumentase la escora y se inutilizase la batería baja, uno de los defectos mayores en un navío[75]. También había diferencia en la posición de los palos.

En 1767 Gautier llega al Arsenal de El Ferrol, donde tras su nombramiento comienza la construcción del *San Pedro*, el *San Pablo*[76] y el *San Gabriel*. Se sometió al primero a pruebas en el mar en 1773 en tres campañas; el informe decía que era de buena vela y gobierno,[77] pero tenía varios defectos, algunos corregibles variando la posición del palo trinquete, pero no el de escorar demasiado por su esbeltez. Estos problemas dieron lugar a pruebas comparativas con el *San Genaro* –del período de Jorge Juan–, que obligaron a Gautier a modificar las proporciones, acercándose en la relación eslora/manga al último pero con la relación puntal/manga más cercana al *San Pedro*, así como en la de los lanzamientos. El resultado fue el *San Eugenio*, botado en El Ferrol en 1775, que dio lugar a más pruebas comparativas. Todo ello ilustra tanto el afán de mejora como las pugnas que existían en la Marina.

---

73 Juan, poco antes de morir, escribió una dura carta a Carlos III en la que criticaba el nuevo sistema y prevenía sobre sus consecuencias. Una copia se encuentra en P. O'DOGHERTY, p. 64.

74 A bordo de éste, botado en 1766, llegó Bouguer a El Ferrol ese año, desde donde envió una carta en la que dice: «Mi obligación que es la de mirar a las vageles de España y Francia como formando una sola Armada». Cf. SÁNCHEZ CARRIÓN, 2004.

75 Recuérdese que era una de las condiciones de Gaztañeta, e incluso Ulloa considera que es mejor que el navío sea más lento pero más posante.

76 Más tarde cambió el nombre a *Soberano*.

77 Cf. C. VIGODET, *op. cit.*, p. 177.

De lo expuesto, queda patente que Gautier corrigió sus diseños acercándose a las pautas marcadas por el período anterior, lo que indica que el carácter del método constructivo francés sólo se aplicó a los primeros buques. Esto justifica la denominación que hemos dado al período, tratando de evitar una impropia asimilación a lo francés, de forma similar a la de Jorge Juan con lo inglés. Hay un punto adicional más: el discípulo principal de Gautier fue Romero y Landa, que ya desde los primeros años tuvo responsabilidades en la construcción y que será quien le sustituya oficialmente en 1782, aunque de forma práctica ya lo había hecho antes.

VII.4. Período español, o de Romero Landa (1782-1805)

El cuarto período lo inicia José Romero Fernández de Landa –más conocido sólo como Romero Landa–, discípulo de Gautier y que a su muerte ocupa el puesto de ingeniero general. A éste le sucedió Julián de Retamosa en 1794, quien construyó los escasos últimos barcos antes de Trafalgar. A Retamosa se le suele atribuir un quinto período en nuestra construcción naval[78], de lo cual disentimos, pues continúa la labor de Romero sin ninguna aportación que permita considerarle como creador de estilo. Quizás esa atribución se deba a un cambio de jefatura, lo que no justifica técnicamente un nuevo estilo. A tenor de los informes que nos han llegado de la época, con los barcos de este período nuestra construcción naval alcanzó su mayor nivel. Estimamos que en ellos fructificó el esfuerzo de casi todo un siglo; por ello nos parece que la denominación más adecuada para ese período habría de ser la de "español", junto con el nombre de Romero, lo cual hacemos aquí.

Romero tomó en consideración los resultados de todas las evaluaciones anteriores y como resultado se construyó el *San Ildefonso*, de 74 cañones, que se botó en Cartagena en 1785, y a los pocos meses partió para pruebas comparativas en el mar[79]. El informe fue altamente favorable, concluyendo que «no sólo era el de mayor vela de España, sino tal vez de las demás naciones»[80]. Vistos los resultados, se pasó a construir una serie de ocho iguales a aquél, que fueron denominados *Ildefonsinos*, y tres a escala de 64 cañones[81].

Sin embargo, los *Ildefonsinos* tenían algunos defectos que no fueron apreciados en la primera evaluación, quizás por una excesiva precipitación. Volvieron las campañas en 1789, en cuyos detalles no entraremos[82]. Con todos los datos recabados se

---

78 C. VIGODET, *op. cit*, p. 204, es el primero que así lo estima, y su opinión se mantiene en los tratadistas posteriores de forma habitual, aunque no siempre.

79 Lo acompañaban el navío *San Juan Nepomuceno* y las fragatas *Brígida* y *Casilda*, al mando de José de Mazarredo.

80 *Ibidem*, p. 197.

81 Fueron los *San Telmo, Intrépido, Pelayo, Conquistador, Paula, Europa* y *Monarca* para los 74 cañones, y *Fulgencio, Leandro Fulgencio, Leandro* y *Alcántara*, para los 64.

82 C. VIGODET, *op. cit.,* las cita con mucho detalle en pp. 196 y ss.

12.13. El* San Telmo*, navío de 64 cañones *construido en El Ferrol en 1789 por el sistema de Romero Landa. Acuarela de Alejo Berlinguero de la Marca, entre 1790 y 1802. (Museo Naval de Madrid, inv. 828.)*

corrigieron los defectos y se trazó el plano para un navío de 80 cañones y otro de 74. Este último fue el *Montañés* –que hemos presentado en la parte de construcción–, construido en El Ferrol en 1794. Los otros dos fueron el *Neptuno* y el *Argonauta*, en los años siguientes. Después de estos navíos se dijo:

> «Por manera que entonces fue cuando este ramo del servicio naval llegó a su grado de perfección superior, porque realmente desde entonces nada tenían que envidiar nuestros navíos a los mejores de otras marinas, por cuanto el nuevo sistema estaba calcado con sujeción a los buenos principios reconocidos y comprobado por repetidas experiencias, en las que fue universalmente declarada su superioridad sobre cada uno y todos los anteriores»[83].

Con esta cita queremos recalcar nuestra posición de que los últimos navíos son modificaciones mejoradas de los anteriores y que en ellos se recogen todos los esfuerzos previos.

Fue también en este período cuando se construyeron nueve de los doce navíos de tres puentes que ha tenido la Armada española. El básico fue el *Santana*, construido en El Ferrol; el resto se repartió entre este arsenal y el astillero de La Habana.

Como barcos singulares del período, además de los citados, traemos el *San Telmo*, de 64 cañones (fig. 12.13), que se perdió en una tormenta más allá del cabo de Hornos y que algunos creen que llegó a la Antártida. También cabe mencionar las corbetas *Atrevida* y *Descubierta*, por la expedición científica de Malaspina[84].

VII.5. Conclusiones

En principio, se ha de confesar que es difícil hacer una evaluación profunda y objetiva de cada uno de los períodos reseñados, pues para ello se precisaría conocer muchos datos internos que, con amplia probabilidad, o nunca se reflejaron documentalmente o se han perdido. Por ello hemos de contentarnos con utilizar los informes u otros datos disponibles, a veces imprecisos e incluso tendenciosos.

La apariencia de los navíos a finales del siglo XVIII era bastante parecida a la de los del principio, radicando la mayor diferencia en el aparejo[85]. Las mejoras se dieron en la preparación de los planos, que los hacía más repetibles, en la evaluación de los efectos de distribución másica por medio de análisis y en los efectos de escala, esto es, por la aplicación de una incipiente ingeniería. Todo eso, unido a mejoras técnicas en los procesos de los materiales y los medios de construir.

---

[83] *Ibidem*, p. 205.

[84] Esta expedición científica fue la más completa hasta entonces. Estuvo acompañado por José de Bustamante y consistió en una vuelta al mundo entre 1789 y 1793. Obtuvieron multitud de datos científicos y colecciones mineralógicas, botánicas y biológicas que todavía perduran. Véase E. SOLER PASCUAL: *La aventura de Malaespina*, 1999.

[85] Cf. C. FERNÁNDEZ DURO: *La Armada Española*, 1895, vol. VII, p. 384.

Como una tendencia general, en España se dio un proceso evolutivo parecido al que sucedió en Francia e Inglaterra, con la diferencia de que, a pesar de haber tenido una tradición brillante, nuestro país se incorporó a principios del siglo en condiciones muy desfavorables, ya cuando los otros dos citados, así como Holanda, tenían navíos y técnicas de construcción bien desarrolladas. En la comparación fue otro factor desfavorable el desarrollo industrial, muy inferior por nuestra parte; es más, como ya hemos dicho, fue precisamente la Marina la que por razones estratégicas forzó la aparición de industrias auxiliares que no eran competitivas con las extranjeras, por lo que en épocas de paz decaían[86].

En el proceso de los cuatro períodos, en nuestra opinión hay un salto importante entre el primero y los demás. El primero, tradicional o de Gaztañeta, fue muy dilatado en el tiempo, y muy probablemente los navíos fueran muy diferentes según el constructor; mientras que en los otros hay una unidad de diseño o construcción. Hemos de reconocer que hizo falta una renovación con tecnología extranjera para dar ese salto, realizado por Jorge Juan a instancias de la política de Ensenada. Una vez que Juan fijó las líneas maestras de los procedimientos de diseño, de la dirección y control del producto –sea esto dicho con palabras más modernas–, el discurrir fue mucho más uniforme y continuo. Es más, el período francés sólo supuso una desviación que afectó a pocas unidades, y ello dio motivo a unos planes muy intensos de evaluaciones comparativas, que a la postre fueron muy fructíferas.

VII.6. Supervivencia

Uno de los puntos controvertidos era el de la solidez; por lo que hemos intentado analizar este extremo tomando como parámetro la vida de los barcos[87]. Al respecto hemos clasificado el final de un barco en tres categorías: baja o desguace, pérdida en naufragio u otro desastre, y pérdida en combate. Hemos incluido en la primera clase los barcos vendidos, en la segunda los incendiados accidentalmente y en la tercera incluso los capturados aunque luego siguieran en servicio en otras marinas. Con los datos disponibles, afectados por incertidumbres en cuanto a su recopilación[88], hemos preparado un gráfico para cada uno de estos tres supuestos.

La primera clase, que sería la más próxima a un final por vejez, comprendió el 50 % del total. En el primer gráfico (fig. 12.14.1) se representa para cada navío los años de vida en ordenadas y su año de construcción en abscisas. Aparte de los casos extre-

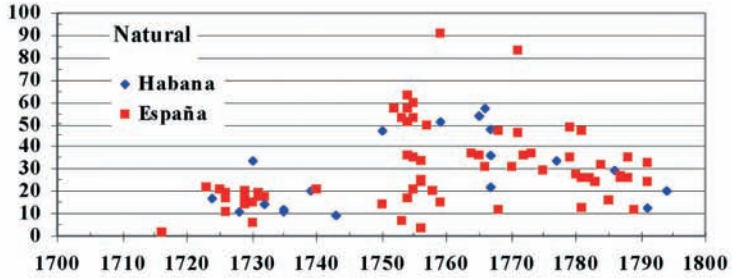
---

86 Cf. G. ARTIÑANO, *op. cit.,* pp. 172 y ss.

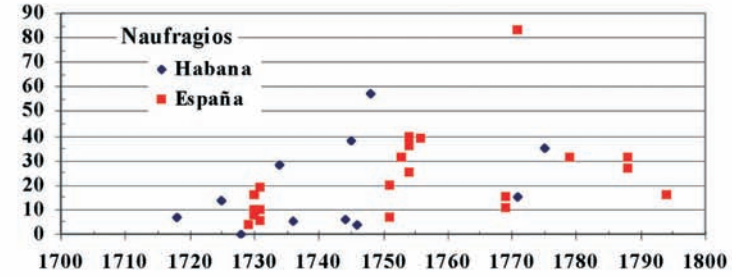
87 J. P. MERINO NAVARRO presenta la siguiente tabla (*op. cit*., 1981, p. 353):

1714-1724	12,6 años
1725-1749	14,7 años
1750-1774	31,6 años
1775-1880	22,4 años

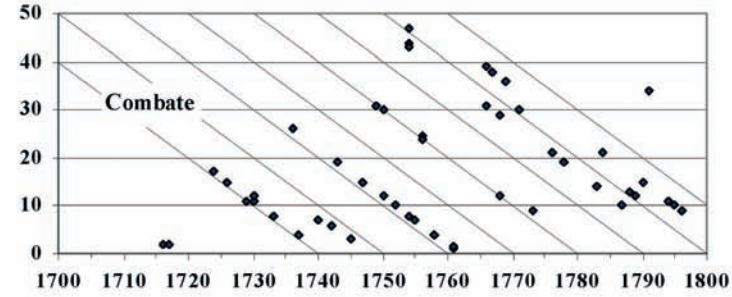
88 La lista empleada proviene en parte de la página de Internet "Todo a babor", en la que se dan detalles de la vida de los navíos.



