

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

---

# EL SIGLO DE LAS LUCES

De la ingeniería a la nueva navegación

TÉCNICA E INGENIERÍA  
EN ESPAÑA

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

**TÉCNICA E INGENIERÍA  
EN ESPAÑA**

**II**

**EL SIGLO DE LAS LUCES**  
**De la ingeniería a la nueva navegación**

Pedro Álvarez de Miranda  
Arturo Ansón Navarro  
Juan José Arenas de Pablo  
Horacio Capel Sáez  
Fernando Cobos Guerra  
Irina Gouzevitch  
Víctor Navarro Brotons

Guillermo Pérez-Sarrión  
Manuel Sellés García  
Manuel Silva Suárez  
Julián Simón Calero  
Hélène Vérin  
Siro Villas Tinoco

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

Publicación número 2.562  
de la  
Institución «Fernando el Católico»  
(Excma. Diputación de Zaragoza)  
Plaza de España, 2 · 50007 Zaragoza (España)  
Tels.: [34] 976 288878/79 · Fax [34] 976 288869  
ifc@dpz.es  
<http://ifc.dpz.es>

#### FICHA CATALOGRÁFICA

*El Siglo de las Luces. De la ingeniería a la nueva navegación* / Manuel Silva Suárez, ed. — Zaragoza: Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias; Madrid: Real Academia de Ingeniería, 2005.

624 p.; il.; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España; II)  
ISBN: 84-7820-815-1

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

© Los autores, 2005.

© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias de Zaragoza, 2005.

Cubierta: Ambrosio Lanzaco (dib.) y Josef Dordal (grab.): «Planta y perfil del Puente y Almenara construido en el Canal Ymperial, llamado de Formigales». Lámina n.º 3 de la *Descripción de los Canales Imperial de Aragón, y Tauste. Dedicada a los augustos soberanos Don Carlos IV y Doña María Luisa de Borbón. Por el actual protector de ambos canales, el conde de Sástago*, Zaragoza, Impr. de Francisco Magallón, 1796.

Contracubierta: Ilustraciones de las láminas 3 y 4 en el tomo II del *Examen marítimo, Teórico Práctico o Tratado de Mecánica aplicado a la Construcción, Conocimiento y Manejo de los Navíos y demás embarcaciones*, de Jorge Juan y Santacilia, Madrid, Impr. de D. Francisco Manuel de Mena, 1771.

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

ISBN: 84-7820-815-1 (volumen II)

Depósito Legal: Z-3032-2005

Revisión técnica de la obra: Marisancho Menjón

Digitalización: María Regina Ramón, Cristian Mahulea, FOTOPRO S.A.

Maquetación: Littera

Impresión: ARPI Relieve, Zaragoza

IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

## ÍNDICE

Presentación: Del agotamiento renacentista a una nueva ilusión .....	9
El Renacimiento: plenitud y agotamiento. De la cima a la sima, e indicios de recuperación tardobarrocos .....	10
El Siglo de las Luces: reformas, resistencias y encrucijada .....	13
Técnica, ciencia, utilidad y milicia .....	18
Una perspectiva del volumen .....	26
1. La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas.	
<i>Víctor Navarro Brotons</i> .....	33
1.I. Los jesuitas y la renovación científica .....	35
1.II. La actividad científica de Vicente Mut en Mallorca .....	39
1.III. Juan Caramuel y Lobkowitz (el “matemático audaz”) y su influencia en España .....	43
1.IV. La actividad científica de José de Zaragoza en Valencia y en el Colegio Imperial de Madrid .....	46
1.V. Los científicos jesuitas de las últimas décadas del siglo XVII y la renovación científica .....	53
1.VI. El movimiento “novator” .....	57
1.VII. El núcleo renovador valenciano .....	60
Bibliografía .....	69
2. Ciencia, técnica y poder.	
<i>Siro Villas Tinoco</i> .....	75
2.I. La situación de partida y los planteamientos políticos .....	77
2.II. Los instrumentos de la política de fomento .....	89
2.III. Los medios: información, habilidades e incentivación .....	97
2.IV. Las garantías del sistema .....	108
2.V. Hacia un balance de resultados .....	110
Bibliografía .....	112
3. Sobre la institución y el desarrollo de la ingeniería: Una perspectiva europea.	
<i>Irina Gouzevitch y Hélène Vérin</i> .....	115
3.I. El ingeniero del siglo XVIII: una primera aproximación .....	117
3.I.1. El ingeniero y la ciencia: la tesis del “ingeniero postnewtoniano” .....	117
3.I.2. La ingeniería en la clasificación de los conocimientos: la <i>Encyclopédie</i> .....	121
3.II. Las guerras europeas y la ingeniería militar: el “gran siglo XVIII” .....	124
3.II.1. La guerra de América y la normalización de los buques de guerra: la reforma de Borda .....	126
3.II.2. Los grandes debates sobre el arte de la guerra y la fortificación .....	128
3.II.2.1. ¿Guerra de campaña o guerra de asedio? .....	128

3.II.2.2. Los orígenes del sistema fortificado de Montalembert: algunas hipótesis .....	130
3.III. La identidad del ingeniero europeo .....	135
3.III.1. El ejercicio de la profesión .....	136
3.III.1.1. El Estado: administración y creación progresiva de los cuerpos .....	136
3.III.1.2. La empresa y la normalización de los presupuestos .....	137
3.III.1.3. Las sociedades .....	139
3.III.2. La formación: ensayo de una tipología .....	140
3.III.2.1. Las asociaciones corporativas .....	140
3.III.2.2. Colecciones de modelos .....	141
3.III.2.3. Colegios y universidades .....	142
3.III.2.4. Academias .....	144
3.III.2.5. Los ingenieros militares .....	145
3.IV. Intercambios y circulación de modelos, hombres y conocimientos .....	146
3.IV.1. La École Polytechnique de París .....	146
3.IV.1.1. La reforma de Shuvalov: un antecedente histórico o las lecciones de un proyecto abortado .....	148
3.IV.1.2. El modelo de la Escuela Politécnica de París en Europa .....	150
3.IV.2. La competición internacional y la circulación del conocimiento .....	154
3.IV.3. Un caso ejemplar: la máquina de vapor de Watt .....	155
3.V. Conclusión .....	160
Bibliografía .....	161
4. Institucionalización de la ingeniería y profesiones técnicas conexas: misión y formación corporativa.	
<i>Manuel Silva Suárez</i> .....	165
4.I. El Real Cuerpo de Ingenieros de los Ejércitos y Plazas .....	175
4.II. Dos inevitables especializaciones: Artilleros y Arquitectos .....	189
4.II.1. El Real Cuerpo de Artillería .....	189
4.II.2. Los arquitectos y la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando .....	202
4.III. Especialización en el ámbito de la ingeniería militar: Ingenieros de Marina e Ingenieros Cosmógrafos .....	212
4.III.1. El Real Cuerpo de Ingenieros de Marina .....	212
4.III.2. El Real Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado .....	222
4.IV. «Geometría Subterránea y Mineralogía»: la ingeniería de Minas .....	229
4.V. La creación de una especialidad civil de ingeniería para la obra pública: La Inspección de Caminos y Canales .....	240
4.VI. A modo de epílogo .....	249
Bibliografía .....	257
5. Consideraciones sobre el léxico “técnico” en el español del siglo XVIII.	
<i>Pedro Álvarez de Miranda</i> .....	263
5.I. Las “voces facultativas” en la historia de la lengua .....	263

