

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

**TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA**

III

EL SIGLO DE LAS LUCES
De la industria al ámbito agroforestal

Jordi Cartaña i Pinén	Antonio Manuel Moral Roncal
Vicent Casals Costa	Aurora Rabanal Yus
Marco Ceccarelli	Antoni Roca Rosell
Juan Ignacio Cuadrado Iglesias	Julio Sánchez Gómez
José Francisco Forniés Casals	Manuel Silva Suárez
Juan Helguera Quijada	Siro Villas Tinoco

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

Publicación número 2.563
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 industria al ámbito agroforestal / Manuel Silva Suárez, ed. — Zaragoza: Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias; Madrid: Real Academia de Ingeniería, 2005.

576 p.; il.; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España; III)
ISBN: 84-7820-816-X

1. Industria-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: Bartolomé de Sureda (dib. y grab.): «Máquina para hacer clavos», en *Descripción de las Máquinas de más utilidad que hay en el Real Gabinete de Ellas*, n.º II, Madrid, Imprenta Real, 1798.

Contracubierta: J. Fernando Palomino (fecit): «Máquina para aserrar el Mármol», n.º 3, lám. 3, fol. 9, en la *Colección General de Máquinas escogidas entre las que hasta ahora se han publicado en Francia, Inglaterra, Italia, Suecia y otras partes* (tomo I), de Miguel Gerónimo Suárez, Madrid, Imprenta de Don Pedro Marín, 1783.

ISBN: 84-7820-814-3 (obra completa)

ISBN: 84-7820-816-X (volumen III)

Depósito Legal: Z-3033-2005

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

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

- 0.1. Mapa de Aragón (proyección cónica), completado y corregido por el erudito Tomás Fermín de Lezaún, 1777. (Mapa completo: ejemplar de la colección de D. Pedro Adiego; detalle: del ejemplar de la Bibl. de la RSE Aragonesa)18
- 0.2. «Mapa de parte de los virreinos de Buenos Aires, Lima, Santa Fe y capitania general de Caracas en la América Meridional... por el brigadier e ingeniero en jefe D. Francisco Requena», Madrid, 1796. (Biblioteca del Congreso)20
- 0.3. Líneas de configuración horizontal, sombreados y otros recursos gráficos:
1) Francisco de Nangle: «Mapa del Puerto de Guadarrama y sus contornos, en que se demuestra la dirección del camino que se proyecta abrir para la mayor comodidad y seguridad del passo», 1749. (AGS, M. P. y D. XXIX-30); 2) «Plano de la Plaza de Ceuta de la parte del Campo enemigo, comprehendido entre aquella y Sierra Bullones», mediados del XVIII. (Museo Naval de Madrid, inv. 96-10)21
- 0.4. Expresiones plásticas del relieve con sombreados y aproximación a líneas de configuración horizontal y de máxima pendiente: Camino Real de Guaira a Caracas. (Planos de los ingenieros militares Agustín Crame, 1778, SHM, inv. 6096, y Francisco Jacot, AGI, Venezuela, 235)22
- 0.5. Puntos batimétricos en cartografía de ingenieros del Ejército y oficiales de la Marina:
1) «Plano del puerto de Barcelona... enero de 1748», por el ingeniero militar Miguel Marín (AGS, M. P. y D., VIII-184); 2) «Carta esférica que comprehende las costas del Seno Mexicano», mandada hacer por Juan de Lángara, Depósito Hidrográfico de la Marina, 1799 (SHM, inv. 5.019)23
- 0.6. Perspectiva, perfiles y plano: 1) «Perspectiva del Peñón y Plaza de Gibraltar vista por el Occidente». Realizado por el cadete del Regimiento fijo de Ceuta, Vicente Fernández de Ruiloba, 1779 (Archivo General de Simancas); 2) «Plano y perspectiva [sic] del puerto de la S.S.^a Cruz de Ojatutira», realizado por Juan Herue (Museo Naval de Madrid)24
- 0.7. Representaciones urbanas: 1) «Plano de la villa de Reus y sus inmediaciones», por Juan Martín Zermeño, 1751 (AGS, M. P. y D., VIII-135); 2) Plano de la ciudad de la Plata, por Ildefonso Luján, 1779 (AGI, MP, Buenos Aires, 244 bis)25
- 0.8. Representación de puentes: 1) «Plano, perfil y vista del Puento que se construye sobre el río Llobregat en las Ynmediaciones de Molins de Rei», s.f., siglo XVIII (SHM, B-41/1.2330); 2) Plano sobre el puente del río Llobregat, por Miguel Marín, Barcelona, 1731 (SHM, B-45/1.2117); 3) «Plano, elevación y perfiles del puente de Alcántara», parte de las *Adiciones* de Miguel Sánchez Taramas. (Bibl. RSE Aragonesa; fot.: M.S.S.)26
- 0.9. La arquitectura militar. Fortificaciones: 1) «Plano en que se demuestra el estado en que se hallan las Fortificaciones del Frente de Tierra de la Plaza de Cádiz, el 1.º de enero de 1753», por Joseph Barnola (Museo Naval de Madrid, inv. P-2H-4); 2) «Plano de la plaza de San Fernando» (*Archives du Génie, Chateau de Vincennes, París*)27
- 0.10. La arquitectura militar. Edificios para la base naval de El Ferrol: 1) «Plano y elevación del frontispicio de la puerta principal de los almacenes generales de artillería» y «Plano de la puerta y cuerpo de guardia del Arsenal de El Ferrol», ambos por Francisco Llobet y Jorge Juan (Museo Naval de Madrid, inv. P3-A-45 y P3-A-46); 2) «Planos, elevación y perfil que demuestran el pabellón para Yngenieros», por Silvestre Abarca, Cádiz, 176028
- 0.11. Instalación y máquina: «Plano y perfil de un edificio... para la fábrica de Sada en el que se demuestra el hornillo, caldera y prensa para alquitranar la filástica», por Joseph de la Croix, El Ferrol, 1752 (AGS, M. P. y D., VI-80); 2) Draga con una sola pala, proyectada para el puerto de Ceuta, por Esteban Panón, 1755. (AGS, M. P. y D., XV-50)29