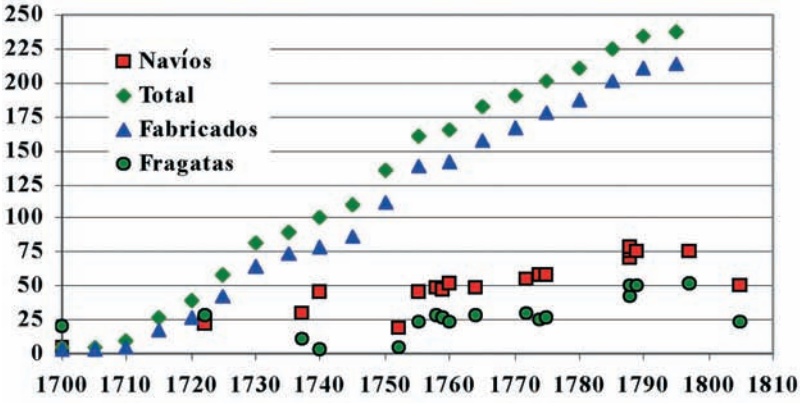
1) Años de vida de todos los navíos, excepto los perdidos en naufragios o combates.



2) Años de vida de los navíos perdidos en naufragios.



3) Años de vida de los navíos perdidos en combate.



4) Navíos construidos y totales (incluye los adquiridos), junto con los años de servicio.

12.14. Buques en servicio y supervivencias.

mos, se aprecia que antes de 1750 no se sobrepasaban los 20 años, y que después de esa fecha se elevaban a más de 50, para caer a unos 35 a partir de 1780. Esto parece indicar que, efectivamente, con Jorge Juan se empezó a construir mejor; ahora bien, no podemos pasar por alto que este alargamiento de la vida también estaba influido por las mejoras en las operaciones de conservación, y muy en particular las de carenado. Otro aspecto notable es la gran dispersión en las vidas; ello podría deberse a que ésta era bastante dependiente del servicio y las operaciones que hubiera realizado cada navío. En cuanto a la disminución en los años posteriores a 1780, estimamos que podría deberse a que estos barcos superaron el año 1808, y, a causa de la guerra de la Independencia y a la situación en que se sumió al país, muchos de ellos se deterioraron por falta de mantenimiento.

Como punto adicional, se han representado en colores diferentes los barcos construidos en La Habana y en España, ya que siempre se ha dicho que los de la primera procedencia eran más duraderos por la mejor calidad de sus maderas. A falta de un tratamiento matemático de los datos, en apariencia son muy parecidas; si acaso, mejoran un poco los primeros.

Los que naufragaron o se perdieron en otras catástrofes fueron el 19 %, y se representan en la fig. 12.14.2. Es claro que esta clase es esencialmente más imprecisa que la anterior. Sólo cabe pensar que un barco más resistente debería ser menos propenso a perecer. A falta de un análisis de datos más preciso, la tendencia parece similar al caso natural.

Damos como curiosidad un último gráfico (fig. 12.14.3) con los perdidos en combate, un 31 %. Se ha añadido una serie de rectas inclinadas que representan años reales. Con esta disposición se aprecian muy claramente los grandes combates cuyas pérdidas se distribuyen paralelamente a las rectas anteriores[89]. Así, 1740: defensa de Cartagena de Indias; 1762: capitulación de La Habana; 1780: combate de Cabo Santa María; 1797: batalla del cabo San Vicente; 1801: batalla de Finisterre; 1805: batalla de Trafalgar[90].

VIII

Producción naval

Se conoce con bastante precisión la relación de navíos y fragatas construidos en España en el siglo XVIII, aunque puede haber imprecisión en cuanto a las fechas, ya

89 Hacemos notar que los gráficos tienen un carácter más bien indicativo, y que en algunos puntos se superponen varios casos.

90 Entre los varios libros sobre la batalla de Trafalgar, hacemos notar *Trafalgar*, 2002, de J. CAYELA FERNÁNDEZ y A. POZUELO REINA, ya que hacen un análisis interesante de los barcos que combatieron e incluyen detalles técnicos. Cf. cap. VII, pp. 330-350, para la flota combinada.

que a veces se cita la de botadura, la de armado o la de entrada en servicio, y a veces se cambiaba de nombre a los barcos[91].

Nuestra intención es presentar en forma gráfica el considerable esfuerzo constructor del siglo, como complemento a lo expuesto. En total sirvieron en la Armada española 229 navíos, 196 fragatas y 369 de otro tipo, como corbetas, jabeques, urcas, bergantines, etc. El total arroja una cifra de 598 unidades[92]. Hemos tabulado el conjunto de navíos y fragatas agrupándolos por lustros, y hemos extraído varias presentaciones gráficas. En la el primer gráfico de la fig. 12.15 se muestran las fragatas y en el segundo gráfico los navíos. En ambos se han marcado en amarillo las adquiridas o recibidas como regalo y en azul las construidas.

Para correlacionarlos con los períodos constructivos, recordamos que el de Gaztañeta abarca de 1721 a 1750, el de Jorge Juan hasta 1769, solapado con el de Gautier que llega hasta 1782, y el de Romero hasta el final del siglo. Se hace notar que previamente, entre los años 1710 y 1720, a pesar de la guerra, hay una cierta producción, aunque abunden más las compras, que luego casi desaparecen hasta los años 40-45. Destaca claramente el impulso constructor en los lustros 50 y 55, como consecuencia de la política de Ensenada y el nivel constante en los últimos lustros, para caer en el último.

Es también interesante representar los navíos en función del número de cañones (tercer gráfico de la fig. 12.15). Es patente que hasta mediados de siglo dominó el navío de 60 cañones, pequeño frente a los foráneos; y que luego predomina el de 74. En cuanto a buques de tres puentes y 112 cañones o más, sirvieron 14 en total.

Como complemento, y aunque no afecte a la construcción en sí, presentamos (fig. 12.14.4) los navíos y fragatas en servicio en la Real Armada en diversos momentos del siglo en correlación con los fabricados y con el total de los habidos[93]. El máximo poderío se dio sobre el año 1790, en que incluso se superó a Francia[94]. Esta gráfica habría que analizarla en conjunción con las de supervivencia.

---

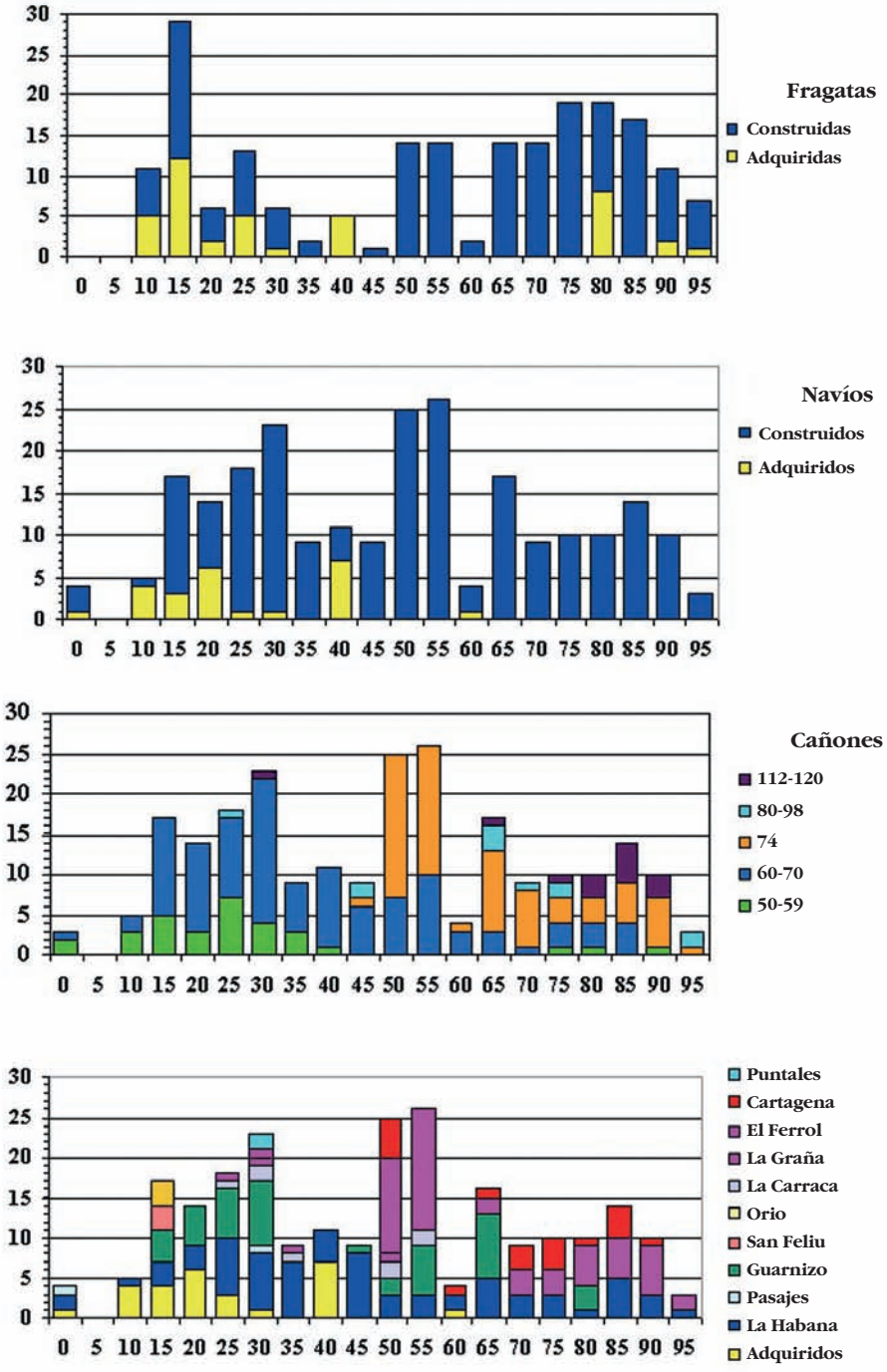
91 Para los cálculos que siguen hemos tomado como referencia la lista incluida en C. MOYA BLANCO: *El buque en la Armada Española*, 1981.

92 Cf. C. MOYA BLANCO, *op. cit.*

93 Los datos son de muy diversa procedencia.

94 Ofrecemos una tabla con navíos y fragatas de varios países en 1752 y 1772, tomada de A. de ULLOA, 1773:

		España	Francia	Inglaterra	Holanda	Dinamarca	Suecia
Navíos	1755	45	58	136	31	29	25
	1772	55	63	128		36	26
Fragatas	1755	23	48	90	27	19	13
	1772	30	47	90		20	13



12.15. Producción por lustros de fragatas y de navíos, *en las dos figuras superiores. Los navíos se subdividen por cañones en la tercera, y por los astilleros de procedencia en la cuarta.*

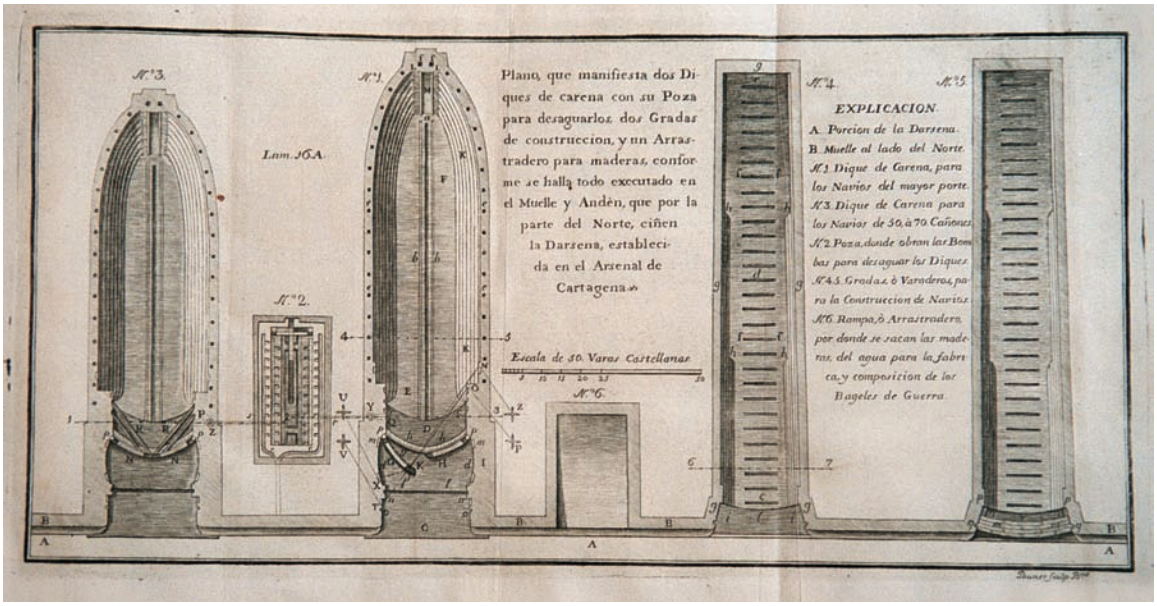
IX

Arsenales

La construcción naval precisa, obviamente, de unos astilleros pero también de una nutrida industria auxiliar. En el siglo XVII la mayor parte de la construcción se realizaba en el norte de España y en América. La vulnerabilidad de los primeros frente a los ataques de ingleses y holandeses obligó a desplazarlos a puertos más abrigados, como el de Guarnizo, en la rada de Santander.