5.II.	Un neologismo dieciochesco: el adjetivo <i>técnico</i> .....	271
5.III.	Diccionarios de voces “técnicas” en el XVIII .....	279
5.IV.	Hacia una historia del léxico “técnico” .....	285
	Bibliografía .....	288
6.	La arquitectura de arquitectos e ingenieros militares: diversidad de lenguajes al servicio del despotismo ilustrado.	
	<i>Arturo Ansón Navarro</i> .....	291
6.I.	El panorama de la arquitectura en España a la llegada de Carlos III (1758) .....	292
6.II.	La reacción académica contra el barroco decorativo .....	296
6.III.	El despotismo ilustrado de Carlos III, las obras públicas y la arquitectura .....	298
6.IV.	La diferente formación y concepción de la arquitectura entre arquitectos e ingenieros militares .....	300
6.IV.1.	La formación de los arquitectos .....	300
6.IV.2.	Las corrientes estéticas de los arquitectos de la época de la Ilustración .....	303
6.IV.3.	La formación de los ingenieros militares .....	309
6.IV.4.	Orientaciones constructivo-arquitectónicas de los ingenieros militares .....	312
6.IV.4.1.	Construcciones de ingeniería militar y civil .....	312
6.IV.4.2.	Obras de arquitectura hechas por ingenieros .....	316
6.V.	Obras hechas por arquitectos entre la arquitectura y la ingeniería .....	322
6.VI.	A modo de conclusiones .....	328
	Bibliografía .....	329
7.	Ciencia, técnica e ingeniería en la actividad del cuerpo de ingenieros militares. Su contribución a la morfología urbana de las ciudades españolas y americanas.	
	<i>Horacio Capel Sáez</i> .....	333
7.I.	Diferentes dimensiones en el estudio del Cuerpo de Ingenieros Militares .....	333
7.II.	El más importante cuerpo técnico de la monarquía .....	336
7.III.	El movimiento novador y las nuevas instituciones científicas .....	339
7.IV.	Difusión de la ciencia e ideología .....	341
7.V.	La ordenación del territorio .....	344
7.VI.	Planos y usos del suelo .....	348
7.VII.	Edificios públicos y privados .....	354
7.VIII.	Las viviendas .....	363
7.IX.	De nuevo, arquitectos e ingenieros .....	367
7.X.	El territorio y el dominio de la naturaleza .....	373
	Bibliografía .....	376
8.	Ingeniería y obra pública civil en el Siglo de las Luces.	
	<i>Juan José Arenas de Pablo</i> .....	383
8.I.	Las primeras carreteras construidas por el poder central .....	384
8.II.	Los cruces de ríos en las carreteras “radiales” a mediados del siglo .....	388

8.III. El Consejo de Castilla y la Academia de Bellas Artes, máximas autoridades en caminos y puentes .....	392
8.IV. Agustín de Betancourt, ingenieros y arquitectos .....	394
8.V. Algunos puentes españoles del XVIII .....	396
8.V.1. Algunos puentes carreteros .....	396
8.V.2. Puentes urbanos del siglo XVIII .....	401
8.VI. Los canales de Aragón y de Castilla: puentes, acueductos y esclusas .....	406
8.VII. Presas y azudes .....	412
8.VIII. Traídas de aguas: Pamplona y Málaga .....	416
8.IX. Dos puertos: Santander y Málaga .....	419
Bibliografía .....	425
9. La política de construcción de canales. Una aproximación. <i>Guillermo Pérez Sarrión</i> .....	429
9.I. Los orígenes, 1650-1750 .....	429
9.II. Canales de navegación. El Canal de Castilla .....	434
9.III. Canales de riego y navegación en el Ebro. El Canal Imperial de Aragón .....	446
9.IV. Obras de regadío en la costa mediterránea. La Acequia Real del Júcar .....	456
9.V. A modo de conclusión .....	462
Bibliografía .....	463
10. La fortificación española en los siglos XVII y XVIII: Vauban, sin Vauban y contra Vauvan. <i>Fernando Cobos Guerra</i> .....	469
10.I. Estado de la cuestión e ideas preconcebidas .....	469
10.II. Los elementos y las máximas de la fortificación .....	474
10.III. Los trazados, su cómputo y las tablas de fortificar .....	480
10.IV. Las escuelas nacionales y los tratados .....	490
10.IV.1. Las escuelas nacionales .....	495
10.V. Los nuevos elementos y su debate: la forma del baluarte y las obras exteriores .....	497
10.V.1. La falsabraga .....	500
10.V.2. Las obras exteriores .....	502
10.V.3. El debate de Malta .....	504
10.VI. Vauban, la vuelta a las casamatas y el final del sueño racionalista .....	509
10.VI.1. El método de Vauban .....	509
10.VI.2. El tiro parabólico .....	511
Bibliografía .....	518
11. Navegación e hidrografía. <i>Manuel Sellés García</i> .....	521
11.I. Las técnicas del pilotaje .....	522
11.II. La creación de una Armada: la Academia de Guardias Marinas ..	527

11.III. Marina y ciencia: la etapa de Jorge Juan .....	530
11.IV. Las escuelas de pilotos .....	535
11.V. La resolución del problema de la longitud .....	537
11.VI. El oficial científico: el Curso de Estudios Mayores .....	540
11.VII. La longitud en España: la Oficina de Calculadores y el Obrador de Relojería .....	542
11.VIII. El problema de los instrumentos .....	547
11.IX. Las expediciones y el Depósito Hidrográfico .....	552
11.X. Conclusión .....	553
Bibliografía .....	554
<b>12. Construcciones, ingeniería y teorías en la construcción naval.</b>	
<i>Julián Simón Calero</i> .....	555
12.I. Historia: el galeón .....	556
12.II. Nueva dinastía .....	557
12.III. El navío .....	559
12.IV. Fabricación del navío .....	566
12.IV.1. Maderas .....	566
12.IV.2. Cáñamo .....	568
12.IV.3. Metales y otros .....	569
12.IV.4. Varios .....	570
12.V. Las teorías .....	571
12.V.1. Teoría del impacto .....	571
12.V.2. La maniobra .....	573
12.VI. Tratados navales .....	574
12.VII. Desarrollo histórico .....	576
12.VII.1. Período tradicional, o de Gaztañeta (1721-1750) .....	577
12.VII.2. Período inglés, o de Jorge Juan (1750-1769) .....	581
12.VII.3. Período francés, o de Gautier (1769-1782) .....	584
12.VII.4. Período español, o de Romero Landa (1782-1805) .....	587
12.VII.5. Conclusiones .....	589
12.VII.6. Supervivencia .....	590
12.VIII. Producción naval .....	592
12.IX. Arsenales .....	595
12.X. Los ingenieros .....	600
Bibliografía .....	601
Índice de ilustraciones .....	605





## ÍNDICE ABREVIADO DEL VOLUMEN III

### EL SIGLO DE LAS LUCES. DE LA AGRONOMÍA AL ÁMBITTO AGROFORESTAL

Presentación: Lenguajes de la técnica en tiempos de revoluciones . . . . .	9
1. La introducción de nuevas técnicas: de la inmigración tecnológica al espionaje industrial. <i>Juan Helguera Quijada</i> . . . . .	47
2. Arquitectura industrial borbónica. <i>Aurora Rabanal Yus</i> . . . . .	95
3. El nacimiento de la Teoría de Máquinas y Betancourt. <i>Juan Ignacio Cuadrado Iglesias y Marco Ceccarelli</i> . . . . .	131
4. Técnica, ciencia e industria en tiempo de revoluciones. La química y la mecánica en Barcelona en el cambio del siglo XVIII al XIX. <i>Antoni Roca Rosell</i> . . . . .	183
5. Minería y metalurgia en España y la América hispana en tiempo de Ilustración: El siglo XVIII. <i>Julio Sánchez Gómez</i> . . . . .	237
6. Los gremios. <i>Siro Villas Tinoco</i> . . . . .	281
7. Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País: docencia, difusión e innovación técnica. <i>José Francisco Forniés Casals y Antonio Manuel Moral Roncal</i> . . . . .	311
8. Publicaciones técnicas destinadas a colectivos profesionales. <i>Julio Sánchez Gómez</i> . . . . .	357
9. La agronomía en la España del Setecientos. <i>Jordi Cartaña i Pinén</i> . . . . .	409
10. Conocimiento científico, innovación técnica y fomento de los montes durante el siglo XVIII. <i>Vicente Casals Costa</i> . . . . .	453
Apuntes biográficos . . . . .	501