



Prensas de la Universidad  
Universidad Zaragoza

**Novedades**

## TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA. VII EL OCHOCIENTOS DE LAS PROFUNDIDADES A LAS ALTURAS

*Manuel Silva Suárez (ed.)*

Real Academia de Ingeniería  
Institución «Fernando el Católico»  
Prensas de la Universidad de Zaragoza

2013, 878 pp., 18 x 24, libro y CD  
ISBN 978-84-16028-23-8

**35 euros**



Estructurado en dos tomos (el segundo, en CD, está complementado con una decena de vídeos). El presente volumen contiene un ensayo introductorio, 21 capítulos y dos anexos. Estructurado en tres bloques, el primero recorre temas esenciales ligados al mundo que va desde la minería a la siderurgia, la metalmecánica y el textil, considerados los sectores líderes por antonomasia de la Primera Revolución Industrial. En cierto modo a caballo entre la minería y la química, se dedica un capítulo al gas de alumbrado. El segundo gran bloque analiza el mundo agroforestal, con énfasis en la industria agroalimentaria, la agronomía, la

dasonomía y el patrimonio forestal. El último bloque se dedica a las telecomunicaciones (la telegrafía y la telefonía) y los transportes, tanto terrestres como marítimos, incluyendo infraestructuras y material móvil. Con contribuciones de 25 coautores y la colaboración adicional de otros 10 en los apuntes biográficos, es un volumen espléndidamente ilustrado.

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

---

# EL OCHOCIENTOS

De las profundidades a las alturas

TÉCNICA E INGENIERÍA  
EN ESPAÑA

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

# TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA

## VII

# EL OCHOCIENTOS

## De las profundidades a las alturas

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

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

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| Presentación: De las alturas... y de otras muchas cosas además                 |    |
| <i>Manuel Silva Suárez</i> .....   | 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 <i>saber hacer</i> , su predictibilidad y su fomento .....      | 51 |
| 0.II.1. Del dicho al hecho: la importancia del <i>saber hacer</i> .....        | 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   |     |
| <i>Jaime Truyols Santonja y Leandro Sequeiros San Román</i> .....  | 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 |
| <br>  |     |
| 2. Ingeniería minera: técnicas de laboreo y tratamiento mineralúrgico                                     |     |
| <i>Luis Mansilla Plaza y José María Iraizoz Fernández</i> .....   | 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 |
| <br>  |     |
| 3. La siderurgia: cambio técnico y geografía industrial   |     |
| <i>Emiliano Fernández de Pinedo y Rafael Uriarte Ayo</i> .....  | 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:<br>aproximación a los motores hidráulicos<br><i>Manuel Silva Suárez y Agustín Sancho Sora</i> .....       | 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:<br>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<br>y organización productiva<br><i>Josep M. Benaül Berenguer</i> ..... | 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 estambreira .....   | 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<br>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<br>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  |     |
| <i>Francesc X. Barca Salom y Joan Carles Alayo Manubens</i> .....                                       | 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:<br>una visión de conjunto            |     |
| <i>Juan Pan-Montojo</i> .....   | 403 |
| 7.I. La innovación técnica en la agricultura decimonónica:<br>una caracterización general .....         | 404 |
| 7.II. La ingeniería agronómica: establecimientos agronómicos<br>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<br>hacia la mecanización del campo               |     |
| <i>Jordi Cartaña i Pinén</i> .....  | 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:<br>apuntes sobre su renovación técnica            |     |
| <i>Manuel Silva Suárez y Francisco Montes Tubío</i> .....                                     | 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 <i>versus</i> 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:<br>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: despalladoras 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   |     |
| <i>Inés González-Doncel y Luis Gil</i> .....  | 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 <i>esquilmos</i> 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   |     |
| <i>Ignacio Pérez-Soba Díez del Corral</i> . . . . .   | 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 <i>Informe</i> 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 <i>Clasificación general de los montes públicos</i> (1859) . . . . .   | 615 |
| 11.III.3. El <i>Catálogo de los montes públicos exceptuados de la desamortización</i> (1862) . . . . .  | 617 |
| 11.III.4. La lucha del Cuerpo de Montes contra las ventas ilegales . . . . .  | 619 |
| 11.III.5. La rectificación del <i>Catálogo de montes exceptuados</i> (1877-1896) . . . . .  | 620 |
| 11.III.6. La creación del concepto de monte de utilidad pública (1893-1896) . . . . .   | 624 |
| 11.III.7. La formación del <i>Catálogo de montes de utilidad pública</i> (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: <i>Qui potest capere, capiat</i> . . . . .   | 641 |
| 11.VI. Balance finisecular . . . . .  | 641 |
| Bibliografía . . . . .  | 643 |

|   |     |
|---|-----|
| 12. La tecnología telegráfica y telefónica  |     |
| <i>Jesús Sánchez Miñana</i> .....   | 647 |
| 12.I. Telegrafía óptica .....   | 649 |
| 12.I.1. Los pioneros en España: Jiménez Coronado, Betancourt<br>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 <i>guerra dels Matiners</i> .....   | 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   |     |
| <i>Inmaculada Aguilar Civera</i> .....  | 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<br>(1834-1868): pervivencias e innovaciones ..... | 704 |
| 13.IV.1. La actividad legislativa y constructiva: hacia el desarrollo de la red<br>de comunicaciones .....          | 704 |
| 13.IV.2. La <i>Memoria de Obras Públicas</i> 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<br>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

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
|             | <i>Julián Simón Calero</i>                             | 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 |
| <br>  |     |
| 15. La navegación submarina: un reto apasionante                      |     |
| <i>Antoni Roca Rosell</i> .....                                       | 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 <i>Peral</i> (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 <i>Peral</i> ? .....                            | 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'Equivilley .....             | 827 |
| 15.VI. Sin navegar, pero operando bajo el agua:                       |     |
| Lámpara acuática y campana .....                                      | 832 |
| 15.VII. Conclusiones .....  | 834 |
| Bibliografía .....  | 835 |
| <br>  |     |
| Índice de ilustraciones .....   | 841 |
| Índice de cuadros .....   | 859 |
| Vídeos .....  | 863 |

## TOMO II (en CD)

|   |     |
|---|-----|
| 1. Del semáforo al teléfono: Los sistemas de telecomunicación                   |     |
| <i>Jesús Sánchez Miñana</i> .....   | 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 <i>escuela</i> 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 <i>guerra dels Matiners</i> .....                                 | 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<br>mencionados en este capítulo .....                             | 110 |
| 1.IV. La telegrafía en los conflictos armados posteriores<br>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<br>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 |
| <br>   |     |
| 2. Sobre la mecanización de la industria textil: un estudio adicional<br><i>Josep M. Benaül Berenguer</i> .....                          | 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 estambreira .....   | 167 |
| Bibliografía .....   | 169 |
| <br>   |     |
| 3. Técnica e industria en diversos sectores agroalimentarios<br><i>Francisco de Paula Montes Tubío y María Dolores Pérez Calle</i> ..... | 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 |
| <br>  |     |
| 4. El alumbrado de las costas y puertos: los faros                              |     |
| <i>Amaya Sáenz Sanz</i> .....   | 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 |
| <br>  |     |
| 5. Arquitectura y propulsión naval  |     |
| <i>Francisco Fernández González</i> .....                                       | 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 <i>Destructor</i> .....  | 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 |     |
|           | <i>Antoni Roca Rosell</i> .....   | 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, <i>buzos y diablos</i> .....  | 338 |
| 6.V. La guerra de Secesión americana,<br>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 |
| <br>   |     |
| Anexo. Sobre los ingenieros españoles formados en el extranjero<br><i>Aingeru Zabala Uriarte</i> ..... | 349 |
| <br>   |     |
| Apuntes biográficos .....  | 367 |
| <br>   |     |
| Índice de ilustraciones .....  | 443 |
| <br>   |     |
| Índice de cuadros .....  | 461 |
| <br>   |     |
| 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)