A principios del siglo XVIII existían en el Cantábrico los astilleros de Orio, Guarnizo y Pasajes, y los del Mediterráneo estaban en Barcelona, San Feliu de Guíxols, Arenys, Mataró y Sitges. En América los había en La Habana y Guayaquil. Al correr el siglo sólo algunos de éstos subsistirían para la fabricación de navíos, aunque para embarcaciones menores, como fragatas, corbetas, jabeques y otros, continuaron en funcionamiento algunos más.

Una vez finalizada la guerra de Sucesión, Felipe V tomó la decisión de reformar la Armada, para lo que confió en Patiño. La primera decisión fue la desaparición de las



12.16. Plano con dos diques de carenar del arsenal de Cartagena. *Tras la entrada del buque, el dique se cerraba y vaciaba, manteniéndosele en posición por soportes de madera. En el dique para los navíos de mayor porte (n.º 1) se observa una operación en curso. El dique n.º 2 sirve para navíos de 50 a 70 cañones, mientras que con el n.º 2 se marca la «poza donde obran las bombas para desaguar los diques». Además se muestran dos gradas o varaderos para construir buques. (Tomado de las* «Adiciones» *de Miguel Sánchez Taramás, Barcelona, 1769; Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza; fot.: M.S.S.)*

flotas tradicionales, que pasaron a constituir una flota única, la Armada Real[95]. Asimismo se estableció una política de arsenales en los que se asentaría la Armada; fueron los de El Ferrol, Cádiz y Cartagena, que dieron lugar a los tres departamentos marítimos que han llegado hasta hoy. Los antiguos astilleros existentes en estas ciudades se convirtieron en arsenales. Los arsenales se asemejaban a las actuales bases navales, en las que el buque tiene su lugar natural de permanencia; en ellos, además de la construcción, también se realizaban las operaciones de aprestar, conservar, carenar, etc. Por ello, y para cumplir sus fines, se les dotó de dársenas, ferrerías, fábricas de jarcia y lonas, tinglados, diques de arboladuras y tablones, y otras industrias auxiliares múltiples, así como de defensas y diques de carenado. La Habana continuó como astillero al igual que otros varios en España, muy especialmente el de Guarnizo.

Los arsenales eran auténticos centros fabriles que terminaron generando ciudades importantes. Ulloa decía que eran «repúblicas de operarios, distribuidos en varios ejercicios y oficios, donde incesantemente se percibe el ruido de las herramientas en todo su recinto»[96].

Los tres arsenales iniciaron su establecimiento en el primer período de la construcción, auspiciados por Patiño. El de El Ferrol se situó en la Graña en 1727, de donde pasó a Esteiro a partir de 1740; el de Cádiz pasó de San Fernando a La Carraca[97] en 1724; y el de Cartagena[98] se inició en 1731. No obstante, el impulso a los tres se lo dio Ensenada. En este sentido, las nuevas obras de El Ferrol comenzaron en 1750 de acuerdo con el proyecto de Jorge Juan, con una dársena capaz de abrigar a 70 navíos, y concluyeron en 1765. Este arsenal fue uno de los mayores de Europa, con doce gradas de construcción[99]. El de Cádiz fue el que más tardó en construirse, dadas las grandes cimentaciones que hubo que hacer por la naturaleza fangosa del terreno: duró hasta 1788. Para el de Cartagena el impulso vino en 1749 con los planos de Sebastián de Feringán, con la intervención también de Jorge Juan, autor del proyecto de los dos diques de carenar, que finalizó en 1782. Del resto prácticamente sólo continuó Guarnizo, con la idea de que sus efectivos pasasen a El Ferrol, pero en realidad siguió en producción hasta bien entrado el siglo. De los americanos, se cerró Guayaquil, mientras que La Habana mantuvo un alto nivel de producción.

La producción reordenada por astilleros (cuarto gráfico de la fig. 12.15) complementa lo expuesto. La Habana (33,6 %) estuvo en servicio todo el siglo; El Ferrol (22,5 %) empezó a mitad de siglo; Guarnizo (20,4 %) lo hizo por períodos; menos

95 Existían las Escuadras de Galeras del Mediterráneo, la Real Armada de Mar Océano, la de la Carrera de Indias, las de Ultramar, etc.

96 A. de ULLOA, *op. cit.*, p. 4.

97 Véase J. QUINTERO GONZÁLEZ: *El Arsenal de la Carraca (1717-1736)*, 2000.

98 Véase M. T. PÉREZ-CRESPO: *El Arsenal de Cartagena en el siglo XVIII*, 1992.

99 J. I. GONZÁLEZ-ALLER: «El navío de tres puentes en la Armada Española», 1985, p. 51.

actividad tuvo Cartagena (9,5 %), que comenzó a mediados; y menos aún La Carraca (3,8 %). A finales de siglo la producción de los grandes navíos se concentró en El Ferrol y La Habana.

Los arsenales constituyen una materia muy amplia en la que no podemos detenernos; no obstante, hay un aspecto fundamental que no queremos pasar por alto y que fue una de las labores más importantes de los arsenales: el dar carena a un barco. La carena, o casco, del barco es probablemente el elemento más importante pues sobre él descansa, dicho sea en sentido amplio, todo el buque. La carena en su vida de servicio estaba sometida a la agresión del agua de mar y de varios moluscos y algas, que la deterioraban y agujereaban, y además creaban excrecencias que aumentaban la resistencia hidrodinámica con una disminución del andar del navío. Por estas causas cada cierto tiempo había que dar carena, lo que consistía en repasar y cambiar toda la tablazón deteriorada, lo que se tenía que realizar cada 4 ó 6 años. Para efectuar esta operación había que volcar el barco sobre un costado en alguna playa, para lo que se valían de grúas y otras embarcaciones; a esto se llamaba poner el barco en banda. En tal condición el sistema de fuerzas que actuaba sobre el casco era completamente diferente a la condición de flotación. Como resultado, toda la estructura del barco –que como hemos dicho estaba constituida por piezas ensambladas y claveteadas y ahormada por el uso– sufría un deterioro considerable, tanto en la operación como en la situación final. La alternativa eran los diques de carenar (fig. 12.16). El buque entraba en estos diques, se cerraba su puerta y se vaciaba el agua, manteniéndose el barco en posición vertical sobre la quilla y sujeto por puntales; así, tanto el proceso como la configuración de fuerzas era mucho más parecida a la de servicio. El carenado alargó la vida de los barcos y, dado su menor deterioro, aumentó el período entre carenados hasta unos diez años.

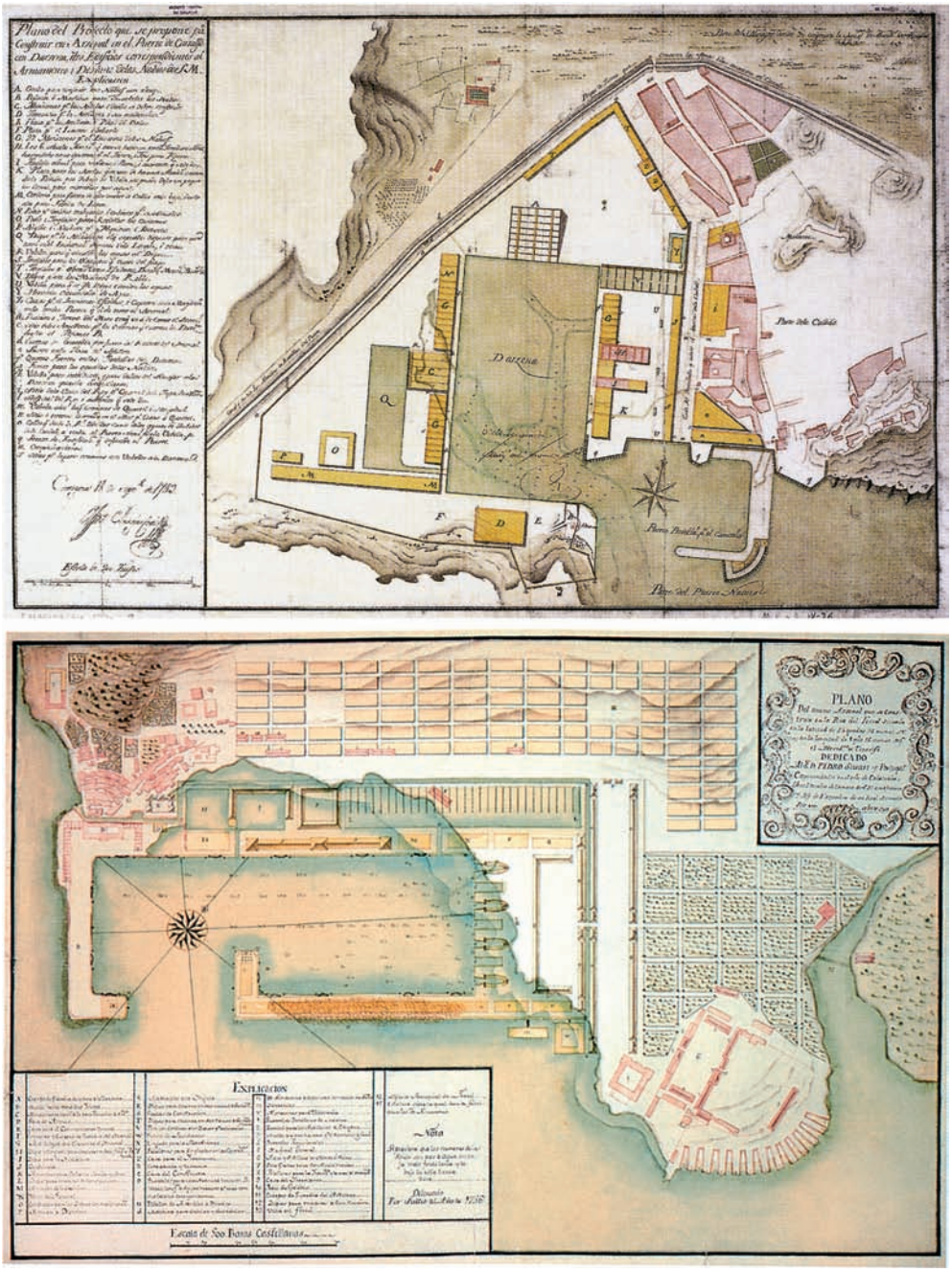
En Europa existían estos diques en aguas del Atlántico[100], en zonas de grandes mareas, cuyo flujo y reflujo servía para vaciar y llenar el dique. Los primeros que hubo en el Mediterráneo fueron los dos de Cartagena, de los que el mayor se terminó en 1756 y el menor en 1757. El proyecto se debe a Jorge Juan y su ejecución a Sebastián de Feringán. Para el vaciado se proyectó un sistema de bombas por tracción humana. El trabajo era tan penoso que lo realizaban los forzados[101]. Para su remedio, Jorge Juan ideó una bomba de vapor, que ejecutó Julián Sánchez Bort, que funcionó en 1773 y que equivalía a 330 hombres.

Finalmente, se presentan dos proyectos de mediados de siglo para los arsenales de Cartagena y El Ferrol (fig. 12.17), así como uno posterior de La Carraca (sign. 1218). Se pueden apreciar instalaciones fabriles, defensas, gradas y diques de carenar.

