

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

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 puentes². 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 comercio⁴ 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 longitud⁶, 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 1753⁷. Uriol Salcedo (1990) afirma que los directores de esta carretera fueron los ingenieros militares Rodolphe, Stölinger y Vverich (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 una⁸. 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 construido¹⁰. 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 época¹², 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 Lemaire, 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 comercio¹⁴.

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 Piedra¹⁵. 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 Cádiz¹⁶, 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 cuchilletes¹⁸ 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 Floridablanca¹⁹, 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 Castrogonzalo²⁰.

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 construir²². 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. MADDOZ 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 levantarán 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 puertas²³.

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 Melero²⁶ 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.

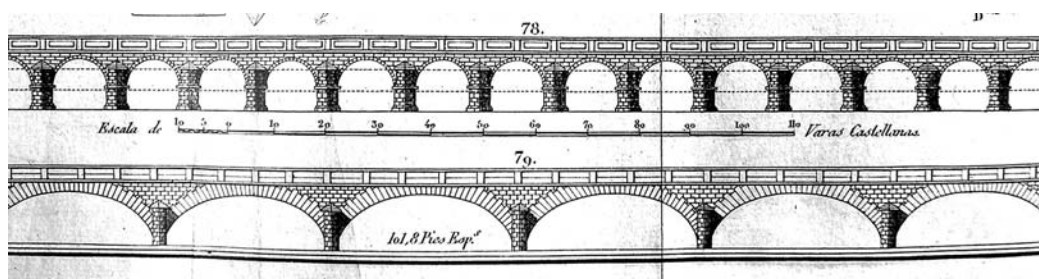
Durante los siete años que pasa en París, Betancourt mantiene gratas relaciones con la flor y nata de la Escuela francesa: Perronet, del que se siente discípulo, Monge o Prony. Se preocupa de formar una espléndida colección de maquetas de puentes y máquinas, así como de copiar planos y láminas de obras 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 Perronet²⁹. 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 suministros³¹.

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 trágicos 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 desdoblarse 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 alguna³⁴. 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.



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 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 pretils 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 pretils hay 2 leones con unas tarjetas en las garras que dicen: EN EL FELIZ REINADO DE CARLOS III HIZO ESTE PUENTE MARCOS DE BIERN, 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.

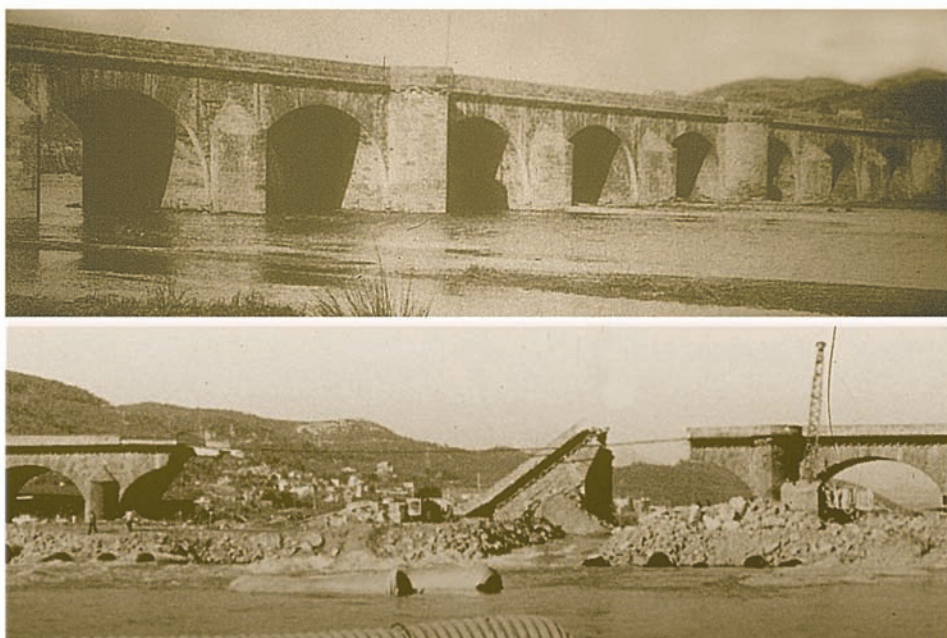
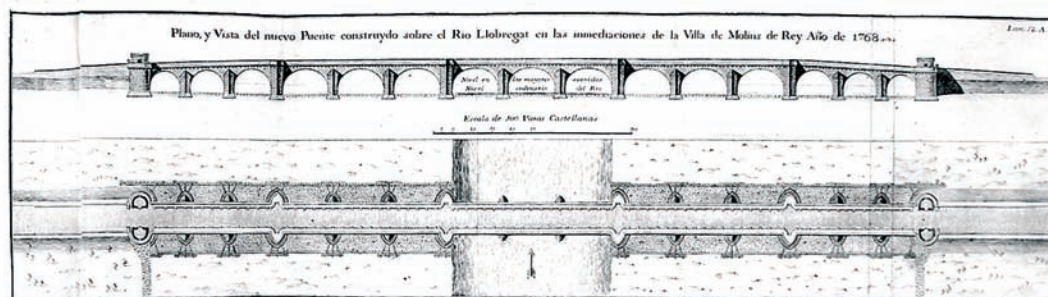
Gracias sin duda a esos “reparos”, el puente ha llegado hasta nosotros. Y nos ha permitido apreciar una arquitectura de gran limpieza y serenidad. Es un puente que, a falta de atrevimiento técnico, transmite una magnífica sensación de ritmo y orden arquitectónico, y compone un espléndido pórtico en el 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 didáctica³⁶:

«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-Urbà: Molins 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 m³ 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 1735³⁸.

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 pretils 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 Luces³⁹. 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 cajado 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 galloneados

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 operación⁴¹. 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 Lemaury 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.)

derramó⁴². 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, pesqueras⁴³...) o de proporcionar fuerza motriz a instalaciones (proto)industriales (molinos harineros, ferreñas, 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 azudes⁴⁴ 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 Bériz, a quien se puede considerar «el primer ingeniero genuino de presas»⁴⁵. Autor del pionero tratado *Máquinas Hidráulicas de Molinos y Herrerías y Gobierno 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-gravedad⁴⁶ 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. Lemaury, 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.

Lemaury 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 Cabañeros, 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 arbitrio de los planificadores hidráulicos la dio el ingeniero Lemaire»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 hm³. La cabida de Puentes constituía todo un récord que sólo se superó en 1912 con la construcción de la presa de Guadalcacín (93 hm³)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 hm³ (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 materiales⁵¹.

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 Noáin 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 Noáin 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 Noáin, 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 sillaría. 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 distribución⁵². 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 similares⁵³.

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 traducían 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 progreso⁵⁴.

La primera dificultad de una obra portuaria que pretendiera basarse en muros de piedra radicaba en la no disponibilidad de cales hidráulicas que fraguaban 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 antes⁵⁵.

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 almacén 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 abrigo⁵⁶. 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.

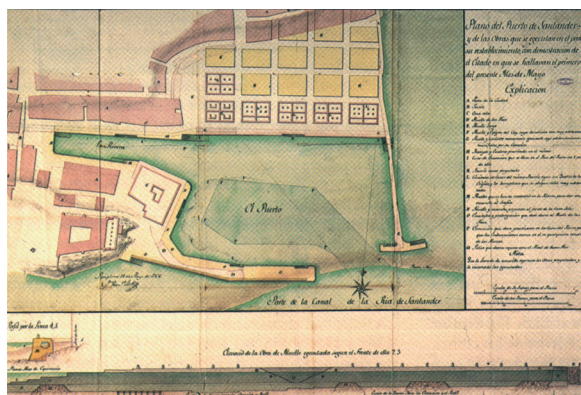
La situación de los puertos españoles en la época puede deducirse de las informaciones que da Madoz en su *Diccionario*, que empieza a publicarse en 1845. El puerto de Alicante, considerado “bueno”, constaba a mediados del XIX de un único muelle de 350 m de longitud, que había sido proyectado en 1803. 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 Llobregat⁵⁷. 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 muelles⁵⁸. El Santander de hoy se perfila

