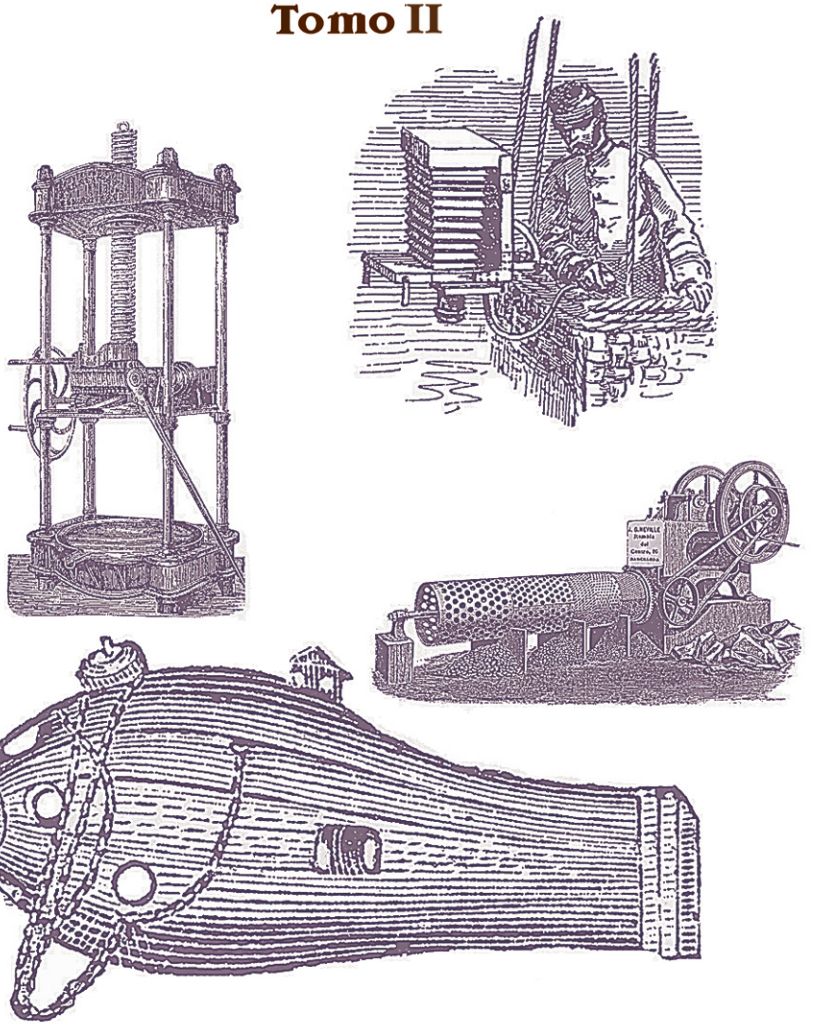
MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA VII

EL OCHOCIENTOS

De las profundidades a las alturas

Tomo II



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

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA

VII

EL OCHOCIENTOS

De las profundidades a las alturas

Inmaculada Aguilar Civera
Joan Carles Alayo Manubens
Francesc X.Barca Salom
Josep M. Benaul Berenguer
Jordi Cartañá i Pinén
Emiliano Fernández de Pinedo
Francisco Fernández González
Luis Gil Sánchez
Inés González-Doncel
José María Iraizoz Fernández
Luis Mansilla Plaza
Francisco Montes Tubío
Juan Pan-Montojo
María Dolores Pérez Calle
Ignacio Pérez-Soba Diez del Corral
Antoni Roca Rosell
Amaya Sáenz Sanz
Jesús Sánchez Miñana
Agustín Sancho Sora
Leandro Sequeiros San Román
Manuel Silva Suárez
Julián Simón Calero
Jaime Truyols Santonja
Rafael Uriarte Ayo
Aingeru Zabala Uriarte

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

Publicación número 3.271
de la
Institución «Fernando el Católico»
(Excma. Diputación de Zaragoza)
Plaza de España, 2 • 50071 Zaragoza (España)
Tels.: [34] 976 288878/79 • Fax [34] 976 288869
ifc@dpz.es
http://ifc.dpz.es

© Los autores, 2013.
© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2013.

Cubierta: Las *profundidades* quedan evocadas con el *Ictíneo* de Narcís Monturiol (extraído de la propuesta de imagen de la marca *El buque sub-marino*, de Camilo Payá Abad y Hermanos, Alcoy), y la minería y el subsiguiente tratamiento mineralúrgico, mediante una machacadora para la trituración primaria acompañada de un tambor clasificador tipo trómel para cuatro tamaños (J. G. Neville, Barcelona). El más importante sector fabril hispano, el agroalimentario, es aludido con una prensa para aceite de husillo y volante con palanca de apriete final que actúa sobre tornillo sin fin. Diseño de Eduardo Roca (Granada, h. 1889), fue premiada con medalla de oro en la Exposición Universal de Barcelona de 1888. Las *alturas* se ilustran con un globo provisto con cámara fotográfica para la confección de planos (*Aerostación Militar*, col. Memorial de Ingenieros, 1889).

Contracubierta: Ramón Verea Silvestre inventó la primera calculadora mecánica que realizaba multiplicaciones de forma directa, sin tener que ejecutar múltiples vueltas de manivela. Empleaba unas tablas. Los dibujos pertenecen a su patente en los Estados Unidos de América (pat. USA 207.918), concedida en septiembre 1878.

ISBN: 978-84-7820-814-2 (obra completa)
ISBN: 978-84-9911-260-2 (volumen VII)
Depósito Legal: Z-1635-2013
Corrección ortotipográfica: Ana Bescós y Laura Ayala
Digitalización: María Regina Ramón, AHOEPM, Fons Històric de la ETSEI de Barcelona y Biblioteca de la ETSII de Madrid
Tratamiento digital: Manuel Silva Suárez
Maquetación: Littera
Impresión: INO Reproducciones, Zaragoza
IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

Índice de ilustraciones

0.1. Sistema de aparatos para dar dirección a los globos aerostáticos (1859): Privilegio de invención por cinco años solicitado por Inocencio Sánchez, residente en Sevilla (AHOEPM, privilegio real ES 1.775) 24

0.2. «Un "aeroestato" dirigible», patente ES 5.185, solicitada por Ricardo Fradera Baulenas en julio de 1885 (AHOEPM): Se reproduce la página 293 del número del 8 de mayo de 1886 de *La Ilustración Española y Americana*, que recoge el tema bajo el epígrafe «Inventos modernos» 26

0.3. Estructura del dirigible *semirrígido* concebido por Leonardo Torres Quevedo en 1902: 1) corte longitudinal en plano vertical; 2) corte longitudinal en plano horizontal; 3) vista longitudinal; 4) sección transversal a nivel intermedio de la parte central; 5) sección transversal en los extremos del cuerpo central; 6) sección transversal central, con el dispositivo rígido que evita el bamboleo de la barquilla (José García Santesmases: *Obra e inventos de Torres Quevedo*, pp. 264-268; los dibujos se corresponden con los de la patente) 33

0.4. Dirigible *autorrígido* definido en «Un nuevo sistema de globos fusiformes», patente ES 38.692, solicitada por Torres Quevedo en julio de 1906 (AHOEPM) 35

0.5. Dos de las tres propuestas ilusorias de multiplanos debidas al marqués Raimundo Lorenzo d'Equevilley-Montjustin (1873-1925). Ingeniero naval español formado en París, trabajó siempre en el extranjero, particularmente en Francia y Alemania. Depositó diversas patentes, no solo en Europa (en España, una quincena entre 1907 y 1909), sino también en los Estados Unidos de América 39

0.6. Gaspar Brunet y Viadera, su primer biplano (1909) y el primer texto hispano sobre aeroplanos (1910): La fotografía corresponde al día que se suele tomar como hito de referencia del nacimiento de la aviación española, el primer *vuelo* de un avión construido en España (Paterna, Valencia, 5 de septiembre de 1909) 41

0.7. Gaspar Brunet y Viadera: publicidad explicativa del contenido de su *Curso de aviación* (1910) 44

0.8. Antonio Fernández Santillana, constructor de aeroplanos y aviador, fallecido al caer cerca de Antibes (Francia) con su artefacto volador en diciembre de 1909 46

0.9. El tranvía aéreo o transbordador del monte Ulía, San Sebastián (1907), diseñado por Leonardo Torres Quevedo: 1) La barquilla se desplaza merced a los tríos de ruedas que se encuentran en las terminaciones de los arcos de circunferencia de acero que definen el ingenio soporte; 2) La idea básica para mantener constante la tensión de los cables; 3) Dos postales de época, una de ellas coloreada según la moda del momento. El tranvía o transbordador aéreo llevaba al parque de recreo de Ulía en unos 3 minutos 50

0.10. Un cuarto de milenio del Real Colegio de Artillería: Fundado por Carlos III en 1764, los artilleros han contribuido en múltiples dimensiones al desarrollo de la ciencia y la técnica hispana, tanto en el ámbito militar como en el civil. El globo de la imagen es una maqueta que recuerda la ascensión en noviembre de 1792 del primer aeróstato tripulado construido en España. Realizado principalmente por su interés militar, se elevaron el capitán Louis Proust, otros tres oficiales y dos cadetes del Real Colegio en El Escorial. El óleo es un retrato de Francisco Antonio Elorza y Aguirre (1798-1873), artillero que llegaría a ser mariscal de campo. De ideas liberales, fue el más importante experto en siderurgia español del Ochocientos, teniendo en su haber el funcionamiento de los altos hornos civiles de Málaga-Marbella y El Pedroso (Sevilla), con leña o carbón vegetal, y el militar de Trubia, al coque. (Ambas imágenes pertenecen a objetos del Museo del Alcázar de Segovia, Ministerio de Defensa) 63

0.11. La *Topofotografía*, antecedente directo de la fotogrametría. De pioneros a usuarios: 1) Portada de la *Topofotografía, o sea Aplicaciones de la fotografía al levantamiento de los planos topográficos*, Madrid, Establecimiento Tipográfico de A. Vicente, 1862;

2) Construcciones geométricas de Terrero explicadas por José M.ª Torroja (1911) en la reivindicación de prioridad para el general español; 3) Plano descriptor de una cámara foto-topográfica inventada por el capitán de Estado Mayor Luis Torres Quevedo (*Cámara Foto-topográfica*, Madrid, Imprenta y Litografía del Depósito de la Guerra, 1886; AHOEPM, patente ES 6.334, solicitada en octubre 1886; también la patentó en Francia en ese noviembre, *Chambre photo-topographique avec boîte et châssis d'escamotage,* brevet nº 179.975); 4) *Tablas gráficas taquimétricas para todos los números generadores y distancias cenitales de 0,10° en 0,10° desde 50° a 150°, por D. Alejandro Mas y Zaldúa, Comandante de Estado Mayor.* Tras el impulso de José M.ª Torroja, la fotogrametría será de nuevo *olvidada* en este país por varios lustros 71

0.12. *La tejedora* o *La niña obrera* (1882), de Joaquín Planella Rodríguez (1850-1910): Es denuncia de la explotación infantil en las fábricas, donde una niña de unos 12 años trabaja en un telar de tipo garrote en un sórdido ambiente, reflejo de las condiciones en las que se ven obligadas a vivir infinidad de familias obreras; se ha convertido en un símbolo de la Cataluña industrializada del Ochocientos. Dentro del mismo sector textil es un contrapunto la visión de Santiago Rusiñol Prats (1861-1931) en *La fábrica* (1889; ilustr. 9.16 del volumen iv de esta colección) 75

0.13. Textos notables que corresponden a dos momentos importantes en la renovación de las técnicas de la fotografía, donde química y física juegan al unísono: 1) Jaime Ferrán e Inocente Paulí: *La instantaneidad en fotografía* (Tortosa, Establecimiento Tipográfico de Pedro Llanes, 1879); y 2) Santiago Ramón y Cajal: *Fotografía de los colores. Bases científicas y reglas prácticas* (Madrid, Imprenta y librería de Nicolás Moya, 1912) 87

0.14. Dualidad en la producción de harina: 1) «Tipos y costumbres de Galicia: interior de un molino en Noya» (dibujo de Pradilla de 1873, *La Ilustración Española y Americana*, de julio de 1874: 441); 2) La fábrica de harinas San Antonio (Medina de Rioseco, Valladolid) (Resolución de febrero de 2008 por la que se acuerda incoar procedimiento de declaración como *bien de interés cultural* con categoría de monumento; *BOE*, 12 de mayo de 2008: 23.243-23.244) 91

0.15. Fabricación de chocolate. Instalación de las máquinas principales (Valls Hermanos, Ingenieros constructores, Barcelona): La propuesta se compone de mesa rotativa con solera y dos rodillos de granito, cilindro (refinador) de 3 rodillos de granito, máquina para extraer el aire de la pasta del chocolate, batidora con mesa para 24 moldes y sistema para la transmisión del movimiento formado por eje, silletas de techo o de pared con cojinetes y poleas para mover las máquinas 94

0.16. Tranvía de Zaragoza (h. 1885): Los planos de este lujoso vagón son de Talleres Baucells, Callissa y Cía. de Barcelona. La primera línea se inauguró en octubre de 1885, coincidiendo con el comienzo de la Exposición Aragonesa. El autor del proyecto (1882) fue el ingeniero industrial Modesto Torres Cervelló, impulsor de la creación de la sociedad Los Tranvías de Zaragoza. (Documentación de herederos de Torres Cervelló.) . . 99

Tomo I

1.1. Primer mapa geológico de España, a escala 1:5.000.000 (aprox.), de Joaquín Ezquerra del Bayo, 1850 (Biblioteca del Instituto Geológico y Minero de España) 115

1.2. *Mapa geológico en bosquejo de la provincia de Madrid a escala 1:400.000*, de Casiano de Prado, 1852. Comisión del Mapa Geológico de España (Biblioteca del Instituto Geológico y Minero de España) 116

1.3. *Mapa geológico de la provincia de Oviedo*, a escala 1:400.000, de Guillermo Schulz, 1857. Comisión del Mapa Geológico de España (Biblioteca del Instituto Geológico y Minero de España) 117

1.4. Mapa geológico de las rocas de Almadén y disposición del mineral de mercurio a la profundidad de 280 varas (Casiano de Prado, 1846). (J. C. Gutiérrez Marco *et al.*, 2011, que reproduce una lámina grabada por los *frères* Avril, y litografiada por Kaeppelin, de París) 119

1.5. Vistas descriptivas de carácter corográfico-paisajísticas (F. Martín Donaire: *Bosquejo de una descripción física y geológica de la provincia de Zaragoza*, Madrid, Comisión del Mapa Geológico de España, 1873, lám. 2) 121
1.6. Fragmentos de la lámina «Cortes geológicos a través de los Pirineos de Aragón» (*Descripción física y geológica de la provincia de Huesca*, por L. Mallada, ingeniero de Cuerpo de Minas, serie «Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España», Madrid, 1878) 122
1.7. Lucas Mallada: «Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España» (*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España,* 1875 y 1880): 1) diversos trilobites ordovícicos (*BCMGE*, 2, 1875, lám. 28); 2) dos amonites jurásicos (*BCMGE*, 7, 1880, lám. 4) 124
1.8. Algunos fósiles «históricos»: 1) Ammonoideo de Sarrión (*Ensayo de descripción geognóstica de la provincia de Teruel*); 2) Ejemplar recogido por Casiano de Prado cerca de Sabero (León); 3) Cartón con *Cerithium nudum*, con variedades de gasterópodos del Eoceno de Grignon (Francia); 4) Gasterópodo del género *Pyrula* (Juan Vilanova y Piera: *Memoria geognóstico-agrícola sobre la provincia de Castellón*) ..131
1.9. Minerales en colecciones históricas: 1) Proustita de Guadalcanal (Sevilla); 2) Piromorfita de El Horcajo (Ciudad Real); 3) Azurita y malaquita de Onís (Asturias); 4) Baritina impregnada de cinabrio de Almadén (Ciudad Real); 5) Cinabrio que Verneuil recogió en Almadén (h. 1850). (Las cuatro primeras imágenes han sido extraídas de Benjamín Calvo: *Museo Histórico Minero Don Felipe de Borbón y Grecia. ETSI de Minas de la UPM,* Madrid, 2002; los cristales de cinabrio pertenecen a la colección de Miguel Calvo Rebollar, y la ilustración es un montaje de MSS sobre fot. de J. Callén) 135

2.1. *Mapa Estadístico-Minero de España*, 1892. Debido a Federico M. Botella y de Hornos, publicado por el Servicio Estadístico y Minero, su escala es 1:2.000.000 (grabado por M. Fernández, Madrid, Lit. Sucesores de Rivadeneyra) 146
2.2. Presencia animal en las minas: 1) Caballo bajando al interior de una mina (L. Adaro, 1989, tomo vi; imagen reproducida de L. Simoni: *La vie souterraine*, París, L. Hachette et Cie, 1867); 2) Malacate del Pozo de San Andrés de Minas de Almadén y Arrayanes (Archivo Histórico de Minas de Almadén. Fundación Almadén. Francisco Javier de Villegas) 159
2.3. Castilletes mineros: 1) Lámina n.º 66 del libro de M. Malo de Molina, 1889-1891; 2) Restos de castillete de mampostería, siglo xix (valle de Alcudia, Ciudad Real); 3) Castillete metálico de finales del xix, de la mina Diógenes (valle de Alcudia, Ciudad Real) 161
2.4. Labores mineras y acceso en la vertical del pozo: 1) Debido a José Morete de Varela, 1804, plano de los pozos y galerías de la mina Concepción Vieja de Almadenejos, Ciudad Real (Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid); 2) Jaulas en las minas de Almadén (*La Ilustración Española y Americana*, XIX, 1874: 301) 163
2.5. Sistemas de explotación: 1) Método *por testeros*; 2) Método *en realce o ascendente* (M. Malo de Molina, 1889-1891) 165
2.6. Fortificación con madera: Entibación. Lámina n.º 66 del libro de M. Malo de Molina, 1889-1891 167
2.7. Sistemas de transporte de minerales: 1) Tranvía aéreo monocable de la mina Amistosa y carro de bueyes en Matamoros, 1899 (fot.: José Rodríguez Andrés y José Ignacio Rodríguez Camarero, Ortuella); 2) Plano inclinado número 1 de Franco-Belga de Ortuella, 1882 (Archivo de la Autoridad Portuaria de Bilbao. Grabados, n.º 10) 170
2.8. La iluminación: 1) «Alumbrado con molinete de acero», o Rueda de Spedding; 2) «Alumbrado con el candil de Almadén» (ambos grabados, en A. Gil y Maestre y D. de Cortázar, 1885); 3) Candil de Almadén (Col. ETSIM, fot.: J. M. Sanchís); 4) Lámpara Adaro, tipo minero, ¿1912? (Col. ETSIM, fot.: J. M. Sanchís) 174
2.9. Minería a cielo abierto. Mina Concha 3.ª y 7.ª (Ortuella, 1896). (Archivo Foral de la Diputación Foral de Vizcaya. Fotografías de Altos Hornos de Vizcaya, AHFVF 0023/012) 177

2.10. Equipamiento de trituración y clasificación: Machacadora J. G. Neville (P. Clairac y Sáenz: *Diccionario General de Arquitectura e Ingeniería*, vol. v, Barcelona, 1908) 179
2.11. El muelle o cargadero de mineral de la Río Tinto Company Limited (1874 y 1876). Elemento del patrimonio industrial recuperado: 1) Sección transversal y esquema de descarga sobre la cubierta de un barco (*Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers,* vol. liii, Session 1877-78, Part 3); 2) *Huelva 2.285, Vista del Muelle de la Cía. de las Minas de Río Tinto* (fot.: J. Laurent y Cía., Madrid, 1882); 3) Tras la restauración (fot.: MSS, 2008) 183

3.1. Máquinas hidráulicas y de vapor aplicadas a la siderurgia: 1) Número; 2) Potencia instalada en CV (EMME) 193
3.2. *Método y aparatos para aprovechar los fuegos sobrantes del tragante del alto horno para mineral de hierro*, privilegio de introducción 178 solicitado por Manuel Agustín Heredia (S. A. Ferrerías Marbella y Málaga), solicitado en septiembre de 1841 (AHOEPM) 201
3.3. Ferrería de El Pobal (Vizcaya): 1) Precio de la leña para carbón (reales/carga); 2) Renta (reales) 209
3.4. Horno Chenot (1854) introducido en La Merced y en Nuestra Señora del Carmen (AHOEPM, privilegio real 1.212) 211
3.5. Primer convertidor Bessemer introducido en La Merced (Guriezo) en 1856 (AHOEPM, privilegio real 1.482) 215
3.6. Producción de hierro en t: 1) Hierro dulce en España; 2) Hierro esponja (Vizcaya) y total de hierro dulce mediante sistema directo (España) 216
3.7. Horno Tourangin, Vizcaya, 1855 (AHOEPM, privilegio real 1.275) 217
3.8. La ferrería de San Blas (Sabero, León), hoy Museo de la Siderurgia y la Minería de Castilla y León (MSM) 219

4.1. El puente de hierro de Fraga, construido por La Maquinista Terrestre y Marítima, 1883 (C. Camps Armet, 1890, y fotografía de 1905) 237
4.2. Molinos férreos de viento: 1) molino anular ¿Gabriel? Faura (M. López Martínez *et al.*, dirs.: 1885-1889: voz *viento (molinos de)*); 2) molino Trinxé (C. Camps, dir.: 1888-1892: voz *molino*) 243
4.3. Una máquina para construir máquinas: «Máquina para labrar los dientes de las ruedas cónicas de engranajes» diseñada por José M.ª Cornet y Mas (artículo firmado por A. A. en *El Porvenir de la Industria*, 78-79, 1876: 752-754 y 827-829) 252
4.4. Diversidad de maquinaria para el sector agroalimentario: prensas para producir fideos: 1) De Valls Hermanos: «Prensa de hierro de dos columnas, con engranajes combinados, avance rápido para la limpia o carga del cilindro o campana de estirar la pasta» (C. Camps, 1890: t. iii, 572, voz *fideos*); 2) De la Fundición Primitiva Valenciana, prensa hidráulica (F. Balaguer y Primo: *Las industrias agrícolas: tratado de las que se explotan en España y de todas aquellas que pueden ser ventajosamente explotadas*, 2 vols., Madrid, Librería de Cuesta, 1877: vol. i, 264-265, cap. «Almidón o fécula y sus derivados», sección «Pastas para sopa») 257
4.5. Columnas de agua (R. Aranaz y R. Lorente, 1894: 181-196, lám. 9) 265
4.6. Ruedas hidráulicas de eje horizontal: 1) alimentada por debajo y de paletas planas; 2) alimentada por debajo y de paletas curvas, tipo Poncelet, 1827; 3) de costado, alimentada en un plano ligeramente inferior al eje de la rueda; 4) de pecho; 5) y 6) de corriente superior, la última fue pensada para obtener un giro en sentido inverso (J. de Igual, 1913). Estos tipos de modelos aparecen ya en el *Tratado sobre el movimiento y aplicaciones de las aguas* de J. M. Vallejo, 1833, vol. ii 279
4.7. El hierro, nuevo material para máquinas basadas en conceptos antiguos: 1) «Rueda de cajones, construida por La Maquinista Terrestre y Marítima, para utilizar pequeños caudales de agua, de régimen muy variable, con saltos de hasta 20 metros» (C. Camps y Armet, 1889, desde *elevación de aguas*; A. del Castillo, 1955: 120); 2) Rodezno metálico

construido en Talleres San Martín (Santander) bajo la dirección de Francisco Mirapeix (J. de IGUAL, 1913: 367) 281
4.8. De la escuela francesa a la americana: 1) Radial centrífuga tipo Fourneyron (dada a conocer en 1827; patente francesa de 1832); 2) Axial o paralela tipo Fontaine (patente francesa de 1840); 3) Radial centrípeta: prototipos de James B. Francis (desarrollados entre 1847 y 1849); 4) Mixta tipo Hércules, típica americana, aunque terminó recibiendo perfeccionamientos en Europa. (J. de IGUAL, 1913: 378-384-382-424) 283
4.9. Turbina de eje vertical montada para operar en cámara cerrada: Este tipo de montaje está asociado a la existencia de una conducción forzada (C. CAMPS Y ARMET, 1889: t. III, 75, voz *elevación de aguas*) 285
4.10. Turbinas *centrífuga* y *axial* (o *paralela*): 1) Centrífuga tipo Fourneyron (G. de VICUÑA, 1872: 20, que reutiliza un dibujo de A. ARMENGAUD: *Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques,* París, ed. del autor, 1858: 279), con privilegio de invención en Francia del año 1832; 2) y 3) Distribuidor y rodete en una turbina *radial centrífuga* (Fourneyron) y otra *axial* o *paralela* (Fontaine) (J. de IGUAL, 1913: 370 y 371) 286
4.11. *La maquinaria moderna* (J. GOTTI, 1859): La lámina superior (n.º 16) presenta varias ruedas y distingue una *rueda de carga antigua* de otra *moderna*. La lámina inferior (n.º 14) ofrece el esquema de una turbina concéntrica vertical tipo Jonval-Koechlin 287
4.12. Turbinas centrípeta y paralela: La lámina 7 considera turbinas centrípetas; la figura 48 muestra una turbina centrípeta de acción parcial y eje horizontal. La lámina 8 está dedicada a turbinas axiales o paralelas, tipo introducido por Fontaine (figs. 49, 50 y 51). La figura 52 muestra una turbina múltiple, apropiada para mantener un buen rendimiento ante variaciones importantes del gasto. La 53 presenta la variante de turbina suspendida de Jonval-Koechlin. La turbina montada con sifón (fig. 54) es interesante para saltos pequeños, ya que puede funcionar sin grandes perturbaciones, manteniendo un buen rendimiento. (R. ARANAZ y R. LORENTE, 1894) 289
4.13. Mecanismos de obturación en turbinas centrífugas y paralelas: 1) Cierre de Girard con dos cuadrantes distribuidores para turbinas centrífugas; 2) Diversos cierres en turbinas paralelas: 2a) cierre por *bandas* y rodillos troncocónicos; 2b) cierre *de mariposa*, *de doble sector* o *de corredera*, que evita los problemas anteriores, pero tiene el inconveniente de inutilizar media turbina y que el movimiento de la placa obturadora sea difícil si se tienen importantes columnas de agua; 2c) cierre mediante *tapas* o *válvulas levadizas* que se obturan o se abren por pares opuestos mediante tirantes. (J. de IGUAL, 1913: 387-389) 290
4.14. Primeros privilegios de introducción e invención relativos a turbinas en España (AHOEPM): 1) J. Bonaplata: «Máquina motor hidráulico, llamado turbina de reacción», 1841 (ref. 638); 2) C. Ascacíbar: «Turbina a doble efecto (sistema de Andrés Koechlin)», 1845 (ref. 283); 3) A. Montgolfier: «Turbina hidráulica llamada turbina rural», 1851 (ref. 579); 4) P. L. Fontaine: «Sistema de perfeccionamiento en la construcción de turbinas hidráulicas fijas o locomóviles», 1857 (ref. 1.619) 293
4.15. Turbina sistema Moreno: Versión perfeccionada de un diseño previo de 1864 patentado por Juan Moreno y Villaret en marzo de 1867 (privilegio de invención ES 4.330). Dibujo escolar de Narcís Xifra, realizado como práctica en la empresa Porredon, Claret y Cía. de Gerona (Álbum: *Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona*, 1873, Fons Antic de la Biblioteca de l'ETSE Industrials de Barcelona, signatura 378.6 «18» ESC) 297
4.16. Turbinas horizontales tipo Francis (entrada radial, salida axial) construidas en España: 1) Turbina dispuesta para ser montada en el muro de contención del caz o como terminal de una tubería de conducción forzada (Fundición Antonio Averly, Zaragoza); 2) De características análogas a la anterior, al trabajar a alta velocidad resulta particularmente compacta (Construcciones Mecánicas y Eléctricas, de Barcelona, antes Planas, Flaquer y Cía., de Gerona); 3) Turbina de cámara espiral, con embocadura por arriba y evacuación lateral (Construcciones Mecánicas y Eléctricas, Barcelona); 4) Como la anterior, la cámara es circular en espiral, pero en este caso la embocadura está abajo (Talleres San Martín, Santander). (J. de IGUAL, 1913: 441-442, 435) 299

4.17. Síntesis de la herencia de un siglo extendido hasta 1912, que aún pervive: Portada de un cuadernillo redactado por Guillermo Hauke, director técnico de Averly hacia 1920. Aunque está fuera del periodo que nos ocupa, ofrece la imagen de un sector técnico estabilizado, que perdura. La base del catálogo la forma un trío de tipos de turbinas: *Francis* (que construía en varios modelos «perfeccionados sistema Averly»), *de chorro libre* (tipo Pelton) y *de hélice* (de reacción y flujo axial), con rodetes que recuerdan los propulsores de los barcos 302

5.1. Equipo mecánico de la industria algodonera h. 1860. Cataluña y principales enclaves del resto de España con fábricas modernas (F. Giménez Guited, 1862; I. Carrión Arregui, 2010; J. Moreno Lázaro, 2003) 313
5.2. Réplica de bergadana construida por encargo del Museu Nacional de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya (Terrassa) 316
5.3. Sala de hilatura con continuas de anillas en la fábrica de Josep Viladomiu Montañà 318
5.4. Del telar manual al mecánico: 1) Telar manual de cárcolas con lanzadera volante; 2) Telar mecánico Jacquard de Francisco Durán y Cañameras; 3) Telar mecánico con máquina de lizos de Julià Hermanos de Terrassa, 1894. (Museu d'Història de Sabadell; *Gaceta de la Producción Lanera*, 169 [10-I-1891] y 260 [25-X-1894]) 320
5.5. Prensa de estampar de cilindros (Carlos Ardit: *Tratado teórico y práctico de la fabricación de pintados o indianas*, Barcelona, Imprenta de la viuda de Agustín Roca, 1819: vol. I, 62) 322
5.6. Máquinas para la industria lanera de Sucesor de F. Bas (Sabadell): 1) Deshilachadora o trituradora de trapos; 2) Carda mechera; 3) Continua para torcer; 4) Desgrasadera. (Sucesor de F. Bas. Constructor mecánico: *Catálogo de mis máquinas para la fabricación lanera y demás especialidades*, Sabadell, 1892. Arxiu Històric de Sabadell, AP 447/7) ...327
5.7. Técnicos relevantes del sector textil: 1) Jacint Barrau; 2) Josep Tay Puig; 3) Ferran Alsina Parellada 341
5.8. Invención y perfeccionamiento del telar mecánico de terciopelo de doble pieza: Jacint Barrau (1857) y Ferran Alsina (1883): 1) Esquema del telar mecánico de Jacint Barrau (AHOEPM, privilegio n.º 1.608, «Telar mecánico para fabricar dos piezas de terciopelo a la vez», 1857); 2) Esquema del telar mecánico de Ferran Alsina (AHOEPM, patente n.º 3.431, «Un procedimiento mecánico para fabricar panas lisas o rayadas con muestras o dibujos producidos enteramente por telar», 1883). (P. Rodón Amigó: *Reivindicación catalana del invento del tisaje mecánico del terciopelo en doble pieza, como así también de todos los posteriores perfeccionamientos*, Badalona, Cataluña Textil, 1931) ..342
5.9. El sistema de grandes estirajes de Ferran Casablancas Planell (Sabadell, 1907-1912) 347
5.10. El trabajo en los dos sistemas de hilatura: 1) Selfactinas Platt de 1889 en la fábrica Hijos de Gabriel Iborra de Terrassa (fotografía de 1916); 2) Sala de hilatura de continuas de anillas de Pericas y Boixeda en la colonia Coromina de Torelló (*Barcelona artística e industrial: lujoso álbum de fotografías con un resumen histórico de la ciudad repartido por la Sociedad de Atracción de Forasteros*, Barcelona, Establecimiento Gráfico Thomas, 1916) 354
5.11. Dos grandes fábricas algodoneras: 1) Fábrica de Hilados y Tejidos de Algodón, Blanqueo, Estampados y Aprestos de Juan Batlló; 2) Publicidad de la anterior; 3) Fábrica de Hilados y Tejidos de Algodón de Batlló Hermanos 358

6.1. Gasómetro de dos cuerpos diseñado por Claudio Gil, h. 1878 (Th. Newbigging y W. T. Fewtrell, 1879) 381
6.2. Plano de la fábrica de Valencia, 1888 (Archivo Histórico de la Fundación Gas Natural – Fenosa [AHFGNF]) 382
6.3. Los hornos de la fábrica de la Villa de Gracia, Barcelona, h. 1904 (AHFGNF) 385
6.4. «Gas hidráulico para el alumbrado publico», privilegio de invención n.º 312, solicitado por Vicente Calderón en octubre de 1846 para quince años (AHOEPM) 388
6.5. Mechero Fénix, comercializado en España en 1896 (L. Ornstein, 1896: 8) 394

6.6. Mecheros de gas (1900): 1) De mariposa, de F. Ciervo; 2) Auer, de la casa E. Schilling ...395
6.7. La fábrica de gas de Alicante en 1905 (AHFGNF) 396
6.8. El trasiego de carbón y de coque fue una de las tareas principales en las fábricas de gas, 1902 (AHFGNF) 397
6.9. La fábrica de gas de Manresa, 1905 (AHFGNF) 398

7.1. Piral de la vid (Rafael JANINI: *Principales moluscos, gusanos e insectos que atacan a la vid*, Valencia, Pascual Aguilar, 1893) 407
7.2. Maquinaria agrícola: Escarificadores y extirpadores (Celso GOMIS: *Rudimentos de Agricultura española*, Barcelona, 1900: 60-61) 411
7.3. Los abonos: entre certificado y publicaciones: 1) Acta de una visita (1866) a la fábrica de abonos denominada La Agricultora Catalana; 2) Portada de la monografía de Luis JUSTO VILLANUEVA: *De los abonos para las tierras* (Barcelona, Imprenta de Celestino Verdaguer, 1869); 3) Francisco BALAGUER Y PRIMO: *Inconvenientes que presenta el empleo agrícola de los abonos químicos* (Establecimiento Tipográfico de R. Vicente, 1869); 4) Aniceto LLORENTE: *Los abonos* (Madrid, Librería Agrícola y Casa Editorial, 1900; 3.ª ed.) 412
7.4. Norias y bomba para regar: 1) «Noria de cangilones de alfarería»; 2) «Noria de cangilones de doble vertedera», de Sucesores de Pfeiffer (Barcelona); 3) «Bombas gemelas horizontales para riegos y agotamientos» de Sucesores de Pfeiffer (Barcelona). (C. CAMPS ARMET: *Diccionario industrial: artes y oficios de Europa y América*, Barcelona, A. Elías y Comp.ª, s. a. [1888-1891]; las «norias» se reproducen en la entrada *elevación de aguas,* vol. 3; la «bomba», en *agricultura*, vol. 1) 415
7.5. Anemómetro, evaporímetro, pluviómetro, radiómetro, barómetro y termómetro-higrómetro («fraile con capucha») (Diego NAVARRO SOLER: *La atmósfera en sus relaciones con la agricultura y el pronóstico del tiempo,* Madrid, Impr. de Manuel G. Hernández, 1877) 419
7.6. Ciclo de la filoxera y fases de sus efectos sobre las vides (M. DE LA PAZ GRAELLS, 1881) 423
7.7. Injertos: tipos e instrumentos (Rafael JANINI: *Principales moluscos, gusanos e insectos que atacan a la vid*, Valencia, Pascual Aguilar, 1893) 425
7.8. *Rudimentos de agricultura*: Habas, girasol y remolacha forrajera (Celso GOMIS: *Rudimentos de agricultura,* Barcelona, Librería de Antonio J. Bastinos, 1900) 428
7.9. Los abonos naturales y los artificiales. Entre la recuperación, la producción y la aplicación: 1) «Diferentes sistemas para utilizar los excrementos humanos sin repugnancia», y la aplicación de «Los abonos líquidos y los aparatos para distribuir los abonos pulverulentos» (Diego NAVARRO SOLER: *Tratado del estiércol y demás abonos naturales, artificiales y químicos*, Madrid, Imprenta y Estereotipia de M. Rivadeneyra, 1871); 2) *Vista de la fábrica de abonos minerales de La Compañía Agrícola y Salitrera de Fuente-Piedra*, Málaga (Compañía Agrícola y Salinera de Fuente-Piedra: *A los agricultores españoles*, Madrid, Establecimiento Tipográfico de Álvarez Hermanos, 1887) 431

8.1. Arados diseñados y fabricados en los años centrales del siglo: 1) Dos modelos del arado Hidalgo Tablada (1848); 2) El arado Reinoso (1848); 3) El arado Asensio (1848); 4) El arado Jaén (1853). (Arados 1 a 3, en J. de HIDALGO, 1851; el 4, en *Memoria sobre los productos de la agricultura española reunidos en la Exposición General de 1857*, Madrid, 1859-1861) 448
8.2. Laboreo a vapor: 1) Sistema de tracción *directa*; 2) Sistema de tracción *indirecta* (E. ABELA, 1883) 451
8.3. Hacia la siembra: 1) Desterronador Aspe, Crespo y Cía., Sevilla, 1857 (*Museo Universal*, Madrid, 15 de noviembre de 1857); 2) Sembradora de Martínez López (1861), la principal española de la segunda mitad del Ochocientos (P. J. MUÑOZ, 1864) 454
8.4. Segadoras: 1) Segadora Pinaqui (1866) (*Revue des Jardins et des Champs*, Lyon, X, 1869); 2) Segadora Elizalde (1879), denominada «La Española» (J. de ARCE y A. ECHEVARRÍA, 1880); 3) Segadora mallorquina (finales del siglo XIX) 457

8.5. Segadora Euskaria, de Florencio Baldasua Madina, 1893 (AHOEPM, «Un nuevo sistema de segadora agrícola a la que ha denominado "Euskaria"», patente de invención n.º 15.233, de diciembre de 1893) 459
8.6. Aventadoras: 1) Aventadora de Pinaqui (Pamplona, 1857) (*Museo Universal*, Madrid, 15 de noviembre de 1857); 2) Aventadora Alberto Ahles (Barcelona, 1898) (*Industria e Invenciones*, Barcelona, n.º 25, 1898); 3) Aventadora movida a brazo de L. Zorita (Valladolid, 1904); 4) Aventadora movida con malacate de Jorge Martín de Alaejos (Valladolid, 1904); 5) y 6) Aventadora Lleida (1904), en exposición y trabajo. Movida con malacate, modelo Ciudad n.º 6. (J. de Arce y J. Otero, 1905) 461
8.7. Trilladora Manso: Debida a Santiago Manso, Valladolid, 1874 (AHOEPM, «Máquina para verificar la operación agrícola de trillar», privilegio de invención n.º 5.227, octubre de 1874) 465
8.8. Trilladora Liberale: Construida por José Liberale Guidotti (Coslada, Madrid, 1881). (AHOEPM, «Una máquina trilladora», certificado de adición nº 2.033, de noviembre de 1881, modifica su patente de invención n.º 1.082, de agosto de 1880) 467
8.9. Trilladoras para vapor: 1) Denominada la «Sevillana», fue diseñada y construida por José Duarte (Sevilla, 1881); 2) Modelo perteneciente a la fábrica inglesa Ransomes & Sims, que construía este tipo de máquinas desde 1867. Sucesores de Pfeiffer (Barcelona) las fabricaba a finales de la década de 1880 (C. Camps Armet, dir.: *Diccionario industrial: artes y oficios de Europa y América*, vol. 5, Barcelona, A. Elías y Compañía, s. a. [1888-1891]; G. de Vicuña y N. Serrano, 1877) 469
8.10. «Un corta-pajas que consiste en un cilindro giratorio armado de garfios y una serie de hoces fijas dispuestas de manera que cortan la paja arrastrada por los garfios». Patente de invención n.º 2.729, solicitada en 1882 por Manuel Elizalde (AHOEPM) 471
8.11. Publicidad de empresas constructoras: 1) Anuncio de maquinaria agrícola de la casa Pfeiffer de Barcelona, 1887; 2) Encabezamiento de una factura de la casa Duarte de Sevilla, denominada «La Agricultora», 1888; 3) y 4) Propaganda de pequeños fabricantes de ámbito local como Ramón Marull de Barcelona, 1894, o Mariano Palacín de Zaragoza, 1906 (*Boletín de la Asociación de Labradores de Zaragoza,* Zaragoza, 15 de marzo de 1906, y *Calendari del Pagès per l'any 1895,* Barcelona, 1894) 473

9.1. Molinos para el aceite: 1) De dos *molas olearias*; 2) De dos muelas cónicas de piedra, simétricamente dispuestas (inventor y constructor: Valentín Fombuena, Madrid) (F. Balaguer, 1877*b*: II, 263); 3) Molino de tres rulos cónicos de piedra fabricado por Valls Hermanos, Barcelona (R. de Manjarrés, 1896: 114-115; figura, también, en F. Balaguer, 1877*b*: II, 262). Uno análogo lo fabricaba la casa Pérez Hermanos de Sevilla; 4) Molino de tres rulos cónicos huecos, metálicos y estriados. El tiro mostrado es mediante animales, *a sangre* (Fundición de Hierro y Bronce Francisco Peña y Vaquero, Murcia) ..487
9.2. Prensa de viga y quintal: 1) Torres de contrapeso de haciendas rurales hoy insertas en el casco urbano de Umbrete (fot.: MSS); 2) Esquema de una prensa de viga y quintal (R. de Manjarrés, 1896: 131) 490
9.3. Prensas férreas de husillo y palanca: 1) Fundición San Clemente (Sevilla), de cuatro columnas, tuerca fija y husillo central (R. de Manjarrés, 1896: 139); 2) Valentín Fombuena (Madrid), con doble sistema de carga y de apriete (F. Balaguer, 1877*b*: II, 271); 3) Juan Marrodán (hijo) (Logroño), de dos columnas (catálogo de la empresa, 1889); 4) Sr. Evangelista (Loja, Granada), usando contenedores metálicos (M. López Martínez, J. de Hidalgo y M. Prieto, 1885-1889: t. I, 155) 492
9.4. Prensas de husillo y volante: 1) Modelo básico, utilizable para aceite o vino, construido por La Maquinista Terrestre y Marítima (C. Camps Armet, s. a. [1888-1891]: VI, 375); 2) Modelo de Eduardo Roca (Granada, h. 1889) (R. de Manjarrés, 1896: 160-161); 3) Modelo de la Fundición Averly (Zaragoza), «con movimiento de chicharra a la izquierda» (ibíd.: 153); 4) *Prensa de triple presión* o *triple engranaje* de Pfeiffer (C. Camps Armet, s. a. [1888-1891]: I, 44) 493

9.5. La prensa hidráulica de Diego de Alvear y Ward, 1834 (D. de Alvear, 1834, Biblioteca Nacional de España) 494
9.6. Prensas hidráulicas: 1) Prensa sistema Pfeiffer (Barcelona); 2) Prensa hidráulica Cases, de la Fundición Primitiva Valenciana (F. Balaguer, 1877*b*: II, 292-294); 3) Prensa hidráulica con doble juego de vagonetas y bombas movidas por caballería, máquina de vapor, hidráulica u otra (G. J. de Guillén-García, 1893: 50-52). (R. de Manjarrés, 1896: 173-174); 4) Vagoneta (Fundiciones San José, Córdoba, modelo de comienzos del siglo xx) 497
9.7. «Un procedimiento para extracción de aceite de olivas y frutos oleaginosos, denominado Acapulco continuo» (AHOEPM, ref. 44.184, octubre de 1908) 500
9.8. Antonio Averly: «Mejoras en los aparatos para la extracción del aceite por el sulfuro de carbono» (1879), patente de invención (ref. 523) (AHOEPM) 503
9.9. Máquinas para estrujar y separar el escobajo: 1) De Amador Pfeiffer y Pourtet, Barcelona (L. Justo, 1872: 56); 2) De Bernardino de Alcañiz y Mellizo, Manresa: «Máquina para exprimir el zumo de la uva y separar el escobajo», mayo de 1866 (AHOEPM, privilegio de invención n.º 4.123 bis) 516
9.10. Prensas para el vino: 1) Prensa que opera merced a «unas palancas articuladas que forman un juego de ballesta. Se conoce este sistema en el extranjero con el nombre de prensa americana de Boomer y Boschert» (R. de Manjarrés, 1896: 161-162); 2) Prensa Mabille de palanca; 3) Mecanismo de vaivén para el apriete rápido (R. de Manjarrés, 1896: 138-140); 4) Prensa de cubillo con mesa de hierro (Juan Marrodán, hijo, Logroño, catálogo de la empresa, 1888); 5) José Sirera y Llopart: «Perfeccionamientos introducidos en la prensa "Mabille" para el orujo de la uva» (patente de invención por veinte años, solicitada en marzo de 1880, AHOEPM) 519
9.11. Trasiego y fontanería: 1) y 2) Bombas neumáticas (tipo fuelle bordelés) para el trasiego de vino construidas por Amador Pfeiffer, Barcelona (L. Justo, 1873: 37-38); 3) Bomba volumétrica de trasiego para aceite o vino de Valls Hermanos, Barcelona (R. de Manjarrés, 1896: 244); 4) Dispositivos de fontanería: uniones, horquilla y T de división, llaves, codo, regatón, etcétera (V. C. Manso de Zúñiga y M. Díaz, 1895: 26-28) 520
9.12. Sección de una bodega de Jerez (Domecq) (J. de Hidalgo, 1871: 188-190) 522
9.13. Destilación simple con fuego desnudo y formas básicas de reflujo: 1) Se emplea un «huevo de retorno» (A. E. Collantes y A. Alfaro, 1852-1855: 508); 2) El capitel se enfría con agua (J. Cortés y Aznar, 1901: 5) 530
9.14. Destilación fraccionada y continua. Aparato destilatorio de Juan Jordana: 1) Corte transversal completo; 2) Vista lateral, suprimiendo cuatro vasos intermedios; 3) El condensador, el fondo de la chimenea y dos vasos intermedios «a vuelo de pájaro» («Explicación de la lámina del aparato destilatorio de D. Juan Jordana y circunstancias que han de observarse en construcción», en F. Carbonell, 1816: 6-25) 533
9.15. La fabricación de harina: muelas *versus* cilindros compresores: 1) Esquema de funcionamiento de un par de muelas; 2) Rayado en una muela (G. Gironi, 1875: 146); 3) Esquema de funcionamiento de un par de cilindros compresores 537
9.16. Molinos de muelas: 1) Molinos transportables (C. Camps Armet, s. a. [1888-1891]: V, 196); 2) Instalación movida por locomóvil con piedras de La Ferté (Trigueros e Hijos, Málaga, catálogo de la empresa); 3) Fábrica «movida por máquina de vapor, tipo Corliss de La Maquinista Terrestre y Marítima» (C. Camps Armet, s. a. [1888-1891]: IV, 25) ..541
9.17. Aparatos accesorios en una fábrica de harina: 1) *Elevador* «de cangilones»; 2) *Conductor para grano*; 3) *Conductor para la harina*; 4) *Arrastrador*; 5) *Montasacos*. (G. Gironi, 1875: 160-165) 542
9.18. Antonio Averly, constructor de equipos para molinería (catálogo de la empresa, Zaragoza, 1890): 1) *Deschinadora*; 2) *Eureka* y *columna despuntadota*; 3) *Limpia belga perfeccionada*; 4) *Molino de cilindros de fundición endurecida, para aplastar el trigo o abrirlo* 544
9.19. Triturador Fombuena: desagregador para producir harina: 1) El *molino Fombuena* en la fábrica de harinas de la Administración militar, instalada en los Docks (dibujo del natural, por Comba, en *La Ilustración Española y Americana*, XLVII, 22 de diciembre

de 1884: 380); 2) El triturador básico (R. de Manjarrés, 1896: 119); 3) El mismo triturador, cubierto, preparado para pulverizar fosfatos (M. López Martínez, J. de Hidalgo y M. Prieto, 1885-1889: vol. I, 79) 547

10.1. La dasonomía (ciencia de montes) y sus partes de acuerdo con la propuesta de A. Pascual (1855) en el *Diccionario de agricultura práctica y economía rural* 562
10.2. Miguel Bosch fue designado jefe de la comisión que debía evaluar los daños ocasionados por las riadas del Júcar acaecidas en 1864: 1) Plano de la cuenca con identificación de la zona inundada; 2) Sección del Regajo de Cautabán; 3) Maderas acumuladas haciendo el efecto de «presa» al curso del agua. (M. Bosch, 1866) 567
10.3. El establecimiento de la Escuela de Montes en El Escorial en 1868 facilitó que se acometiera la repoblación de las descarnadas laderas del monte Abantos 570
10.4. Troza de madera labrada según el método de Rossmaessler (*Memoria*, 1859-1861) ...572
10.5. Croquis forestal de la mesa real de Urbasa, firmado por el ingeniero Díaz Labiada y con el visto bueno de Pascual 573
10.6. Mapa levantado por Lucas Olazábal en 1857 y presentado ese mismo año en la Exposición de Agricultura 575
10.7. Representación de un monte antes y después de su ordenación (ilustraciones: Fernando Ruiz) 579
10.8. A partir de 1865 se obliga a resinar por el método Hughes 586
10.9. El brugo (A. García Maceira, 1895) 590
10.10. Descripción micrográfica (J. M. Castellarnau, 1894): 1) *Pinus pinaster* y *pinus silvestris*); 2) *Quercus ilex* y *quercus pyrenaica* 593
10.11. Modelo de aserradero de la obra de E. Pla y Ravé (1880) e imagen del construido en la pradera de Valsaín 595

11.1. El *Informe* de la Junta Facultativa del Cuerpo de Ingenieros de Montes (1855) y la *Clasificación general de los montes públicos* (1859): 1) Portada del *Informe* emitido por la Junta Facultativa del Cuerpo de Ingenieros de Montes, el 8 de octubre de 1855, para fijar los criterios científicos que habían de regir la desamortización forestal; 2) Una página de la *Clasificación general de los montes públicos* aprobada por Real Orden de 30 de septiembre de 1859 612
11.2. «Croquis del Monte denominado Monte Alto, término municipal de Zuera»: *Colección de croquis y Memorias redactadas por el Ingeniero Dn. Alejandro Mola de los montes exceptuados de la venta por la especie arbórea, correspondientes a los partidos judiciales de La Almunia, Belchite, Caspe, Pina y Zaragoza*, año forestal 1888-1889 623
11.3. La dureza de la lucha por la defensa de los montes públicos: 1) Obelisco de homenaje a «los primeros forestales que lucharon contra la incomprensión popular», en el monte de Oteo de Losa, valle de Losa, Las Merindades, Burgos (fot.: Antonio Villasante Plágaro); 2) Modelo de hitos para el amojonamiento de los montes públicos, aprobado por Real Orden de 16 de mayo de 1882; 3) Hito de primer orden instalado en el año 2005 en el amojonamiento total del monte de utilidad pública número 393 de los de la provincia de Zaragoza (fot.: Ignacio Pérez-Soba) 629
11.4. Croquis forestal del monte «Bañares y sus derivados», sito en los términos municipales de Segura de la Sierra y Santiago de la Espada (Jaén): Sin fecha, es obra de la Comisión especial de deslindes de la sierra de Segura, que funcionó entre 1858 y 1863, y puede atribuirse al ingeniero de montes Salvador Cerón Martínez (E. Araque y E. Moya, 2009: 176) 631
11.5. Hoja segunda del plano de deslinde total del monte denominado «Gabarri», del término municipal de Salvatierra de Esca (Zaragoza): Fechado el 30 de junio de 1883, es también obra de Alejandro Mola y Mestre 633
11.6. Estatua dedicada a Sebastián Vidal y Soler en el Jardín Botánico de Manila (fotografía-recuerdo y postal coloreada) 637

12.1. Semáforos dieciochescos: 1) Semáforo Chappe (L. FIGUIER: *Les Merveilles de la Science*, t. 2, París, 1868: 52); 2) Semáforo Betancourt-Breguet (*Mémoire sur un nouveau télégraphe et quelques idées sur la langue télégraphique*, 1797, Bibliothèque de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, París, MS 4º 826 pièce 1) ..... .651
12.2. Semáforo de Rancaño y Vasconi (J. OLLÉS DE REGALES: *Arte de hablar desde lejos*, Zaragoza, s. a. [1801]) ..... .653
12.3. Semáforo del marqués de Ureña: 1) El aparato instalado en la torre telegráfica del Pabellón de Ingenieros o Gobierno Militar de Cádiz (C. SÁNCHEZ RUIZ: «Las líneas telegráficas de Cádiz (1805-1820)», en J. M. Cobos *et al.* (eds.): *X Congreso de la SEHCYT, Badajoz*, 2011: 1.046-1.059); 2) y 3) Maqueta (de 1829 o anterior) del primitivo *tren telegráfico*. Se conserva en el museo de la Academia de Ingenieros, en Hoyo de Manzanares (*Estudio histórico del Cuerpo de Ingenieros del Ejército*, t. 2, Madrid, 1911: 284 y 285) ..... .654
12.4. Primer semáforo civil de Mathé (de doble bastidor): 1) Croquis del artículo «Telegrafía española. Invento del brigadier D. José María Mathé, coronel del Cuerpo de Estado Mayor», firmado «A. de L.», *La Revista Militar*, abril de 1849; 2) Fotografía de 1856 de la Real Casa de la Aduana, hoy Ministerio de Hacienda, en la calle de Alcalá de Madrid, con la torre telegráfica que era la cabecera de la línea de Valencia (Biblioteca Nacional, sign. 17/32/31) ..... .661
12.5. Otros semáforos de Mathé: 1) Aparato utilizado en la línea militar Vitoria-Pamplona en la primera guerra carlista («Telégrafos españoles», por F. NAVARRO VILLOSLADA, *Semanario Pintoresco Español*, 16 de mayo de 1841); 2) Segundo semáforo civil, de un solo bastidor y bola lateral, empleado en la línea Madrid-Cádiz (M. R.: «Los telégrafos en España», artículo firmado, *La Ilustración*, 3 de mayo de 1851); 3) Aparato montado en la torre de Granollers, de la línea Barcelona-Vic. Memoria firmada por el teniente de Ingenieros Bernardo Paternó y González en mayo de 1849 (Archivo de la Corona de Aragón, Comandancia de Ingenieros, caja 306, leg. 1.849) ..... .662
12.6. Reconstrucción ideal del telégrafo de Salvà y croquis del montaje de los aparatos en la línea militar Montjuïc-Ciudadela de Garcés de Marcilla): 1) Antonino Suárez imaginó así la experiencia de Salvà (A. SUÁREZ SAAVEDRA: *Tratado de telegrafía*, t. I: *Historia universal de la telegrafía*, Barcelona, 1880: 334); 2) Ambrosio Garcés utilizó en su línea aparatos de cuadrante de Breguet (A. GARCÉS DE MARCILLA: *Manual de telegrafía eléctrica para uso de los empleados de los telégrafos militares de Cataluña*, Barcelona, 1853) .... .666
12.7. Línea de Telégrafos y aisladores utilizados en el siglo XIX: 1) En el puerto de Pajares (1927), la línea telegráfica está montada como se hacía a finales del siglo anterior (Archivo de Telefónica); 2) De arriba abajo y de más antiguo a más moderno, aislador de orejas, de grapa, Martínez Zapata y Duthu (F. PÉREZ BLANCA: *Tratado elemental de telegrafía práctica*, t. I, Madrid, 1881, lám. 16) ..... .668
12.8. Aparato de medidas eléctricas de Echenique construido por la Maison Breguet (Museo Postal y Telegráfico, Madrid) ..... .669
12.9. Receptor Morse de Bonnet «de corrientes invertidas»: *Brevet d'invention* por quince años, n.º 68.679, de «un nouveau appareil de télégraphie électrique» (París, agosto de 1865; Institut National de la Propriété Industrielle) ..... .672
12.10. Estación telegráfica dúplex de Pérez Santano (Museo Postal y Telegráfico, Madrid) ..673
12.11. Conmutador de Ferrer para grandes centrales (1) y manipulador Morse automático de Compairé (2) (*El Telegrafista Español*, 29 de julio de 1889, y *Revista de Telégrafos*, 1 de marzo de 1877, respectivamente) ..... .676
12.12. Teléfono de Bell en el privilegio de Dalmau y micrófonos tipo Hughes diseñados por Paulí y Ferran para sus experimentos: 1) Privilegio de introducción por cinco años de Francisco Dalmau: «una máquina para reproducir y transmitir los sonidos y voces articuladas con su verdadero tono» (noviembre, 1877; concedido en febrero 1878; AHOEPM, exp. PR 5.753); 2) Montajes de Innocent PAULÍ y Jaume FERRAN: «Estudios sobre el micrófono con objeto de establecer su teoría», *Crónica Científica*, n.º 22, ¿25? de noviembre de 1878: 512-517 ..... .679

12.13. Estación micro-telefónica de Bonnet: 1) Memoria de la solicitud de patente por «un aparato micro-telefónico eléctrico» que presentó Enrique Bonnet en Cádiz en enero de 1882 (AHOEPM, exp. P 2.143); 2) También desaparecido, el ejemplar fue construido en los talleres de Telégrafos en fecha desconocida (J. A. GALVARRIATO: *El correo y la telecomunicación en España*, 1920: 105) 681
12.14. Estación Gower-Bell de Fregenal de la Sierra: Suministrado en 1880 por The General Telephone Agency de Londres, este aparato, con la denominación comercial de *Gower-Bell loud speaking telephone,* fue un muy exitoso desarrollo del estadounidense Frederick Allen Gower, antiguo colaborador de Bell (Museo de Telefónica) 683
12.15. Algunos de los primeros aparatos telefónicos utilizados en España: 1) Breguet; 2) y 3) Ader, modelos de pared y columna o sobremesa (Maison Breguet: *Extrait du catalogue général illustré: téléphonie*, París, 1887); 4) Blake/Bell (F. G. C. BALDWIN: *The History of the Telephone in the United Kingdom*, Londres, 1927, fig. 20) 686
12.16. Entrada de alambres telefónicos en la primera central de Madrid: Estructura montada sobre una pequeña torre del edificio del entonces Ministerio de la Gobernación (Casa de Correos, en la Puerta del Sol) (*La Ilustración Española y Americana*, 22 de marzo de 1886) 687

13.1. Proyecto de carretera de Madrid a Valencia por Contreras, del capitán de ingenieros militares Pedro Cortijo, 1833 (Archivo histórico, Ministerio de Fomento) 697
13.2. Estación de Bejucal (Cuba), 1837. La primera y más antigua del ferrocarril español (Col. I.A.C.) 701
13.3. Un patrimonio por descubrir: la estación del Grao de Valencia, proyectada por el ingeniero inglés J. Beatty, 1852 (fot.: Juan García, fondo CDR) 705
13.4. Carreteras: 1) Trazado horizontal del paso del Cerro del Cuervo en la carretera de segundo orden de Zaragoza a Castellón. *Obras Públicas de España*, 1878 (CEHOPU. CEDEX. Ministerio de Fomento); 2) Vista de la carretera por las entrepeñas del Tajo, Guadalajara (fot.: Laurent, 1858-1870; Archivo de la Demarcación del Ministerio de Fomento, Castilla-La Mancha) 706
13.5. Túnel ferroviario de Elda, Alicante, 1856 (fot.: J. Laurent, Archivo de la Demarcación del Ministerio de Fomento, Castilla-La Mancha) 710
13.6. El cilindro compresor y su aplicación en España (C. P. ESPINOSA, 1855. L.º 7.º) 714
13.7. Modelos de estaciones. Ferrocarril del Tajo (*Anales de la Construcción y de la Industria,* 1876, vol. I, lámina 11) 718
13.8. Carretera de Valencia (ing. Lucio del Valle): 1) Por las Cabrillas (1843), *Alcantarillas de rosca*; 2) A Alicante por Cullera (1846), *Alcantarillas y pontones.* (Archivo histórico, Ministerio de Fomento) 722
13.9. Túnel de La Argentera, 1890, Pradell de la Teixeta (Tarragona): 1) Boca de salida; 2) Carro con perforadora Ferroux en los trabajos de construcción (fot.: P. Audouard Deglaire, Archivo Histórico Ferroviario, Museo del Ferrocarril de Madrid) 728

14.1. Diligencia tirada por seis mulas. Al frente, el postillón; al pescante, el mayoral y el zagal («Diligencia de Oviedo a Luarca», en J. E. CASARIEGO: *Caminos y viajeros de Asturias*, Oviedo, Alsa, 1979: 55) 741
14.2. Renta por habitante como porcentaje de la combinada de Gran Bretaña y Francia, e índice de producción industrial ($ US 1970) (G. TORTELLA, 1994: 2-3) 744
14.3. Producción anual de locomotoras en España (F. CAYÓN y M. MUÑOZ, 1998: 7) 751
14.4. Locomotoras de La Maquinista Terrestre y Marítima: 1) Primera locomotora para el tranvía de Sant Andreu (1884) (C. CAMPS ARMET: *Diccionario industrial: artes y oficios de Europa y América*, vol. 3, Barcelona, A. Elías y Comp.ª, 1889: 487); 2) La *Palau*, locomotora de ancho de vía español (1888) (F. FERNÁNDEZ SANZ, 2001: 35); 3) Locomotora 0-4-0 para mercancías de 1901 para la compañía MZA (F. FERNÁNDEZ SANZ, 2001: 39) 753
14.5. Coche, furgones y vagón de finales de siglo. Compañía MZA 756

14.6. Locomotora para caminos ordinarios de Valentín Silvestre Fombuena, 1855 (*La Ilustración, periódico universal,* n.º 329, Madrid, 18 de junio de 1855) 759
14.7. Patente de invención n.º 10.313, de Francisco Bonet Dalmau: «Un aparato vehículo de varias ruedas movidas por motores de explosión», 1889 (AHOEPM) 762
14.8. Los primero automóviles hispanos «modernos»: 1) Modelo Centauro, con motor de benzina de 4,5 CV (1901) fabricado por la Cía. General de Coches y Automóviles E. de La Cuadra, Sociedad en Comandita; 2) Vehículo Castro de 14 CV (1903) 764
14.9. Vehículos de diversas marcas españolas: 1) *Anglada*, debido a Francisco Anglada (El Puerto de Santa María, 1903); 2) *Hormiger*, por Victoriano Alvargonzález y Zarracina (Gijón, 1904); 3) *Iberia*, por Manuel Vehil Velarde (Madrid, 1907); 4) *Sanchís*, por Enrique Sanchís Tarazona (Madrid, 1906) 767
14.10. Los prestigiosos Hispano-Suiza: 1) Tres vistas del bastidor T30 (1906) (P. Gimeno, 1993); 2) El 15/20 con carrocería *spider*, 1910 (cortesía de M. Lage, adap. MSS); 3) Modelo 15T, conocido como *Alfonso XIII*, en honor al rey de España, fabricado en 1912 (P. Gimeno, 1993) 771
14.11. Autobús Hispano-Suiza 25/30 CV de 1909 (M. Lage, 1995) 773
14.12. Del tiro de sangre al eléctrico: 1) Tranvía con arrastre mediante dos mulas en las calles de Sevilla (F. Marín y M. González, 2006); 2) Tranvía eléctrico, inaugural de la línea n.º 2 de Zaragoza, con Manuel Escoriaza a los mandos, 1902 (Archivo CAF) 778

15.1. Barco-buceador de Cosme García, patente francesa de 1861 (Institut National de la Propriété Industrielle, INPI) 789
15.2. Primer *Ictíneo* y primera tripulación. (*La Abeja*, 1863, y fotografía de origen desconocido) 792
15.3. De las aplicaciones del *Ictíneo* y su segunda versión: 1) *Memoria* de 1860; 2) Atrezzo para la película *Monturiol, el senyor del mar* (1993) 800
15.4. Planos del *Ictíneo II*, reproducidos de la publicación póstuma de Monturiol, *Ensayo sobre el arte de navegar por debajo del agua* (1891) 803
15.5. Planos y fotografia del *Peral*: 1) Plano reproducido de *La Ilustración Española y Americana*, 60 (32), 30 de agosto de 1916: 508-509; 2) Fotografía de 1888 reproducida en la *Rivista Maritima* (Italia) 809
15.6. Plano del aparato o caja de profundidades del *Peral* (Colección «Peral y Caballero, Isaac», Archivo Histórico Nacional, Madrid) 812
15.7. El *Peral* en el arsenal de la Carraca, 1889 (*La Ilustración Española y Americana*, 33 (32), 30 agosto de 1889: 121) 814
15.8. Pruebas oficiales del *Peral* en 1890 819
15.9. El submarino eléctrico de Cabanyes-Bonet (*El Telegrafista Español,* 1889) 828
15.10. La nave submarina de Antonio Sanjurjo Badía (1837-1919). Dibujos de Íñigo Echenique 831
15.11 Lámpara acuática de Manuel Masdeu de Borja y Tarriu: «Aparato buzo llamado lámpara acuática» (AHOEPM, privilegio de invención 1.913, solicitado el 28 de junio de 1859; fot.: MSS) 833

Tomo II (en CD)

2.1. Telar de doble pieza de terciopelo con cuchilla circular de Ferran Alsina Parellada, 1880 (AHOEPM, patente 1.218, solicitud 29 de octubre de 1880) 159
2.2. Francisco de A. Durán Cañameras (Martorell, 1838 – Sabadell, 1902) (Colección particular de Esteve Deu) 161
2.3. Máquina desmotadora de R. Baciana, Sabadell, fines s. XIX (Colección particular de Esteve Deu) 164
2.4. Máquina de lavar la lana Abelló, 1885 (*Gaceta de la Producción Lanera*, 10-VIII-1885) ...166

3.1. Conservas Antonio Alonso, en el Areal (Vigo): Fundada en 1873, hacia 1890 Alonso encargará el diseño de la ampliación de su fábrica del Areal al ingeniero militar Jenaro de la Fuente. El nuevo establecimiento conservero se convertirá en icono de la arquitectura industrial modernista viguesa. Hojalata litografiada con motivos artísticos relativos a Antonio Alonso, Hijos (constituida en 1918, siguieron elaborando los mismos productos que el fundador de la empresa) 185
3.2. La preparación de confituras en la industria del XIX: La primera figura representa un laboratorio de preparación de confituras y la segunda un aparato para concentrar en vacío, utilizado para la fabricación de jarabes, confitura y mermeladas (N. F. Oliván, 1917: 30 y 108) 196
3.3. Pequeña desnatadora continua: El separador de Laval apareció en 1879 y pronto suplantó a las desnatadoras de trabajo intermitentes que se venían usando en las lecherías tradicionales. La acción de la fuerza centrífuga llevaba a cabo la separación de la crema de la leche. (B. Aragó, 1892: 117-118) 206
3.4. La industria chocolatera: 1) y 2) *Memoria descriptiva de la gran fábrica de chocolates al vapor sita en el término del Escorial de Abajo, propiedad de D. Matías López y López* (3.ª edición corregida y aumentada de 1875; las anteriores fueron de 1864 y 1869, respectivamente); 3) Cartel del publicista Francisco Ortega Vereda, especialista en caricaturas satíricas sobre la monarquía de Isabel II que comenzó a trabajar para Matías López en 1875. El conocido popularmente como «Los gordos y los flacos», fue el primer cartel publicitario editado en España; 4) Otros fabricantes, como Fabián Casado (La Coruña), seguirán su ejemplo (h. 1889) 213
3.5. Maquinaria para elaboración industrial de chocolate: Valls Hermanos fue fabricante de muy diversas máquinas. (Catálogo de la empresa y C. Camps Armet, 1888) 217
3.6. Casa de calderas de dos ingenios azucareros cubanos: Flor de Cuba y San Martín (Láminas de Eduardo Laplante, en J. R. Cantero: *Los Ingenios. Colección de Vistas de los principales ingenios de azúcar de la isla de Cuba,* Habana, Lit. de Luis Marquier, 1857: 41 y 57) 221
3.7. Maquinaria de las azucareras: 1) Difusor o extractor del jugo; 2) Recalentador de vapor de agua (F. Balaguer y Primo, 1877: 284-287) 223
3.8. Tomás Trigueros, Ingeniero, constructor de maquinaria de Málaga: «Molino para moler la caña [de azúcar] movido con máquina de vapor o caballeria», y «molino movido con rueda hidráulica» (*Catálogo de Tomás Trigueros, Ingeniero, Málaga*) 225
3.9. Azucarera de Aragón (1893): Impulsada por la Granja de Modelo de Zaragoza, es la primera azucarera aragonesa (*Revista Aragón Ilustrado*, 1899). Diseñada con la colaboración de los ingenieros industriales Blas Gurruchaga Uriarte y Francisco Sánchez y Vidaurreta, junto al arquitecto Luis Aladrén, la maquinaria inicial fue de la casa alemana Braunschweigische-Maschinenbau-Anstalt 231
3.10. Elaboración de sidra: 1) Molino de cilindros para triturar las manzanas; 2) prensa vertical de husillo (B. Aragó, 1891: 29-30) 238
3.11. Bocoyes para el aderezo de la aceituna: Esta industria utiliza durante todo el siglo XIX y principios del XX bocoyes de madera como los usados en Jerez de la Frontera para criar vino. Estos barriles se empleaban tanto en la operación del «cocido» con lejía

como en la fermentación de dicho fruto en salmuera. Las aceitunas seleccionadas por calibres se exportaban a numerosos países en los barriles, con salmuera como líquido de gobierno 244
3.12. La industria del aceite de oliva y de aceitunas de mesa: Carbonell y Cía. Desde mediados del siglo XIX, el denominado capitalismo de base agraria tiene uno de sus puntales en la industria del aceite de oliva y de las aceitunas de mesa. Los grabados corresponden a los complejos industriales que la casa Carbonell y Cía. instala ya comenzado el siglo XX en Córdoba (la instalación inicial es de la década de 1880; la ampliación con la fábrica de aceite, de 1901), Pinos Puente (1913), Aguilar de la Frontera (h. 1900) y Dos Hermanas (de aderezo, 1915), respectivamente 247

4.1. Mapa del *Plan general para el alumbrado marítimo de las costas y puertos de España e islas adyacentes*, de 1847. (Reimpresión de 1858. Museo del Romanticismo) 259
4.2. La evolución en la óptica de los faros: 1) Propuesta de Antonio Gaver (1766) para el antiguo faro de Cádiz; consta de estructura de bronce, apuntalada con tirantes para resistir el embate del viento (Archivo General de Simancas, M.P. y D., L-3); 2) Para potenciar el foco luminoso, en 1819 Fresnel diseñó un nuevo dispositivo constituido por lentes escalonadas de vidrio que se impuso en los aparatos ópticos de los faros. Se reproduce la óptica catadióptrica del faro del cabo de San Sebastián (Gerona), de primer orden según el Plan de 1847 (Joan ALEMANY, 2006) 263
4.3. Sistemas de iluminación en el *Plan general para el alumbrado marítimo de las costas y puertos de España e islas adyacentes* (1847): Se establecían 6 órdenes de faros diferenciados por el alcance de su luz, siendo los inferiores los de mayor alcance. Por la apariencia de las luces, se llegaron a distinguir faros de luz fija, con eclipses, de destellos y centelleantes, usándose los colores blanco o natural, rojo y verde y aparatos dióptricos o catadióptricos para producir las apariencias. (Museo Romántico de Madrid) 264
4.4. Faro de Cabo Villano, el primero que alumbró en España con luz eléctrica (1896) (*La Ilustración Española y Americana*, 30 de enero de1896: 13) 265
4.5. Faro provisional de madera de Alicante: Proyectado por Elías Aquino, se reproduce la lámina nº 2 de la *Revista de Obras Públicas,* nº 2, 1853 267
4.6. Vistas decimonónicas y recientes de faros de sillería: 1) El faro de Chipiona (en *La Ilustración Española y Americana*, 1879, y fot. de Antonio de las Casas, 2001, Archivo Gráfico de CEHOPU); 2) El faro de Trafalgar (fot. por J. Laurent, en *Obras Públicas de España,* 1878, Biblioteca Juan García Hortelano de CEHOPU y vista actual); 3) El faro del cabo de Palos (*Revista de Obras Públicas*, 1865, nº 20, y vista de 2006 de Retama) 268
4.7. Faros de órdenes inferiores: 1) Faro de quinto orden en la isla Dragonera (*Obras Públicas de España. Alumbrado Marítimo. Planos de los faros encendidos en las costas de España. Faros del Mediterráneo*, t. II, 1878; Archivo gráfico de CEDEX-CEHOPU); 2) Faro de sexto orden de Santoña, en la Punta del Caballo (*Obras Públicas de España. Faros. Vistas de algunos de los construidos en las costas de España*, 1878; Archivo gráfico de CEDEX-CEHOPU) 271
4.8. Faros sobre pilotes de rosca en España (José Eugenio RIBERA: *Puentes de hierro económicos, muelles y faros sobre palizadas y pilotes metálicos,* 1895: lám. XIII) 273
4.9. Un faro de ultramar: el de San Nicolás, por José Echeverría (levantado en 1879): 1) En *Colección de planos correspondientes a varias de las construcciones establecidas o proyectadas por la Inspección General de Obras Públicas de las Islas Filipinas*, 1876. (Biblioteca Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos); 2) Croquis del estado en que quedó en 1881 (Archivo Histórico Nacional) 276
4.10. Emblema del cambio en las técnicas de construcción, ya en el siglo XX: el faro de hormigón armado de Punta Nador: Levantado en 1914 cerca de las costas de Larache, en Marruecos, se cuenta entre los primeros del mundo construidos con hormigón armado. Sobre su descripción técnica: J. E. RIBERA: «Faro de hormigón armado en Larache»,

Revista de Obras Públicas, 1925. (Postal de época, h. 1920, y dibujo realizado sobre base fotográfica reciente, MSS) 277

5.1. La madera y la vela: 1) Bergantín; 2) Bergantín-goleta; 3) Goleta; 4) Corbeta o bricbarca. El bergantín *María Asumpta* (fig. 1) fue construido por el maestro de azuela Nicolás Pica y Vila, botado en la Barceloneta en 1858. Era el más longevo velero cuando se perdió en Cornualles en 1995. Otro ejemplo importante fue la bricbarca palmera *La Verdad*, de Sebastián Arozena Lemus, medalla de oro en la Exposición Universal de Filadelfia (1876) por su *Atlas de arquitectura naval* y maqueta de *La Verdad*. Botado en 1873, causó sensación en los navieros de Nueva York 284
5.2. Turbinas Parsons (Ferrol): Creada en 1908, la Sociedad Española de Construcción Naval se dotó de talleres avanzados para acometer la construcción de los barcos del programa de Maura-Ferrándiz (Ley de enero de 1908). Entre ellos, el dedicado a la fabricación en Ferrol de las turbinas del tipo Parsons. (M. Ramírez Gabarrús: *La Construcción Naval Militar Española, 1730-1980*, Madrid, E.N. Bazán, 1983) 296
5.3. De ruedas a hélices: 1) Rueda de paletas orientables, mediante un mecanismo de radios articulados y reunidos en un eje excéntrico; 2) Hélices de Ericsson, revolucionaria propuesta de montar dos en tándem rotando en sentidos opuestos. Pudo instalarlas en el *sloop USS Princeton*; 3) Hélice del acorazado *Pelayo* (Toulon, 1887); 4) Hélice del crucero acorazado *Emperador Carlos V*, buque botado en Cádiz en 1895 que montaba hélices con 4 palas rectas y desmontables, sin lanzamiento ni divergencia. Sus máquinas propulsoras, fabricadas por La Maquinista Terrestre y Marítima (1896), eran de 18.500 CV en tiro forzado (véase la ilustr. 12.9, en el volumen VI de esta colección). (Ilustrs. 1 y 2, L. de Mazarredo, 1991; 3 y 4, A. de la Vega, 1986) 300
5.4. Propulsados con vapor, mediante ruedas o hélices. Ambos con casco de madera y velamen: 1) Vapor de ruedas *Vasco Núñez de Balboa* (1856-1875), botado en La Carraca en 1856, con caldera de caja hecha en el mismo arsenal; 2) Fragata de hélice *Gerona* (1864-1898), primera de la clase de la *Almansa*, fue botada en Cartagena en 1864. Con estas fragatas se consolidaba la industria española de construcción de vapores, aunque los cascos eran de madera. (José Lledó Calabuig: *Buques de vapor de la Armada española. Del vapor de ruedas a la fragata acorazada, 1834-1885*, Madrid, Agualarga, 1998) 305
5.5. Hierro y acero: 1) Primer barco mercante de hierro español, botado el 20 de agosto de 1884 en el astillero de Otero, Gil y Cía, de La Graña. Monleón grabó la botadura sobre croquis de Isidro Gil (*La Ilustración Española y Americana*, XXXIV, 1884: 147 y 149; 2) Torpedero *Ejército*, botado por la misma sociedad, llamada Industria Española, en 1887. Tenía los fondos y sobrecubierta reforzados con acero. (www.spanamwar.com/spantorpedoboats.htm#Ejercito) 309
5.6. El *Joaquín del Piélago,* construido en Matagorda (Cádiz, 1891): Primer buque de vapor construido en los propios astilleros de Trasatlántica y primer mercante español de acero. En el Arsenal Civil de Barcelona se fabricaron las calderas a 160 psi y las máquinas de triple expansión, de 1.256 hp a 105 rpm, con las que dio 15 nudos (Compañía Trasatlántica Española) 313
5.7. El *Destructor:* Novedoso barco diseñado por Fernando Villaamil Cueto que causó sensación en la Royal Navy y en los ingenieros británicos. Así lo recogió *The Engineer* en diciembre de 1886. En el número del 14 de enero de 1887 se ofrecía una descripción técnica completa y detallada del barco, con los planos reproducidos. Fotografía anónima de época (Servicio Histórico del E. M. de la Armada, Madrid) 315
5.8. Juan Monjo i Pons*: Curso Metódico de Arquitectura Naval* (Barcelona, 1856): Se aborda la arquitectura naval de los veleros, incluyendo también la construcción. Esta obra es la primera de las tres propuestas de Monjo para mejorar la condición de los constructores de buques mercantes 327

6.1. Las barcas submarinas de Jerónimo de Ayanz (1553-1613): Dibujo reconstrucción de Nicolás García Tapia (Privilegio de 1606 de Jerónimo de Ayanz, libro de Cédulas, Archivo de Simancas, sección Cámara de Castilla. Núm. de inventario 174, reproducido de N. García Tapia, 2001) ..... .333
6.2. El *Turtle* de David Bushnell (1742-1826): Bushnell es considerado como el pionero de la navegación submarina moderna en su aplicación militar ..... .335
6.3. Uno de los *Nautilus* de Robert Fulton (1765-1815): Hasta 1804, Fulton propuso al menos 5 proyectos de submarino, que empezó a denominar *Nautilus*. El grabado muestra una copia del que se conserva en los Archives Nationales de París, datado en 1798, correspondiente a su segundo intento (plano reproducido en H. W. Dickinson, 1913) . .337
6.4. El *Brandttaucher* (buzo incendiario) de Wilhelm Bauer (1822-1875): Contemporáneo de Cosme García y de Monturiol, Bauer es el técnico que produjo los proyectos de navegación submarina más destacados a mediados de siglo xix. La propulsión del *Brandttaucher* era manual, a cargo de uno de los tres tripulantes, que accionaba una rueda conectada con la hélice. Los ensayos comenzaron en diciembre de 1850. El 1 de febrero de 1851, el submarino se hundió en el puerto de Kiel a casi 20 metros de profundidad ..... .339
6.5. Brutus de Villeroi, la conexión francesa y americana: Nacido en Tours, en 1856, Villeroi emigró a los Estados Unidos, donde tuvo más fortuna con su propuesta de nave submarina, que fue construida para la Marina de la Unión en la guerra de Secesión americana. Su *Alligator*, que aparece en el grabado, fue construido en 1862. Inicialmente, la propulsión era con remos, pero pronto introdujo una hélice ..... .341
6.6. El submarino de Nordenfelt *Abdülhamid* de la Armada otomana (1886): La originalidad del buque del empresario sueco Thorsten Nordenfelt (1842-1920) era su propulsión a vapor, que impulsaba el submarino cuando navegaba en superficie. Al mismo tiempo, acumulaba aire comprimido, que era lo que servía de propulsión al buque sumergido. Nordenfelt vendió un submarino a la Marina griega y dos a la otomana. Uno de ellos, el *Abdülhamid*, que es representado en el grabado, disparó un torpedo sumergido, quizás el primer submarino en hacerlo (el *Peral* lo ensayaría en 1889) ..... .344

Índice de cuadros

0.1. Industria fabril: distribución sectorial, según la *Contribución industrial y de comercio*, excluidos Navarra y el País Vasco (salvo en la columna 1973*b*). (J. Nadal: «La industria fabril española en 1900. Una aproximación», pp. 52-53) 13

Tomo I

2.1. Disposiciones más relevantes en materia de legislación minera a lo largo del siglo xix. . . 151
2.2. Sistemas de explotación 165

3.1. Distribución de la producción siderúrgica en España en 1848 (en toneladas) (*Gaceta de Madrid*, 29 de julio de 1849) 206
3.2. Decadencia de las ferrerías guipuzcoanas en la segunda mitad del siglo xix (S. Múgica, s. a.: 490) 207
3.3. Consumo de mineral de hierro en Asturias, según origen geográfico, en porcentajes, 1884 (*EMME*, 1884: 129-130) 222
3.4. Producción y venta de productos siderúrgicos de Altos Hornos de Bilbao, La Vizcaya y La Iberia, en t, 1885-1903 (P. Alzola, 1904) 226
3. 5. Evolución de los precios de ciertos productos siderúrgicos (A. Barthe, 1913: 501-502) . . 226

4.1. De la protección en el Arancel de 1882 (J. M.ª Serrano Sanz, 1987: 62) 242
4.2. Motores y potencia de la industria fabril en 1862 (citado en J. Maluquer de Motes, 1983: 5; tomado de F. J. de Bona: «Industria fabril de España: agentes dinámicos», *Las Antillas*, 14-19, 25 de junio a 10 de septiembre de 1867) 260
4.3. Sobre el aprovechamiento hidráulico en España por comunidades autónomas (elaborado a partir de C. Sudrià y M.ª I. Bartolomé, 2003) 262
4.4. Precios de turbinas en 1872, expresados en pesetas (reales/4), del sistema Moreno (Gerona), según la altura del salto hidráulico (H) y la potencia que es capaz de generar (en CV). La última línea corresponde a Sucesores del Sr. Aldea, de Valladolid (G. de Vicuña, 1872: 75-77) 273
4.5. Algunos de los privilegios hispanos relevantes sobre turbinas hidráulicas. Considerando turbinas Fontaine y Jonval-Koechlin, varios de los privilegios de invención proponen mejoras en los sistemas de definición del gasto y la quicionera, a donde va el pivote del eje soporte (como ilustración de este grupo solo se refleja el 2.062, de Amador Pfeiffer). (Nota: La «duración» se expresa en años; en «documento», E significa expediente, D&P memoria descriptiva y plano) 292
4.6. Distribución regional y sectorial de las turbinas Planas, 1858-1910 (J. Nadal, 1992*b*: 68) . . 295
4.7. Turbinas Averly, 1869-1913 (A. Sancho, 1997) 300
4.8. Patentes hispanas puestas en práctica relativas a turbinas hidráulicas (la 22.359, en Zaragoza; la 29.113, en Manresa; el resto, en Santander) 301

5.1. Ciclo productivo de la industria algodonera en la segunda mitad del siglo xix 314
5.2. Principales hitos de la innovación de la industria algodonera en España 315
5.3. La hilatura de algodón en Cataluña, 1807-1913 (husos) (J. Nadal, 1991*a*; J. Nadal, J. Benaul y C. Sudrià, 2012: 108) 316
5.4. Máquinas encargadas por empresas españolas a las casas constructoras de Lancashire, 1878-1914 (miles de husos) (G. Saxonhouse y G. Wright, 2004: 143) 317
5.5. Tamaño y velocidad de las máquinas de hilar encargadas por empresas españolas a los constructores de Lancashire, 1878-1906 (G. Saxonhouse y G. Wright, 2004: 143) . . . 317

5.6. Ciclo productivo de la manufactura lanera y estambrera a fines del siglo XIX 324
5.7. Mecanización de la lana cardada en el siglo XIX 325
5.8. Técnicos extranjeros en la industria lanera, 1816-1850 332
5.9. Participación de la importación en el total de la maquinaria adquirida por empresas catalanas, 1870-1909 (% en cada fase de producción) (E. DEU y M. LLONCH, 2008: 23) 339
5.10. Patentes registradas de las industrias textiles por residentes en España, 1870-1914 (base de datos de la OEPM; elaboración de Esteve Deu Baigual; revisión del autor) 341
5.11. Empleo de los ingenieros industriales asociados en la industria textil (IT), frente al total de actividades (TA), 1885-1913 (Asociación de Barcelona: 1888, 1895 y 1912; Asociación Central: 1885 y 1913) (R. GARRABOU, 1982: 128-129) 347

6.1. Relación de fábricas de gas existentes en España (elaboración propia según el censo de 1861) 384

9.1. «Estadístico del número y naturaleza de las prensas existentes en España en el año de 1878» (D. PEQUEÑO, 1879: 331) 496
9.2. «Comparación de técnicas de molienda y prensado empleadas en el siglo XIX» (F. J. FUENTES GARCÍA, T. ROMERO y R. VEROZ, 1998) 498

11.1. Resumen de la *Clasificación general de los montes públicos* aprobada por Real Orden de 30 de septiembre de 1859 616
11.2. El conjunto de los montes exceptuados de la desamortización, según la *Clasificación general de los montes públicos* (1859) y el *Catálogo de montes públicos exceptuados de la desamortización* (1862) 618
11.3. «Resumen del Estado de la superficie forestal pública de la Península e islas adyacentes en el año 1877» 621
11.4. Montes públicos sin interés general y de utilidad pública en el conjunto de España, según la comisión clasificadora de 1897 (L. CALVO, 2001: 372) 626
11.5. Aprobaciones en 1862-1900 de deslindes y amojonamientos de montes públicos realizados por los distritos forestales, clasificados por años 632
11.6. Aprobaciones en 1862-1900 de deslindes y amojonamientos de montes públicos realizados por los distritos forestales, clasificados por provincias. 634

14.1. Tiempos de viaje desde Madrid en 1775 y 1850, con sus reducciones porcentuales (S. MADRAZO, 1991: 155) 742
14.2. Vehículos matriculados anualmente y estimación del parque total (M. LAGE, 2005: 348). 774
14.3. La extensión de la red de tranvías (A. HERRANZ, 2004: 42) 777

RECUADROS VARIOS

Presentación. Acuerdo Torres Quevedo-Kindelán 36
Presentación. Aeroplano de los Sres. Olivert y Brunet 41

Cap. 1. Algunos conceptos en el siglo XIX: mineralogía, geología y paleontología 109
Cap. 1. Períodos en la historia de las ciencias de la Tierra en España en el siglo XIX 113

Cap. 2. Glosario de algunos términos mineros 154

Cap. 11. Principales normas y actos administrativos dictados de 1833 a 1901 en relación con la defensa de la propiedad forestal pública 606

TOMO II (en CD)

5.1. Número de barcos en cada rango de velocidad para cada país (A-H representa a Austria-Hungría; XX, al resto). (Elaboración propia a partir de N. BARNABY, 1904: 220-225) 291
5.2. Distribución de la flota mercante el 1 de enero de 1883 312
5.3. El avance del vapor se dispara de modo definitivo en los años del cambio de siglo en los registros de todo el mundo, en detrimento de los veleros (A. de la VEGA, 1986: 143) .319
5.4. Tonelaje de registro bruto mercante producido e importado en España 320
5.5. Lugar de construcción de los mercantes en enero de 1886 321
5.6. Astilleros del Reino Unido que construyeron los vapores 321
5.7. Evolución de la flota mercante española con más de 50 toneladas de registro bruto (trb) entre 1840 y 1901 (R. ARROYO RUIZ-ZORRILLA, 2001: 141) 323
5.8. Importación de buques mercantes en la segunda mitad del siglo (R. ARROYO RUIZ-ZORRILLA, 2001: 143) 324

A.1. Ingenieros civiles (es decir, no militares) españoles 350

AB.1. Algunos de los personajes parcialmente decimonónicos con apuntes biográficos en el Siglo de las Luces (volumen III). Aunque los personajes aquí relacionados se suelen considerar «ilustrados», muchos tuvieron importancia en la historia del siglo XIX. La mayoría de los que se incluyen aquí se adentraron al menos un cuarto de centuria en el Ochocientos o son explícitamente citados por alguna contribución en los volúmenes IV al presente 368
AB.2. Una perspectiva cuantitativa sobre los apuntes relacionados entre el volumen V y el presente. Dos precisiones: 1) Los números han de considerarse solo como una aproximación, pues son muchos los casos en que los personajes exhiben diferentes títulos o se dedican a tareas muy alejadas de su formación inicial; 2) La mayor dificultad para construir apuntes biográficos de los miembros que no pertenecen a los cuerpos del Estado contribuye a sesgar el perfil del conjunto 374

Vídeos

Coordinadores: M.ª Dolores Pérez Calle y Francisco Montes Tubío, Universidad de Córdoba

Almazaras

V.1. La mola olearia (1:21 minutos)
Basilio Portela García y Juan López de Herrera
V.2. La prensa de viga y quintal (3:32 minutos)
Diego García Molina y Juan López de Herrera
V.3. La prensa de torre (2:24 minutos)
Elena Bellido Vela y Luis Pablo de San Andrés Cáceres
V.4. La introducción de la prensa hidráulica (2:36 minutos)
Inmaculada Bellido Vela y Luis Pablo San Andrés Cáceres
V.5. La prensa hidráulica y el moledero troncocónico (3:05 minutos)
Beatriz Sánchez Narbón y Juan López de Herrera

Prensas para hacer vino

V.6. La prensa de husillo (1:25 minutos)
Giuseppe Palmieri y Juan López de Herrera
V.7. La prensa vertical (3:22 minutos)
María Rodríguez Mediavilla y Miguel Castro García
V.8. La prensa horizontal (2:17 minutos)
M.ª Ángeles Ramírez Fuentes y Miguel Castro García

Otros

V.9. El molino de Lope García (5:07 minutos)
Joaquín Pérez Hernández y Antonio Ortiz
V.10. Los hornos de Idria en Almadén (2:44 minutos)
M.ª Dolores Pérez Calle y José Tejero Manzanares

Índice

Presentación: De las alturas... y de otras muchas cosas además
Manuel Silva Suárez 7
0.I. Un paseo por las alturas: de aeronáutica y transbordadores aéreos ..15
0.I.1. La aerostación: el vuelo de lo menos pesado que el aire 20
0.I.2. La aviación: el vuelo de lo más pesado que el aire 37
0.I.3. Los transbordadores o tranvías aéreos 48
0.II. Sobre el *saber hacer*, su predictibilidad y su fomento 51
0.II.1. Del dicho al hecho: la importancia del *saber hacer* 51
0.II.2. Predictibilidad del hecho técnico 58
0.II.3. El papel de la Administración hispana: ¿fomento o entorpecimiento? 65
0.III. Una perspectiva sobre el volumen 80

Tomo I

1. Mineralogía, geología y paleontología
Jaime Truyols Santonja y Leandro Sequeiros San Román 107
1.I. La arqueología del saber en mineralogía, geología y paleontología en España 110
1.II. Los inicios de la mineralogía, la geología y la paleontología 111
1.II.1. ¿Pueden diferenciarse períodos en la historia de las ciencias de la Tierra en España? 112
1.II.2. Una propuesta de periodización 112
1.II.3. Tres períodos de baja intensidad: entre 1808 y 1849 113
1.II.4. De 1849 a 1873: los primeros mapas geológicos de España 114
1.II.5. Los vaivenes administrativos: la Junta General de Estadística (1859-1868) y la Comisión del Mapa Geológico de España (1870-1910) 118
1.III. La época gloriosa de las ciencias de la Tierra en España: la Restauración (1873-1910) 120
1.III.1. La época de Manuel Fernández de Castro y Lucas Mallada 120
1.III.2. Mallada y el mapa geológico de España 121
1.III.3. Mallada y la paleontología 123
1.IV. Mineralogía, geología y paleontología en el quicio de dos siglos ...125
1.IV.1. La orientación pragmática de los estudios de mineralogía, geología y paleontología en el siglo XIX 125
1.IV.2. La aportación de un naturalista: Juan Vilanova y Piera 125
1.IV.3. La Ley Moyano (1857) 126
1.IV.4. La circular de Orovio (1875) como revulsivo para la ciencia del siglo XIX .127
1.IV.5. La introducción en España de las modernas técnicas de mineralogía microscópica: José Macpherson 127
1.IV.6. Las aportaciones de los miembros de otras instituciones académicas ...128
1.IV.6.1. Las academias de Ciencias de Madrid y Barcelona 128
1.IV.6.2. El Museo de Geología del Seminario de Barcelona 129

1.V. Los conflictos ideológicos de la mineralogía, la geología y la paleontología 130
1.V.1. El registro fósil y la edad de la Tierra como fuente de conflictos 133
1.V.2. La aceptación crítica del darwinismo 134
1.VI. Algunas conclusiones 136
1.VI.1. Las aportaciones científicas de los ingenieros y los geólogos 136
1.VI.2. ¿Hubo en España producción y modernidad en ciencias de la Tierra? 137
1.VI.3. ¿Hubo en el siglo XIX investigación en ciencias de la Tierra? 138
Bibliografía 138

2. Ingeniería minera: técnicas de laboreo y tratamiento mineralúrgico
Luis Mansilla Plaza y José María Iraizoz Fernández 143
2.I. Apuntes sobre la minería española a lo largo del siglo 144
2.I.1. Desde los comienzos hasta 1840 145
2.I.2. Los años centrales del siglo (1840-1868) 145
2.I.3. España, una gran potencia minera (1868-1900) 148
2.II. El marco legislativo 149
2.III. Áreas geográficas mineras 151
2.III.1. Sierra Morena y el sureste: Plomo 152
2.III.2. Vizcaya, Cantabria y Granada: Hierro 152
2.III.3. La Faja Pirítica 152
2.III.4. Almadén: Mercurio 153
2.III.5. Asturias, León, Palencia, Teruel y Sierra Morena (Sevilla, Córdoba y Ciudad Real): Carbón 153
2.IV. La tecnología minera a lo largo de la centuria 155
2.IV.1. La investigación minera de los yacimientos 156
2.IV.2. El laboreo de minas 157
2.IV.2.1. Minería de interior 157
2.IV.2.1.1. Labores de acceso principales 157
2.IV.2.1.2. Labores de preparación 164
2.IV.2.1.3. Labores propias de explotación o disfrute 164
2.IV.2.1.4. Trabajos auxiliares en la minería de interior 168
2.IV.2.1.4.1. Transporte horizontal (acarreo) 168
2.IV.2.1.4.2. Ventilación 171
2.IV.2.1.4.3. Desagüe 172
2.IV.2.1.4.4. Iluminación y seguridad 173
2.IV.2.2. Minería a cielo abierto 175
2.V. El tratamiento mineralúrgico 177
2.VI. Los ingenieros de minas y el desarrollo de la tecnología minera 180
2.VII. A modo de conclusión 182
Bibliografía 184

3. La siderurgia: cambio técnico y geografía industrial
Emiliano Fernández de Pinedo y Rafael Uriarte Ayo 189
3.I. El declive del procedimiento directo y los inicios de la modernización siderúrgica (1780-1830) 190

3.II. El alto horno al carbón vegetal: una geografía industrial renovada (1830-1860) 200
3.III. La siderurgia al coque y las nuevas tecnologías del acero (1860-1900) 218
3.IV. Conclusiones 227
Bibliografía 229

4. La industria metalmecánica: aproximación a los motores hidráulicos
Manuel Silva Suárez y Agustín Sancho Sora 235
4.I. Situación de partida y barreras de entrada 238
4.II. El proceso de acumulación tecnológica y las bases estratégicas 249
4.II.1. De la reparación a la construcción 249
4.II.2. Las bases estratégicas: especialización flexible 253
4.III. El interés de la energía hidráulica 258
4.IV. Motores y constructores 264
4.IV.1. Aproximación preliminar a los tipos de motores y a los textos españoles 264
4.IV.1.1. Monografías 267
4.IV.1.2. Diccionarios técnicos y manuales generales 269
4.IV.2. Constructores: marco de actuación 270
4.IV.3. Sobre los principales constructores de turbinas: una perspectiva desde los textos 272
4.V. Apuntes sobre tipos de motores construidos 276
4.V.1. Las ruedas hidráulicas 277
4.V.2. Las turbinas: breve apunte histórico preliminar 280
4.V.3. Turbinas de inventores o constructores españoles 291
Bibliografía 303

5. La industria textil: mecanización, transferencia de tecnología y organización productiva
Josep M. Benaul Berenguer 311
5.I. Pautas de la mecanización de la industria algodonera en Cataluña 313
5.I.1. Preparación e hilatura 315
5.I.2. Tejeduría 318
5.I.3. Blanqueo, impresión, tinte y otros acabados 319
5.II. Mecanización demorada en la industria lanera 323
5.II.1. La lana cardada 326
5.II.2. La industria estambrera 328
5.III. Transferencia y construcción de capacidades tecnológicas 329
5.III.1. Técnicos y obreros cualificados extranjeros 330
5.III.2. Viajes y estancias en el extranjero de empresarios y técnicos españoles 334
5.III.3. Constructores de maquinaria: hegemonía de los proveedores extranjeros y primeros desarrollos de la industria española 338
5.III.4. Resortes secundarios 344

5.IV. Cambio tecnológico y organización industrial en la manufactura algodonera 348
5.IV.1. De la especialización a la integración vertical 348
5.IV.2. La organización del trabajo en la hilatura 350
Bibliografía 359

6. La introducción del gas para el alumbrado
Francesc X. Barca Salom y Joan Carles Alayo Manubens 367
6.I. Primeros pasos de la industria del gas en Europa 367
6.II. Los inicios del gas en España 369
6.II.1. El gasógeno de la Lonja de Mar de Barcelona y su repercusión en Madrid 371
6.II.2. La fábrica de gas del Palacio Real de Madrid 375
6.II.3. Las primeras fábricas españolas que distribuyen gas 378
6.III. Alternativas a la ausencia de carbón 386
6.IV. Evolución de la tecnología estándar 390
6.V. Evolución de los usos del gas 393
6.VI. A modo de conclusión 397
Bibliografía 399

7. Las transformaciones tecnológicas de la agricultura, 1814-1914: una visión de conjunto
Juan Pan-Montojo 403
7.I. La innovación técnica en la agricultura decimonónica: una caracterización general 404
7.II. La ingeniería agronómica: establecimientos agronómicos y difusión tecnológica, 1876-1914 414
7.III. La lucha antiplagas 421
7.IV. Nuevos cultivos y nuevas variedades: las innovaciones biológicas 427
7.V. Los fertilizantes 430
7.VI. Conclusiones 434
Bibliografía 437

8. Entre la tradición y la modernidad: el largo camino hacia la mecanización del campo
Jordi Cartañà i Pinén 443
8.I. Arados y sembradoras 444
8.I.1. La introducción de los arados modernos 445
8.I.2. Las primeras propuestas españolas 445
8.I.3. Los nuevos arados en la segunda mitad del siglo 447
8.I.4. Los arados de vapor 450
8.I.5. Las sembradoras 452
8.II. Máquinas para cosechar 455
8.II.1. Las primeras segadoras mecánicas 455
8.II.2. Las segadoras mecánicas autóctonas 458
8.II.3. La llegada del vapor al campo: aventadoras y trilladoras 460
8.II.4. Las trilladoras autóctonas 464

8.III. La fabricación de la maquinaria agrícola 470
Bibliografía 475

9. Agroindustria de la tríada mediterránea: apuntes sobre su renovación técnica
Manuel Silva Suárez y Francisco Montes Tubío 479
9.I. La elaboración del aceite: almazaras e industrias derivadas 483
9.I.1. Notas sobre el sector 483
9.I.2. Sobre los molinos: entre la piedra y el hierro, y otros intentos 485
9.I.3. Desde las prensas tradicionales a las férreas de husillo 488
9.I.4. Un paso más: las prensas hidráulicas 492
9.I.5. El método Acapulco: filtración *versus* prensado 499
9.I.6. Extracción química del aceite de orujo 501
9.I.7. Refinado y refinerías 504
9.II. La elaboración del vino: de lagares y bodegas 506
9.II.1. Notas sobre el sector 508
9.II.2. Mentalidades a través de dos textos descriptivos: del saber y el deber hacer 510
9.II.3. Operaciones mecánicas en la elaboración del vino 514
9.II.3.1. Del pisado a la mecanización: despalilladoras y estrujadoras 514
9.II.3.2. El prensado: durante la centuria es vertical 518
9.II.3.3. Trasiegos 520
9.II.4. Apuntes sobre la literatura enológica hispana: el vino y la química 522
9.II.5. Aguardientes y alcoholes: la destilación 528
9.III. La elaboración de la harina: de molinos a fábricas 535
9.III.1. Notas sobre el sector 535
9.III.2. Fábricas de muelas 540
9.III.3. La molienda moderna: molinos de cilindros y trituradores 543
9.IV. Algunas reflexiones finales 548
Bibliografía 550

10. Dasonomía y práctica forestal
Inés González-Doncel y Luis Gil 559
10.I. Antecedentes 560
10.II. Inicios de la ciencia de montes 561
10.III. Primeros trabajos 564
10.IV. ¿Producción o protección? Las repoblaciones 566
10.V. Estadísticas de la producción 572
10.VI. La ordenación de los aprovechamientos 576
10.VII. Los *esquilmos* mediterráneos 584
10.VIII. Los «enemigos» del monte 589
10.IX. Las comisiones científicas 592
10.X. Epílogo 596
Bibliografía 597

11. La defensa de la propiedad de los montes públicos
Ignacio Pérez-Soba Díez del Corral 603
11.I. Antecedentes e inicio de la investigación de la propiedad forestal en España 603
11.I.1. La investigación de la propiedad forestal antes de la creación de la Escuela de Ingenieros de Montes (1575-1846) 603
11.I.2. «La ciencia asociada a la Administración»: la Escuela de Ingenieros de Montes y las comisiones de reconocimiento de los montes públicos (1848-1859) 605
11.II. Desamortización y contradesamortización forestal 608
11.II.1. La Ley de 1 de mayo de 1855, de Desamortización Civil 608
11.II.2. La reacción del Cuerpo de Ingenieros de Montes: el *Informe* de 8 de octubre de 1855 610
11.III. La defensa de la existencia de la propiedad forestal pública: la lucha contradesamortizadora del Cuerpo de Ingenieros de Montes 614
11.III.1. El Ministerio de Hacienda declara la guerra a los ingenieros de montes 614
11.III.2. La *Clasificación general de los montes públicos* (1859) 615
11.III.3. El *Catálogo de los montes públicos exceptuados de la desamortización* (1862) 617
11.III.4. La lucha del Cuerpo de Montes contra las ventas ilegales 619
11.III.5. La rectificación del *Catálogo de montes exceptuados* (1877-1896) 620
11.III.6. La creación del concepto de monte de utilidad pública (1893-1896) .624
11.III.7. La formación del *Catálogo de montes de utilidad pública* (1897-1901) 625
11.IV. La defensa de la integridad de la propiedad forestal pública: los deslindes y amojonamientos 628
11.IV.1. Los ataques contra la integridad de los montes públicos y la complicidad del caciquismo 628
11.IV.2. La «Comisión especial de deslindes de la sierra de Segura» (1858-1863) y la «Comisión regia de deslindes» (1865-1869) 630
11.IV.3. Los deslindes y amojonamientos practicados por los distritos forestales (1862-1900) 631
11.V. Los ingenieros de montes y la propiedad forestal pública en ultramar 636
11.V.1. La creación de las inspecciones de Montes en Cuba, Puerto Rico y Filipinas 636
11.V.2. Los inventarios de montes públicos en ultramar y las leguas comunales de Filipinas 636
11.V.3. Los baldíos y los realengos 639
11.V.4. Los deslindes de montes en ultramar 640
11.V.5. Epílogo en ultramar: *Qui potest capere, capiat* 641
11.VI. Balance finisecular 641
Bibliografía 643

12. La tecnología telegráfica y telefónica
Jesús Sánchez Miñana 647
12.I. Telegrafía óptica 649
12.I.1. Los pioneros en España: Jiménez Coronado, Betancourt y la escuela de Zaragoza 650
12.I.2. Los telégrafos de Cádiz 654
12.I.3. Iniciativas durante el reinado de Fernando VII 655
12.I.4. Los Reales Telégrafos de Lerena 656
12.I.5. En la primera guerra carlista 658
12.I.6. En la Década Moderada: las líneas civiles de Mathé 659
12.I.7. La red catalana de la *guerra dels Matiners* 663
12.II. Telegrafía eléctrica 665
12.II.1. Primeros pasos en España 665
12.II.2. Las líneas 667
12.II.3. Las estaciones: transmisor y receptor Morse 670
12.II.4. Las estaciones: pilas 671
12.II.5. Las estaciones: aparatos auxiliares 672
12.II.6. Morses más rápidos 673
12.II.7. El Hughes 674
12.II.8. Las transmisiones múltiples 674
12.II.9. Hacia la transmisión automática 677
12.III. La tecnología telefónica 678
12.III.1. La llegada del teléfono a España 678
12.III.2. El rápido progreso de la tecnología 680
12.III.3. La actitud del Estado 682
12.III.4. Primeras líneas y redes particulares 683
12.III.5. Proyectos de redes urbanas de servicio público 685
12.III.6. Las redes urbanas del Cuerpo de Telégrafos 687
12.III.7. Las concesiones de redes urbanas 688
12.III.8. La telefonía interurbana 689
Bibliografía 690

13. El sistema terrestre de comunicaciones: caminos y ferrocarriles. Reflexiones y testimonios
Inmaculada Aguilar Civera 693
13.I. Un reto a lo largo del siglo 693
13.II. Los primeros testimonios hacia la modernidad (1803-1834) 695
13.II.1. La visión crítica de los primeros informes 695
13.II.2. Sobre los caminos y los caminos de hierro 698
13.III. La implantación del ferrocarril en España 702
13.IV. Carreteras y ferrocarriles en los años centrales del siglo (1834-1868): pervivencias e innovaciones 704
13.IV.1 La actividad legislativa y constructiva: hacia el desarrollo de la red de comunicaciones 704
13.IV.2. La *Memoria de Obras Públicas* presentada en 1856 707

13.IV.3. El transporte ferroviario: mercado, industria e ingeniería 708
13.IV.4. Manuales, diccionarios y tratados de construcción 711
13.IV.5. Memoria del Ministerio de Fomento presentada en la Exposición Universal de París, 1867 715
13.IV.6. La tipificación de obras: el proceso hacia la normalización 717
13.V. Ferrocarriles secundarios y caminos provinciales o vecinales 723
13.V.1. Un capítulo inacabado 723
13.V.2. El ferrocarril secundario, estratégico o de vía estrecha 723
13.V.3. Carreteras provinciales y vecinales 724
13.VI. Del Sexenio Revolucionario al fin de siglo 726
13.VI.1. El Sexenio Revolucionario 726
13.VI.2. La Restauración y el desarrollo de las obras públicas 727
13.VI.3. La construcción de infraestructuras en torno al cambio del siglo 729
Bibliografía 732

14. El material móvil para el transporte terrestre
Julián Simón Calero 739
14.I. Introducción 739
14.I.1. Los medios de transporte tradicionales (1750-1850) 740
14.I.2. El problema de la industrialización española en el XIX 743
14.II. El ferrocarril 745
14.II.1. Hitos claves del ferrocarril en España 746
14.II.2. Ferrocarril y desarrollo industrial 747
14.II.3. La fabricación de locomotoras en el mundo 749
14.II.4. La fabricación de locomotoras en España 750
14.II.4.1. Las dos primeras locomotoras españolas 751
14.II.4.2. Producción hasta el final del siglo 752
14.II.4.3. Actividad en 1900-1914 754
14.II.5. Coches y vagones 755
14.II.6. Conclusiones 757
14.III. Automóviles 757
14.III.1. Desarrollo del automóvil 758
14.III.2. El automóvil en España 759
14.III.2.1. Bonet 761
14.III.2.2. La Cuadra 762
14.III.2.3. Castro 765
14.III.2.4. Otras marcas 765
14.III.2.5. Anglada 768
14.III.3. La Hispano-Suiza 769
14.III.3.1. Los primeros Hispanos 769
14.III.3.2. Los vehículos de competición y los industriales 772
14.III.4. A modo de valoración 773
14.III.4.1. Expansión del automóvil en España 773
14.III.4.2. Evolución técnica e industrial 775

14.IV. Los tranvías 775
14.IV.1. La red 777
14.IV.2. La electrificación 777
14.IV.3. La electrificación en España 779
14.IV.4. El material rodante 779
14.V. Reflexión final 780
Bibliografía 780

15. La navegación submarina: un reto apasionante
Antoni Roca Rosell 785
15.I. La navegación submarina y los españoles en el siglo XIX 785
15.II. El pionero, Cosme García 786
15.II.1. El primer prototipo 787
15.II.2. El segundo prototipo 788
15.II.3. La contribución de Cosme García 791
15.III. Narcís Monturiol: la gran proyección 791
15.III.1. El proyecto de navegación submarina 791
15.III.2. Las primeras pruebas (1859-1861) 793
15.III.3. El segundo prototipo (1864-1867) 799
15.III.4. Balance de su contribución 805
15.IV. El primer navío efectivo: Isaac Peral 807
15.IV.1. El submarino *Peral* (1885-1890) 808
15.IV.1.1. Características técnicas 810
15.IV.1.2. Botadura y pruebas 815
15.IV.1.3. Un gran impacto público 818
15.IV.1.4. Pruebas oficiales 820
15.IV.2. ¿Fracaso del *Peral*? 825
15.V. Otras contribuciones relevantes a la navegación submarina 826
15.V.1. El submarino eléctrico de Cabanyes y Bonet 826
15.V.2. Fin de siglo: Sanjurjo Badía y D'Equevilley 827
15.VI. Sin navegar, pero operando bajo el agua: Lámpara acuática y campana 832
15.VII. Conclusiones 834
Bibliografía 835

Índice de ilustraciones 841

Índice de cuadros 859

Vídeos 863

Tomo II (en CD)

1. Del semáforo al teléfono: Los sistemas de telecomunicación
Jesús Sánchez Miñana 9
1.I. La telegrafía óptica hasta la llegada de la eléctrica 12
1.I.1. Las experiencias de Jiménez Coronado 13
1.I.2. El telégrafo de Betancourt y Breguet 15
1.I.3. Rancaño y la *escuela* de Zaragoza 20
1.I.4. Los telégrafos de Cádiz 22
1.I.5. En la guerra de la Independencia 23
1.I.6. Dos propuestas en el Trienio Liberal 25
1.I.7. La propuesta del «almirante francés» 26
1.I.8. Continúa la escuela de Cádiz 28
1.I.9. Lerena y los Reales Telégrafos 30
1.I.10. Telégrafos militares en la primera guerra carlista 32
1.I.11. La red civil: el intento definitivo del brigadier Varela 39
1.I.12. La línea de Irún 43
1.I.13. Subasta de nuevas líneas 44
1.I.14. Líneas finalmente construidas 46
1.I.15. Los semáforos 49
1.I.16. En la *guerra dels Matiners* 52
1.II. La telegrafía eléctrica 59
1.II.1. La llegada del telégrafo eléctrico a España y el papel del Estado 60
1.II.2. Las líneas 61
1.II.3. Las estaciones: transmisor y receptor Morse 64
1.II.4. Las estaciones: pilas 66
1.II.5. Las estaciones: aparatos auxiliares 68
1.II.6. Morses más rápidos 69
1.II.7. Telégrafos alfanuméricos de cuadrante 70
1.II.8. El Hughes 72
1.II.9. El telégrafo impresor de Palau 73
1.II.10. Las transmisiones múltiples 74
1.II.11. Hacia la transmisión automática 78
1.II.12. Telegrafía urbana 80
1.III. La telefonía 83
1.III.1. La llegada del teléfono a España 83
1.III.2. La actitud del Estado 85
1.III.3. El rápido progreso de la tecnología 87
1.III.4. Primeras líneas particulares 90
1.III.5. Primeras redes particulares 92
1.III.6. Proyectos de redes urbanas de servicio público 94
1.III.7. Las nonatas redes urbanas de 1882 97
1.III.8. Las redes urbanas del Cuerpo de Telégrafos 99
1.III.9. Las concesiones de redes urbanas 102

1.III.10. La telefonía interurbana 105
1.III.11. Apéndice: noticia de algunos equipos telefónicos extranjeros mencionados en este capítulo 110
1.IV. La telegrafía en los conflictos armados posteriores a la introducción de los sistemas eléctricos 116
1.IV.1. La guerra en el norte 117
1.IV.2. La guerra en Cataluña 121
1.IV.3. La red mixta del mariscal Salamanca en la orilla derecha del Ebro 128
1.IV.4. Las líneas ópticas del mariscal Salamanca en Valencia 129
1.IV.5. Sistemas de telegrafía óptica ideados con motivo de la guerra 130
1.V. La creación en el Ejército de las primeras unidades telegráficas específicas 133
1.V.1. Primeros movimientos 133
1.V.2. La memoria del capitán De la Fuente: primeras disposiciones 136
1.V.3. La organización de 1874 139
1.V.4. Nuevos sistemas 140
1.VI. Telegrafía y telefonía en los ferrocarriles 141
Bibliografía 148

2. Sobre la mecanización de la industria textil: un estudio adicional
Josep M. Benaul Berenguer 155
2.I. Sobre la mecanización en la industria algodonera 155
2.I.1. Preparación e hilatura 155
2.I.2. La tejeduría 158
2.I.3. Blanqueo, estampación y tintado 160
2.II. Sobre la mecanización de la industria lanera 162
2.II.1. La lana cardada 162
2.II.2. La industria estambrera 167
Bibliografía 169

3. Técnica e industria en diversos sectores agroalimentarios
Francisco de Paula Montes Tubío y María Dolores Pérez Calle 175
3.I. La elaboración de las conservas 175
3.I.1. Entre tradición y modernización 175
3.I.2. Las técnicas de conservación de alimentos 176
3.I.2.1. Los métodos tradicionales 176
3.I.2.2. La conservación por calor 177
3.I.2.3. Los envases 178
3.I.2.4. La conservación por frío 179
3.I.2.5. Industrias auxiliares de la conservación de alimentos 181
3.II. Las conservas de pescado 184
3.II.1. De la captura del pescado a las fábricas de conservas 184
3.II.2. Estructura de las fábricas de envases para conservas de pescado 190
3.II.3. La introducción del vapor en el transporte de capturas de pescado 192
3.II.4. Las almadrabas 192

3.III. Las conservas vegetales 194
3.IV. La industria láctea 199
3.IV.1. La manteca de Flandes 203
3.IV.2. La industria quesera 208
3.V. La industria chocolatera 211
3.V.1. Los inicios del proceso industrial en España 214
3.V.2. La consolidación del proceso industrial a finales de siglo 216
3.VI. La industria azucarera 218
3.VI.1. El azúcar de caña: tradición y modernización 218
3.VI.2. La industria azucarera de caña 219
3.VI.2.1. Situación de la industria a mediados del XIX 219
3.VI.2.2. Principales defectos del proceso empleado 220
3.VI.2.3. Evolución de la industria azucarera de caña española 222
3.VI.2.4. Constructores nacionales de equipos 224
3.VI.3. Las azucareras remolacheras 224
3.VI.4. Las primeras industrias azucareras-remolacheras 227
3.VI.4.1. El Ingenio de San Juan en la vega de Granada 227
3.VI.4.2. La azucarera Santa Isabel en Alcolea (Córdoba) 228
3.VI.5. Las azucareras españolas a finales de siglo 230
3.VII. La industria cervecera 232
3.VII.1. Antecedentes 232
3.VII.2. Etapa industrial 233
3.VIII. La sidra 236
3.VIII.1. Descripción del proceso productivo 236
3.VIII.2. La sidra champanizada. Diversificación de productos 239
3.VIII.3. El proceso de la sidra elaborada mediante el método champenoise 240
3.IX. Aderezo de aceitunas de mesa 241
3.IX.1. Antecedentes 241
3.IX.2. Variedades de aceituna aptas para aderezo 242
3.IX.3. Procesos de aderezo de aceitunas de mesa 244
Bibliografía 248

4. El alumbrado de las costas y puertos: los faros
Amaya Sáenz Sanz 257
4.I. Organización del servicio de alumbrado costero 257
4.II. La linterna: evolución de los sistemas ópticos 262
4.III. Los faros de madera 266
4.IV. Los faros de sillería o mampostería 269
4.V. Los faros metálicos 272
Bibliografía 278

5. Arquitectura y propulsión naval
Francisco Fernández González 281
5.I. Panorama del siglo: los barcos 281
5.I.1. La arquitectura naval 281

5.I.2. Cambios en las flotas y en los barcos 282
5.I.3. Experimentos con modelos 283
5.I.4. Subdivisión de los buques 285
5.I.5. Estabilidad 285
5.I.6. Francobordo 286
5.I.7. Fortaleza de los cascos 286
5.I.8. Sociedades de clasificación 288
5.I.9. Tecnología de la construcción 288
5.I.10. Innovaciones 289
5.I.11. Vapores de hierro y acero 289
5.I.12. Barcos con armadura 290
5.I.13. Los barcos transatlánticos 290
5.II. Panorama del siglo: la propulsión 292
5.II.1. Máquinas de vapor navales 292
5.II.2. Las primeras turbinas 296
5.II.3. Motores de combustión interna 297
5.II.4. Ruedas de paletas 298
5.II.5. Hélices 298
5.III. Los vapores en España 302
5.III.1. Vapores con ruedas 302
5.III.2. Vapores con hélices 304
5.III.3. Fragatas blindadas 306
5.III.4. Unidades menores 307
5.III.5. El último cuarto del siglo 308
5.III.6. Nuevos tipos de barcos y armas 311
5.III.7. Situación de la industria 312
5.III.8. El *Destructor* 314
5.III.9. Cruceros 315
5.III.10. Acorazados 316
5.III.11. Submarino 317
5.III.12. Hacia el fin del siglo 317
5.III.13. Últimos desarrollos técnicos 319
5.IV. La marina civil 320
5.IV.1. La importación 320
5.IV.2. El arqueo en España 321
5.IV.3. Aranceles 323
5.IV.4. Barcos de pesca 324
5.IV.5. Textos de arquitectura naval y propulsión 325
Bibliografía 328

6. La navegación submarina: notas sobre su desarrollo desde el Renacimiento hasta el siglo XIX
Antoni Roca Rosell 331
6.I. La referencia en el Renacimiento: de Valturio a Ayanz 332
6.II. Van Drebbel, culminación en el Renacimiento 333

6.III. Bushnell y Fulton, los pioneros americanos 334
6.III.1. Bushnell y la guerra submarina 334
6.III.2. Robert Fulton, innovador y promotor 336
6.IV. Wilhelm Bauer, *buzos y diablos* 338
6.V. La guerra de Secesión americana, primer enfrentamiento de naves submarinas 339
6.VI. Bourgeois-Brun: Francia impulsa la navegación submarina 342
6.VII. ¿Un submarino militar «en serie»? 343
6.VIII. Para finalizar 345
Bibliografía 345
Enlaces en Internet 347

Anexo. Sobre los ingenieros españoles formados en el extranjero
Aingeru Zabala Uriarte 349

Apuntes biográficos 367

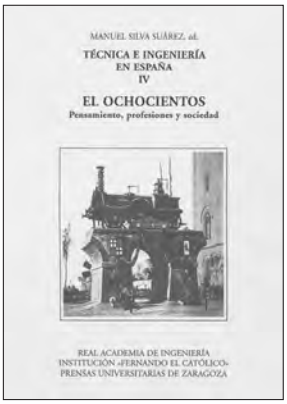
Índice de ilustraciones 443

Índice de cuadros 461

Vídeos 465

Colección

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA



I. *El Renacimiento. De la técnica imperial y la popular (2ª edición revisada y ampliada)*
(ISBN 84-7820-742-2, 760 pp., 2008)

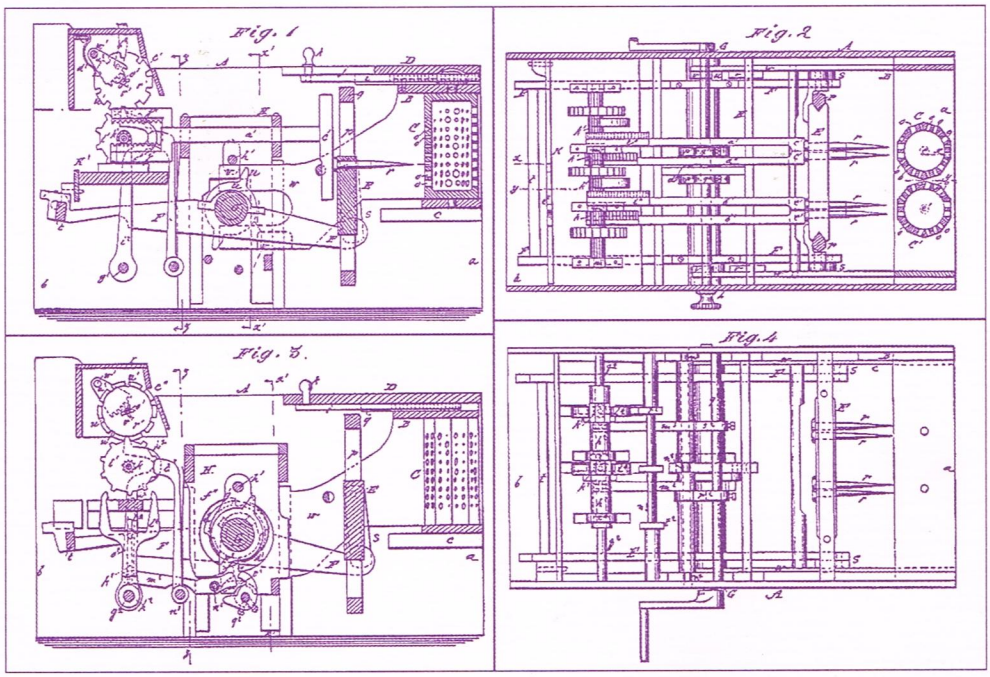
II. *El Siglo de las Luces. De la ingeniería a la nueva navegación*
(ISBN 84-7820-815-1, 621 pp., 2005)

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. Profesiones e Instituciones Civiles*
(ISBN 978-84-7820-920-0, 736 pp., 2007)

VI. *El Ochocientos. De los lenguajes al patrimonio*
(ISBN 978-84-9911-151-3, 832 pp., 2011)



INSTITUCIÓN FERNANDO EL CATÓLICO

DIPUTACION D ZARAGOZA

FUNDACIÓN PRO REBUS ACADEMIAE

1542

Prensas de la Universidad
Universidad Zaragoza

GOBIERNO DE ARAGON
Departamento de Industria e Innovación