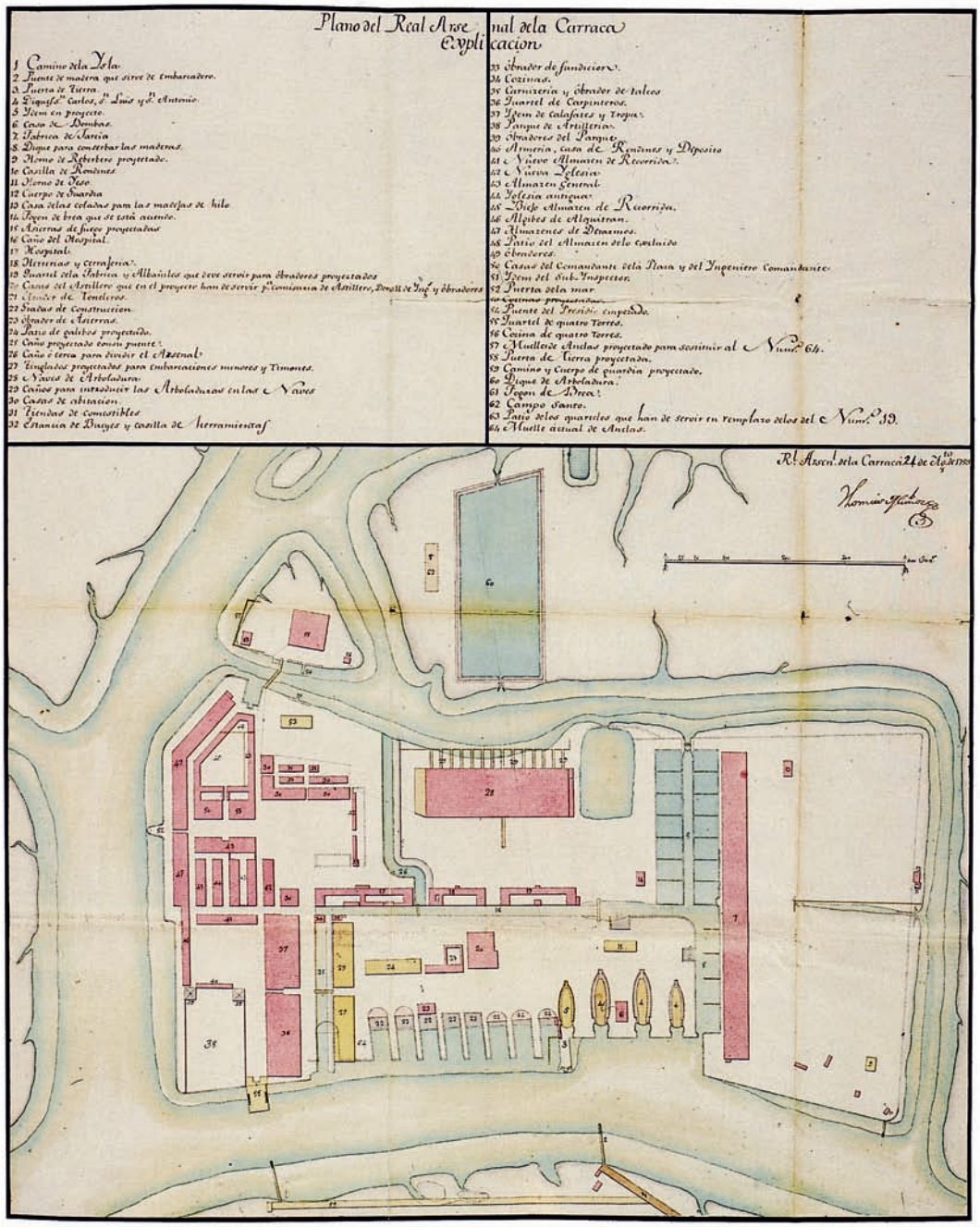
---

100 En Brest y Rochefort.

101 Jorge Juan dice que «han muerto muchos hombres de este tan fatigado trabajo del pecho»; citado por A. PIÑERA Y RIVAS, 1990, p. 541. Algunos de los forzados y esclavos destinados a esta tarea manifestaron que preferían pasar a los presidios de África.



12.17. Proyectos de arsenales: *1) Cartagena, por Sebastián Feringán Cortés, 1749 (AGS, M. P. y D., IV-76), con la aprobación del marqués de la Ensenada en la dársena; 2) El Ferrol, por Julián Sánchez Bort, 1756 (Museo Naval de Madrid, inv. P3-A-30); en el extremo derecho de la dársena se pueden ver los diques de carenar.*



12.18. «Plano del Real Arsenal de La Carraca», por Tomás Muñoz, *ingeniero de la Marina, 1789. En la parte inferior se observa un peine de ocho gradas para la construcción (n.º 22), así como tres diques secos de carenar existentes (n.º 4) y uno proyectado (n.º 5). Entre otros proyectos se incluye una sierra movida por máquina de vapor (n.º 15). (Museo Naval de Madrid, P2F-7.)*

X

Los ingenieros

El Cuerpo de Ingenieros de la Marina se estableció en 1770 por una Real Ordenanza[102], y en 1772 se nombró a Gautier ingeniero general de dicho cuerpo.

Como hemos visto, la figura del ingeniero se va conformando a lo largo del siglo. Primero, Gaztañeta realiza una función similar a la de dirección de construcción, aunque no ocupe ningún puesto preciso. Más tarde, Juan preside una Junta de Construcción en la que se decide sobre los modelos que construir y otras cuestiones. Esta evolución no era, obviamente, cuestión sólo española; en Francia la problemática era similar y se había establecido la Escuela de Ingenieros en 1765, que tenía como precedente una escuela de carpinteros creada en París por Duhamel de Monceau. Incluso en España, tras la llegada de los constructores ingleses, también se había sugerido la creación de una Academia de Mozos Carpinteros, pero la idea no pasó a más[103]. Este paralelismo en las necesidades, junto con una clara influencia francesa ya comentada en el período constructivo encabezado por Gautier, explican la creación del Cuerpo en España. Las ordenanzas del cuerpo de 1770 y 1772, así como las de arsenales de 1776, establecen los procedimientos de incorporación a la Academia del Cuerpo, el plan de estudios y lo que se ha de aportar para los ascensos.

Las competencias del nuevo ingeniero no se limitan a la construcción de barcos, sino que también se extienden a los arsenales, obras civiles, telares, montes, etc.; un abanico muy amplio. En esto se diferencian del equivalente francés, cuyo campo de actividad estaba limitado al barco.

Entre los nuevos ingenieros encontramos a José Romero Landa y a Julián de Retamosa –ya citados en el último período constructivo–, así como a Honorato de Bouyón, Tomás Bryant, Fernando Casado de Torres y José Muller.

Antes del establecimiento del Cuerpo, las obras en los arsenales y puertos estaban a cargo de ingenieros del Ejército. No queremos dejar de citar a algunos de aquellos, como Miguel Marín, Francisco Llobet y Sebastián Feringán. Julián Sánchez Bort, arquitecto, se integró en el cuerpo de ingenieros de Marina ascendiendo hasta el empleo de capitán de navío.

El Cuerpo de Ingenieros no fue nunca muy numeroso, no pasando de unas noventa personas[104]. Se suprimió en 1825.

---

[102] Una trascripción de la Ordenanza está en M. T. PÉREZ-CRESPO, *op. cit.,* p. 379.

[103] Cf. J. P. MERINO NAVARRO, *op. cit*., pp. 58-63, al que seguimos en nuestra exposición.

[104] Como contraste, la Marina en todas sus actividades llegó a ocupar a 110.000 personas en España, según manifiesta H. O'DONNELL, 1990.

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes primarias

BOUGUER, Pierre: *Traité du Navire, de sa construction et de ses mouvements,* París, 1746.

CHAPMAN, Frederic Henrik: *Architectura navalis mercatoria*, Estocolmo, 1768.

—*Tractat Om Skepps-Byggeriet*, Estocolmo, 1775.

DASSIÉ, F.: *L'Architecture navale,* París, 1677.

DUHAMEL DU MONCEAU, Henri Louis: *Éléments de l'architecture navale; ou, Traité practique de la construction des vaisseaux,* París, 1752.

ELIÇEGARAY, Bernard Renau d': *De la Théorie de la Manoeuvre des Vaisseaux*, París, 1689.

EULER, Leonhard: *Scientia navalis seu tractatus de construendis ac dirigendis navibus*, San Petersburgo, 1749.

—*Théorie complète de la construction et de la manoeuvre des vaisseaux*, San Petersburgo, 1773.

GARROTE, Antonio: *Recopilación para la nueva fábrica de bajeles españoles*, 1691. Manuscrito transcrito en G. ARTIÑANO Y GALDÁCANO (1920), pp. 322-345.

GAZTAÑETA, Antonio de: *Proporciones de las medidas más esenciales... para la fábrica de Navíos y Fragatas de Guerra, que puedan montar desde ochenta cañones hasta diez, cuyas proporciones tiene resuelto su Majestad se observen por regla general en todos sus Astilleros de España, como en las de la América*, Madrid, 1720.

—*Arte de fabricar reales*, Ms. 1688. Edición facsímil comentada por Francisco FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Cruz APESTEGUI CARDENAL y Fernando MIGUÉLEZ GARCÍA, Lunwerg, Barcelona, 1992.

JUAN Y SANTACILIA, Jorge: *Examen marítimo*, Madrid, 1771. Edición facsímil por el Instituto de España, Madrid, 1968.

NAVARRO, Juan José, Marqués de la Victoria: *Arquitectura Naval, Antigua y Moderna*, Museo Naval, Ms. 1719-1756. Facsímil a cargo del Museo Naval y Lunwerg, Barcelona, 1995.

SUTHERLAND, William: *The Ship-Builder's Assistant; or Marine Architecture*, Londres, 1711.

ULLOA, Antonio de: *La Marina. Fuerzas navales de la Europa y Costas de Berbería*, 1773. Transcripción, edición y estudio preliminar de Juan HELGUERA QUIJADA, Servicio de Publicaciones, Universidad de Cádiz, 1995.

WITSEN, Nicolas, VAN EYK, ALLARD, *et alii: L'art de bâtir les Vaisseaux et d'en perfectioner la construction, de les garnir de leurs apparaux, les mettre en funin, les manoeuvrer, &c.,* Amsterdam, 1719.

Fuentes secundarias

ALCALÁ ZAMORA, José: «Evolución del tonelaje de la flota de vela española durante los siglos modernos», *Estudios del Departamento de Historia Moderna*, Universidad de Zaragoza, 1975, pp. 177-224.

AMICH BERT, Julián: *Naves de Antaño* (1947). Reimpresión del cap. IV, «Fragatas y Navíos», Fundación Jorge Juan, Madrid, 2004.

APESTEGUI, Cruz y PLA, Jorge: «La arquitectura naval entre 1660 y 1754. Aproximación a los aspectos tecnológicos y su reflejo en la construcción en Guipúzcoa», *Arqueología Subacuática,* revista en red (<http://www.naya.org.ar/subacuatica>), Facultad de Humanidades y Arte, Universidad Nacional de Rosario (Argentina), 2001.

ARANDA Y ANTÓN, Gaspar de: *Los bosques flotantes. Historia de un roble del siglo XVIII*, ICONA, Madrid, 1990.

—«La carpintería y la industria naval en el siglo XVIII», *Cuadernos Monográficos,* Instituto de Historia y Cultura Naval, n.º 33, Madrid, 1999.

—*El camino del hacha. La selvicultura, industria y sociedad. Visión histórica*, Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid, 1999.

ARTIÑANO Y GALDÁCANO, Gervasio: *La Arquitectura naval española*, Madrid, 1920.

BOUDRIOT, Jean: *Les Vaisseaux de 74 Cannons,* Éditions des Quatre Seigneurs, Grenoble, 1973.

CAYUELA FERNÁNDEZ, José y POZUELO REINA, Ángel: *Trafalgar. Hombres y naves entre dos épocas,* Ariel, Barcelona, 2002.

CERVERA PERRY, José: *La Marina de la Ilustración*, San Martín, Madrid, 1986.

CRESPO RODRÍGUEZ, Rafael: «Historia de la Ingeniería Naval Española», en *II Centenario de las Enseñanzas de Ingeniería Naval*, ETSI Navales, Madrid, 1975, pp. 11-51.

FERNÁNDEZ DURO, Cesáreo: *La Armada española*, 9 vols., Madrid, 1895.

—*Disquisiciones náuticas*, Madrid, 1880. Edición facsímil por el Instituto de Historia y Cultura Naval, Madrid, 1996.

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Francisco: «El galeón español», *Investigación y Ciencia*, agosto de 1992, pp. 54-63.

FERREIRO, Larrie D.: «Bouguer in Peru: How Naval Architecture Came Down from the Mountains», *Colloque La Condamine et mesure de la terre*, Universidad de Toulouse, mayo de 2001. Hay traducción editada por la Fundación Jorge Juan, Madrid, 2003.

—*Down from the Mountains: The Birth of Naval Architecture in the Scientific Revolution, 1600-1800*, tesis doctoral, Universidad de Londres, marzo de 2004.

FINCHAN, John: *A History of Naval Architecture*, Londres, 1851.

GONZÁLEZ-ALLER HIERRO, José Ignacio: «El navío de tres puentes en la Armada Española», *Revista de Historia Naval*, año III (1985), n.º 9, pp. 45-76.

—*España en la mar: una historia milenaria*, Lunwerg, Barcelona, 1998.

—APESTEGUI, Cruz; PLA, Jorge y ZAMARRÓN, Carmen: *Modelos de Arsenal del Museo Naval*, Lunwerg, Barcelona, 2004.

HARBRON, John D.: «The Spanish Ship of the Line», *Scientific American*, diciembre de 1984, vol. 251, n.º 6, pp. 116-129. También, en *Investigación y Ciencia* como «El navío de línea español», febrero de 1985, pp. 78-86.

MANERA REGUEYRA, Enrique: «La época de Felipe V y Fernando VI» y «El apogeo de la Marina Española (Carlos III y Carlos IV)», en *El buque en la Armada española*, Silex, Bilbao, 1981.

MERINO NAVARRO, José Patricio: *La Armada española en el siglo XVIII*, Madrid, 1981.