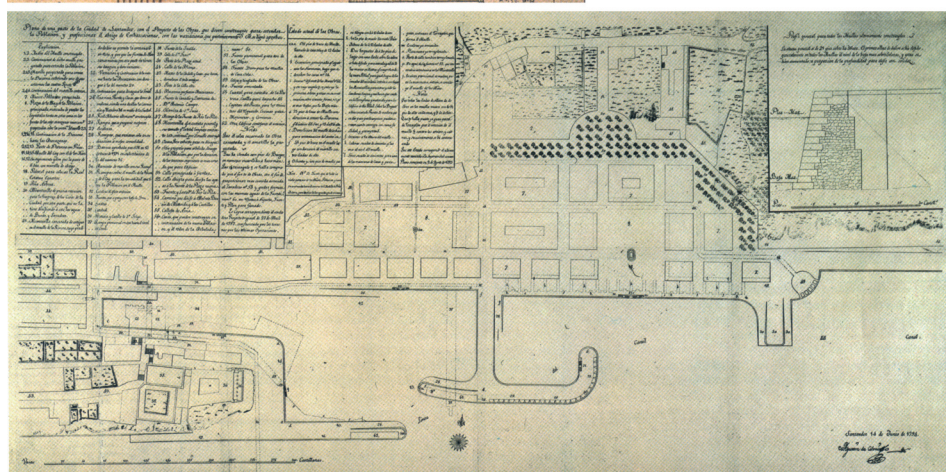
⁵⁷ R. ALVARGONZÁLEZ RODRÍGUEZ: «Los puertos españoles desde una perspectiva geográfica. Modelos portuarios de los siglos XIX y XX», en *Coloquio Internacional «El sistema portuario español»*, Ministerio de Fomento, 1995.

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 Colósia, 1794.



con claridad en el grabado del siglo XVI de Joris Hofenagel⁵⁹ 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: *Civitas 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 Este⁶⁰.

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 sanitaria⁶¹.

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 refluo, 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 Bériz (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 BÉRIZ, Pedro Bernardo: *Máquinas Hidráulicas de Molinos y Herreñas y Gobierno 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.

ÍNDICE ABREVIADO DEL VOLUMEN II

EL SIGLO DE LAS LUCES. DE LA INGENIERÍA A LA NUEVA NAVEGACIÓN

Presentación: Del agotamiento renacentista a una nueva ilusión	9
1. La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas. <i>Víctor Navarro Brotons</i>	33
2. Ciencia, técnica y poder. <i>Siro Villas Tinoco</i>	75
3. Sobre la institución y el desarrollo de la ingeniería: Una perspectiva europea. <i>Irina Gouzevitch y Hélène Vérin</i>	115
4. Institucionalización de la ingeniería y profesiones técnicas conexas: misión y formación corporativa. <i>Manuel Silva Suárez</i>	165
5. Consideraciones sobre el léxico “técnico” en el español del siglo XVIII. <i>Pedro Álvarez de Miranda</i>	263
6. La arquitectura de arquitectos e ingenieros militares: diversidad de lenguajes al servicio del despotismo ilustrado. <i>Arturo Ansón Navarro</i>	291
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. <i>Horacio Capel Sáez</i>	333
8. Ingeniería y obra pública civil en el Siglo de las Luces. <i>Juan José Arenas de Pablo</i>	383
9. La política de construcción de canales. Una aproximación. <i>Guillermo Pérez Sarrión</i>	429
10. La fortificación española en los siglos XVII y XVIII: Vauban, sin Vauban y contra Vauban. <i>Fernando Cobos Guerra</i>	469
11. Navegación e hidrografía. <i>Manuel Sellés García</i>	521
12. Construcciones, ingeniería y teóricas en la construcción naval. <i>Julián Simón Calero</i>	555