0.12. Dibujos lavados de Agustín de Betancourt: <i>Descripción del establecimiento de Yndrid, donde se funden y barrenan los cañones de hierro para la Marina Real de Francia</i> , 1791. (Bibl. Palacio Real de Madrid, IX-mesa 97, Láminas VII, XXI, XI y XII.)	30
0.13. Bartolomé de Sureda: «La prensa de Bramah» (1796), en <i>Descripción de las máquinas de más general utilidad que hay en el Real Gabinete de ellas, establecido en el Buen-Retiro, n.º I. Prensa Hidráulica</i> , por Juan López de Peñalver, Madrid, 1798. (ETSI de Caminos, Canales y Puertos, sig. 82-a-416.)	31
0.14. Perspectivas para ilustrar: 1) Ingenuidad gráfica e imposibilidad física en la «Máquina para labrar la tierra sin bestias», núm. 25, lám. 28, fol. 99 de la <i>Colección General de Máquinas escogidas...</i> , tomo I, de Miguel Gerónimo Suárez y Núñez, 1783; 2) Instrumentos topográficos grabados para la Imprenta Real, texto sobre <i>Agrimensura y matemáticas</i> (cuyo tomo IV se dedicaba a <i>Geometría práctica</i>), h. 1800, en el que trabajó Tadeo Lope y Aguilar	32
1.1. La Real Fábrica de Tapices de Santa Bárbara, su fundador, Jacobo Van der Goten <i>el Viejo</i> , y tapiz de su hijo Jacobo sobre <i>Don Quijote en la abentura de los batanes</i> , h. 1724-1731 (Palacio Real, Madrid)	53
1.2. La Real Fábrica del Buen Retiro: 1) <i>El Estanque Grande del Retiro</i> , al fondo la Real Fábrica (óleo sobre sarga anónimo, h. 1816, Museo Municipal de Madrid); 2) <i>Aventura galante</i> , de la primera época; 3) <i>El tiempo</i> , de la segunda época	56
1.3. Real Fábrica de Cristales de La Granja: 1) Fachada principal; 2) Horno; 3) Plano para pulimentar cristales planos, realizado por Demetrio Crou; 4) Lámpara en el Palacio Real de La Granja	57
1.4. Tres ilustres espías industriales de la segunda mitad del siglo XVIII: Antonio de Ulloa (Museo Naval de Madrid, anónimo, 1785, inv. 758); Tomás Pérez Estala (Francisco de Goya, h. 1798; col. particular, Madrid); y Fernando Casado de Torres e Yrala (Museo Naval de Madrid, inv. 663)	60
1.5. Telar de paños con lanzadera	61
1.6. Barrena vertical de la fundición del Arsenal de París, dibujo de A. de Ulloa, 1751	62
1.7. Plano de una barrena horizontal de la fundición de Estrasburgo, para producir cañones fundidos en sólido. Dibujado por José Manes y Francisco Estachería en misión de espionaje, 1751 (AGS, M. P. y D., XXXV-7)	66
1.8. «Plano y perfiles de los diques de Carena construidos en el Arcenal de Cartagena. Delineado por Nicolás Berlingero...», diseñados por Jorge Juan (Museo Naval de Madrid, inv. P-4-7)	70
1.9. Horno de reverbero de una fundición de cañones de bronce (ilustración de la <i>Encyclopédie</i> de Diderot y D'Alembert, 1762-1772)	72
1.10. Principales fases del proceso de fundición en hueco: 1) Elaboración y secado de los moldes, y colado del metal fundido (ilustraciones de la <i>Encyclopédie</i> de Diderot y D'Alembert, 1762-1772); 2) Alisado del ánima de los cañones mediante barrena vertical en la Real Fundición de Sevilla (copia por Francisco Denia, Real Escuela de Navegación, 1758; Museo Naval de Madrid, Artillería, 25)	73
1.11. Plano de la nueva barrena horizontal de la fundición de Barcelona, construida por Jean Maritz (dibujo de Pedro Chenard, 1766-1767, Servicio Geográfico del Ejército, Madrid, Atlas 111) y lámina que la reproduce, complemento al <i>Tratado de Artillería</i> de Tomás de Morla (Imprenta Real, Madrid, 1803)	74
1.12. La fábrica de municiones de Trubia (Asturias), proyectada por el ingeniero de Marina Fernando Casado de Torres (AGS, M. P. y D. XXXV-14)	76
1.13. Perspectiva de la máquina hidráulica para pulir vidrio construida por J. Dowling en la Real Fábrica de San Ildefonso. Ilustración procedente de la <i>Encyclopédie</i> de Diderot y D'Alembert	77
1.14. Torno de hilar seda tipo Vaucanson, introducido por J. Lapayese en Vinalesa	78
1.15. Molinos de hilar seda a la piemontesa: 1) <i>Novo Teatro di Machine et Edificii</i> (1607), de Vittorio Zonca; 2) <i>Encyclopédie</i> , de Diderot y D'Alembert	80

1.16. Real Fábrica de algodón de Ávila: 1) Batán y taller de tintes; 2) Muestras de estampados de algodón (AGS, M. P. y D., XXXII-3)	81
1.17. Detalle de la máquina de vapor de simple efecto instalada en el Real Arsenal de Cartagena. Diseñada por Jorge Juan, construida esencialmente por Diego de Rostriga e instalada por Julián Sánchez Bort. Cartagena, 1813 (Museo Naval de Madrid, sign. PB-149)	84
1.18. Máquinas de vapor en los arsenales de El Ferrol y La Carraca construidas por Antonio Delgado y su sobrino: 1) <i>Plano de la máquina de agotar los diques del Arsenal de la Carraca</i> , por Josef López Llanos, mayo 1813; y 2) <i>Plano de la Bomba de Vapor</i> , Josef Muller, El Ferrol, septiembre de 1813 (Museo Naval de Madrid, signs. PB-155 y PB-154, respectivamente)	85
1.19. Sierra movida por máquina de vapor, diseñada por Fernando Casado de Torres (1788) para el Real Arsenal de La Carraca, Cádiz (Museo Naval de Madrid, sign. P-2E-19)	89
2.1. Plantas con bloques unitarios: 1) Real Fábrica de Paños y de la nueva población del Real Sitio de San Fernando, en la provincia de Madrid (Archivo General de Palacio, detalle del plano n.º 3218); 2) Manuel Serrano: Fábrica de Lencería y Pintados del Real Sitio de Aranjuez, 1784 (Archivo General de Palacio, n.º 58); 3) Real Fábrica de Tabacos de Sevilla, proyecto de Ignacio Sala, 1728 (AGS, M. P. y D., XXIII-52)	98
2.2. Plantas en pabellones: 1) Real Fábrica de Municiones de Hierro de Orbaiceta (Navarra), según el <i>Memorial de Artillería</i> de 1849; 2) Francisco Juan del Rey: Real Fábrica de Municiones de Hierro de San Sebastián de la Muga, en Gerona, construida según proyecto de Jean Maritz (AGS, M. P. y D., IV-134)	99
2.3. Real Fundición de Artillería de Bronce de Sevilla: 1) Planta general del edificio, con las reformas efectuadas por Jean Maritz, y su nuevo proyecto para el patio y la puerta principal, 1773 (AGS, M. P. y D., IV-123); 2) Vista de una de las naves, conformada por cuadrículas, de la Nueva Fundición construida según proyecto de Jean Maritz	102
2.4. Lenguajes ornamentales en las fachadas principales: 1) Real Fábrica de Tabacos de Sevilla; 2) Real Fábrica de Paños de San Fernando (Madrid): detalles ornamentales del cuerpo central	103
2.5. Lenguajes arquitectónicos en las fachadas principales: 1) Real Fábrica de Aguardientes y Naipes de Madrid (posterior Tabacalera): proyecto de Manuel de la Ballina (Archivo General de Palacio, n.º 283); 2) Francisco Rivas: proyecto de fachadas para la Real Fábrica de Platería de Martínez, en Madrid, 1792 (Archivo de la Secretaría del Ayuntamiento de Madrid, 1-52-97)	103
2.6. Real Fábrica de Paños de Guadalajara: 1) Planta del edificio principal, en el siglo XIX (Servicio Histórico Militar, n.º 1387/1); 2) Miguel Marín: alzados del proyecto para el batán, 1727 (Servicio Histórico Militar, n.º 1402)	107
2.7. Real Fábrica de Paños de Brihuega (Guadalajara): 1) Vista actual del patio circular; 2) Ventura Padierno: plantas y secciones del proyecto, 1752 (Archivo General de Palacio, n.º 418)	110
2.8. Interiores de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. Actualmente sede principal de la Universidad de Sevilla: 1) Primer patio, antiguamente denominado de las Cuadras; 2) Escalera principal; 3) Segundo patio, antiguamente denominado de la Fidelidad; 4) Lucernarios barrocos para las galerías de la segunda planta (fot.: Luis y Francisco Arenas, Universidad de Sevilla)	114
2.9. Manuel de la Ballina: proyecto de la planta principal de la Real Fábrica de Aguardientes y Naipes de Madrid (Archivo General de Palacio, n.º 280)	115
2.10. José Díaz Gamones: planta del proyecto de la Real Fábrica de Cristales Planos del Real Sitio de San Ildefonso (Segovia), 1770 (Archivo General de Palacio, n.º 1014)	119
2.11. Planta del Arsenal de las Reales Atarazanas de Barcelona, con las nuevas instalaciones de la Real Fundición de Artillería de Bronce, según proyecto de Jean Maritz, 1766 (Servicio Histórico Militar, n.º 7030)	122

2.12. Real Fábrica de Espadas de Toledo: 1) Planta, en 1808 (<i>Memorial de Artillería</i> , 1908); 2) Vista del primer patio del establecimiento	123
3.1. La sierra de madera en la Edad Media: Villard de Honnecourt, <i>Cuaderno</i> (siglo XIII) ..	142
3.2. La sierra de madera en el Renacimiento: 1) Francesco di Giorgio Martini, <i>Trattato di architettura e macchine</i> (1480); 2) Leonardo da Vinci, <i>Códice Atlántico</i> (1480)	142
3.3. La sierra de madera en los primeros Teatros de Máquinas: Besson, <i>Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques</i> (1594). Dos soluciones diferentes al mecanismo de biela manivela, para transformar el movimiento de rotación de entrada en un movimiento oscilatorio rectilíneo de la sierra de corte: 1) cuadrilátero articulado; 2) husillo-pantógrafo	144
3.4. La sierra de madera en los primeros Teatros de Máquinas: 1) Agostino Ramelli, <i>Le diverse et artificiose machine</i> (1588); 2) Salomon de Caus, <i>Les raisons des forces mouvantes</i> (1615)	145
3.5. La sierra de madera en los Teatros de Máquinas: Jacobus Strada, <i>Kunstliche Abrisz allerhand Wasser- Wind- Rosz- und Handt Muhlen</i> (1617): 1) Sólo incluye como novedad el doble engrane; 2) Se añade un trinquete en la parte superior	147
3.6. La sierra de madera en los tratados de la Ilustración: Bernard Forest de Bélidor, <i>Architecture Hydraulique</i> (1787), aunque el diseño de la máquina sigue las pautas de los siglos anteriores, nos encontramos con una representación técnica	147
3.7. La sierra de madera en los tratados de la Ilustración: Claude François Berthelot, <i>La Mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture et à la guerre</i> (1782), introduce un sector circular dentado engranado con una cremallera	148
3.8. La tabla de clasificación de mecanismos: Lanz y Betancourt, <i>Essai sur la composition des machines</i> (1808)	150
3.9. Soluciones para la transformación del movimiento circular al rectilíneo: Lanz y Betancourt, <i>Essai sur la composition des machines</i> (1808)	154
3.10. Mecanismos de guiado rectilíneo de Watt: Lanz y Betancourt, <i>Essai sur la composition des machines</i> (1808). Mecanismo extendido de Watt; Mecanismo singular de Watt, atribuido en el <i>Essai</i> a Betancourt	156
3.11. Máquina de vapor de Watt de simple efecto	163
3.12. Mecanismos para la transformación del movimiento de rotación alternativa del balancín en otro de rotación continua	165
3.13. Transmisión del movimiento de elevación del pistón al balancín mediante cremallera. Dibujo original de Watt (tomado de Dickinson y Jenkins: <i>James Watt and the Steam Engine</i> , 1927, Pl. XXXV)	167
3.14. Guiado rectilíneo del pistón y su conexión al balancín: Patente presentada por Watt en 1784 (tomado de Muirhead: <i>The origin and progress of the Mechanical Inventions of James Watt</i> , 1854, vol. III, pl. XXII y XXIII)	168
3.15. Mecanismo de pantógrafo de Scheiner desarrollado en 1606 (Koetsier, 1983)	168
3.16. Mecanismo de Watt extendido (Koetsier, 1983)	169
3.17. Máquina de vapor de Watt de doble efecto (Agustín de Betancourt, 1788)	170
3.18. Dibujo de Watt en torno al mecanismo de Watt singular: este dibujo acompaña a su explicación acerca de la justificación de la causa por la que el mecanismo singular genera una trayectoria casi rectilínea	172
3.19. Máquina de vapor de Watt de doble efecto: Betancourt, <i>Mémoire sur une machine à vapeur à double effet</i> (1789), lámina III	174
3.20. Esquema geométrico utilizado por Betancourt para describir el funcionamiento del mecanismo de Watt: Betancourt, <i>Mémoire sur une machine à vapeur à double effet</i> (1789), lámina IV	174

3.21. Explicación en el <i>Essai</i> del procedimiento de cálculo de las dimensiones del mecanismo para que el punto <i>n</i> siga una trayectoria rectilínea: J. M. ^a Lanz y A. de Betancourt, <i>Essai sur la composition des machines</i> (1808)	175
3.22. Mecanismo de Peaucellier desarrollado en 1864 (Artobolevskii, 1976, fig. 701)	178
3.23. Mecanismos de guiado rectilíneo: 1) Mecanismo de Chebyshev (1821-1894); 2) Mecanismo de Roberts (1827-1913); 3) Mecanismo de Evans (1755-1819). (Artobolevskii, 1976, figs. 651, 660 y 664)	178
4.1. Edificio de la Lonja de Mar, sede de la Junta de Comercio de Cataluña	193
4.2. Representación idealizada de las escuelas de la Junta de Comercio (Emilio Casals, 1827)	193
4.3. Discurso de apertura de la Escuela de Química de la Junta de Comercio (1805)	197
4.4. Curso de Química de Josef María de San Christóbal y Josef Garriga y Buach (1804). Pensionados por el gobierno español en Francia y varios países europeos en los primeros años del siglo XIX, publicaron los dos primeros volúmenes (y únicos) de su <i>Curso de Química General aplicado a las artes</i>	200
4.5. Proceso de destilación de Jordana aparecido en las <i>Memorias de Agricultura y Artes</i> (1821)	203
4.6. El manual de pintados e indianas de Carles Ardit (1819), la primera sistematización de los conocimientos de las tinturas en España y una de las primeras del mundo	205
4.7. Máquina de hilar <i>jenny</i> , inventada por James Hargreaves en 1764	207
4.8. Máquina de agramar cáñamo y lino de Francesc Salvá y Francesc Santponç, construida por el artesano Pere Gamell (1784)	208
4.9. Máquina de hilar <i>Arkwright</i> (patentada en 1769). Eran conocidas como <i>waterframe</i> , ya que su inventor pensó en la energía hidráulica como motor	209
4.10. La máquina de vapor de doble efecto construida en París (para los hermanos Perrier), bajo la dirección de Agustín de Betancourt. En la <i>Nouvelle Architecture Hydraulique</i> de R. de Prony (vol. II, 1796), de donde se toma la ilustración, se explica su funcionamiento siguiendo al ingeniero tinerfeño	211
4.11. Detalle del “registro” del diseño de Betancourt	214
4.12. Plano de la máquina “grande” de Santponç	218
4.13. Detalles del registro de la máquina de Santponç	221
5.1. Producción de plata (en marcos): 1715-1805	240
5.2. El procedimiento metalúrgico de aludeles para la obtención de mercurio a partir del cinabrio: 1) Horno de aludeles y accesorios dibujados por el novohispano José Antonio de Alzate y Ramírez (Biblioteca del Palacio Real, Madrid); 2) Horno conservado en el Cerco de los Buitrones, Almadén	242
5.3. El baritel es la máquina más común para extracción y desagüe minero. Tomada de Benito Bails, <i>Elementos de Matemáticas, vol. IX, Arquitectura Hidráulica</i> , Impr. Viuda de Joaquín Ibarra, Madrid, 1776	243
5.4. Sobre la minería en la <i>Encyclopédie</i> de Diderot y D’Alembert: 1) Instrumentos de medición esenciales para la «Geometría Subterránea»; 2) Ruedas movidas por energía hidráulica; 3) Baritel y tornos; 4) Baritel y entibado en madera	244
5.5. Agustín de Betancourt: <i>Primera Memoria sobre las aguas existentes en las Reales Minas de Almadén y sobre las Máquinas y demás concerniente a su extracción</i> (julio, 1783). Manuscrito, Biblioteca Nacional, Madrid	246
5.6. Agustín de Betancourt: <i>Segunda Memoria sobre las máquinas que se usan en las minas de Almadén, en que se expresan sus ventajas y defectos, y algunos medios de remediarlos</i> (julio, 1783)	246
5.7. Máquina de vapor de simple efecto y condensador independiente instalada en Almadén para el achique de agua, bajo la dirección de Tomás Pérez Estala. Dibujo de José Morete de Varela: <i>Atlas o Colección de Planos de las Reales Minas de Almadén</i> , 1803	247
5.8. Producción de Almadén en la segunda mitad del siglo	248

5.9. Fundiciones de La Cavada: Horno alto con sistema hidráulico para mover los barquines de soplado, por Erasmo Somazi, 1789 (Museo Naval, Madrid, P7B-16) ...	255
5.10. Descripción realizada para acometer obras de rehabilitación y desagüe, consta de dos vistas: 1) «Perspectiva (significada a tajo)...»; y 2) «Plano topográfico... presentado a vista de pájaro». Dibujo de D. Fermín de Reygada, Piloto Náutico, México, 1789 (Archivo General de la Nación, México, n.º de catálogo 2766)	263
5.11. Representaciones planimétricas de la explotación de minas: 1) <i>Mapa de la Mina de la Purísima Concepción, con su cerro, con toda su altura y longitud y con sus labores</i> . Dib. por Carlos Weinold, 1790 (Archivo General de la Nación, México, n.º 2763); 2) <i>Prospeto del cerro de Potosí (visto por la parte norte)</i> . Se muestra parte de la Villa Imperial de Potosí (G), así como la rivera que sale de las Lagunas y canal que surte a los ingenios (Archivo General de Indias, M. y P., Buenos Aires, 121)	266
5.12. Representación de diversos planos de explotación de una mina entibada con mampostería. Ilustra un método para trabajar las minas «inventado y practicado» por el Sargento Mayor de Dragones de Canta, D. Gaspar de Sabugo (AGI, M. y P., Perú y Chile, 121)	270
5.13. Máquinas para moler el mineral de tipo <i>ruello</i> (vía húmeda) y <i>rastra</i> , movidas por rodesnos con rueda superior e inferior, respectivamente (Colección Martínez Compañón, vol. II, estampas 104 y 109, siglo XVIII, Biblioteca del Palacio Real, Madrid)	271
5.14. Las diversas fases del proceso de amalgamación en una hacienda de beneficio, tal como se practicaba en Potosí y en general en toda el área andina en el siglo XVIII (Colección Martínez Compañón, siglo XVIII, vol. II, estampa 110, Biblioteca del Palacio Real)	274
5.15. Máquina de barriles para la amalgamación. Construida por el minero y azoguero de Su Majestad, Ignacio Amoroto en Quirubilca, Trujillo del Perú, en 1789 (Colección Martínez Compañón, vol. II, estampa 111, siglo XVIII, Biblioteca del Palacio Real, Madrid)	275
6.1. Xilografías representando algunos oficios barceloneses (siglo XVIII)	283
6.2. <i>Certificación de los Cinco Gremios Mayores de Madrid</i>	284
6.3. San Jerónimo, patrón del Colegio del Arte Mayor de la Seda (<i>Gremio de Velluters</i>) de Valencia	286
6.4. Del Colegio del Arte Mayor de la Seda (<i>Gremio de Velluters</i>) de Valencia: 1) Fragmentos del espectacular pavimento cerámico del salón de Juntas; 2) Piezas con los símbolos colegiales en cerámica del XVI	289
6.5. Las múltiples procesiones que organizaban los gremios son muy ilustrativas de su función religiosa: la Archicofradía de la Vera Cruz y colegio de tintoreros de paños de Barcelona, en Semana Santa	290
6.6. Ordenanzas concedidas por Felipe V a los plateros de Zaragoza (1742), con la imagen de San Eloy, su patrón (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)	292
6.7. La interacción entre las Sociedades Económicas y los gremios fue muy importante: <i>Aprobación del plan para la reforma de las ordenanzas de los gremios elaborado por la Real Sociedad Aragonesa de Amigos del País</i> , Zaragoza, 1784 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)	293
6.8. Pontoneros fundando en agua: B. Bails, <i>Elementos Matemáticos</i> , Madrid, 1776 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)	296
6.9. Extinción y renovación: Extinción de los gremios de Torcedores de Seda, 1793, y nuevas ordenanzas para los Estereros y Espontoneros, 1802 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)	299
6.10. La función asistencial de los gremios es evocada por <i>El albañil herido</i> (1786), (fragmento) del cartón de Francisco de Goya (Museo del Prado, Madrid)	304

6.11. Los paños de difuntos son indicadores importantes de la función religioso-asistencial de los gremios: El paño del gremio de curtidores de Barcelona, 1764 (Museo de Historia de Barcelona)	305
6.12. Real Cédula de confirmación de ordenanzas para la cofradía de San Joaquín, de mercaderes y comerciantes de la ciudad de Zaragoza (1801). El dibujo, debido a Juan Andrés Merklein (1761), hace alusión al patrón y a la Virgen María, su hija	306
7.1. Real Sociedad Económica Matritense: 1) Orden de pago a Matías Fernández por el modelo de una máquina para moler el trigo, inventada por el autor en 1781 (ARSEM, leg. 26/17); 2) Premios ofrecidos por los Amigos del País para el fomento de las Artes y Oficios en 1784 (Archivo RSE de Madrid, leg. 26/1)	316
7.2. Dibujo de una cabria y explicación de la misma. Anónimo, <i>Libro de artillería, sus carruajes, ajustes y otras máquinas</i> , finales del siglo XVIII (Biblioteca RSE, Madrid) ..	319
7.3. Diseños a los que se les concedió privilegio de patente por el Consejo Real (ARSE Madrid, leg. 63/1): 1) Tahona de Sebastián de Arribas; 2) Perfil de una tahona que producía un tercio más que las comunes	322
7.4. Colección del capitán Gutiérrez Salamanca para la Económica Matritense, 1784-1789 (ARSE Madrid, leg. 63/1): 1) Modelo de maceración para materiales resistentes; 2) Molino con noria para ríos caudalosos	323
7.5. «Máquina para moler escorias de bronce y limpiar las piezas cuando salen de la fundición, dejándolas limpias», <i>Libro de artillería, sus carruajes, ajustes y otras máquinas</i> (BRSE Madrid): 1) Plano; 2) Perspectiva [sic] con caballería	327
7.6. Ilustraciones en artículos para el proyectado diccionario de relojería del maestro Julián de Velasco, 1786 (ARSE Madrid, leg. 79/15)	328
7.7. Máquina neumática realizada por Diego de Rostriaga, 1770 (Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, Madrid, n.º de inventario: 85-4-723)	331
7.8. De la valoración positiva de las artes prácticas (disertación de Antonio Arteta de Monteseuro, premiada por la RSE Aragonesa, 1781) y de la técnica científicamente fundada (apertura de las cátedras de Botánica y Química, 1797). Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza	333
7.9. Potenciación del uso del carbón de piedra, frente al corte de leña en los montes (Archivo RSE Aragonesa, Zaragoza)	334
7.10. De la obsesión docente de la RSE Aragonesa: 1) J. Conde, <i>Rudimentos de Dinámica</i> , Zaragoza, 1781; 2) <i>Ejercicios de Matemáticas puras y mixtas</i> , bajo la dirección de L. Rancoño de Cancio, director de la Escuela de Matemáticas de la RSE Aragonesa, Zaragoza, 1788 (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza)	337
7.11. Máquina premiada por la Real Sociedad Aragonesa: Diseño de Antonio Regás para aserrar piedra. Dibujo de J. Conde, grabado por Mateo González, Zaragoza, 1781. (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza)	340
7.12. Láminas probablemente dibujadas por J. Conde, para su cursos de <i>Matemática Mixta</i> . Zaragoza, 1786 (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza)	341
7.13. La Escuela de Dibujo de la Real Sociedad Económica Aragonesa se transformó en 1793 en Real Academia de las Tres Nobles Artes de San Luis: 1) Emblema, grabado por Mateo González sobre la base del propio de la Real Sociedad Económica Aragonesa; 2) Juan Martín de Goicoechea y Galarza, fundador y patrocinador en su seno de la Escuela hasta la transformación en Real Academia, retratado por Buenaventura Salesa y Borja, h. 1800 (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza)	348
7.14. La agronomía fue una preocupación fundamental en las Sociedades Económicas: <i>Memoria sobre el conocimiento de las tierras</i> , por F. Consul Jové i Tineo, RSEAP de Santiago de Compostela, 1786 (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza)	352
8.1. El <i>Semanario de Agricultura</i> , escrito por Pedro Araus (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)	361

- 8.2. 1) José Antonio Valcárcel, *Agricultura General y gobierno de la Casa de Campo*, Valencia, 1770; 2) Francisco Vidal, *Conversaciones Instructivas en que se trata de fomentar la Agricultura por medio del riego de las tierras*, Madrid, 1778 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)362
- 8.3. Traducción de la obra coordinada por el abate Rozier, *Curso Completo o Diccionario Universal de Agricultura* (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)363
- 8.4. La intensificación de los rendimientos de la agricultura se veía muy vinculada a la aportación de nutrientes. A concienciar de esa necesidad se destinaron varias publicaciones, como esta de Torres, de 1783, premiada por la Sociedad Económica de Amigos del País de Madrid, o la de Ferrer, de 1785, ambas publicadas en Madrid ...365
- 8.5. Sembradora seiscentista de Lucatello, que aparece en una de las *Memorias de la Sociedad Económica de Amigos del País de Madrid*, 1788 (también, en la *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)366
- 8.6. Los tratados dedicados a difundir las nuevas técnicas para medir las tierras o las minas: Francisco Verdejo González, *Arte de medir tierras y aforar los líquidos y sólidos*, Madrid, 1796 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)368
- 8.7. *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos* (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)370
- 8.8. *Habit de Laboureur*, dibujado y grabado por Mr. De Larmes, París371
- 8.9. *Nuevo Plan de Colmenas* dado a la prensa por el presbítero J. A. Sampil, Madrid, 1798 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)372
- 8.10. Los *Anales de Ciencias Naturales*, la publicación periódica más destacada de fines del siglo XVIII, impulsada entre otros por Larrañaga y Herrgen, fue un elemento muy importante de difusión de la actividad científico-técnica. En ella aparecieron, entre otros, escritos de Francisco de la Garza relacionados con la metalurgia (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)375
- 8.11. Miguel Gerónimo Suárez: *Colección General de Máquinas*, Madrid, 1783 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)378
- 8.12. Carlos Ardit: *Tratado teórico y práctico de la fabricación de pintados o indianas*, Barcelona, ya en 1819 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)379
- 8.13. Joseph Lapayese: *Tratado del arte de hilar, devanar, doblar, y torcer las sedas, según el método de Vaucanson*, Valencia, 1784 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)381
- 8.14. Urbanismo, construcción y sus técnicas auxiliares de agrimensura, delineación y aguas subterráneas: 1) Teodoro Ardemans, *Fluencias de la Tierra y Curso Subterráneo de las Aguas*, Madrid, 1724; 2) Juan García Berruguilla, *Verdadera Práctica de la Geometría, sobre las tres dimensiones para un perfecto Architecto con una total resolución para medir, y dividir la Planimetría para los Agrimensores*, Madrid, 1747 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza)383
- 9.1. Fases de la Revolución Agrícola en Gran Bretaña, Francia y España412
- 9.2. Traducción francesa de la obra de Jethro Tull y folleto publicado en España en 1751 como complemento del *Tratado del cultivo de las tierras* de Duhamel de Monceau ...414
- 9.3. Emblemas de algunas Sociedades Económicas de Amigos del País. Muchas de estas instituciones incluyeron en sus escudos símbolos relacionados con la agricultura y su modernización416
- 9.4. Entrada del Jardín Botánico de Madrid. Esta institución fue la precursora de la Escuela Central de Agricultura creada en 1855, de donde saldrían las primeras promociones de ingenieros agrónomos (M. Colmeiro, *Bosquejo histórico y estadístico del Jardín Botánico de Madrid*, Madrid, Uahgón, 1875)419
- 9.5. Monografías sobre los olivos y la viña. El fomento de estos cultivos fue una de las prioridades de los agrónomos ilustrados de la España mediterránea421
- 9.6. El *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos* (1797-1808) fue la primera revista especializada de carácter técnico que se editó en España. Esta publicación informaba de los nuevos inventos y propuestas técnicas, como el volvedor

- de Manzanares, encaminadas a mejorar la productividad de la agricultura española (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 423
- 9.7. Durante el siglo XVIII, el trigo (*Triticum sp.*) era el cultivo más extendido. En la España húmeda fue sustituido paulatinamente por el maíz (*Zea mais*). La alternancia de cultivos favoreció la introducción de nuevas especies, principalmente forraje para el ganado como el trébol (*Trifolium pratense*) o los nabos (*Brassica napus*). (*Herbarium Blackwell*, Nuremberg, 1750-73; M. Bonafous: *Histoire Naturelle, agricole et economique du maïs*, París, 1836; J. Sturm: *Deutschlands Flora in Abbildungen*, 1796) 427
- 9.8. El cultivo de la patata (*Solanum tuberosum*) y su incorporación a la dieta humana fue una de las prioridades de los ilustrados (J. J. Plenck: *Icones Plantarum Medicinalium*, 1788). La obra de Enrique Doyle fue el principal texto que se publicó en la España ilustrada sobre el cultivo de la patata 435
- 9.9. Partes del arado romano o común. R, reja; D, dental; O, orejeras; C, cama o telera; E, esteva; T, timón 438
- 9.10. Diferentes modelos de arados comunes utilizados en España durante el siglo XVIII (J. Townsend: *A journey through Spain in the years 1786 and 1787*, Londres, C. Dilly, 1791) 438
- 9.11. Sembradora de Joseph Lucatello, inventada en 1663 durante el reinado de Felipe IV. Fue una de las primeras máquinas agrícolas que se diseñaron, siendo muy conocida entre los ambientes ilustrados europeos. Se reprodujo en la Enciclopedia francesa (*Recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques, avec leur explication*, París, [sdl]) 439
- 9.12. Sembradora de Pascual Asensio en el *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los Párrocos*, Madrid, II, 1798 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 442
- 9.13. 1 y 2) Sembradora Regás: a. tolva, b. Carrito, c. palanca para abrir la compuerta, e. regulador del grano, f. Muelle; 3) Arado de Regás: A. dental; c. vertedera; f y H. reja (Antonio Sandalio de Arias y Costa: *Lecciones de Agricultura*, 2.ª ed., Madrid, Fuentenebro, 1818) 443
- 9.14. Trillo de Lucas Vélez (*Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, I, 1780) 444
- 9.15. Trillo de Salvador Pavón y Valdés (*Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los Párrocos*, Madrid, 1802) 447
- 9.16. Volvedor de Manzanares (*Disertación y descripción de una nueva máquina o volvedor*, Madrid, 1777) 448
- 10.1. La Marina y los Montes: 1) Portada de la Ordenanza de 31 de enero de 1748, aplicable a los montes bajo la jurisdicción de la Marina; 2) Portada del *Compendio* de silvicultura de Juan Bautista Galobardas, teniente visitador de la Marina 459
- 10.2. Duhamel de Monceau: 1) Lámina perteneciente a *De l'exploitation du bois*; 2) Portada de la traducción de Casimiro Gómez Ortega: *Tratado de las siembras y Plantíos de los árboles y de su cultivo*, Impr. Joaquín Ibarra, Madrid, 1773 464
- 10.3. Mapa con la situación de los bosques de abetos en el valle de Boí, en el Pirineo catalán, levantado por el teniente coronel Pedro Vicente de Gamba en 1803 (Fuente: *Atlas de les viles, ciutats i territoris de la provincia de Lleida*, Lleida, 2001) ... 471
- 10.4. Mapa manuscrito de la sierra de la Sagra perteneciente a la *Historia Natural del Reino de Granada* (Fuente: Simón de Rojas Clemente: *Viaje a Andalucía Historia Natural del Reino de Granada*, 1804-1809) 479
- 10.5. Parte de la lámina 22 del *Álbum del Marqués de la Victoria* (Museo Naval de Madrid) con el mapa topográfico de la mayor parte de la cuenca del Ebro, en el que están indicados los montes de interés para la Marina de acuerdo con el reconocimiento efectuado en abril de 1739 486
- 10.6. Lámina 25 del *Álbum del Marqués de la Victoria* (Museo Naval de Madrid) con el «Plano geográfico e hidrográfico, y mapa general de todos los pueblos, montes, arboledas, latitud, y longitud, gobernadores, y justicias de sus vecindarios,

- matriculados, y embarcaciones que comprende toda la provincia de la ciudad de Sanlúcar de Barrameda»487
- 10.7. Mapa de Juan Bautista Galobardas: «Bosquejo o croquis de los corregimientos del Valle de Arán, Talarn, Puigcerdá, Manresa, Vich y Cervera. Por D. Juan Bautista Galobardas Oficial honorario del Cuerpo del Ministerio de Marina, Teniente visitador de los Montes de Vich y Manresa en el año 1817». (Fuente: *Atles de les viles, ciutats i territoris de la província de Lleida*, Lleida, 2001)490
- 10.8. Lámina número 26 del *Álbum del Marqués de la Victoria* (Museo Naval de Madrid), en la que se representa, según reza en el título, el «Canal donde se tiene enviada la madera. Tinglado donde se conserva, en los arsenales; corte de los árboles, en los bosques de construcción, y conocimiento después de cortados de su calidad y bondad»495