MOYA BLANCO, Carlos: «La arquitectura naval española en el siglo XVIII», en *El buque en la Armada española,* Silex, Bilbao, 1981.

O'DOGHERTY, Pascual: «La ciencia naval en el siglo XVIII», en *II Centenario de las Enseñanzas de Ingeniería Naval*, ETSI Navales, Madrid, 1975, pp. 53-83.

O'DONNELL Y DUQUE DE ESTRADA, Hugo: «Desafío en el mar. La Real Armada española en el siglo XVIII», *Historia 16*, año XV, n.º 172, Madrid, agosto de 1990, pp. 16-50.

ODRIOZOLA OYARBIDE, Lourdes: «La construcción naval en Guipúzcoa. Siglos XVI-XVIII», Diputación Foral de Guipúzcoa, San Sebastián, 1997.

O'SCANLAN, Timoteo: *Diccionario Marítimo Español*, Madrid, 1831. Ed. facsímil del Museo Naval, Madrid, 1974.

PÉREZ-CRESPO MUÑOZ, María Teresa: *El Arsenal de Cartagena en el siglo XVIII*, Editorial Naval, Madrid, 1992.

PHILLIPS, Carla Rahn: «The Evolution of Spanish Ship Design From Fifteenth to the Eighteenth Century», *The American Neptune*, vol. 53, n.º 4, otoño de 1993, pp. 229-238.

PIÑERA Y RIVAS, Álvaro de la: «Los diques de carenar del Arsenal de Cartagena en el siglo XVIII», en FERNÁNDEZ PÉREZ, Joaquín, y GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio (eds.): *Ciencia, Técnica y Estado en la España Ilustrada*, Ministerio de Educación y Ciencia, Zaragoza, 1990, pp. 517-546.

PIÑÓN, Ricardo: «La lucha por el mar», *La Aventura de la Historia*, diciembre de 2002, pp. 60-67.

QUINTERO GONZÁLEZ, José: *El Arsenal de la Carraca (1717-1736),* Instituto de Historia y Cultura Naval, Madrid, 2000.

–*Jarcias y lonas. La renovación de la Armada en la Bahía de Cádiz, 1717-1777,* Grupo Publicaciones del Sur, Cádiz, 2003.

RODRÍGUEZ-VILLASANTE, Juan: «La construcción de arsenales durante la Ilustración. El Arsenal de Ferrol», en FERNÁNDEZ PÉREZ, Joaquín, y GONZÁLEZ TAS-

CÓN, Ignacio (eds.): *Ciencia, Técnica y Estado en la España Ilustrada*, Ministerio de Educación y Ciencia, Zaragoza, 1990, pp. 499-516.

SÁNCHEZ CARRIÓN, José María y CERROLAZA ASENJO, José Ángel: «Solución al enigma de los orígenes del Cuerpo de Ingenieros de Marina. Ingeniería Naval *versus* Ingenieros Navales», *Ingeniería Naval*, n.º 821, diciembre de 2004, Madrid, pp. 57-70.

SELLÉS GARCÍA, Manuel: *Navegación astronómica en la España del siglo XVIII,* Aula Abierta, UNED, Madrid, 2000.

SIMÓN CALERO, Julián: *La génesis de la Mecánica de los Fluidos,* Aula Abierta, UNED, Madrid, 1996.

—«La Mecánica de Fluidos en Jorge Juan», *Asclepio*, vol. LIII, fasc. 2, CSIC/Instituto de Historia, Madrid, 2001, pp. 213-280.

SOLER PASCUAL, Emilio: *Viajes de Jorge Juan y Santacilia*, Biblioteca Grandes Viajeros, Ediciones B, Barcelona, 2002.

—*La aventura de Malaespina,* Ediciones B, Barcelona, 1999.

VIGODET, Casimiro: «Estudios Históricos de la Marina Española en el siglo XVIII», en C. FERNÁNDEZ DURO, 1880, vol. V, pp. 166-266.

Índice de ilustraciones

1.1. Dispositivo empleado por Vicente Mut para calcular el diámetro aparente del Sol, según Giambattista Riccioli (*Almagestum Novum*) 40

1.2. Estudio de la trayectoria del cometa de 1664, según Vicente Mut 42

1.3. Grabado-retrato de Caramuel y portada de su *Mathesis Biceps* 43

1.4. Lámina dedicada a la geodesia, del tratado de Caramuel *Mathesis Biceps*, 1670 45

1.5. José de Zaragoza, caja de instrumentos matemáticos, por encargo del duque de Medinaceli, para el rey Carlos II (Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, Madrid) 50

1.6. Lámina de dos instrumentos matemáticos diseñados por Zaragoza: el *triángulo equilátero* y el compás *armónico* 51

1.7. Página de la obra de Juan Bautista Corachán *Avisos del Parnaso* (h. 1690, publicada en 1747) 61

1.8. La primera página de uno de los manuscritos de Juan Bautista Corachán sobre hidrometría, conservado en la Biblioteca-Archivo-Hispano-Mayansiana (Colegio del Corpus Christi, Valencia) 62

1.9. Grabado representando a Tosca y portada del volumen I del *Compendio Mathemático* de Tosca. Lámina del tratado de hidrotecnia (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 63

1.10. Láminas de los tratados de *artillería, arquitectura militar, maquinaria, hidrometría y arquitectura civil* del *Compendio Mathemático* de Tosca (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 66

2.1. Dos monarcas destacables: Fernando VI (L. M. van Loo, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando) y Carlos III (copia del retrato de A. R. Mengs, ETSI de Minas de Madrid) 78

2.2. Primeros secretarios de Estado procedentes de la Marina: José Patiño (Rafael Tejeo, h. 1828, Museo Naval de Madrid, inv. 818) y Zenón de Somodevilla y Bengoechea, marqués de la Ensenada (Jacopo Amiconi, post. 1750; Museo del Prado) 82

2.3. Grande de España y «golilla» en la Primera Secretaría de Estado: Pedro Pablo Abarca de Bolea, conde de Aranda (R. Bayeu, 1769; Museo Provincial de Huesca) y José Moñino, conde de Floridablanca (F. de Goya, 1781; Museo del Prado) 85

2.4. Intelectualidad y política: Pedro Rodríguez Campomanes, conde de Campomanes (F. Bayeu, copia del retrato por A. R. Mengs; Real Academia de la Historia) y Gaspar Melchor de Jovellanos (F. de Goya, 1798; Museo del Prado) 88

2.5. Real Fábrica de Tabacos de Sevilla (fot.: Luis y Francisco Arenas, Universidad de Sevilla) 91

2.6. Pragmática Sanción sobre el estrañamiento de los jesuitas de los territorios de la Corona de España, 1767 96

2.7. Entre la actividad científico-técnica y el espionaje: 1) Jorge Juan y Antonio de Ulloa: *Observaciones astronómicas, y physicas hechas de orden de Su Majestad en los Reynos del Perú*, Madrid, 1748; 2) Plano de máquina para blanquear cera, enviado junto con modelo por Jorge Juan durante su misión como espía industrial en Londres (AGS, M. P. y D. XV-64 , Leg. Marina, 316) 99

2.8. Ingeniero extraordinario (teniente). Uniforme del Real Cuerpo, según el estado de fuerzas de 1785, y portada de los *Principios de fortificación* (1772) de Pedro de Lucuce 103

2.9. El telescopio de Herschel de 25 pies de largo, del Observatorio Astronómico de Madrid 104
2.10. Observatorio Astronómico de la Armada en Cádiz 107
2.11. Palacio Real para la Compañía de Cadetes del Real Cuerpo de Artillería (fot.: M.S.S.) ..109
2.12. Real Instituto Asturiano de Náutica y Mineralogía de Gijón (1794) 110
2.13. Primer lanzamiento de un globo aerostático en España, noviembre de 1783 (A. Carnicero, Museo del Prado) 111

3.1. B. F. de Bélidor: *La Science des Ingenieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'Architecture Civile,* París, 1729 117
3.2. Jean Baptiste Rondelet: *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir,* París, 1802: máquina de ensayo de materiales (1775) 119
3.3. Honoré-Sébastien Vial du Clairbois : *Essai géométrique et pratique sur l'architecture navale, à l'usage des gens de mer,* París, 1776 127
3.4. Fortificaciones en al mar de Azov 132
3.5. Fortificación de Kronstadt 134
3.6. Jean-le-Prestre Vauban presenta los planos de la fortaleza de Belfort, 1687 (dib. de Tony Robert Fleury) 138
3.7. John Smeaton, considerado en el ámbito anglosajón el «padre de la ingeniería civil». Fue miembro de la Lunar Society (Birmingham) 139
3.8. Jacques de Vaucanson: su célebre pato (1739) se superpone a una ilustración del libro de Josef Lapayesse: *Tratado del arte de hilar, devanar, doblar, y torcer las sedas, según el método de Mr. Vaucanson*, Valencia, 1784 142
3.9. *École Polytechnique:* edificio y patio de alumnos (antiguo Colegio de Navarra) y edificio de la administración (antiguo Colegio de Boncourt) 147
3.10. Jean Rodolphe Perronet y el puente de Luis XIV (1787-1791), hoy de la Concorde, con sus característicos arcos "atirantados" 150
3.11. *Instituto de Ingenieros de Vías de Comunicación* de San Petersburgo, palacio que perteneció al príncipe Yusúpov, cerca del puente Obújov 151
3.12. James Watt (medalla de David d'Angers) y máquina de vapor rotativa de doble efecto, construida por Boulton & Watt entre 1787 y 1800 (según Farey) 156
3.13. Agustín de Betancourt y Molina y máquina de vapor de doble efecto en su *Mémoire sur une machine à vapeur à double effet* (1789) 157
3.14. Dibujos sobre la máquina de vapor por Lev Sabakin 158
3.15. La sala de modelos en la École des Ponts et Chaussées, París 159

4.1. Ingeniero militar en uniforme (fuente: Olaechea y Ferrer Benimeli, 1998, p. 37) y *exlibris* de la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona (grabado por Ignasi Valls; fuente: MUÑOZ CORBALÁN, coord., 2004) 177
4.2. Marqués Alfonso Taccoli: uniformes «grande» y «pequeño» del Cuerpo de Ingenieros Militares, según el *Teatro Militar Europeo*, 1760 (Patrimonio Nacional, Biblioteca del Palacio Real) 181
4.3. Tres ingenieros generales de muy diferente trayectoria: 1) Jorge Próspero de Verboom; 2) Francesco Sabatini; 3) José de Urrutia de las Casas (Francisco de Goya, h. 1798; Museo del Prado, cat. 736) 185
4.4. «Estado Mayor de Artillería», h. 1780 (Colección Anne Brown, Brown Library, Rhode Island, EE. UU.; fuente: Valdés Sánchez, ed., 1994, p. 107) 192

4.5. Cadete del Real Colegio de Artillería de Segovia (dibujo de A. Manzano, 1990; reproducido de Gómez Ruiz y Alonso Juanola, vol. II, 1992) y Casa de la Química (dibujo a plumilla adaptado de Pieltain de la Peña, 1964) 193

4.6. Artilleros y profesores del Real Colegio segoviano: 1) El conde Félix Gazola (Museo del Ejército, Madrid, n.º de inv. 5708); 2) Tomás de Morla y Pacheco (Academia de Artillería, Segovia, n.º de inv. 4986); 3) Antonio de Eximeno y Pujades; 4) Luis Proust (recuperado a partir de grabado coloreado de la Colección de V. Carderera, Biblioteca Nacional, Madrid) 197

4.7. Tomás de Morla y Pacheco: *Libro de Láminas del Tratado de Artillería,* Imprenta Real, Madrid, 1803 200

4.8. Fachada del Palacio de Goyeneche, o Casa de la Miel, y arreglo de Diego de Villanueva (RABASF, CN n.º invent. 2376) 205

4.9. Ventura Rodríguez (Francisco de Goya, 1784; Nationalmuseum de Estocolmo) y Juan de Villanueva, 1739-1811 (Francisco de Goya, entre 1800 y 1805, Real Academia de Bellas Artes, Madrid) 208

4.10. Ingeniero ordinario de Marina (teniente de navío) con el uniforme «pequeño» (Estado Militar de 1805; reproducido en *Uniformes de 1805,* Ministerio de Defensa, 1987) 213

4.11. Constructores navales definidores de diferentes "estilos" o períodos: 1) José Antonio de Gaztañeta Iturrivalzaga (Landsberbs, 1718, Museo Naval de Madrid, inv. 2624); 2) Jorge Juan y Santacilia (Rafael Tejeo, h. 1828; Museo Naval de Madrid, inv. 757); y 3) José Romero Fernández de Landa (Museo Naval de Madrid, inv. 5625) ..217

4.12. «Plano para una casa de cocer betunes», por Josef Romero y Landa, 1795 (Museo Naval de Madrid, inv. P3-A17) 220

