

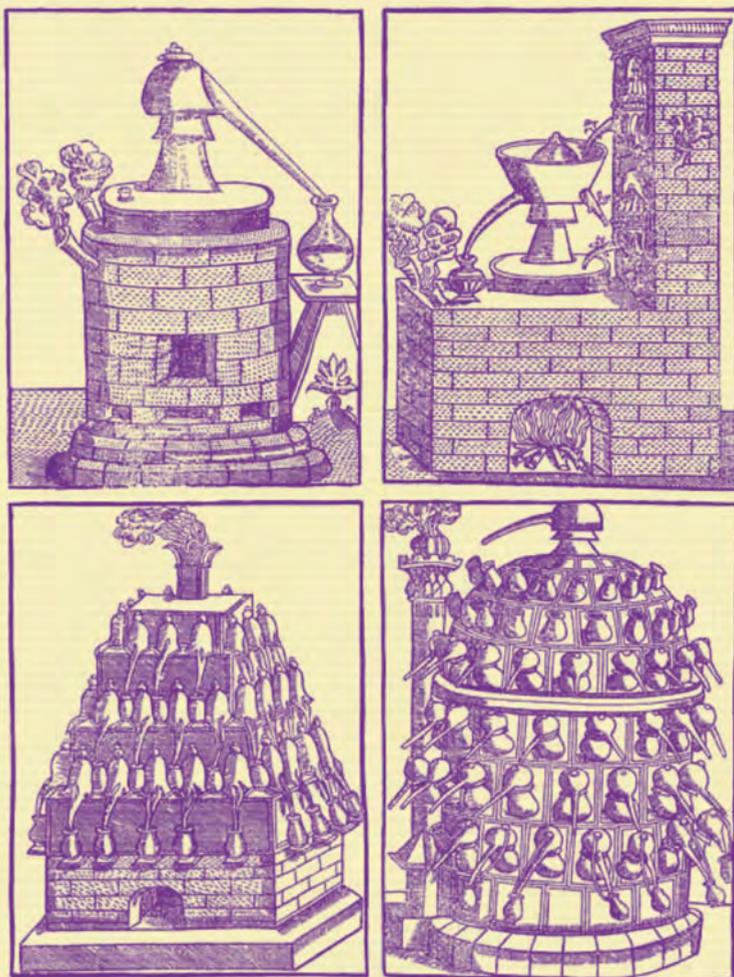
2.<sup>a</sup> edición, corregida  
y aumentada

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

# TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA

## I

### EL RENACIMIENTO De la técnica imperial y la popular



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

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

---

# EL RENACIMIENTO

## De la técnica imperial y la popular

(2.<sup>a</sup> edición corregida y aumentada)

TÉCNICA E INGENIERÍA  
EN ESPAÑA

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

# TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA

## I

# EL RENACIMIENTO

## De la técnica imperial y la popular

Alicia Cámara Muñoz	M. <sup>a</sup> Jesús Mancho Duque
Jordi Cartaña i Pinén	Pedro Mora Piris
Fernando Cobos Guerra	Fernando Sáenz Ridruejo
Jesús Criado Mainar	Julio Sánchez Gómez
Mariano Esteban Piñeiro	Manuel Silva Suárez
Nicolás García Tapia	M. <sup>a</sup> Isabel Vicente Maroto
Miguel Á. Granada Martínez	Siro Villas Tinoco
Alexander G. Keller	

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

Publicación número 2.829  
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

SILVA SUÁREZ, Manuel  
*El Renacimiento: De la técnica imperial y la popular* / Manuel Silva Suárez. —  
Zaragoza: Real Academia de Ingeniería : Institución «Fernando el Católico» :  
Prensas Universitarias, 2008

760 p. : il. ; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España ; I)  
ISBN: 978-7820-XXX-X

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

© De los textos, sus autores.

© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico»,  
Prensas Universitarias de Zaragoza, 2008.

Cubierta: Diversos modelos de alambiques recogidos por Miguel Agustí en el libro  
*Secrets d'Agricultura, casa rústica i pastoril* (Barcelona, 1617). El uso más  
común de estos ingenios era la destilación de licores. No obstante, con el  
objetivo de conseguir restaurativos medicinales, también se empleaba para  
conseguir extractos de flores, cortezas, frutas y raíces, e incluso de animales  
como ranas, garzas, babosas u hormigas.

Contracubierta: Para romper una pieza defectuosa de artillería se construía un peque-  
ño horno con el que se le calentaba por el lugar deseado. Una vez alcanza-  
da la temperatura adecuada se rompía con golpes de maza. Con objeto de  
avivar el fuego se solía emplear una pareja de barquines como los mostra-  
dos. (*Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga, en que trata de la Artillería y  
de todo lo necesario a ella con un tratado de fortificación y otros adverti-  
mientos*, Milán, 1611; fig. 27).

ISBN: 978-84-7820-814-2 (obra completa)

ISBN: 978-84-7820-975-0 (2.ª edición ampliada del volumen I)

Depósito Legal: Z-XXXX-08

Corrección ortotipográfica: Marisancho Menjón y María Regina Ramón

Maquetación: Littera

Impresión: ARPI Relieve, Zaragoza

IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

0.1. Una de las tres invenciones presentadas para graduar la elevación de una rueda vitruviana (manuscrito de la Colección Torner, de Barcelona) . . .	8
0.2. Dibujos no contenidos en <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> , pero si en otras versiones del tratado . . . . .	9
1.1. Rodrigo Sánchez de Arévalo (1404-1470): <i>Espejo de la Vida Humana</i> , Pablo Hurus, Zaragoza, 1491 (Biblioteca Universitaria de Zaragoza) . . . . .	26
1.2. Juanelo Turriano (Museo Arqueológico Nacional, Madrid) . . . . .	33
1.3. Martín Cortés, <i>Breve compendio de la Sphera y de la arte de navegar</i> (Sevilla, Antón Álvarez, 1551) . . . . .	34
1.4. Cristóbal de Rojas, en su <i>Teórica y Práctica de Fortificación</i> (Madrid, por Luis Sánchez, 1598). . . . .	37
1.5. «Máquinas para arrastrar y retirar los fardos», según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid)	39
1.6. «Máquinas para conducir y elevar las aguas», según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid)	40
1.7. Instrumentos para nivelación, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid). . . . .	41
1.8. Tiburzio Spannocchi: <i>Descripción de las marinas de todo el Reino de Sicilia</i> , h. 1578 (Biblioteca Nacional, Madrid) . . . . .	48-49
1.9. Tiburzio Spannocchi (1592): Informe sobre el valle y el castillo de Canfranc (Archivo General, Simancas) . . . . .	52
1.10. Uniforme de los cuerpos de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y de Minas (1842); traje académico de los farmacéuticos (h. 1846); y uniforme del cuerpo de ingenieros de Montes (1857) . . . . .	56
2.1. La Filosofía y las Artes Liberales: copia decimonónica del <i>Hortus Deliciarum</i> (Saarländisches Schulmuseum) . . . . .	68
2.2. Artes mecánicas: cerrajero y herrero. Dibujo alemán a mano alzada (1580) . . . . .	74
2.3. Lección de medicina: Andrés Vesalio, <i>De humani corporis fabrica</i> (1543) . . . . .	77
2.4. Juan Luis Vives (Valencia, 1492-1540) . . . . .	81
2.5. Petrus Ramus (Pierre de la Ramée, Cuts [Soissons], 1515-1572) . . . . .	84
2.6. Francis Bacon (Londres, 1561-1626) . . . . .	90
3.1. Azulejos de Manises (s. xv) con emblemas gremiales valencianos: gremio de pelaires (Museo de Artes Decorativas, Madrid); gremio de pasamaneros (Museo Nacional de Cerámica «González Martí», Valencia) . . . . .	98
3.2. Emblema del gremio de los calafateadores de barcas de Valencia (azulejo de Manises, s. xv; Museo Nacional de Cerámica «González Martí», Valencia) y ergate o cabrestante, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) . . . . .	101
3.3. Emblemas ingleses de curtidores y dibujo alemán (h. 1580) . . . . .	107