4.13. Capitán del Real Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado (Anne Brown Collection, Brown University Library, Rhode island, EE. UU.) y edificio del Real Observatorio de Madrid, obra maestra de Juan de Villanueva, 1790 (fot. solarizada: M.S.S.) 225

4.14. Telescopio Herschel de 25 pies instalado en el Real Observatorio de Madrid, 1804: Cuaderno de José Mendoza y Ríos (Observatorio Astronómico Nacional, Madrid) 228

4.15. Cadete de la Academia de Almadén (uniforme según la reconstrucción de J. M. López de Azcona, 1977; dibujo de J. M.ª Bueno Carrera) y Casa de la Academia de Minas 232

4.16. Uniformes profesionales de la Minería: 1) Maestro de la escuela práctica de Mineralogía y Metalurgia de La Cavada, 1794; 2) Director de Beneficio de Minerales del Reino del Perú, 1788; 3) Presidente del Real Tribunal del Importante Cuerpo de la Minería de Nueva España, 1811 (dibujos de J. M.ª Bueno Carrera, en López Azcona, 1977) 233

4.17. Alumno del Real Colegio de la Minería de México (1792) y Palacio de la Minería (dibujo atribuido a Manuel Tolsá, Archivo de la UNAM) 236

4.18. Fausto de Elhuyar y de Suvice (atribuido a A. Mengs, Consejo General de Minería, Madrid) y Andrés Manuel del Río Fernández (Real Seminario de Minería de México) ..237

4.19. Agustín de Betancourt, 1758-1824 (retrato anónimo; E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos, Madrid); telégrafo, en colaboración con Louis Breguet; y *Ensayo sobre la Composición de las Máquinas*, con J. M.ª de Lanz, 1808 (portada de su traducción al inglés, 1820) 241

4.20. El palacio del Buen Retiro, sede del Real Gabinete de Máquinas y de la Escuela de la Inspección de Caminos y Canales (grabado de la época, Museo Municipal de Madrid) 244

4.21. Bartolomé de Sureda y Miserol (Francisco de Goya, h. 1803-1804; National Gallery, Washington). Devanadora reproducida en la tercera memoria de Juan López de Peñalver sobre *Descripción de las máquinas [...] del Real Gabinete* (Imprenta Real, 1798) 248

4.22. Félix de Azara y Perera (1742-1821), ingeniero militar y brigadier de la Armada (1802). (Francisco de Goya, 1805, col. Ibercaja, Zaragoza) 253

5.1. La Real Academia Española: portada del *Diccionario de Autoridades*, 1726 266

5.2. Antonio de Capmany y Montpalau (Barcelona, 1742-Cádiz, 1813) 273

5.3. Esteban de Terreros y Pando (Trucíos, Vizcaya, 1707-Forlì, Italia, 1782) 280

5.4. *Vocabulario Marítimo y Explicación de los Vocablos que usa la gente de Mar, en su exercicio del Arte de Marear*, impreso en Sevilla en 1722 282

5.5. Benito Bails: *Diccionario de Arquitectura Civil,* Madrid, 1802 284

6.1. Barroco decorativo: 1) Luis Figueroa: Palacio de San Telmo de Sevilla; 2) Hipólito Rovira: Portada del Palacio del marqués de Dos Aguas, Valencia 294

6.2. Barroco clasicista: 1) F. Juvara y J. B. Sachetti, Palacio Real Nuevo de Madrid; 2) René Carlier: Iglesia de las Salesas Reales, Madrid 295

6.3. Ventura Rodríguez (1717-1785): 1) Santa Capilla de Nuestra Señora del Pilar de Zaragoza; 2) Convento de Agustinos Filipinos de Valladolid; 3) Palacio de Liria, Madrid; 4) Catedral de Pamplona 299

6.4. 1) Miguel Fernández: Iglesia del Temple, de la orden de Montesa en Valencia; 2) Juan Soler y Faneca: Lonja de Barcelona 305

6.5. Juan de Villanueva: 1) Puerta del Jardín Botánico de Madrid; 2) Observatorio Astronómico de Madrid (fot.: Arturo González Nieto, h. 1920) 307

6.6. 1) Ignacio Haan: Columnata del patio de la Universidad, Toledo; 2) Silvestre Pérez: Iglesia de Motrico (Guipúzcoa) 308

6.7. Gregorio Sevilla: la Casa de Compuertas del Bocal, en Fontellas (Navarra): 1) Vista de la presa; 2) Alzados de las fachadas de Poniente y Oriente (plano firmado por Luis Chimioni, Fernando Martínez y Gregorio Sevilla) 315

6.8. 1) Carlos Lemaur: Palacio Rajoy, Santiago de Compostela; 2) José de Hermosilla: Colegio Anaya, de la Universidad de Salamanca 317

6.9. Francisco Sabatini: Antigua Casa de la Real Aduana de Madrid 318

6.10. Francisco Sabatini: 1) Perspectiva de la Puerta de Alcalá, 1777; 2) Perspectiva del proyecto para la Puerta de S. Vicente, 1770 320

6.11. Francisco Sabatini: Hospital General de Madrid 321

6.12. Gregorio Sevilla: Hospicio de la Misericordia de Zaragoza (1774): 1) Plano general; 2) Fachada principal, antes de la restauración 323

6.13. Agustín Sanz: 1) Puerta del Carmen de Zaragoza (postal de Laurent, h. 1903); 2) Cuartel de Convalecientes de Zaragoza 327

7.1. Propuesta de uniforme remitida desde Barcelona por Juan Martín Cermeño, comandante general interino del Cuerpo de Ingenieros, al marqués de la Ensenada, el 12 de junio de 1751 (Archivo General de Simancas, M.P. y D, XV-55) 337

7.2. Proyecto de la Ciudadela de Barcelona, Jorge Próspero de Verboom, 1715 (Archivo General de Simancas, M.P. y D, X-51) 338

7.3. «Plano de una porción del muelle de Levante de la Ciudad de Málaga», por Juan Martín Cermeño, 1 de agosto de 1738 (Archivo General de Simancas, M.P. y D, VIII-199) 345

7.4. «Plano y perfiles en grande corelatives al plano de la ynclusa o Sasso que se propone para la navegación y paso de las barcas en el río Ebro de la villa de Flix, y el extremo de su azud», por Marcos T. Sersteven, Barcelona, 1748 (Archivo General de Simancas, M. P. y D. X- 49) 346

7.5. «Mapa particular de porción del curso del río Henares y del giro de la Acequia que se proyecta desde antes del paso sobre el arroyo de Texada hasta la casa del Guarda de Tirate afuera de la dehesa de Maluque... para la demostración de los medios que se proponen para conducir la Acequia por este parage», por Manuel Navacerrada, Madrid 1770 (Archivo General de Simancas, M. P. y D. XXII-51) .347

7.6. «Plano de la carretera de la Coruña», por Carlos Lemaur, 21 de marzo de 1771 (Archivo General de Simancas, M. P. y D, XXII-24) 347

7.7. «Plano en que se demuestra el Monte de las Águilas y Puertos que se forman al Este y Oueste en la Costa del Reyno de Murcia», por Sebastián Feringan, Cartagena 11 de septiembre de 1757. Escala de 138 mm las 120 varas castellanas (Archivo General de Simancas, M. P. y D. XXIII-39) 349

7.8. «Plano de la ciudad y plaza de Manila [...] con el proyecto que para su mejor defensa propone a S. M. [...] Juan Martín Cermeño», 1766 (Archivo General de Simancas, M. P. y D, IX-62) 351

7.9. «Perfiles de un proyecto de fortificación de la plaza de Manila», por Juan Martín Cermeño, 1766. Escala de 208 mm las 40 varas castellanas (Archivo General de Simancas, M. P. y D, II-25) 352

7.10. Planos, vista y elevación que acompañan y corresponden a la «Relación del reconocimiento de la Universidad de Cervera», por Joaquín de Rado y José Fabre, 17 de agosto de 1746 (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XIX-100) 355

7.11. «Plano de la cathedral de Lérida, situada en su castillo con el perfil del claustro y proiecto para hazer de él quartel de ynfantería como assí mismo de la Yglesia, almazenes de pertrechos y víberes», por Miguel Marín, 6 de diciembre de 1748 (Archivo General de Simancas, M. P. y D, VII-51) 356

7.12. «Plano Proyectado para un Lazareto, con sus Almazenes y Oficinas correspondiente al Resguardo que se propone construir entre las Casserías de Ynfante y las Fábricas», por José Barnola, Cádiz 27 de julio de 1756, acompaña a un proyecto enviado al conde de Valparaíso (Archivo General de Simancas, M. P. y D, XII-80 y VII-191) 357

7.13. «Plano de una fuente que se debe construir en los solares 18 y 19 de la Ysla N.º 5, de las Casas edificadas sobre la Azequia Condal con Real Aprobación de 29 de Octubre de 1799 para abastecer aquel Vecindario de agua potable», por Narciso Codina, Barcelona, 7 de abril de 1804 (Archivo General de Simancas, M. P. y D, XXV 134) 361

7.14. Plano de la casa y huerto que actualmente disfruta el gobernador de la plaza de Melilla, Francisco de Alcázar, 1801 (S.H.M., n.º 471/1, D-1-1-17/M.E.L.-G5/21) 365

7.15. «Proyecto para el Real Arsenal de La Graña y su astillero», por Juan de Laferriere, 24 de julio de 1731. Escala de 108 mm las 48 toesas (Archivo General de Simancas, M. P. y D, XXIV-18) 368

7.16. Ceuta: Espigón de Nuestra Señora de África, «Plano que demuestra cómo se debe labrar la cantería de las murallas de la mar en las porciones circulares convexas para que quede bien unida entre sí y trabada con el cuerpo de la mampostería», por Ignacio Sala, 31 de diciembre de 1741. Escala de 165 mm las 8 varas (Archivo General de Simancas, M. P. y D. XIX-177) 370

7.17. «Plano y sección del proyecto de la distribución y proporciones con que se han de construir cinco naves para fabricar la arboladura de los navíos reales», Cartagena, por Sebastián Feringan, Cartagena, 27 de enero de 1750 (Archivo General de Simancas, M. P. y D, XXI-12, XVII-16) 371

7.18. «Plano y vista de la herrería para fabricar áncoras», en Cartagena, por Sebastián Feringan, 10 de marzo de 1750. Escala de 245 mm las 18 toesas (Archivo General de Simancas, M. P. y D, VI-81 y XIV-20) 374

8.1. Carretera ochocentista de Reinosa a Santander, realizada por Marcos de Vierna entre 1749 y 1753: 1)Restos del trazado original; 2) Detalle de obra de drenaje (fot.: Rafael Ferrer Torío) 385

8.2. Puente de Alcolea (*Al Qalat* dim., *El castillejo*) sobre el Guadalquivir, entre Andújar y Córdoba (1785-1792). No se conoce el nombre del diseñador ni del constructor. Sustituye a uno romano sobre la Vía Augusta (fot.: *Revista de Fomento*) 389

8.3. Arcos de medio punto (puente sobre el Jarama, de Marcos de Vierna) *versus* arcos en "asa de cesto" (empleados por Jean-Rodolphe Perronet, 1707-1794). (Tomado de J. Mariano Vallejo: *Tratado de las Aguas,* 2 tomos, Madrid, 1833. Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 395

8.4. Puente Largo sobre el Tajo en Aranjuez, Marcos de Vierna, 1761 (Dibujo procedente de las «Adiciones» de Sánchez Taramás, Fondo de la RSE Aragonesa, Zaragoza; fot.: *Revista de Fomento* y M.S.S.) 397

8.5. Puente de Molins de Rei sobre el Llobregat (Barcelona), por Juan Martín Cermeño. Dibujo procedente de las «Adiciones» de Sánchez Taramás, Fondo de la RSE Aragonesa, Zaragoza. Se arruinó en 1971 400

8.6. Puente de Toledo sobre el Manzanares en Madrid (Pedro de Ribera, 1717-1735); detalle con suerte de hornacina perforada e imagen de San Isidro, patrón de Madrid (fot.: Arturo González Nieto, h. 1918) 402

8.7. Puente sobre el Tajo de Ronda. Arquitecto José Martín Aldehuela (fot.: *Revista de Fomento*) 404

8.8. 1) Puente del Castro, en León, 1787; 2) Puente de Casalarreina, en la Rioja, de principios del siglo XIX (Fot.: J. J. Arenas) 405

8.9. El Canal Imperial de Aragón: 1) Puente de Formigales (Navarra); 2) Almenara de desagüe al Jalón denominada de San Martín; 3-4) Acueducto del Jalón; 5) La muralla de Grisén (fot.: M.S.S.) 407

8.10. El Canal Imperial de Aragón en Zaragoza: 1) Esclusas (ovales) de San Carlos; 2-3) Las esclusas, puente y edificio (fot.: M.S.S.) 409

8.11. El Canal de Castilla en la provincia de Palencia: 1) Puente típico, cerca de Osorno; 2) Acueducto de cruce sobre el río Valdavia; 3) Esclusas (ovales) de descenso al nivel del río Carrión, en La Calahorra 410

8.12. Vista parcial de la presa dieciochesca del Estrecho de Puentes (fot.: ¿Laurent?, siglo XIX) 415

8.13. Acueducto de Noaín, diseñado por Ventura Rodríguez (fot.: *Revista de Fomento*) 416

8.14. Acueducto de San Telmo, Málaga: 1) Arroyo de Humaina; 2) Arroyo de Quintana; 3) Arca principal de distribución. Obra de José Martín de Aldehuela (fot.: *Revista de Fomento* y M.S.S.) 418

8.15. El puerto de Santander: 1) Plano debido al ingeniero militar Francisco Llovet; 2) Plano que incluye la ciudad, debido al oficial de Marina Agustín de Colosía 422

8.16. Propuestas de ingenieros militares para el puerto de Málaga: 1) Bartolomé Thurus; 2) Jorge Próspero de Verboom; 3) Julián Sánchez Bort 423

9.1. Extremo norte del Canal de Castilla, 1806 (fuente: Juan de Homar, *El Canal de Castilla. Cartografía de un proyecto ilustrado,* estudio preliminar de Juan Helguera Quijada, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid, 1992, s. p.) 435

9.2. Extremo sur del Canal de Castilla, 1806 (fuente: Juan de Homar, *El Canal de Castilla...* Madrid, 1992) 438
9.3. Manufacturas del Canal de Castilla, 1806 (fuente: Juan de Homar, *El Canal de Castilla...*, Madrid, 1992) 442
9.4. Proyecto de acueducto en el Canal de Castilla, 1760 (fuente: Miguel Sánchez Taramas, *Tratado de fortificación...,* 1769; Fondo de la RSE Aragonesa, Zaragoza; fot.: M.S.S.) 443
9.5. Extremo oriental del Canal Imperial de Aragón, 1796. Levantamiento topográfico y dibujo de Félix Guitarte grabado por Mateo González (fuente: Conde de Sástago, *Descripción de los canales Imperial de Aragón, y Real de Tauste...,* Francisco Magallón, Zaragoza 1796, s. p.) 447
9.6. Esclusas en el Canal imperial de Aragón, 1796. Dibujo de Félix Guitarte grabado por J. F. Dordal (fuente: Conde de Sástago, *Descripción de los canales Imperial de Aragón y Real de Tauste...,* 1796) 449
9.7. Canal Imperial de Aragón: *Plan en vista de las obras del Jalón, con la Advertencia de averse executado ya la mudada de el Río...*, dibujado por Gregorio Sevilla (Fondo de Planos de Obras Hidráulicas, Ministerio de Fomento; fuente: *Canal Imperial de Aragón*, Servicio de Publicaciones del MOPU, Madrid, 1984, t. II) 452
9.8. Almenara y molino harinero en el Canal Imperial de Aragón, 1796. Dibujo de Félix Guitarte; grabado de Manuel Dordal (fuente: Conde de Sástago, *Descripción de los canales Imperial de Aragón y Real de Tauste...,* 1796) 455
9.9. Plano de la Acequia Real del Júcar, h. 1768 (fuente: Antonio J. Cavanilles, *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reyno de Valencia*, Valencia 1795, 2 vols., vol. 1; Albatros, Valencia 1995). Delineado por el ingeniero militar Juan Escofet y Palau, h. 1768 460

10.1. Perspectiva caballera de una fortificación (*Escuela de Palas*, Milán, 1693, tomo II, p. 147; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043) 471
10.2. Baluartes, líneas, ángulos, líneas de defensa, flancos y obras exteriores de una fortificación (Pablo Minguet: *Juegos de la fortificación*, Madrid, 1752) 475
10.3. Esquemas para la interpretación del trazado de la fortificación 481
10.4. Tabla de longitudes de líneas de un fuerte real grande según el número de lados (Juan de Santans y Tapia: *Tratado de fortificación militar destos tiempos,* Bruselas, 1644, p. 115; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/8199) 482
10.5. Esquemas de la variación de ángulos y líneas según el número de lados del polígono en las construcciones propuestas por el Caballero de Ville, Aurignac, y el capitán Franck (*Escuela de Palas*, Milán, 1693, tomo II, pp. 57, 71 y 95; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043) 485
10.6. Construcción de una fortificación a partir del ángulo central del polígono (Juan de Santans y Tapia: *Tratado de fortificación militar destos tiempos*, Bruselas, 1644; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/8199) 488
10.7. Diversas construcciones: 1) entre otras las tenazas del padre Zaragoza, representadas en el tratado del padre José Cassani, *Escuela Militar de Fortificación Ofensiva y Defensiva*, Madrid, 1705; 2 y 3) de F. Marqui y B. Lorini, representadas en *Escuela de Palas*, Milán, 1693, tomo II, pp. 19 y 23 (Biblioteca Nacional de Madrid, signs. 2/15086 y R/15043, respectivamente.) 492
10.8. Portada del tratado anónimo *Escuela de Palas*, Milán, 1693 (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043) 496
10.9. Representación de un baluarte a la manera de: 1) Pagán en el tratado de Cassani de 1705; 2) Villegas en el tratado de *Escuela de Palas*; 3) Blondel en el tratado de *Escuela de Palas* (Biblioteca Nacional de Madrid, signs. 2/15086 y R/15043.) 498

10.10. Construcción del frente y baluartes de Medrano con flancos curvos, según la representación que aparece en *Escuela de Palas*, Milán, 1693, tomo II, p. 101 (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043) 499

10.11. Sobre la falsabraga: 1) Sección de un frente fortificado con falsabraga según *Escuela de Palas* (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043); 2) La ciudadela de Mesina con falsabraga perimetral, según el proyecto de Carlos de Grunenbergh, 1686 502

10.12. Descripción general de las obras exteriores de una fortaleza según la figura 40 del tratado de Santans y Tapia, Bruselas, 1644 (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/8199) 503

10.13. Descripción de la fortificación de la isla de Malta: 1) Descripción con el parecer para su fortificación de Juan de Médicis en 1639-1640; 2) Detalle de la propuesta de Médicis para el frente viejo de la Valeta y el nuevo frente exterior diseñado por Floriani, y detalle de revellines y contraguardias (medias lunas) en el frente viejo. (Francesco Negro y Carlo María Ventimiglia: *Atlante di cittá e fortezze del regno di Sicilia,* 1640, Biblioteca Nacional de Madrid); 4) La fortificación del frente de la Valeta, construida según el proyecto de Médicis (S. Spiteri, 2001) 506

10.14. Esquemas vaubantianos: 1) Trazado del «tenallón» vaubantiano en el tratado de Cassani de 1705 (BNM, sign. 2/15086); 2) Construcción de Vauban según *Escuela de Palas* en 1693 (BNM, sign. R/15043); 3) Esquemas del segundo y tercer sistema de Vauban 510

10.15. Proyectos del ingeniero militar Juan Martín Cermeño: 1) Fragmento del plano general de Cartagena, su arsenal y su puerto, con el proyecto de fortificación, 1766 (Museo Naval de Madrid, E-43-10); 2) Proyecto del ingeniero Llobet para un reducto de artillería en la falda del monte de Galeras, siguiendo el diseño general de Cermeño (Servicio Histórico Militar, 2652-9); 3) Proyecto general de la ciudad de Zamora, 1766 (SGE, n.º 341); 4) Fuerte avanzado propuesto para el padrastro de San Francisco, en Ciudad Rodrigo, 1766 (Servicio Geográfico del Ejército, 385) 513

10.16. La fortaleza de San Fernando de Figueras: 1) Planta del castillo, construido a partir de un proyecto de Juan Martín Cermeño, 1753; 2) Vista aérea parcial del baluarte principal 516

10.17. Planta del castillo de Salsas, al norte de Perpiñán, en el siglo XVIII 517

11.1. Corredera de barquilla (Joseph García Sevillano, *Nuevo Régimen de la Navegación,* Madrid, 1736) 524

11.2. Diversos modelos de agujas náuticas empleados para determinar la declinación magnética (J. Juan y Santacilia, *Compendio de Navegación*, Cádiz, 1757) 525

11.3. Ballestilla: a) Ejemplar del Museo Naval de Madrid (inv. 289); b). Empleo según J. González Cabrera, *Navegación Especulativa y Práctica*, Manila, 1734 528

11.4. Cuadrante de Davis: 1) Ejemplar del Museo Naval de Madrid (inv. 1239); 2) Empleo, según Andre Wakeley, *A Agulha de Marear Rectificada*, Londres, 1762 529

11.5. Proyección de Mercator (adaptada por Thomas Wright, *Certaine Errors in Navigation*, Londres, 1599) 532

11.6. Octante de Hadley: 1) Ejemplar fabricado por Spencer Browning, Londres (Museo Naval de Madrid, inv. I1333); 2) Empleo del octante 536

11.7. *Almanaque Náutico* español. Todos los datos estaban referidos al meridiano de Cádiz 543

11.8. Cronómetro de F. Berthoud: a) Grabado mostrando el mecanismo de un cronómetro (F. Berthoud, *Essai sur l'horlogerie*, París, 1787); b). Cronómetro N.º 39 de F. Berthoud (Museo Naval de Madrid, inv. 1332) 548

11.9. Vicente Tofiño de San Miguel: *Atlas Marítimo de España,* 1789: 1) Portada; 550
2) «Carta Esférica de una parte del Océano Atlántico» (Museo Naval de Madrid) 551

12.1. El *Santa Ana* (acuarela de Guillermo G. de Aledo) 560

12.2. Estructura del casco: a) según el *Examen* de Jorge Juan; b y c) proveniente del *Diccionario* del marqués de la Victoria (Museo Naval de Madrid) 561

12.3. Interpretación del navío *San José* por Berenguer 564

12.4. Navío *Montañés* (El Ferrol, 1794). (Museo Naval de Madrid, sign. PB-66 y PB-65) 565

12.5. Esquema del proceso constructivo de un buque. Se incluye el pertrechado y el mantenimiento como partes esenciales en la vida del navío 566

12.6. Esquema bidimensional del casco de un buque en una corriente v y ángulo de deriva λ 572

12.7. Fuerzas sobre el buque 573

12.8. Desarrollo histórico: reyes, promotores más destacados, constructores que marcaron estilo, y períodos 576

12.9. En la parte superior se reproducen los planos de Gaztañeta, y en la inferior una lámina que representa al navío *Real Felipe*, primer buque español de tres puentes, botado en Guarnizo en 1732 (Museo Naval de Madrid, PB-82) 579

12.10. Planos presentados por Jorge Juan en el *Examen Marítimo*, y que corresponden al sistema inglés 582

12.11. El *Santísima Trinidad*, construido por el sistema de Jorge Juan en La Habana en 1769. Acuarela de Alejo Berlinguero, h. 1790 (Museo Naval de Madrid, inv. 285) 583

12.12. Navío *San Juan Nepomuceno* navegando a un largo con las gavias. Construido por Gautier en Guarnizo y botado en 1766. Acuarela de Alejo Berlinguero, h. 1790 (Museo Naval de Madrid, inv. 827) 585

12.13. El *San Telmo*, navío de 64 cañones construido en El Ferrol en 1789 por el sistema de Romero Landa. Acuarela de Alejo Berlinguero, h. 1790 (Museo Naval de Madrid, inv. 828) 588

12.14. Buques en servicio y supervivencias 591

12.15. Producción por lustros de fragatas y de navíos, en las dos figuras superiores. Los navíos se subdividen por cañones en la tercera, y por los astilleros de procedencia en la cuarta 594

12.16. Plano con dos diques de carenar del arsenal de Cartagena (tomado de las «Adiciones» de Miguel Sánchez Taramás, Barcelona, 1769; Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza; fot.: M.S.S.) 595

12.17. Proyectos de arsenales: 1) Cartagena, por Sebastián Feringán Cortés, 1749 (AGS, M. P. y D., IV-76); 2) El Ferrol, por Julián Sánchez Bort, 1756 (Museo Naval de Madrid, P3A-30). En el extremo derecho de la dársena se pueden ver los necesarios diques de carenar 598

12.18. Proyecto para el arsenal de la Carraca (1788), por Tomás Muñoz (Museo Naval de Madrid, P2F-7) 599

Índice

Presentación: Del agotamiento renacentista a una nueva ilusión 9
El Renacimiento: plenitud y agotamiento. De la cima a la sima, e indicios de recuperación tardobarrocos 10
El Siglo de las Luces: reformas, resistencias y encrucijada 13
Técnica, ciencia, utilidad y milicia 18
Una perspectiva del volumen 26

1. La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas.
Víctor Navarro Brotons 33
1.I. Los jesuitas y la renovación científica 35
1.II. La actividad científica de Vicente Mut en Mallorca 39
1.III. Juan Caramuel y Lobkowitz (el "matemático audaz") y su influencia en España 43
1.IV. La actividad científica de José de Zaragoza en Valencia y en el Colegio Imperial de Madrid 46
1.V. Los científicos jesuitas de las últimas décadas del siglo XVII y la renovación científica 53
1.VI. El movimiento "novator" 57
1.VII. El núcleo renovador valenciano 60
Bibliografía 69