3.4. Punzones de maestros plateros castellano-leoneses del siglo xvi .....	110
3.5. Herreros, relojeros, sombrereros y toneleros: <i>Libro de las Profesiones</i> , Núremberg, 1568. Grabados de Jost Amman .....	113
3.6. Molinos de mano y de aceña, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	117
3.7. Martillo ceremonial del gremio de los herreros, en latón y madera (Reichenberg, 1640) .....	120
3.8. Círculo del Maestro de Ávila: Construcción de una iglesia dedicada a San Miguel; último cuarto del s. xv (Museo de la Catedral de Ávila) .....	125
4.1. J. L'Hermite: Vista de los jardines y palacio de Aranjuez, en <i>Les Passetemps</i> , 1620 (Bibliothèque Royale de Bruselas) .....	132
4.2. Filippo Pallota: Fachada del alcázar de Madrid en 1704 (Museo Municipal de Madrid) .....	135
4.3. Juan Gómez de Mora: Proyecto de presa y diques en la Casa de Campo, 1636 (Archivo de la Villa de Madrid) .....	136
4.4. Cristóbal de Rojas. «Fábricas y distribución de un nivel para encaminar las aguas», en <i>Teórica y práctica de fortificación</i> , Madrid, 1598 .....	149
4.5. Cristóbal Antonelli, Los Alfaques de Tortosa, 1580 (Archivo General, Simancas) .....	143
4.6. Jerónimo Marqui: Camino de Pamplona a San Sebastián, fines del s. xvi (Archivo General, Simancas) .....	146
4.7. El Greco: <i>Vista de Toledo</i> , h. 1610-14 (Casa Museo de El Greco, Toledo) .....	147
4.8. Lucas de Heere: <i>La visita de la reina de Saba al rey Salomón</i> (Felipe II representa al rey Salomón), Catedral de Gante .....	147
4.9. Tiburzio Spannocchi: Patti, <i>Descripción de las marinas de todo el reino de Sicilia</i> , h. 1578 (Biblioteca Nacional, Madrid). .....	150
4.10. Retratos de Francesco de Marchi (Biblioteca del Monasterio de El Escorial y Biblioteca Nacional, Madrid) .....	155
4.11. Francesco de Marchi, fortificación de un puerto (Biblioteca Nacional, Madrid)	156
4.12. Tiburzio Spannocchi: La Aljafería, 1593 (Archivo General, Simancas) .....	158
4.13. Documento cifrado sobre fortificación en el Piamonte (Archivo General, Simancas). .....	161
4.14. Tiburzio Spannocchi, Valle de Arán, 1594 (Archivo General, Simancas) .....	163
4.15. M. Vitruvio Pollion: «Buscando agua», <i>De Architectura</i> (Alcalá de Henares, 1582) .....	168
5.1. Rodrigo Zamorano: <i>Los seis primeros libros de los Elementos de Euclides</i> (Sevilla, 1576) .....	171
5.2. Cédula Real que crea la Casa de la Contratación, 1503 (Archivo General de Indias, Sevilla) .....	174
5.3. Navío. Manuscrito anónimo, h. 1590 (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	177
5.4. Juan de Herrera, según boceto de Juan Maea, h. 1575 (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	181
5.5. Juan de Herrera: <i>Institución de la Academia Real Matemática</i> (Madrid, 1598)	183

5.6. <i>Perspectiva y Especularia</i> , de Euclides (trad. por Pedro Ambrosio de Ondérez, 1585) .....	188
5.7. <i>Alvaradina</i> : tratado de artillería anónimo, h. 1595 (Biblioteca Nacional, Madrid)	192
5.8. «Lanzando bola artillera», en <i>Alvaradina</i> , h. 1595 (Biblioteca Nacional, Madrid)	199
5.9. Batería de cañones, en <i>Alvaradina</i> , h. 1595 (Biblioteca Nacional, Madrid) ....	201
5.10. Julio César Firrufino: <i>Platica Manual de Artillería</i> (Madrid, 1626) .....	203
5.11. Juan Bautista Lavaña y Luis Teixeira: Descripción del Universo (Biblioteca Reale de Turín) .....	204
6.1. La catedral de Granada (grabado de Francisco Heylan, 1613, y planta de Juan de la Vega, 1594) .....	217
6.2. El proceso de renovación en clave renacentista: Diego de Sagredo, <i>Las Medidas del Romano</i> (Toledo, 1526) .....	218-219
6.3. San Lorenzo el Real de El Escorial (1562-1586): grabados calcográficos de Juan de Herrera y Pedro Perret, 1589 .....	221
6.4. La portada de la catedral de Santa María de la Huerta en Tarazona (1577) y modelo xviii del <i>Libro Extraordinario</i> de Sebastián Serlio .....	230
6.5. Portada del atrio de la Pabostría (1557-1558) de la Seo de Zaragoza y lámina del <i>Libro de Arquitectura</i> de Sebastián Serlio .....	232
6.6. Lámina de Andrea Palladio, <i>Quattro libri dell'architettura</i> , y trazas de la capilla Monreal de la iglesia de San Pablo, de Zaragoza .....	233
7.1. Mapamundi de Juan de la Cosa, el Puerto de Santa María, 1500 (Museo Naval, Madrid) .....	256
7.2. Planisferio denominado de Salviati, atribuido a Nuño García de Toreno, 1525 (Biblioteca Laurenziana de Florencia) .....	257
7.3. Dos proyecciones mercatorianas: (1) Cónica con dos paralelos estándar: G. Mercator (1554), <i>Europa</i> ; (2) Sinusoidal: J. de Chaves (1579): <i>America Meridionalis</i> .....	260
7.4. Proyección cónica: Joan Bautista Lavaña (1619), <i>Reino de Aragón</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	263
7.5. Planimetría con doble escala en «baras»: Anónimo (1614), <i>Bahía de Cádiz con Rota y su muelle</i> (Archivo General, Simancas) .....	264
7.6. Planimetría despojada de figuraciones naturalistas: Anónimo (h. 1577), <i>Plano de la viña (norte) y olivar (sur) del Quexigal</i> (Biblioteca del Palacio Real de Madrid) .....	264
7.7. Representaciones simbólicas de la orografía según Imhof; ejemplos de M. Servet (Lyon, 1525), S. Munster (1540) y P. Ligorio (1559) .....	266
7.8. Corografías: (1) Jerónimo de Chaves, 1578: <i>Conventus Hispalensis Delineatio</i> ; (2) Jorge Setara: <i>Montes de Valencia</i> , 1589 (Archivo General, Simancas) .....	267
7.9. Perspectivas con un punto de fuga: (1) Diego de Siloé (¿posterior a 1550?), <i>Perspectiva escenográfica</i> (M.N.A. Cataluña, Barcelona); (2) Juan de Herrera-Pedro Perret (1598), <i>Capilla Mayor de El Escorial</i> .....	271
7.10. Madurez gráfica: (1) Perspectiva «cornuda», según Jean Pélerin <i>le Viator</i> , en <i>De artificiali perspectiva</i> , 1505; (2) A. Labacco (1554), <i>Perspectiva cónica seccionada</i> ; (3) A. Palladio (1559), <i>Triada planta-alzado-sección</i> ; y (4) J. A. du Cerceau (1576), <i>Perspectiva oblicua militar</i> .....	274

7.11. Diversas perspectivas paralelas por Leonardo da Vinci, <i>Códice de Madrid I</i> , h. 1497 (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	274
7.12. Planta y abatimientos anónimos: (1) <i>Plano de Aranda del Duero</i> , 1503 (Archivo General, Simancas); (2) <i>Plaza de Bonilla de la Sierra</i> , h. 1510 (Archivo de la Chancillería de Valladolid) .....	279
7.13. Vista oblicua por Antón Van den Wyngaerde: <i>Zaragoza</i> (detalle), 1563 (Österreichische Nationalbibliothek, Viena) .....	279
7.14. Vista de pájaro anónima (1578): <i>Tocuyo, ciudad y río</i> (Real Academia de la Historia) .....	281
7.15. Coexistencia de perspectivas diversas en vistas de La Habana: (1) Anónimo (h. 1567), <i>Plano</i> (Archivo General de Indias, Sevilla); (2) Baltasar Vellerino de Villalobos: <i>Luz de Navegantes</i> , 1592 (Biblioteca Universitaria de Salamanca)	283
7.16. Vista y planta por Leonardo Turriano (1592): «Valle de S. María de Betancor Dell isola di Forteventura», en <i>Descrittione et historia del regno de l'isole Canarie</i> (Biblioteca Universitaria de Coimbra) .....	285
7.17. Perspectiva aérea por P. Texeira (1634): «Barra y Río de Gibraleón», en <i>Descripción de España y de las Costas y Puertos de sus Reynos</i> (Österreichische Nationalbibliothek, Viena) .....	285
7.18. Representación planimétrica singular: Pedro Machuca (h. 1527; 1542-50), Planta grande del complejo imperial de la Alhambra (Biblioteca del Palacio Real, Madrid) .....	289
7.19. La escuela escorialense: (1) Juan Bautista de Toledo (h. 1567), <i>Sección longitudinal de la Iglesia Mayor del Escorial</i> ; (2) Juan de Herrera (1579), <i>Alzado de una de las torres de la Iglesia</i> (Biblioteca del Palacio Real, Madrid) .	290
7.20. Disparidad técnica: (1) C. de Rojas (1603), <i>Casa comprada para almacén de las galerías en el Puerto de Santa María</i> ; (2) Plantas y alzados en correspondencia: J. de Soto (1610), <i>La casa de la pólvora para Fuenterrabía</i> (Archivo General, Simancas) .....	291
7.21. Puentes y muelle: (1) Diego Vélez y Juan de Cerecedo <i>el Mozo</i> (1577), <i>Puente de Puerto sobre el río Nalón</i> (Archivo Municipal de Oviedo); (2) Gaspar de Vega (1569), <i>Puente de Viveros</i> (Archivo de Protocolos de Madrid); (3) Anónimo (1585), <i>Puente para Bayona del Tajuña</i> (Archivo General, Simancas); (4) Cristóbal de Rojas, <i>Gibraltar</i> (Archivo General, Simancas) .....	292
7.22. Alzado con sección rectificada: Francisco de Mora (1596), <i>Molino de la Compañía del Escorial</i> (Biblioteca del Palacio Real de Madrid) .....	294
7.23. Secciones y vistas fantasmas: (1) Agostino Ramelli, <i>Le diverse et artificiose machine</i> (1588); (2) Vittorio Zonca, <i>Novo Teatro di Machine et Edificii</i> (1607)	300
7.24. Perspectiva central y proyección ortogonal: Salomón de Caus, <i>Les raisons des forces mouvantes, avec diverses machines tant vieilles que pleasantes...</i> (1615) .....	301
7.25. Geometrización de los razonamientos sobre eficiencia: <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	302
7.26. (1) Vittorio Zonca, <i>Novo Teatro di Machine et Edificii</i> , Padua, 1607; (2) Giovanni Branca, <i>Le Machine</i> , Roma, 1629 .....	302
8.1. Elio Antonio de Nebrija (Lebrija, 1441 – Alcalá de Henares, 1522) .....	314

8.2. Miguel de Urrea: «Vocabulario...», traducción de la <i>De Architectura</i> de Vitruvio (Alcalá de Henares, 1582) .....	320
8.3. Sebastián de Covarrubias: <i>Tesoro de la lengua castellana</i> (Madrid, 1611) .....	323
8.4. Diego García de Palacio: «Vocabulario...», en <i>Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos, su traza y gobierno, conforme a la altura de México</i> (México, 1587) .....	327
8.5. Tomé Cano: «Declaración de los Vocablos...», en <i>Arte para fabricar, fortificar y aparejar las naos</i> (Sevilla, 1611) .....	328
8.6. Sebastián de Covarrubias (Toledo, 1539 – Cuenca, 1613) .....	338
9.1. Repertorio de Caminos, por Pedro Juan de Villuga, 1546. ....	349
9.2. Puente de Benamejé, sobre el Genil. Hernán Ruiz, 1556. ....	353
9.3. Puente de Montoro, sobre el Guadalquivir. Primera mitad del siglo XVI .....	354
9.4. Puente de Segovia, sobre el Manzanares en Madrid. Juan de Herrera, h. 1580 .	355
9.5. Puente de Almaraz, sobre el Tajo. Pedro de Uría, 1537 .....	356
9.6. Presa de Ontígola, en Aranjuez (grabado de Brambilla, principios del siglo XIX)	357
9.7. Presa de Tibi, en Alicante. Segunda mitad del siglo XVI .....	359
9.8. Acequia Imperial: Palacio de Carlos V. Plano de Rodolphe, 1746 .....	361
9.9. Acequia Imperial: Murallas de Grisén (alzado y sección). Plano de Rodolphe, 1746 .....	361
9.10. Mina de Daroca (Pierres Vedel, h. 1560), detalle del perfil y embocadura de entrada. Plano de J. Traggia, 1792 (Archivo Municipal de Daroca) .....	365
9.11. Acueducto-viaducto de Teruel: Pierres Vedel, h. 1550 .....	368
9.12. Arcos de San Antón (construido h. 1570), Plasencia .....	371
9.13. Restos del ingenio de Juanelo en Toledo. Grabado holandés del siglo XVII .....	374
9.14. Defensas de puerto, en <i>Los Veintitún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	377
9.15. Bahía y puerto de Santander en el siglo XVI, en el <i>Civitatis Orbis Terrarum</i> (Braun y Hogenberg) .....	380
10.1. Traslado y emplazamiento de artillería, según L. Collado: <i>Platica Manual de Artillería</i> , Milán, 1592 .....	389
10.2. Culebrina de hierro forjado de 2,5 pulgadas de calibre y sistema de retrocarga con cubilete y cuña .....	390
10.3. Pedrero, siglo XV, mortero y berraco del siglo XVI (Museo del Ejército, Madrid)	393
10.4. Falconetes, sacre, medio cañón y ribadoquín, siglos XV y XVI (Museo del Ejército, Madrid) .....	394
10.5. Culata de media culebrina con cabeza de murciélago, siglo XVI (Museo del Ejército, Madrid) .....	396
10.6. Cañón montado en su cureña, midiendo la elevación con un cuadrante, según Hernán del Castillo, <i>Libro muy curioso y utilísimo de artillería</i> , h. 1560 (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	399
10.7. Culebrina fundida en bronce y decorada, siglo XVI (Museo del Ejército, Madrid)	401
10.8. Plan de fuegos, según Luis Collado, <i>Platica manual de artillería</i> (Milán, 1592)	402

11.1. Alfa y omega de la tratadística hispana comentada: (1) Diego Salazar: <i>Tratado de Re Militari...</i> , 1536; (2) Julio César Firrufino: <i>Plática manual y breve compendio de Artillería</i> , 1626 .....	410
11.2. De tres a un solo tramo en una trayectoria, según Tartaglia: (1) <i>Nova Scentia</i> , 1537; (2) <i>Quesiti et inventioni</i> , 1554 .....	416
11.3. Luis Collado de Lebrija: <i>Prattica Manuale</i> , 1586 (edición milanesa de 1606). «Midiendo la pieza» (p. 48) .....	419
11.4. Fundición y operación relacionada: (1) «El mejor modo de partir la pieza» (L. Collado de Lebrija: <i>Prattica Manuale</i> , 1586); (2) Barrenando el ánima del cañón (C. Lechuga: <i>Discurso de la Artillería</i> , 1611; f. 60) .....	421
11.5. Desplazando el material: (1) «Moviendo la pieza» (L. Collado de Lebrija: <i>Prattica Manuale</i> , 1586; p. 242); (2) Transporte de municiones y piezas (D. Ufano: <i>Tratado de la Artillería</i> , 1612; fig. 222) .....	423
11.6. Diego de Álava y Viamont: <i>El Perfeto Capitán...</i> , 1590. «Tabla para morteros y piezas largas, tirando dos mil passos por la mayor altura, y dozientos de punta en blanco» .....	425
11.7. Andrés García de Céspedes: <i>Libro de instrumentos nuevos de Geometría</i> , 1606. Trayectoria con dos partes, recta y parábola .....	432
11.8. Instrumentos del artillero: (1) Para determinar las elevaciones (D. Ufano: <i>Tratado de la Artillería</i> , 1612; fig. 339); (2) Instrumentos del artillero (J. C. Firrufino: <i>El Perfeto Artillero. Theorica y Practica</i> , 1642; idéntica imagen aparece en su <i>Plática...</i> , de 1626) .....	433
11.9. Cristóbal de Lechuga: <i>Discurso de la Artillería</i> , 1611. Midiendo el ángulo de elevación de la pieza (fol. 70) .....	434
11.10. Diego Ufano: <i>Tratado de la Artillería y uso della... en las Guerras de Flandes</i> , 1612. Tiros por el primer y segundo sector: (1) El tiro por el raso; (2) Mortero de la moderna fundición .....	439
11.11. Protección de las piezas: (1) Batería con sacas de lana (fig. 191); (2) Piezas enterradas (fig. 192). Ambas, del <i>Tratado de la Artillería</i> , 1612, de Diego Ufano	442
11.12. Trayectorias balísticas, según diversos tratadistas: (1) Luis Collado de Lebrija: <i>Prattica Manuale</i> , 1586; (2) Diego de Prado: <i>Obra manual de la Artillería</i> , 1591, Biblioteca Nacional, Ms. 9024; (3) Diego Ufano: <i>Tratado de la Artillería</i> , 1612	445
12.1. Fuenterrabía, por Francisco de Holanda (1538), en <i>Os Desenhos das Antigualhas</i> (Biblioteca de El Escorial) .....	450
12.2. Castillo de Salsas: (1) Planta durante el sitio de 1503, según el capitán Ayora; (2) Francisco de Holanda: <i>Os Desenhos das Antigualhas</i> , 1538 (Biblioteca de El Escorial) .....	452
12.3. Planta de una fortaleza con sus partes, en el <i>Tratado</i> de Rojas, 1598 .....	455
12.4. Evolución de los baluartes frontales españoles .....	456
12.5. Evolución de torreón a baluarte, según versión habitualmente admitida .....	459
12.6. Figura de Rojas que explica su teoría de las puntas redondeadas .....	460
12.7. Secciones comparadas de distintos tipos de casamatas en la <i>Apología</i> de Escrivá, 1538 .....	463
12.8. Baluartes: (1) De Pésaro en 1539, según Francisco de Holanda, <i>Os Desenhos Das Antigualhas</i> (Biblioteca de El Escorial, Madrid); (2) Del mar, según el <i>Tratado</i> de Tartaglia (ed. de 1554); (3) De San Bernardo (Ibiza), por J. B. Calvi, 1554 .....	463

12.9. Ibiza. Plano de fuego de flanco. Obra de J. B. Calvi a partir de 1554 y de Fratrín a partir de 1575. Estudios del Plan Director de las murallas renacentistas .....	464
12.10. Debate sobre una fortaleza en la barra del Tajo, Portugal (Archivo General, Simancas) .....	464
12.11. Plantas comparadas de: (1) El diseño inicial de la Goleta de Túnez, 1538; (2) San Telmo de Nápoles, 1538; y (3) San Telmo de Malta, 1543 .....	467
12.12. (1) Proyecto para San Telmo de Malta, 1543; (2) Dibujo de Escrivá en su <i>Apología</i> comparando cortina llana y tijera, 1538; (3) Plano que muestra las distintas soluciones para fortificar La Valleta, h. 1565 .....	469
12.13. <i>Apología</i> de Escrivá, 1538: (1) Soluciones comparadas de cortina llana o común, cortina articulada en espiga de Ferrara y tijera de San Telmo en Nápoles; (2) Comparación de los baluartes resultantes de una planta cuadrada y una triangular para igual longitud de cortina; (3) Diseño para Capua .....	470
12.14. Ilustración del comentario al texto de Escrivá: «no se pude en ninguna manera tirando a batería embocar la tronera y tirando a embocar no se puede hacer batería» .....	473
12.15. Evolución del frente fortificado en el siglo xvi, según el <i>Tratado</i> de Rojas, 1598	425
12.16. (1-2) Plantas comparadas entre la traza rectangular y la heptagonal para igual medida de frente abaluartado, según la <i>Apología</i> , 1538; (3) Dos propuestas para la ciudadela de Cremona; (4) Planta hexagonal, según Rojas, 1538 .....	476
12.17. Juan Bautista Antonelli, Mazalquivir, 1574: «Traza que va en perspectiva por mirar mejor el relieve» (Archivo General, Simancas) .....	480
12.18. Cristóbal de Rojas: (1) Blavet, Lorient (Francia), h. 1592; (2) Modelo del siglo xviii de la fortaleza de Santa Catalina, Cádiz, 1598; (3) Modelo de fuerte al borde del mar, según su <i>Tratado</i> , 1598 .....	482
12.19. (1) Traza de Peñíscola según el proyecto de Vespasiano Gonzaga y dibujo probablemente de Bautista Antonelli en 1579 (Archivo General, Simancas); (2) Planta del Morro de la Habana, a finales del siglo xvi .....	483
13.1. Plano de Almadén en 1553 (Archivo General, Simancas) .....	492
13.2. Torno de achicar agua en las minas de Almadén con zacas de cuero, 1674 (Archivo General, Simancas) .....	494
13.3. Corte de un pozo de la mina de Almadenejos: bombas aspirantes de desagüe, escaleras para la bajada de mineros y torno. (Pensionados Agustín Ugena y Juan Roig, 1800) .....	497
13.4. Sistema con contrapesos para mover los fuelles en una herrería, en G. Agrícola, <i>De Re Metallica</i> , 1556 .....	502
13.5. Trompa de soplado en una herrería, en G. Branca, <i>La Machinae</i> , 1629 .....	505
13.6. Bombas de pistones movidas por una rueda gravitatoria, en G. Agrícola, <i>De Re Metallica</i> , 1556 .....	506
13.7. Horno de xabeca, según dibujo en la obra de Álvaro Alonso Barba, <i>Arte de los Metales</i> , 1640 .....	511
13.8. «Del modo que se han de disponer los fondos en que se han de beneficiar los metales», en Álvaro Alonso Barba, <i>Arte de los Metales</i> , Madrid, 1640 .....	512
13.9. «El cerro rico de Potosí», h. 1584 (The Hispanic Society of New York) .....	516
13.10. Curva de producción de Potosí .....	518

13.11. Guaira, según el <i>Arte de los Metales</i> , de Á. Alonso Barba (1640) e indios fundiendo minerales en guairas, «guairando», ilustración del siglo xvi (The Hispanic Society of New York) .....	519
13.12. Alambiques en la obra de Bernardo Pérez de Vargas, <i>De Re Metallica</i> (Madrid, 1568) .....	520
13.13. «Pragmática de su Magestad por la qual reuoca las mercedes de minas y declara la parte que han de hacer los descubridores de ellas, y la orden que se ha de tener en registrarlas y beneficiarlas», 1559 .....	521
14.1. Portadas de cuatro de los tratados de navegación más significativos: <i>Suma Geográfica</i> , de Martín Fernández de Enciso (Sevilla, 1519); el <i>Arte de Navegar</i> , de Pedro de Medina (Valladolid, 1545); <i>Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar</i> , de Martín Cortés (Sevilla, 1551); uno de los <i>Regimientos de Navegación</i> de Andrés García de Céspedes (finales del siglo xvii y principios del xviii) .....	529
14.2. «Diferencia de mareas», según Martín Cortés, <i>Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar</i> (Sevilla, 1551) .....	534
14.3. Navegantes “pesando el sol” con el astrolabio y manejando la ballestilla, en obras de Pedro de Medina .....	540
14.4. Instrumentos náuticos: ballestilla (M. Cortés, <i>Breve Compendio...</i> , Sevilla, 1551); astrolabio (A. de Chaves, <i>Espejo de Navegantes</i> , h. 1520-1538); cuadrante (D. García de Palacio, <i>Instrucción Náutica</i> , México, 1587) .....	541
14.5. Siete décadas de vigencia: Pedro de Medina, <i>Arte de Navegar</i> (edición holandesa de 1598, italiana de 1609, francesa de 1628); Martín Cortés, <i>Breve Compendio...</i> (edición inglesa de 1630) .....	544
14.6. Carta náutica «plana», en el <i>Breve Compendio...</i> de Martín Cortés (Sevilla, 1551)	546
14.7. El Nuevo Mundo, en la <i>Instrucción Náutica</i> de D. García de Palacio (México, 1587) .....	546
15.1. Navíos latinos, con las características velas triangulares (Juan Escalante de Mendoza: <i>Itinerario de Navegación de los mares y tierras occidentales</i> , h. 1575; manuscrito del Museo Naval de Madrid) .....	551
15.2. Pedro de Medina: <i>Regimiento de navegación</i> (Sevilla, 1561): (1) Portada del texto con una nao atlántica que lleva las armas del emperador; (2) Diferentes tipos de navíos: galera, carraca, nao, carabela y otros menores .	553
15.3. El velamen; primeros patrones impresos: Mezana [sic], gabia [sic], boneta y papahígo (Diego García de Palacio: <i>Instrucción náutica para el buen uso, y regimiento de las naos, su traça y gobierno</i> , Méjico, 1587) .....	554
15.4. Galeaza y galeones: (1) Galeaza; (2) Galeón con cuatro puentes artilleros, en primer plano, y otros galeones y carracas; (3) Galeón capitana de la armada de Álvaro de Bazán (las tres primeras imágenes son detalles del fresco de Niccola Granello, <i>La toma de la Tercera</i> , 1583; Sala de las Batallas, El Escorial, h. 1586); (4) Galeón capitana de la armada del almirante Hoces, 1634 (Archivo-museo del Viso del Marqués, Ciudad Real) .....	555
15.5. Reconstrucción de la nao <i>Santa María</i> (1892) .....	557
15.6. Carabelas y naos portuguesas: (1) Flota con la que Vasco de Gama dobló el cabo de Buena Esperanza en 1497; (2) Segunda Armada de Pedro Alvares Cabral. ( <i>Livro de Lisuarte de Abreu</i> , h. 1558-1564; Ms. de la Perpont Morgan	

Library, NY, EE.UU., ed. facs. por la Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, Lisboa, 1992) .....	560
15.7. Buques armados con cuatro niveles de artillería: (1) Nao <i>Santa Catarina do Monte Sinai</i> (óleo atribuido a Cornelius Anthoniszoon, segunda década del siglo xvi, Museo de Marinha, Lisboa; (2) Naos-galeones en primer plano (tapiz perteneciente a la serie sobre <i>La Conquista de Túnez por el emperador Carlos V</i> , encargada en 1548 y realizada en oro, plata, seda y lana por el bruselense Guillermo de Pannemaker, a partir de los cartones del pintor Jan Cornelisz Vermeyen, Patrimonio Nacional) .....	562
15.8. Diseños técnicos en el <i>Libro primeiro de Architectura naval</i> de João Baptista Lavanha, h. 1610; manuscrito de la Real Academia de la Historia, Madrid .....	567
15.9. Calafateador. Levanta el dañado sello de estopa y brea entre las tablas de un navío, en el marco de las operaciones de carenado .....	569
15.10. Galeras, galeazas, naos y galeones, junto con diversas pequeñas embarcaciones auxiliares. «Desembarcación [sic] de Su M. en Lisboa» (Domingo Viera Serrão, h. 1622, en el libro <i>Viagem da Católica Real Majestade el Rei Filipe III</i> , de Juan Batista Lavaña, BNM) .....	570
15.11. Carraca (s. xvi) «navegando contrabienio [sic] y por punta de bolina» (Juan Escalante de Mendoza: <i>Itinerario de Navegación de los mares y tierras occidentales</i> , h. 1575, BNM) .....	574
15.12. Primeros impresos sobre construcción naval: (1) Diego García de Palacio, <i>Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos y su traça y gobierno conforme a la altura de México</i> (1587), le dedica el libro iv; (2) Tomé Cano, <i>Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos</i> (Sevilla, 1611), es el primer texto monográficamente consagrado al tema .....	577
15.13. Medidas de alzado y de sección para la construcción de navíos. (Diego García de Palacio: <i>Instrucción náutica para el buen uso, y regimiento de las naos, su traça y gobierno</i> , Méjico, 1587; el libro iv incluye varios dibujos, y es el primero que llegó a publicarse sobre esta materia) .....	579
15.14. Galeaza-galeón: prototipo elevado al Consejo de Guerra, 1589 (AG Simancas, Valladolid) .....	587
16.1. Portadas de las primeras ediciones de la <i>Obra de Agricultura</i> de Gabriel Alonso de Herrera (1513), la <i>Agricultura de Jardines</i> de Gregorio de los Ríos (1592) y el <i>Llibre dels Secrets de Agricultura</i> de Miguel Agustí (1617), y de la monumental edición crítica del tratado de Herrera realizada por la Sociedad Económica Matritense en 1818 .....	596
16.2. Portadas de las primeras ediciones de los textos agronómicos de Juan Valverde (1578) y Francisco Gilabert (1626) .....	601
16.3. Actividades agrícolas distribuidas en los doce meses del año. (Manuscrito francés de Pedro Crescendi, mediados del siglo xv) .....	603
16.4. Xilografías correspondientes a diversas labores agrícolas recogidas por Pedro Crescendi en su <i>Opus ruralium</i> . (Bibl. Prov. de Córdoba) .....	604
16.5. «Regla escuadra» y «báculo de Geometría» y manera de usar ambos instrumentos en agrimensura en los siglos xvii y xviii. A pesar de que las imágenes distan más de cien años, las realizaciones tipográficas no difieren apenas. (Miguel Agustí: <i>Libro de los secretos de Agricultura</i> , Barcelona, edición en catalán de 1617 y en castellano de 1722) .....	606

16.6. Rueda perpetua para saber los años fértiles y estériles. La creencia en la influencia sobre los cultivos de las fases de la luna y la posición de los astros y signos zodiacales perduró en los textos agronómicos hasta bien entrado el siglo XVIII (Miguel Agustí: <i>Libro de los secretos de Agricultura</i> , 1722) .	614
16.7. Portada y diversos grabados del <i>Libro de los secretos de Agricultura</i> de 1722 .	619
16.8. Jardín de la Casa de Campo. Uno de los jardines renacentistas españoles es el del Palacio de los Vargas, construido por orden de Felipe II en 1567 por el arquitecto Juan Bautista de Toledo. ( <i>Óleo de Félix Castello</i> , [h. 1634], Museo Municipal de Madrid) .	623
16.9. Garbanzos, habas, perales, limoneros, naranjos y melocotoneros eran algunas de las legumbres y árboles frutales de los que Herrera recomendaba su cultivo. (Pedacio Dioscorides; Andrés Laguna: <i>Acerca de la materia medicinal y de los venenos mortíferos</i> , Amberes, 1555) (Bibl. Nacional de España) .	627
16.10. Tabla de albeitería para curar las enfermedades de bueyes, vacas y becerros. Se describen los síntomas de 45 enfermedades del ganado vacuno (Miguel Agustí: <i>Libre dels secrets d'Agricultura</i> , 1617) .	629
16.11. Máquinas, herramientas y actividades de la industria rural en el Renacimiento. (Agostino Gallo: <i>Le venti giornate dell'agricoltura</i> , Venecia, 1622) (Bibl. de Catalunya) .	634
17.1. «Molino de grúa que muele con un hombre», manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) .	642
17.2. Molinos de viento, según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular): sin velas y sin entruesa; con velas, Gaspar Rotilo, 1556	643
17.3. Molinos «común» y de poste, según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) .	644
17.4. (1) Rueda con paletas rectas y cangilones para elevar agua, en M. Vitruvio Pollion, <i>De Architectura</i> , traducción al castellano de Miguel de Urrea, Alcalá, 1582; (2) Rueda vitruviana básica, Herrería de Compludo, Ponferrada (León) .	647
17.5. Molino de balsa y cubo, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .	648
17.6. Molino «de regolfo», según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .	650
17.7. Molino hidráulico aceitero con rueda vertical, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .	562
17.8. Proceso de extracción del aceite, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .	563
17.9. Trapiche para caña de azúcar y mecanismo de corte, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .	654
17.10. Batán, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .	655
17.11. Máquina para zurrar el cuero, según V. Zonca, <i>Novo Teatro di Machine et Edificii</i> , Padua, 1602 .	658
17.12. Sistema de soplado de cuatro barquines, según Agostino Ramelli, <i>Le Diverse et Artificiose Machine</i> , París, 1588 .	659
17.13. Molino «de sangre» de múltiples usos, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .	670

17.14. Fabricación de almidón, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	662
17.15. Lavadero de lanas, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	663
17.16. Obtención del alumbre, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	664
17.17. Obtención de caparrosa o vitriolo, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	665
17.18. Obtención de salitre, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	665
17.19. Fabricación de vitriolo y de salitre, según G. Agrícola, <i>De Re Metallica</i> , lib. XIII	667
<i>Patrimonio recuperado (1):</i> El molino de viento de Malanquilla (Zaragoza) .....	645
<i>Patrimonio recuperado (2):</i> El batán de Lacort (Fiscal, Huesca) .....	656
<i>Patrimonio recuperado (3):</i> Los molinos de pólvora de Villafeliche (Zaragoza) .....	657
18.1. Molinos hidráulicos del siglo XVI, con eje vertical, cubo y saetina (el inferior también con balsa), según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) .....	673
18.2. Página inicial del privilegio por invención de un sistema de molienda, concedido por Isabel la Católica a Pedro de Azlor en 1478 (Archivo General, Simancas) .....	675
18.3. Máquina de vaivén de Jerónimo de Ayanz con su balanza para determinar el rendimiento (Archivo General, Simancas) .....	677
18.4. Sistema inercial aplicable a molinos, en el privilegio de José Bono de 1580 (Archivo General, Simancas) .....	679
18.5. Reconstrucción de una de las torres elevadoras de agua del ingenio de Juanelo Turriano (dibujo de Juan Ramos basado en la reconstrucción de N. García Tapia) .....	684
18.6. Reconstrucción del ingenio patentado por Zubiaurre en 1603 (dibujo y reconstrucción del autor) .....	687
18.7. Molino de contrapesos, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) .....	688
18.8. Molino «de regolfo», según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) .....	690
18.9. Reconstrucción del ingenio de vapor de Jerónimo de Ayanz, patentado en 1606 (dibujo de Diego Moñux basado en la reconstrucción de N. García Tapia) ....	693
18.10. Experimento de Juan de Escrivá con vapor de agua, utilizable para subir agua, 1606 .....	694
18.11. Máquina de vapor de Thomas Savery (1702): El «amigo del minero» .....	697

## ÍNDICE

Nota previa sobre la segunda edición .....	7
Presentación: Modernidad y técnica en el imperio .....	9
1. Sobre Técnica e Ingeniería: en torno a un <i>excursus</i> lexicográfico <i>Manuel Silva Suárez</i> .....	27
1.I. Técnica y arte .....	28
1.II. Ingeniero e ingeniería .....	31
1.II.1. Aproximación etimológica: “ingenio” + “-ero” .....	32
1.II.2. Elementos sobre la profesión en la Edad Moderna .....	42
1.II.3. Arquitecto e ingeniero .....	47
1.II.4. <i>Ingénieur “versus” engineer</i> : dos tradiciones profesionales diferenciadas .....	53
1.III. Ciencia y tecnología .....	57
1.III.1. Ciencia e ingeniería .....	57
1.III.2. En torno a “tecnología” .....	61
Bibliografía .....	65
2. Valoración filosófica de la técnica <i>Miguel Ángel Granada Martínez</i> .....	67
2.I. Artes liberales y Artes mecánicas en la Antigüedad y en la Edad Media .....	67
2.II. La rebelión de los “artistas” en el Renacimiento italiano. Hacia el concepto de “Bellas Artes” .....	70
2.III. Artes mecánicas y ciencia en el Renacimiento. La rehabilitación y reivindicación de la técnica .....	72
2.III.1. La convergencia de artes mecánicas y ciencia en el Renacimiento .....	74
2.III.2. La rehabilitación de la técnica en los reformadores de la enseñanza: Luis Vives (1492-1540) y Petrus Ramus (1515-1572) .....	80
2.IV. Francis Bacon (1561-1626) .....	86
Bibliografía .....	94
3. Los gremios: estructura y dinámica de un “modelo” gremial <i>Siro Villas Tinoco</i> .....	95
3.I. Propuesta de un “modelo” de gremio .....	97
3.II. Aspectos económicos del mundo gremial .....	101
3.III. Los gremios, la política y el poder municipal .....	108
3.IV. Funcionalidad gremial en la organización social .....	114
3.V. Gremios, cofradías y asistencia benéfico-religiosa .....	119
3.VI. A modo de conclusiones .....	123
Bibliografía .....	127

4. La profesión de ingeniero: los ingenieros del rey	
<i>Alicia Cámara Muñoz</i> .....	129
4.I. Una nueva profesión: la procedencia de los protagonistas ....	131
4.I.1. La arquitectura y las artes .....	133
4.I.2. Militares, nobles y maestros .....	136
4.II. La formación .....	139
4.II.1. Geometría y matemáticas .....	139
4.II.2. La imprescindible experiencia .....	141
4.II.3. Academias y tratados .....	143
4.III. El ejercicio de la profesión .....	145
4.III.1. Controlar el territorio y las fronteras .....	145
4.III.2. El dibujo y las relaciones .....	150
4.III.3. La arquitectura militar .....	154
4.III.4. Las obras de ingeniería .....	159
4.IV. La vida de los ingenieros .....	162
4.IV.1. Servir a un señor .....	162
4.IV.2. Viajar, trazar, informar, ejecutar y controlar .....	163
4.IV.3. Estatus económico y social .....	164
4.V. Corte y ciencia: La geometría del Imperio .....	165
4.V.1. «Para mandar es menester ciencia» .....	165
4.V.2. El modelo de la Antigüedad y la intervención en el territorio	166
4.V.3. Volviendo a Vitruvio .....	167
Bibliografía .....	168
5. Instituciones para la formación de los técnicos	
<i>Mariano Esteban Piñeiro</i> .....	169
5.I. La formación técnica en las universidades .....	172
5.II. La Casa de la Contratación de Sevilla .....	175
5.III. La Academia Real Matemática .....	180
5.IV. Academias de Matemáticas en las ciudades del reino .....	194
5.V. Las Escuelas de Artillería .....	197
5.VI. La Cátedra de Matemáticas y fortificación	
del Consejo de Guerra .....	202
Bibliografía .....	206
6. Técnica y estética: los tratados de arquitectura	
<i>Jesús Criado Mainar</i> .....	207
6.I. Los tratados de arquitectura de la Italia renacentista .....	210
6.II. La arquitectura española del siglo XVI y los tratados .....	214
6.III. Una aproximación al panorama aragonés .....	225
6.III.1. Los inventarios de libros .....	225
6.III.2. Los contratos de obras .....	229
6.III.3. La aplicación práctica de los tratados .....	231
Bibliografía .....	235
7. El lenguaje: inflexión y pervivencias	
<i>Manuel Silva Suárez</i> .....	243
7.I. La representación gráfica: alcance y consecuencias .....	245
7.II. Pintando mares y territorios: la cartografía .....	247

7.II.1.	Sobre proyecciones cartográficas: la herencia helenística ...	248
7.II.2.	Cartografía marítima: portulanos, cartas planas y cartas esféricas .....	249
	Portulanos: «la cartografía floreció en el mar» .....	250
	Los orígenes de la cartografía marítima moderna: de cartas planas a esféricas .....	253
7.II.3.	De la geodesia a la planimetría .....	259
	Mapas corográficos .....	259
	El relieve: asignatura pendiente .....	265
7.III.	Apunte sobre sistemas de representación volumétrica: de la perspectiva cónica y las proyecciones cilíndricas .....	270
7.IV.	Corografía urbana. Perfiles, vistas y planos: entre la cartografía y la escenografía .....	276
7.V.	El dibujo arquitectónico: arquitectura civil e ingeniería de fortificación .....	286
7.VI.	La representación de máquinas: de “retratos” a esquemas .....	293
7.VII.	A modo de epílogo: el Renacimiento como punto de inflexión en las técnicas de representación. Maquetas y dibujos .....	304
	Bibliografía .....	307
8.	La divulgación técnica: características lingüísticas	
	<i>María Jesús Mancho Duque</i> .....	311
8.I.	El humanismo científico .....	311
8.II.	Las matemáticas como motor de la renovación técnica .....	312
8.III.	El castellano o español, instrumento de la divulgación técnica	313
8.IV.	La fluctuación genérica de los textos técnicos .....	316
8.V.	Lengua y estilo de los textos de la técnica .....	319
8.VI.	El problema de los tecnicismos .....	320
8.VII.	Los glosarios especializados de las artes técnicas .....	324
8.VIII.	Normalización de las voces especializadas .....	329
8.IX.	Los préstamos en el campo de la técnica .....	332
8.X.	La neología formal .....	337
8.XI.	La neología semántica .....	340
8.XII.	El inicio de las terminologías .....	342
	Bibliografía básica .....	343
9.	Ingeniería y obra pública civil	
	<i>Fernando Sáenz Ridruejo</i> .....	345
9.I.	Caminos y puentes .....	346
9.I.1.	Caminos de los Reyes Católicos .....	346
9.I.2.	El siglo XVI .....	348
9.I.3.	Los puentes renacentistas .....	349
	Algunos ejemplares notables .....	352
	El puente de Almaraz .....	355

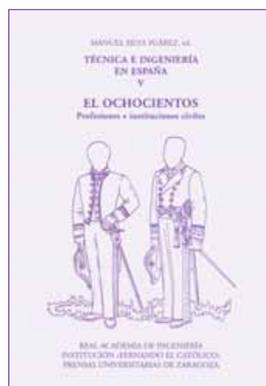
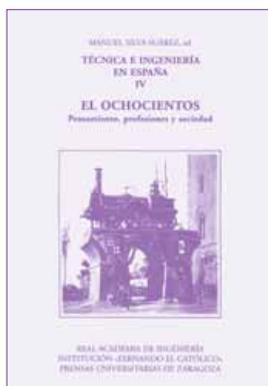
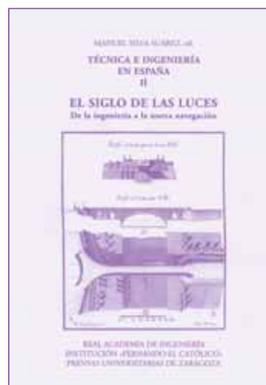
9.II.	Obras hidráulicas: presas, acequias, etc. ....	356
9.II.1.	Presas .....	357
9.II.2.	La Acequia Imperial .....	359
9.II.3.	Los riegos de Aranjuez .....	362
9.II.4.	Otras acequias .....	363
9.II.5.	La Fuente Grande de Ocaña .....	364
9.II.6.	La mina de Daroca .....	364
9.III.	Abastecimientos de agua, acueductos .....	366
9.III.1.	Teruel .....	366
9.III.2.	Otros acueductos, Valladolid .....	369
9.III.3.	Plasencia y Oviedo .....	371
9.III.4.	Elevación de aguas a Toledo .....	373
9.IV.	Los puertos .....	375
	Bibliografía .....	382
10.	La artillería: aproximación y materiales	
	<i>Pedro Mora Piris</i> .....	385
10.I.	Aproximación a la artillería en los siglos xv y xvi .....	386
10.I.1.	La artillería de los Reyes Católicos .....	386
10.I.2.	La artillería de Carlos I .....	387
	Llegada a España de Carlos I. Primeras disposiciones .....	387
	Organización artillera de 1525 a 1540 .....	388
	Organización de 1540 a 1555 .....	388
10.I.3.	La artillería de Felipe II .....	389
10.II.	Los tratados de artillería: manuscritos e impresos .....	391
10.III.	Los primeros materiales de artillería (siglo xv) .....	392
10.IV.	La artillería del siglo xvi .....	395
10.IV.1.	Los primeros materiales de bronce .....	395
10.IV.2.	Cuestiones técnicas y balísticas en los nuevos materiales ...	397
10.IV.3.	Intento de regularización de los modelos de cañones .....	397
10.IV.4.	Aspectos técnicos: pólvoras, municiones y alcances .....	399
10.IV.5.	Montajes y transportes de las piezas .....	400
10.IV.6.	Procedimientos para hacer fuego .....	401
10.IV.7.	Operaciones balísticas .....	403
	Bibliografía .....	404
11.	Teoría y práctica en los tratados de artillería	
	<i>Mariano Esteban Piñeiro</i> .....	405
11.I.	Lo que debe saber un artillero .....	406
11.II.	Las primeras obras de artillería. Diego de Salazar .....	412
11.III.	De la <i>Nova Scientia</i> al <i>Perfeto Capitán</i> .....	415
11.IV.	El <i>Libro de instrumentos nuevos de Geometría</i> de García de Céspedes y los grandes tratados españoles de Ufano y Lechuga .....	430
11.V.	Consideraciones finales .....	446
	Bibliografía .....	447

12. La formulación de los principios de la fortificación abaluartada en el siglo xvi. De la <i>Apología</i> de Escrivá (1538) al <i>Tratado</i> de Rojas (1598)	
<i>Fernando Cobos-Guerra</i> .....	449
12.I. Modelos y principios del arte de la fortificación .....	450
12.II. La concepción del baluarte moderno .....	454
12.II.1. La fortificación española de transición .....	457
12.II.2. Baluartes frontales y baluartes angulares .....	458
12.III. La situación y protección de las defensas .....	461
12.III.1. De las casamatas .....	461
12.III.2. De las troneras .....	462
12.IV. La deflexión del fuego enemigo y el flanqueamiento de las obras propias .....	466
12.IV.1. Los tipos de cortina .....	471
12.V. Los ángulos y la proporción, la dimensión y forma de las plazas fuertes .....	472
12.V.1. Plantas y medidas ideales .....	472
12.VI. Los modelos ideales y la adaptación al lugar .....	478
12.VI.1. «Que como ningun lugar hay que totalmente sea como el otro, asi variamente se deven las fortalezas a los lugares acomodar» .....	478
12.VI.2. «Saber reconocer bien el puesto donde se ha de hacer la fortaleza» .....	484
Bibliografía .....	486
13. La minería	
<i>Julio Sánchez Gómez</i> .....	487
13.I. La demanda de productos extractivos en el mundo renacentista	488
13.II. La respuesta a la demanda .....	491
13.II.1. La minería española, 1500-1550 .....	491
13.II.2. El nacimiento de la minería americana .....	495
13.II.3. La minería en Europa central, 1500-1550: un primer momento de esplendor .....	500
13.III. La renovación de la minería española .....	508
13.IV. El despegue de la minería americana .....	514
13.V. A modo de conclusión .....	522
Bibliografía .....	523
14. El arte de navegar	
<i>M.<sup>a</sup> Isabel Vicente Maroto</i> .....	525
14.I. Pilotos y maestros en el arte de navegar .....	526
14.II. Textos náuticos .....	531
14.III. Instrumentos de navegación .....	537
14.IV. La determinación de la longitud .....	541
14.V. A modo de resumen .....	545
Bibliografía .....	547

15. La construcción naval	
<i>M.<sup>a</sup> Isabel Vicente Maroto</i> .....	549
15.I. Los navíos ibéricos .....	550
15.I.1. Navíos de vela y de remo .....	550
15.I.2. Los navíos mediterráneos .....	552
15.I.3. Los navíos oceánicos .....	555
15.I.4. Las flotas .....	565
15.II. El arte de la construcción naval .....	566
15.III. Las unidades de medida lineales y de arqueo .....	570
15.IV. Los tratados de arquitectura naval .....	573
15.V. A modo de conclusión .....	586
Bibliografía .....	590
16. Agronomía y geoconomía	
<i>Jordi Cartaña i Pinén</i> .....	593
16.I. La literatura agronómica en el siglo XVI .....	595
16.I.1. Los autores geopónicos españoles .....	598
16.I.2. Las influencias de los autores clásicos en los geopónicos españoles .....	602
16.II. Estructura y organización de la obra de Gabriel Alonso de Herrera .....	607
16.III. Las aportaciones técnicas: entre la tradición y la modernidad .	615
16.III.1. Sobre las enmiendas del suelo y los abonos .....	615
16.III.2. El jardín renacentista visto por los agrónomos españoles ...	620
El diseño y las características técnicas .....	621
El riego del huerto y jardín .....	625
16.III.3. Las plantas agrícolas y ornamentales utilizadas durante el Renacimiento .....	626
16.IV. A modo de conclusión .....	635
Bibliografía .....	636
17. Protoindustria: Una perspectiva desde <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i>	
<i>Alexander G. Keller y Manuel Silva</i> .....	639
17.I. Los molinos y sus tipos .....	641
17.II. Otros ingenios accionados hidráulicamente .....	651
17.III. Procesos “proto-industriales” .....	661
Bibliografía .....	667
18. Privilegios de invención	
<i>Nicolás García Tapia</i> .....	669
18.I. Inventar y descubrir .....	669
18.II. La técnica española en el Renacimiento .....	670
18.III. Origen de las patentes .....	672
18.IV. Privilegios de invención en España .....	674
18.V. Tipología de las invenciones .....	676
18.VI. Origen social de los inventores .....	678

18.VII. Inventiones en la técnica naval .....	680
18.VIII. Máquinas para elevar el agua .....	683
18.IX. Inventiones en molinos .....	687
18.X. Precedentes de las turbinas hidráulicas .....	690
18.XI. Las inventiones de Jerónimo de Ayanz .....	691
18.XII. Máquinas de vapor para el drenaje de minas .....	695
18.XIII. El privilegio de inventar .....	698
Bibliografía .....	699
Apuntes biográficos .....	701
Índice de ilustraciones .....	739

*Colección*  
**TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA**



- I. *EL RENACIMIENTO*  
(ISBN 84-7820-742-2, 624 pp., 2004)
- I. *EL RENACIMIENTO. De la técnica imperial y la popular (2.ª edición corregida)*  
(ISBN 84-7820-795-0, 760 pp., 2008)
- II. *EL SIGLO DE LAS LUCES. De la ingeniería a la nueva navegación*  
(ISBN 84-7820-815-1, 621 pp., 2005)
- III. *EL SIGLO DE LAS LUCES. De la industria al ámbito agroforestal*  
(ISBN 84-7820-816-X, 573 pp., 2005)
- IV. *EL OCHOCIENTOS. Pensamiento, Instituciones y Sociedad*  
(ISBN 978-84-7820-920-0/776 pp., 2007)
- V. *EL OCHOCIENTOS. Profesionales e Instituciones Civiles*  
(ISBN 978-84-7820-920-0, 736 pp., 2007)

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