2. Ciencia, técnica y poder.
Siro Villas Tinoco 75
2.I. La situación de partida y los planteamientos políticos 77
2.II. Los instrumentos de la política de fomento 89
2.III. Los medios: información, habilidades e incentivación 97
2.IV. Las garantías del sistema 108
2.V. Hacia un balance de resultados 110
Bibliografía 112

3. Sobre la institución y el desarrollo de la ingeniería: Una perspectiva europea.
Irina Gouzevitch y Hélène Vérin 115
3.I. El ingeniero del siglo XVIII: una primera aproximación 117
3.I.1. El ingeniero y la ciencia: la tesis del "ingeniero postnewtoniano" 117
3.I.2. La ingeniería en la clasificación de los conocimientos: la *Encyclopédie* .121
3.II. Las guerras europeas y la ingeniería militar: el "gran siglo XVIII" ...124
3.II.1 La guerra de América y la normalización de los buques de guerra: la reforma de Borda 126
3.II.2. Los grandes debates sobre el arte de la guerra y la fortificación 128
3.II.2.1 ¿Guerra de campaña o guerra de asedio? 128

3.II.2.2. Los orígenes del sistema fortificado de Montalembert: algunas hipótesis 130
3.III. La identidad del ingeniero europeo 135
3.III.1. El ejercicio de la profesión 136
3.III.1.1 El Estado: administración y creación progresiva de los cuerpos 136
3.III.1.2. La empresa y la normalización de los presupuestos 137
3.III.1.3. Las sociedades 139
3.III.2. La formación: ensayo de una tipología 140
3.III.2.1. Las asociaciones corporativas 140
3.III.2.2. Colecciones de modelos 141
3.III.2.3. Colegios y universidades 142
3.III.2.4. Academias 144
3.III 2.5. Los ingenieros militares 145
3.IV. Intercambios y circulación de modelos, hombres y conocimientos 146
3.IV.1. La École Polytechnique de París 146
3.IV.1.1. La reforma de Shuvalov: un antecedente histórico o las lecciones de un proyecto abortado 148
3.IV.1.2. El modelo de la Escuela Politécnica de París en Europa 150
3.IV.2. La competición internacional y la circulación del conocimiento 154
3.IV.3. Un caso ejemplar: la máquina de vapor de Watt 155
3.V. Conclusión 160
Bibliografía 161

4. Institucionalización de la ingeniería y profesiones técnicas conexas: misión y formación corporativa.
Manuel Silva Suárez 165
4.I. El Real Cuerpo de Ingenieros de los Exércitos y Plazas 175
4.II. Dos inevitables especializaciones: Artilleros y Arquitectos 189
4.II.1. El Real Cuerpo de Artillería 189
4.II.2. Los arquitectos y la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando 202
4.III. Especialización en el ámbito de la ingeniería militar: Ingenieros de Marina e Ingenieros Cosmógrafos 212
4.III.1. El Real Cuerpo de Ingenieros de Marina 212
4.III.2. El Real Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado 222
4.IV. «Geometría Subterránea y Mineralogía»: la ingeniería de Minas 229
4.V. La creación de una especialidad civil de ingeniería para la obra pública: La Inspección de Caminos y Canales 240
4.VI. A modo de epílogo 249
Bibliografía 257

5. Consideraciones sobre el léxico "técnico" en el español del siglo XVIII.
Pedro Álvarez de Miranda 263
5.I. Las "voces facultativas" en la historia de la lengua 263

5.II. Un neologismo dieciochesco: el adjetivo *técnico* 271
5.III. Diccionarios de voces "técnicas" en el XVIII 279
5.IV. Hacia una historia del léxico "técnico" 285
Bibliografía 288

6. La arquitectura de arquitectos e ingenieros militares: diversidad de lenguajes al servicio del despotismo ilustrado.
Arturo Ansón Navarro 291
6.I. El panorama de la arquitectura en España a la llegada de Carlos III (1758) 292
6.II. La reacción académica contra el barroco decorativo 296
6.III. El despotismo ilustrado de Carlos III, las obras públicas y la arquitectura 298
6.IV. La diferente formación y concepción de la arquitectura entre arquitectos e ingenieros militares 300
6.IV.1. La formación de los arquitectos 300
6.IV.2. Las corrientes estéticas de los arquitectos de la época de la Ilustración .303
6.IV.3. La formación de los ingenieros militares 309
6.IV.4. Orientaciones constructivo-arquitectónicas de los ingenieros militares 312
6.IV.4.1. Construcciones de ingeniería militar y civil 312
6.IV.4.2. Obras de arquitectura hechas por ingenieros 316
6.V. Obras hechas por arquitectos entre la arquitectura y la ingeniería .322
6.VI. A modo de conclusiones 328
Bibliografía 329

7. Ciencia, técnica e ingeniería en la actividad del cuerpo de ingenieros militares. Su contribución a la morfología urbana de las ciudades españolas y americanas.
Horacio Capel Sáez 333
7.I. Diferentes dimensiones en el estudio del Cuerpo de Ingenieros Militares 333
7.II. El más importante cuerpo técnico de la monarquía 336
7.III. El movimiento novador y las nuevas instituciones científicas 339
7.IV. Difusión de la ciencia e ideología 341
7.V. La ordenación del territorio 344
7.VI. Planos y usos del suelo 348
7.VII. Edificios públicos y privados 354
7.VIII. Las viviendas 363
7.IX. De nuevo, arquitectos e ingenieros 367
7.X. El territorio y el dominio de la naturaleza 373
Bibliografía 376

8. Ingeniería y obra pública civil en el Siglo de las Luces.
Juan José Arenas de Pablo 383
8.I. Las primeras carreteras construidas por el poder central 384
8.II. Los cruces de ríos en las carreteras "radiales" a mediados del siglo 388

8.III. El Consejo de Castilla y la Academia de Bellas Artes, máximas autoridades en caminos y puentes 392
8.IV. Agustín de Betancourt, ingenieros y arquitectos 394
8.V. Algunos puentes españoles del XVIII 396
8.V.1. Algunos puentes carreteros 396
8.V.2. Puentes urbanos del siglo XVIII. 401
8.VI. Los canales de Aragón y de Castilla: puentes, acueductos y esclusas 406
8.VII. Presas y azudes 412
8.VIII. Traídas de aguas: Pamplona y Málaga 416
8.IX. Dos puertos: Santander y Málaga 419
Bibliografía 425

9. La política de construcción de canales. Una aproximación.
Guillermo Pérez Sarrión 429
9.I. Los orígenes, 1650-1750 429
9.II. Canales de navegación. El Canal de Castilla 434
9.III. Canales de riego y navegación en el Ebro. El Canal Imperial de Aragón 446
9.IV. Obras de regadío en la costa mediterránea. La Acequia Real del Júcar 456
9.V. A modo de conclusión 462
Bibliografía 463

10. La fortificación española en los siglos XVII y XVIII: Vauban, sin Vauban y contra Vauvan.
Fernando Cobos Guerra 469
10.I. Estado de la cuestión e ideas preconcebidas 469
10.II. Los elementos y las máximas de la fortificación 474
10.III. Los trazados, su cómputo y las tablas de fortificar 480
10.IV. Las escuelas nacionales y los tratados 490
10.IV.1. Las escuelas nacionales 495
10.V. Los nuevos elementos y su debate: la forma del baluarte y las obras exteriores 497
10.V.1. La falsabraga 500
10.V.2. Las obras exteriores 502
10.V.3. El debate de Malta 504
10.VI. Vauban, la vuelta a las casamatas y el final del sueño racionalista 509
10.VI.1. El método de Vauban 509
10.VI.2. El tiro parabólico 511
Bibliografía 518

11. Navegación e hidrografía.
Manuel Sellés García 521
11.I. Las técnicas del pilotaje 522
11.II. La creación de una Armada: la Academia de Guardias Marinas ...527

11.III. Marina y ciencia: la etapa de Jorge Juan 530
11.IV. Las escuelas de pilotos 535
11.V. La resolución del problema de la longitud 537
11.VI. El oficial científico: el Curso de Estudios Mayores 540
11.VII. La longitud en España: la Oficina de Calculadores y el Obrador de Relojería 542
11.VIII. El problema de los instrumentos 547
11.IX. Las expediciones y el Depósito Hidrográfico 552
11.X. Conclusión 553
Bibliografía 554

12. Construcciones, ingeniería y teóricas en la construcción naval.
Julián Simón Calero 555
12.I. Historia: el galeón 556
12.II. Nueva dinastía 557
12.III. El navío 559
12.IV. Fabricación del navío 566
12.IV.1. Maderas 566
12.IV.2. Cáñamo 568
12.IV.3. Metales y otros 569
12.IV.4. Varios 570
12.V. Las teorías 571
12.V.1. Teoría del impacto 571
12.V.2. La maniobra 573
12.VI. Tratados navales 574
12.VII. Desarrollo histórico 576
12.VII.1. Período tradicional, o de Gaztañeta (1721-1750) 577
12.VII.2. Período inglés, o de Jorge Juan (1750-1769) 581
12.VII.3. Período francés, o de Gautier (1769-1782) 584
12.VII.4. Período español, o de Romero Landa (1782-1805) 587
12.VII.5. Conclusiones 589
12.VII.6. Supervivencia 590
12.VIII. Producción naval 592
12.IX. Arsenales 595
12.X. Los ingenieros 600
Bibliografía 601

Índice de ilustraciones 605

Índice abreviado del volumen III

El Siglo de las Luces.
De la agronomía al ámbitto agroforestal

Presentación: Lenguajes de la técnica en tiempos de revoluciones 9

1. La introducción de nuevas técnicas: de la inmigración tecnológica al espionaje industrial.
Juan Helguera Quijada 47

2. Arquitectura industrial borbónica.
Aurora Rabanal Yus 95

3. El nacimiento de la Teoría de Máquinas y Betancourt.
Juan Ignacio Cuadrado Iglesias y Marco Ceccarelli 131

4. Técnica, ciencia e industria en tiempo de revoluciones. La química y la mecánica en Barcelona en el cambio del siglo XVIII al XIX.
Antoni Roca Rosell 183

5. Minería y metalurgia en España y la América hispana en tiempo de Ilustración: El siglo XVIII.
Julio Sánchez Gómez 237

6. Los gremios.
Siro Villas Tinoco 281

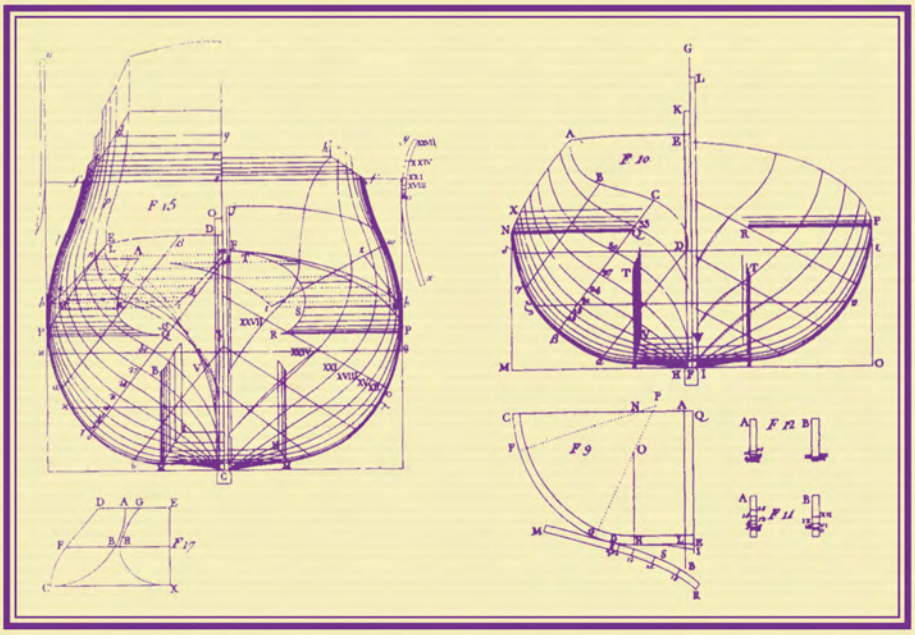
7. Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País: docencia, difusión e innovación técnica.
José Francisco Forniés Casals y Antonio Manuel Moral Roncal 311

8. Publicaciones técnicas destinadas a colectivos profesionales.
Julio Sánchez Gómez 357

9. La agronomía en la España del Setecientos.
Jordi Cartañà i Pinén 409

10. Conocimiento científico, innovación técnica y fomento de los montes durante el siglo XVIII.
Vicente Casals Costa 453

Apuntes biográficos 501



INSTITUCIÓN FERNANDO EL CATÓLICO

DIPUTACIÓN Ð ZARAGOZA

GOBIERNO DE ARAGON

Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad