

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

Ciencia, técnica e ingeniería en la actividad del cuerpo de ingenieros militares. Su contribución a la morfología urbana de las ciudades españolas y americanas

Horacio Capel Sáez
Universidad de Barcelona

El de ingenieros militares fue en el siglo XVIII el más importante cuerpo técnico al servicio de la monarquía para todo lo relacionado con el territorio, desde la defensa y el control a la ordenación y el fomento. Debido a ello, son muchos los campos científicos y técnicos en los que ejerció su actividad. En este capítulo se aludirá a la amplia labor desarrollada por dicho cuerpo y, más específicamente, a sus aportaciones a la construcción de la morfología urbana de las ciudades españolas y americanas durante el siglo XVIII.

I

DIFERENTES DIMENSIONES EN EL ESTUDIO DEL CUERPO DE INGENIEROS MILITARES

El proceso de construcción del Estado a partir del siglo XVI avanzó esencialmente a través de la creación de cuerpos técnicos especializados. El estudio del de ingenieros militares tiene gran interés por su importante contribución a esa construcción, como uno de los que aseguraron el control de la estructura social y el funcionamiento de una organización política unitaria; un proceso complejo, que se fue desarrollando desde el Renacimiento y que se intensificó durante el siglo XVIII con los nuevos proyectos de reorganización territorial de las monarquías absolutas, de los que la Nueva Planta en España es una clara expresión. Desde esa perspectiva, el estudio del cuerpo de ingenieros militares debe relacionarse con el de otros cuerpos militares y civiles¹.

¹ Véase H. CAPEL, 2005.

Conviene tener en cuenta que estos últimos se fueron institucionalizando muy lentamente. Por ejemplo, la creación de intendentes se inició por Felipe V en 1719, pero el cumplimiento fue irregular; se le dio nuevo impulso en 1749, uniendo a ese cargo el corregimiento de la capital de la provincia, aunque la Real cédula de 13 de noviembre de 1766 devolvió a los corregidores el ejercicio exclusivo de las funciones de justicia y policía, y reservó a los intendentes las funciones de hacienda y guerra. La Real cédula de 21 de abril de 1763 estableció en seis años la duración del mandato de los corregidores; clasificaba los corregimientos en de entrada, de ascenso y de término, lo que significaba, de hecho, la creación de escalafones y ascensos, es decir, un paso decisivo para una carrera profesional y la creación de un cuerpo de funcionarios. Se trata de un ejemplo significativo en esa dirección, aunque sería solamente con la instauración del régimen liberal en el siglo XIX cuando se estructuraron definitivamente los cuerpos de funcionarios del Estado, con una gran diversidad de funciones: jueces y magistrados, secretarios de ayuntamiento, maestros y profesores de enseñanzas medias y universidades, ingenieros de caminos y otros.

La monarquía de los Borbones españoles se apoyó de forma importante en los cuerpos militares, los cuales cumplieron funciones que rebasaban ampliamente las encomendadas en un principio. La vinculación entre la nobleza y la oficialidad explica la confianza que se tuvo en esta última para puestos esenciales de la administración del imperio. No hay más que repasar la nómina de virreyes, capitanes generales, gobernadores, intendentes, corregidores y otros cargos de la monarquía para comprobarlo. Hay que tener en cuenta también que desde finales del siglo XVII existía un debate sobre la idoneidad de los juristas para las funciones superiores de gobierno, ya que la formación recibida se consideraba farragosa y desfasada. Sin duda, eso favoreció a los militares cuando a comienzos del XVIII la nueva dinastía tuvo que apoyarse en cuerpos de funcionarios para las tareas organizativas.

Pero además, el gobierno de un vasto imperio como el español necesitaba de conocimientos científicos y técnicos. Y de cuerpos de confianza para las delicadas tareas que habían de desarrollarse, algunas de ellas de forma reservada. Un cuerpo técnico como el de los ingenieros militares, de larga tradición como cuerpo unido a la artillería pero profundamente reorganizado en 1711, podía cumplir esas misiones, que también se encomendaron a los oficiales de marina.

El estudio del cuerpo de ingenieros militares tiene un interés específico desde la perspectiva de la historia de la ciencia y de la técnica, ya que realizaron asimismo contribuciones en esos campos. Ante todo, en las cuestiones relacionadas con el arte bélico, que ellos mismos y otros oficiales intentaban convertir en una ciencia. Las funciones de los «Ingenieros de los Ejércitos y Plazas», que fue su denominación concreta, estaban bien especificadas en el decreto por el que en 1710 se había nombrado a Jorge Próspero de Verboom Ingeniero General, y se referían a todo lo relacionado con el ataque y defensa de plazas (ofensivas, bombardeos, líneas de fortificación y contravalación), y a la dirección de las fortificaciones nuevas o antiguas que se consi-

derara necesario reforzar o modificar. Para la toma de decisiones era esencial contar con reconocimientos y descripciones territoriales de interés para la poliorcética.

Pero los ingenieros militares tuvieron que intervenir también en otros campos de la ciencia y la técnica, ya que las ordenanzas de 1718 asignaron al cuerpo tareas muy diversas al servicio de la política de fomento y desarrollo emprendida por el gobierno, lo que les llevó a ocuparse de canales, puentes, carreteras, obras de regadío, embalses, construcciones civiles e incluso construcción de máquinas e ingenios.

De todas maneras, la misma amplitud de las funciones encomendadas desbordó su capacidad de intervención, que experimentó, además, la competencia de otros cuerpos especializados que se fueron creando (como los ingenieros de marina, que a partir de 1770 empezaron a actuar en la construcción de puertos y arsenales navales). En 1774 el cuerpo de ingenieros militares se veía obligado a especializarse en tres ramos o secciones, cada una al mando de un director: el de Plazas y Fortificaciones del Reino, que incluyó a todos los que cumplían las funciones más específicas del cuerpo; el de Academias Militares, que incluía los profesores que impartían las enseñanzas en ellas; y el de Caminos, Puentes, Edificios de Arquitectura Civil y Canales de Riego y Navegación, para el que fue nombrado Director y Comandante Francisco Sabatini y en el que se integraron los ingenieros que venían participando en ese tipo de obras, aunque conviene recordar que no sólo ellos las realizaron. La división de 1774 ha de verse como una especialización técnica ante la gran complejidad que van adquiriendo las que se les atribuyen.

El estudio del funcionamiento del cuerpo de ingenieros militares conduce a plantear problemas relacionados con el sistema de reclutamiento y el proceso de socialización de sus miembros, los efectos de la estructura institucional, las relaciones con otras corporaciones profesionales y comunidades científicas. Su formación técnica se inserta ya en el nuevo modelo de enseñanza reglada que será característico de la edad contemporánea, y tuvo una calidad notable que conviene, de entrada, reconocer. Pero también unas carencias que les impidieron a veces realizar cumplidamente las funciones que se les encomendaron, y llevaron a grandes fracasos². El análisis de los aspectos positivos y de las insuficiencias permite entender la capacitación adquirida y la forma en que se enfrentaron a los retos técnicos.

² Véase H. CAPEL, 1991. Entre los trabajos que se han realizado en el Departamento de Geografía Humana sobre ingenieros militares destacamos los siguientes: H. CAPEL, L. GARCÍA, O. MONCADA, F. OLIVÉ, S. QUESADA, J. E. SÁNCHEZ y R. TELLO, 1983; H. CAPEL, J. E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988; J. E. SÁNCHEZ PÉREZ, 1989; J. M. MUÑOZ CORBALÁN (tesis doctoral 1991), 1993. Los datos reunidos en el inventario que publicamos en la Universidad de Barcelona fueron luego ampliados, con la misma metodología, por Omar MONCADA (1993), María Gloria CANO RÉVORA (1994) y Antonio BRAVO NIETO (1996) sobre Melilla. Más recientemente, Martine GALLAND-SEGUELA en su tesis doctoral (2003) ha realizado una excelente aportación sobre el tema.

II

EL MÁS IMPORTANTE CUERPO TÉCNICO DE LA MONARQUÍA

La nueva organización de las monarquías absolutas en el siglo XVIII necesitaba de cuerpos estrictamente jerarquizados y de una lealtad total al Estado. Las palabras de un ministro ilustrado dan una visión precisa de la idea que sobre la disponibilidad de todos los que estaban al servicio del Estado tenían los gobernantes. En la *Instrucción reservada que la Junta de Estado, creada formalmente por mi decreto de este día, 8 de Julio de 1787, deberá observar en todos los puntos y ramos encargados a su conocimiento y examen*, el primer ministro conde de Floridablanca dedica atención a la selección del personal político para el gobierno de la monarquía, y señala que «las elecciones de virreyes y gobernadores principales deberán recaer siempre en hombres muy experimentados por su desinterés, probidad, talento militar y político»³. Se insiste en que para ello se requiere todo el discernimiento y la aplicación del ministro encargado y de los demás, que deberían ayudarle con sus luces e informes. Se dice explícitamente que «si en España hubiere dado algún sujeto pruebas de aquellas cualidades en capitanías generales de provincias o gobiernos, se le transferirá, aunque lo rehúse, a los virreinos y gobiernos de Indias, poniéndose de acuerdo sobre esto en la Junta los respectivos ministros, como prevengo en el decreto de creación de este día». Y por si quedara alguna duda, se añade: «Ninguno que sirve al Estado puede substraerse a las cargas de él, ni frustrar el derecho que tiene el mismo Estado de valer-se de sus talentos y virtudes».

La lealtad y disponibilidad de los militares era absoluta, y así está demostrado en muchos casos. Algunos son especialmente dramáticos, como el del mariscal de campo Antonio María de Bucarelli, quien después de haber desempeñado numerosas misiones en España –entre otras, importantes tareas de reconocimiento territorial y de las fortificaciones en la costa del reino de Granada–, fue nombrado en 1766 capitán general de Cuba y en 1771 virrey de la Nueva España. En 1776, cuando llegó la última flota enviada por España a América, mandada por Antonio de Ulloa, se entabló una animada y familiar correspondencia entre dos ilustres funcionarios que se conocían y que eran paisanos. El virrey, que tenía todo el poder y la majestad del mismo rey, era, sin embargo, profundamente desgraciado, ya que sólo aspiraba a que su soberano le permitiera dejar el cargo y retirarse a su encomienda de Tocina, al norte de Sevilla, para descansar⁴. Bucarelli murió en México (1779) sin poder regresar a España, y está enterrado en la basílica de Guadalupe.

Si esto ocurría con los altos funcionarios del Estado, que generalmente pertenecían a ilustres familias, puede imaginarse lo que sucedería con los funcionarios de

³ FLORIDABLANCA, ed. 1982, Instrucción XCIII.

⁴ En F. SOLANO, 1987.



7.1. Propuesta de uniforme remitida desde Barcelona por Juan Martín Cermeño, comandante general interino del Cuerpo de Ingenieros, al marqués de la Ensenada, el 12 de junio de 1751. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XV-55.)

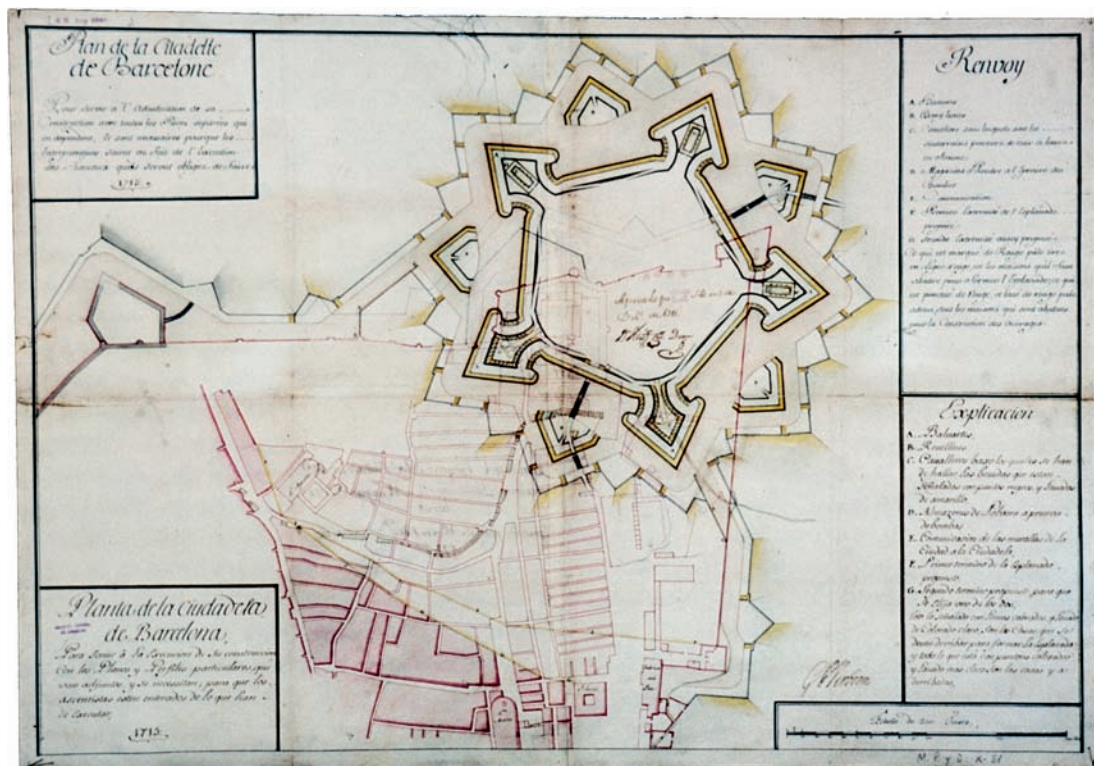
menor rango, como los oficiales de marina o los ingenieros militares. Habían de tener disponibilidad total en su carrera profesional. La taxativa instrucción que acabamos de citar («se le transferirá, aunque lo rehúse») resulta suficientemente expresiva.

El poder se ejercía de forma absoluta en ese sentido. Son numerosos los ejemplos de ingenieros enviados de uno a otro destino sin contar con su voluntad. También de los que permanecieron muchos años en un lugar en contra de sus deseos. Por ejemplo, en los confines del Imperio español en Indias. El destino de América era un alejamiento que podía durar décadas. El regreso era difícil, sobre todo si habían adquirido experiencia y estaban trabajando en obras importantes⁵. Félix Prospero, que había pasado a Indias para cinco años, en 1747 llevaba más de 22 allí, y con 70 años y casi ciego venía solicitando repetidamente su vuelta a España⁶.

Para estimular el desplazamiento a Indias se establecieron diversos mecanismos, especialmente el aumento del grado. A pesar de ello, hubo muchas dificultades para

⁵ Así, por ejemplo, cuando después de diez años en Chile el ingeniero Juan Garland obtuvo permiso para regresar a España, el gobernador de Chile solicitó que continuara con la dirección de las obras de Valdivia, por la importante labor que allí realizaba; Garland sólo pudo emprender el regreso en 1775, muriendo a finales de ese año en alta mar. G. GUARDA, 1985, pp. 36-37, y 1990, pp. 235-238.

⁶ J. A. CALDERÓN QUIJANO, ed. 1984, p. 139.



7.2. Proyecto de la Ciudadela de Barcelona, Jorge Próspero de Verboom, 1715. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., X-51.)

reclutar ingenieros⁷. Alegaban excusas diversas: la enfermedad, la importancia de las tareas que estaban realizando en la Península, la indispensable atención que debían dedicar a sus familias (madre viuda, esposa e hijos pequeños...). Algunos lo lograban, gracias a apoyos personales de sus superiores. Las redes sociales tenían gran importancia. Y los grupos dirigentes no dejaban de utilizar descaradamente el poder en relación con sus vástagos.

Durante el siglo XVIII el gobierno intentaba controlar hasta la vida privada de sus fieles servidores. No quería cargar con nuevas obligaciones pecuniarias ni con el arraigo de un funcionario en un lugar dado. Por ello, no podían casarse sin permiso real, y se exigía que la futura esposa fuera de condición reconocida y de recursos económicos que dieran independencia a la familia⁸.

⁷ Datos diversos en R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, 1993, pp. 108 y ss.

⁸ Véase H. CAPEL, J.-E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988, y M. GALLAND-SEGUELA, 2003.

III

EL MOVIMIENTO NOVADOR Y LAS NUEVAS INSTITUCIONES CIENTÍFICAS

No cabe duda de que el Imperio español pudo construirse y mantenerse desde el siglo XVI gracias a un elevado conocimiento científico y técnico. Desde luego, la decadencia de la primera mitad del siglo XVII parece innegable, aunque no dejemos de encontrar sorpresas, como las que han deparado las investigaciones de Nicolás García-Tapia sobre las patentes. En cualquier caso, también se sabe que a partir de 1680 el proceso de recuperación general alcanzó a la ciencia. Los estudios de la escuela de López Piñero sobre el movimiento novador valenciano y sobre el desarrollo de la ciencia hispana en general lo han demostrado. La aportación de Víctor Navarro sobre la recepción, asimilación y difusión de ideas científicas es otra prueba en lo que se refiere a las disciplinas físico-matemáticas.

Los ingenieros militares son otro reflejo del esfuerzo de modernización científica. Y tienen muchas similitudes con el movimiento novador. Es también hacia 1680 cuando se observan los primeros síntomas de un renovado impulso. En el caso de la ingeniería militar, sería expresión de ello la actividad de la Academia de Matemáticas del ejército español en Bruselas⁹. Existe también un proyecto de renovación, que se refleja en la creación en 1711 de un nuevo cuerpo militar, especializado en los conocimientos científico-técnicos. Aunque se produce, asimismo, una tensión entre tradición y modernización, algo que puede observarse en otros proyectos intelectuales y científicos del primer tercio del siglo XVIII.

De manera similar ocurre con los ingenieros militares. Los debates sobre la creación del cuerpo muestran una tensión entre la tradición de la ingeniería militar hispana que se remontaba al siglo XVI, y, por otra parte, la necesidad de un conocimiento actualizado sobre los avances que de la ingeniería militar holandesa y francesa principalmente, pero también, poco después, en la británica y alemana.

El estudio del cuerpo de ingenieros militares muestra que, en coincidencia con las afirmaciones de Siro Villas en este mismo volumen, para modernizar las estructuras científicas se optó por el Ejército. La conclusión que se obtiene tras el examen del esfuerzo realizado es que si los resultados permitieron resolver los problemas más apremiantes, y pudieron ser incluso brillantes a corto plazo, no consiguieron, sin embargo, crear una infraestructura científica sólida y que se mantuviera en el siglo XIX. Aunque es cierto que muchos ideales y algunas realizaciones de ese siglo proceden de la Ilustración, en realidad el proceso de modernización general del país y de difusión de la ciencia a todos los niveles se llevaría a cabo tras la implantación del régimen liberal, después de 1833. El análisis de la evolución del cuerpo de ingenieros militares confirma otra vez las limitaciones del reformismo ilustrado, a las que desde

⁹ H. CAPEL, 1981 («Geógrafos españoles...»).

hace años se han referido diversos investigadores (Antonio Mestre, por ejemplo), y la incapacidad de los gobernantes para impulsar un desarrollo que pusiera en cuestión sus propios privilegios.

Lo debates que tuvieron lugar en relación con la organización y el plan de estudios de la Academia de Matemáticas de Barcelona son relevantes para percibir la tensión entre tradición y modernidad¹⁰. Por un lado, la continuidad con la tradición está presente en numerosos aspectos: el modelo de la Academia de Bruselas y el magisterio de Sebastián Fernández de Medrano es esgrimido una y otra vez, y es sostenido por el mismo ingeniero general, Jorge Próspero de Verboom, que había sido alumno y colaborador de aquél; esa tradición era mantenida también por los ingenieros españoles y por los procedentes de Flandes e Italia que se integraron en el cuerpo. La Academia de Barcelona podía asimismo considerarse como continuadora de la que se había fundado en esta ciudad en 1697, la cual a su vez era, en cierta manera, una recreación y continuación de la que había existido en Madrid: extinción de una y creación de la otra fueron simultáneas, y la de Barcelona se constituyó con las mismas plazas y sueldos que había en Madrid. Por otra parte, Fernández de Medrano reeditó varios libros suyos –destruidos por el bombardeo de Bruselas en 1696– precisamente para que sirvieran de texto en Barcelona, ya que la falta de sus libros se producía «a tiempo que de orden de S. M. yo había nombrado discípulos para pasar a establecer otra academia militar en Barcelona»; y en agosto de 1701, a los profesores nombrados para Barcelona se les ordenó que «se ejecutase exactamente la Academia de Barcelona como la del Director Medrano». Finalmente, cuando Verboom recibió la orden de organizar el cuerpo de ingenieros y tuvo que ocuparse de la formación de sus miembros, las referencias a la Academia de Bruselas estaban muy presentes; como lo estuvieron también en algunos de los proyectos que se propusieron por otros ingenieros.

La Academia de Barcelona se creó en 1716, aunque el centro tardaría cuatro años en abrir sus puertas, en octubre de 1720 bajo la dirección de Mateo Calabro. Fueron muchos los problemas que se plantearon sobre el plan de estudios y sobre el valor relativo de la teoría y la práctica. Se suscitaron también conflictos entre el ingeniero general y el director del centro, que llevaron al cese de éste y a su sustitución por Lucuce en 1738. Las *Ordenanzas e Instrucción para la enseñanza de las Matemáticas en la Real y Militar Academia, que se ha establecido en Barcelona*, redactadas por él y promulgadas el 22 de julio de 1739, constituyeron el texto básico para el funcionamiento del centro durante el resto del siglo, y establecieron el programa del curso matemático para los alumnos.

Es significativo que, al redactar dicho curso, la necesidad de renovación se hiciera sentir, y que el director utilizara para ello el *Compendio Matemático* (1707-1715, y 2.^a edición «corregida y enmendada de muchos yerros de impresión y láminas», 1721)

¹⁰ Hemos aludido a ellos en H. CAPEL, J.-E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988, caps. IV y V. Véase también la tesis doctoral de J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1991.

del padre Vicente Tosca, figura destacada del movimiento novador valenciano. La obra de Tosca está, a su vez, inspirada en el *Cursus seu Mundus Mathematicus* del jesuita francés Claude François Millet Dechales, publicado en Lyon en 1674 (y en una segunda edición ampliada en 1690), con lo que el contenido del curso de Lucuce podía estar envejecido en casi medio siglo. Más grave fue el hecho de que dicho curso se dictara a los alumnos, y que estuviera vigente sin variación todavía durante tres o cuatro décadas más¹¹.

Al mismo tiempo, había también aires de modernización. La influencia francesa se dejaba sentir por varios conductos: uno fueron los ingenieros de ese país incorporados al cuerpo español a partir de la guerra de Sucesión; otro, las obras escritas que se utilizaron por los españoles, entre ellas de forma eminente el tratado *La Science de l'Ingenieur* (1729) de Bernard Forest de Bélidor. Un tercero, el esfuerzo por impulso del mismo Verboom para traducir al castellano esta y otras obras de ingeniería francesa. Y, finalmente, el intento realizado durante el mandato del conde de Aranda como Director General de Artillería e Ingenieros (1756-1758) para modernizar las enseñanzas, a través de la creación de la Real Sociedad Militar de Matemáticas, con sede en Madrid, una de cuyas tareas esenciales debía ser la redacción de nuevos textos para las academias militares. El fracaso de esa iniciativa y de las habidas en los dos siguientes decenios en el mismo sentido es síntoma de un cierto anquilosamiento de la ingeniería militar española, que en esos años vio aumentar la brecha que la separaba de otras escuelas europeas.

IV

DIFUSIÓN DE LA CIENCIA E IDEOLOGÍA

De manera general, los ingenieros contribuyeron a la creación de una poderosa tradición ilustrada y optimista. Una tradición en la que el trabajo técnico y científico era una importante herramienta de mejora de la naturaleza, de la sociedad y de su misma actividad militar. No sólo aprendieron a «mejorar con el arte los defectos de la naturaleza», sino que fueron entusiastas partidarios de las reformas sociales que promovían el bienestar de la población: apoyaron obras de colonización, proyectos docentes y educativos, y se vincularon con las elites ilustradas de los lugares donde estuvieron destinados. En lo que se refiere al arte militar, que querían convertir en ciencia, el lema de la Academia es bien expresivo: *Nunc Minerva, postea Palas*, la preparación científica era lo que permitía triunfar en la guerra.

¹¹ Véase la edición del Tratado VI del *Curso matemático* de Lucuce, con introducción de H. CAPEL y R. ALCAIDE (LUCUCE, ed. 2000), y sobre la geografía de los novadores valencianos, H. CAPEL, 1982, cap. 1; también, H. CAPEL, 1988.

En la producción de literatura técnica, el papel de los ingenieros es también digno de señalar. Contribuyeron a la ampliación y precisión del léxico, elaboraron tratados e incorporaron la tradición europea al campo de la ingeniería militar. En la Academia de Barcelona se reunió una importante biblioteca especializada, cuya composición es hoy parcialmente conocida. En lo que se refiere a la publicación de normas destinadas a servir de guía de trabajo a colectivos profesionales, la labor de los ingenieros es verdaderamente pionera. El debate que se realizó en relación con la organización de la Academia de Matemáticas, la confección de programas y el establecimiento de un sistema riguroso de enseñanzas teóricas y prácticas, así como de control de aprendizaje, exámenes y procedimientos de selección es una temprana muestra del avance del proceso de especialización y de la elaboración de un sistema de enseñanza reglada.

Si la confección de cartillas y de textos dirigidos a oficios variados es una característica de la segunda mitad del siglo, no podemos olvidar que los ingenieros militares elaboraron manuales sobre fortificación y castramentación. Encontramos aquí otra limitación del reformismo ilustrado y de la política científica de la Ilustración: la incapacidad para crear unos textos actualizados, lo que debería llevar a pensar en las dificultades para la incorporación de la ciencia moderna en un contexto de acotado desarrollo científico, a las insuficiencias del modelo de institucionalización y de formación adoptado para la preparación de los ingenieros militares. Y también a las diferencias entre el nivel elemental y el superior en la difusión de conocimientos técnicos. La inexistencia de una Academia de Ciencias durante todo el Setecientos constituye un claro síntoma de debilidad en este ámbito.

Especial relieve tuvo la contribución de los ingenieros al léxico científico en lo que se refiere a fortificación y a la ingeniería tanto militar como civil. Preocupación que estaba ya presente en el curso matemático impartido por Mateo Calabro, que no olvidaba definir claramente los términos y prestaba atención a la introducción de neologismos. Lo mismo aparece en las otras obras que se fueron elaborando por estos técnicos a lo largo del Setecientos.

Podemos destacar diversos tratados sobre fortificación que contribuyeron a precisar una terminología que ya había empezado a elaborarse durante el Renacimiento, pero que necesitaba de modernización debido a los avances de la ingeniería militar desde finales del XVII. Nos limitaremos a citar los esfuerzos que en ese sentido se hicieron por parte de ingenieros que abordaron la traducción y adaptación de obras francesas (de Vauban, B. Forest de Bélidor, M. Maigret, Le Blond) o inglesas (de J. Muller, por Miguel Sánchez Taramas) y la elaboración de otras nuevas (por Pedro de Luce, José Ignacio March o Vicente Ferraz).

El papel de los ingenieros fue también importante en la difusión de la ciencia, como profesores de las academias de Matemáticas de Barcelona, Orán y Ceuta. Medio centenar de ingenieros impartieron enseñanzas en la Academia de Barcelona durante el siglo XVIII y una veintena en las de Orán y Ceuta; algunos serían luego profesores en las que a partir de 1790 funcionaron en Cádiz, Zamora y Alcalá de Hena-

res¹². Impartieron asimismo enseñanzas científicas en otras instituciones docentes militares y civiles; entre las primeras, la Academia de Guardias de Corps, donde fue profesor Pedro Padilla, autor de un Curso Militar de Matemáticas (1753-56) y otros. Entre las instituciones civiles hay que destacar la incorporación en 1752 de José Hermosilla como director de Arquitectura en la Academia de San Fernando. Redactó un texto de Geometría que se usó ya en el curso 1753-54, aunque dimitió del cargo en 1756 para volver al cuerpo de ingenieros¹³. En la de San Carlos de México tuvo también un protagonismo destacado Miguel Constanzó¹⁴.

Los ingenieros propusieron o impulsaron, especialmente en Indias, academias de matemáticas, ingeniería y arquitectura, como hizo en Cartagena de Indias Juan Herrera de Sotomayor, quien entre 1719 y 1725 realizó numerosas observaciones de eclipses de Luna y de inmersiones y emersiones de satélites de Júpiter, determinando la latitud de varias ciudades y mostrando un buen conocimiento astronómico¹⁵. En el mismo sentido pueden citarse las propuestas que realizaron Simón Desnaux en 1777¹⁶ y José de Sierra, o las clases que impartieron Agustín Caballero y Miguel Atero en la Real Academia y luego Universidad de San Felipe, fundada por el virrey Amat en Santiago de Chile¹⁷; Sierra, por su parte, sería creador de la Escuela de Matemáticas que se fundó en la Sociedad Económica de Amigos del País de Guatemala¹⁸, y otros desempeñaron tareas docentes en los centros que se fueron creando en los diversos reinos de la monarquía¹⁹.

¹² Los nombres de todos ellos aparecen en H. CAPEL, J.-E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988, pp. 138-139, 170 y 199; otras referencias, en pp. 234-242.

¹³ Sobre la labor de este ingeniero en la Academia de San Fernando véase C. BÉDAT, 1974 y 1989, y A. QUINTANA, 1983.

¹⁴ O. MONCADA, 1994 y 2003.

¹⁵ Jorge Arias de Greiff (1988) estima que practicaba a conciencia la astronomía basada en la mecánica celeste de Kepler y Newton, utilizando para ello instrumentos astronómicos que le dejó el padre Feuillée a su paso por Cartagena de Indias. Herrera hizo llegar las observaciones a Cassini, y se publicaron en las *Memorias de la Real Academia de París* en 1929; también hizo llegar observaciones a Halley, el cual apoyándose en ellas determinó la diferencia de longitud entre Cartagena de Indias y Londres, en un artículo publicado en las *Philosophical Transactions*, vol. 33, 1722 y 1723.

¹⁶ J. A. CALDERÓN QUIJANO, 1945. En ese año de 1777 Desnaux tenía en preparación una obra sobre el arte de la guerra; en 1784 se autorizó a este ingeniero el regreso a España por haber transcurrido con exceso el tiempo reglamentario preceptuado a los oficiales para su estancia en Indias, y por haber «padecido graves enfermedades y trabajos, de que ha quedado bastante accidentado».

¹⁷ En 1772 se pensó en el ingeniero José Antonio Birt para que ocupara la cátedra de Matemáticas de dicha universidad, pero no pudo hacerlo por enfermedad. E. GREVE, 1938, vol. II, p. 308; véase también G. GUARDA, 1990, p. 265.

¹⁸ M. C. AMERLINCK ASERETTO, 1975, p. 455.

¹⁹ Por ejemplo, en la Real Academia de San Luis, en Santiago de Chile, donde enseñó Agustín Caballero desde el 30 de septiembre de 1799 (G. GUARDA, 1990, p. 266, y en general todo el capítulo XVIII, «La enseñanza técnica»).

El papel de los ingenieros militares en las sociedades económicas fue en algunos casos prominente, como ocurrió con Jaime Conde o Luis Rancaño de Cancio en la de Zaragoza. El primero, siendo ya ingeniero en segunda, pasó en 1758 a la capital aragonesa alegando una enfermedad relacionada con «los aires de mar»²⁰. A finales de esa década fue nombrado director de la Escuela de Matemáticas creada por la Sociedad Económica de Amigos del País en dicha ciudad, y elaboró unos *Rudimentos de Aritmética* (1781) y otros de *Dinámica* (1782) para facilitar la docencia de esas materias. En 1784 fue nombrado para sustituirle Luis Rancaño, quien impartió dichas enseñanzas durante una década. Organizó exámenes públicos, utilizando con ello un método de invención jesuítica que había sido muy estimado por los ilustrados, y que sin duda su autor había aprendido en la Academia de Matemáticas de Barcelona, donde también se empleó²¹.

La actividad profesional que desarrollaron los ingenieros militares, los trabajos que publicaron y el reconocimiento que obtuvieron en instituciones diversas muestran que tenían una buena formación científica. Por otra parte, conocemos las bibliotecas de algunos de ellos, desde la del que fue primer ingeniero general a otros ingenieros poco conocidos, y sabemos que estaban bien informados²². Las decenas de millares de planos, descripciones, apuntamientos e informes que se conservan en los archivos españoles (Archivo General de Simancas, Servicio Histórico Militar, Servicio Geográfico del Ejército, Archivo de Indias, etc.) y de los países americanos (por ejemplo, el General de la Nación de México) son buena prueba de su excelente formación y de su incansable trabajo.

V

LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

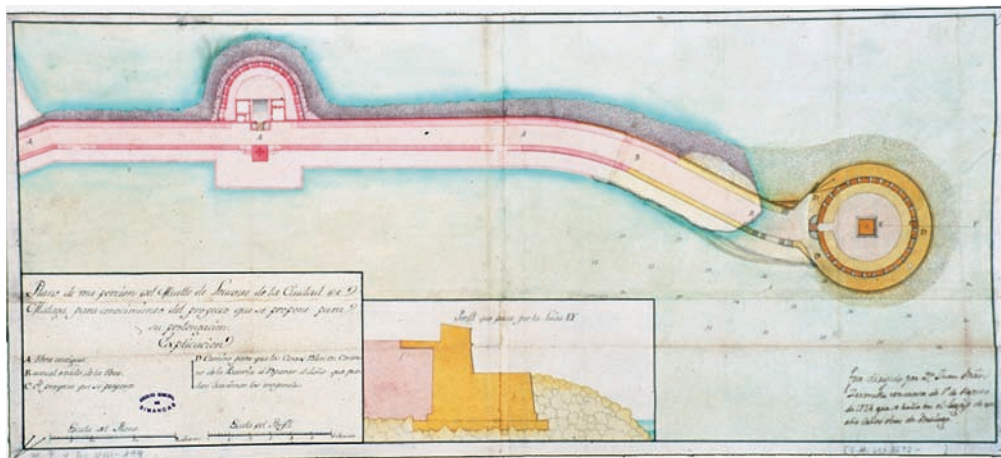
En lo que se refiere a la organización territorial, la tarea de los ingenieros militares tuvo gran trascendencia en dos aspectos concretos: el diseño y construcción del sistema defensivo y de control del imperio; y la política de obras públicas y ordenación del territorio.

La labor de puesta a punto de un sistema defensivo tenía múltiples dimensiones. Dependía, ante todo, de las opciones adoptadas por el poder, de la política de alian-

²⁰ Según documento en Archivo de la Corona de Aragón, en H. CAPEL y otros, 1983.

²¹ H. CAPEL, 1981 («La geografía en los exámenes públicos»).

²² El inventario de la biblioteca del ingeniero general Jorge Próspero de Verboom fue publicado por J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1995; sobre la Biblioteca de la Academia, J. RIERA, 1975, y H. CAPEL, 1990. Recientemente, M. GALLAND-SEGUELA ha publicado varios inventarios más, los de las bibliotecas de Ricardo Ailmer (muerto en Barcelona en 1788), Clemente Haedo (en Barcelona, 1787), Miguel de Roncali (en Santa María de Cornellá, 1794), José Agustín Hermostilla y Sandoval (en Leganés, 1776) y Pedro Martín Cermeño (en La Coruña, 1790).



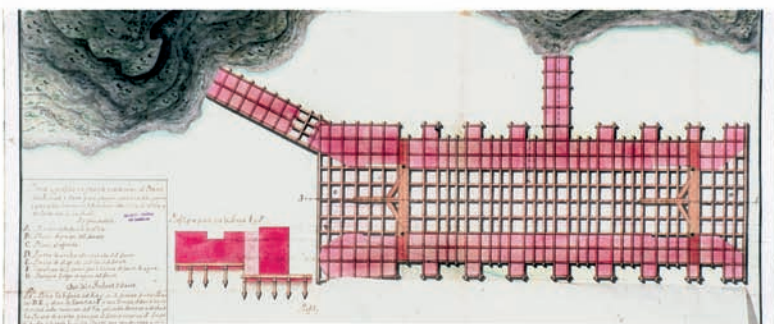
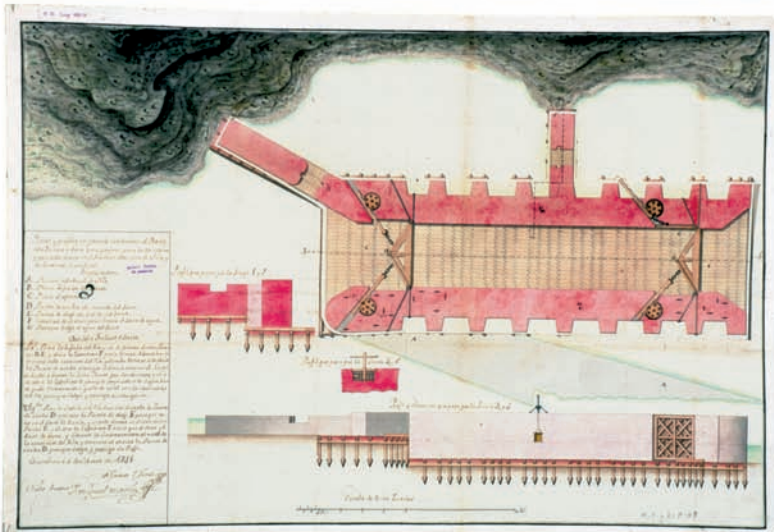
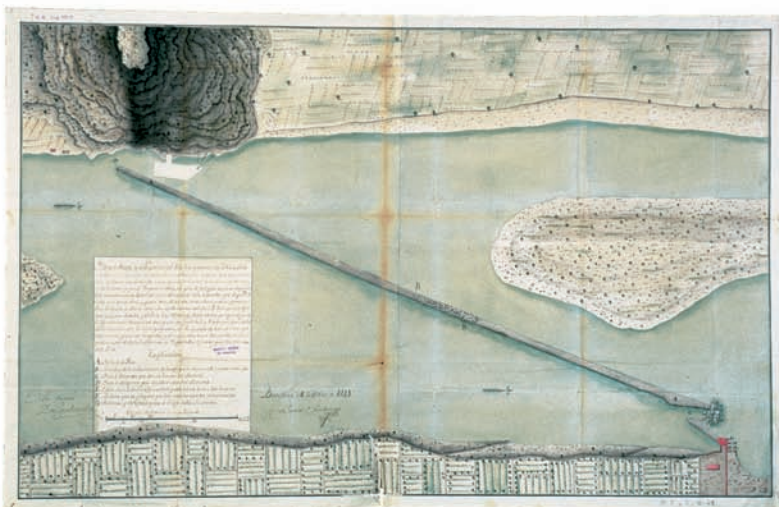
7.3. «Plano de una porción del muelle de Levante de la Ciudad de Málaga», por Juan Martín Cermeño, 1 de agosto de 1738. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., VIII-199.)

zas y enfrentamientos, que daba lugar a exigencias defensivas en determinadas direcciones; también, de las ideas sobre estrategia militar, que cambiaron a lo largo del XVIII. Exigía asimismo realizar reconocimientos territoriales, levantamientos cartográficos y estudios para el conocimiento de los recursos existentes. Finalmente, se traducían en decisiones que conducían a la construcción de determinadas fortificaciones, un proceso largo y complejo que a veces podía prolongarse durante varios decenios.

No es necesario insistir sobre el papel de los ingenieros militares en la construcción de las fortificaciones españolas durante el siglo XVIII y, de manera más general, en la puesta a punto de un sistema defensivo para el imperio, que, por otra parte, heredaba opciones ya adoptadas desde el Renacimiento y el Seiscientos y las adaptaba a las nuevas condiciones del arte de la guerra²³. Pero, además de ello, también fue importante su aportación a la política de obras públicas y a la ordenación del territorio desde el punto de vista económico, político y social. Bastará recordar aquí su decisivo papel en la construcción de obras hidráulicas (desde canales de navegación a embalses), en la puesta en marcha del sistema de carreteras radiales y de otras rutas, en la construcción de puertos y arsenales, y en la erección de edificios civiles de carácter institucional²⁴.

²³ En la revista *Biblio 3W* se han publicado ya diversos informes y descripciones territoriales de ingenieros militares sobre España y las Indias, con estudios de M. ARROYO, H. CAPEL, O. MONCADA, C. HEVILLA, E. CARTAÑA y otros; son fácilmente localizables a través de los índices temáticos y de autores <<http://www.ub.es/geocrit/b3w>>. A la construcción de cuarteles han dedicado atención LI. CORTADA I COLOMER, 1998, y J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1988, 1990, 1991, 1993 y 1994.

²⁴ Se tiene información amplia en los inventarios y estudios que hemos realizado, a los que podemos añadir los trabajos llevados a cabo por otros autores, algunos de los cuales han estado vinculados a este mismo programa de investigación, como J.-E. Sánchez, O. Moncada o J. M. Muñoz Corbalán.



7.4. «Plano y perfiles en grande corelativos al plano de la ynclusa o Sasso que se propone para la navegaci3n y paso de las barcas en el r3o Ebro de la villa de Flix, y el extremo de su azud», por Marcos T. Sersteven, Barcelona 4 de febrero de 1748. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., X-49.)



7.5. «Mapa particular de porción del curso del río Henares y del giro de la Acequia que se proyecta desde antes del paso sobre el arroyo de Texada hasta la casa del Guarda de Tírate afuera de la dehesa de Maluque [...] para la demostración de los medios que se proponen para conducir la Acequia por este parage», por Manuel Navacerrada, Madrid 19 de abril de 1770, Escala de 181 mm las 60 varas de Castilla. (Archivo General de Simancas, M. P. y D. XXII-51.)



7.6. «Plano de la carretera de La Coruña», por Carlos Lemaury, 21 de marzo de 1771. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXII-24.)

Los ingenieros militares mostraron una gran flexibilidad para desempeñar funciones diversas, tanto técnicas como de gobierno (corregidores, intendentes, incluso alguno llegó a presidente de audiencia y a virrey). No extraña que los gobernantes acudieran a ellos para las tareas más diversas; como hizo Amat, virrey del Perú, al encargar a Carlos Beranger la dirección de las minas de Huancavélica²⁵, o el virrey de Nueva España, que comisionó en 1794 a Manuel Agustín Mascaró para levantar el

²⁵ Véase M. C. NAVARRO ABRINES, 1996 y 1997. También tuvieron responsabilidades en ese sentido Mariano Pusterla en la misma mina o Francisco Javier de Mendizábal en la de Huantajaya (G. GUARDA, 1990).

plano del Real de Minas llamado el Oro en Ixtlahuaca²⁶. También se les encargaron misiones de fomento y desarrollo económico, tanto en España como en los reinos de Indias²⁷, o la realización de informes sobre temas de actualidad y trascendencia como el proyecto de catastro emprendido por Ensenada²⁸. Mostraron gran pericia técnica en temas de abastecimiento de agua, canales y puentes, y en la resolución de problemas técnicos como la puesta a punto de máquinas para levantar pesos o arbolar y desarbolan navíos. Su actividad dependía de las urgencias que tenían los virreyes, capitanes generales y gobernadores en los lugares en que estaban destinados. Tanto si se trataba de funciones ligadas a su actividad militar como a tareas civiles o docentes, su dedicación fue intensa y fructífera. La formación adquirida, las experiencias que acumularon y las responsabilidades que se les asignaron les dieron una versatilidad verdaderamente sorprendente.

VI

PLANOS Y USOS DEL SUELO

La influencia de la organización militar sobre el desarrollo urbano ha sido fuerte desde la antigüedad, especialmente a través de las murallas, ciudadelas y obras de fortificación²⁹. Pero además los ingenieros militares contribuyeron a la configuración de la morfología de las ciudades hispanas tanto en lo que se refiere al diseño de los planos y asignación de usos del suelo como en la construcción de edificios y definición de sus tipologías. Más todavía, su aportación fue importante en la regulación y normalización de los edificios, que dieron paso a un paisaje neoclásico dominante en la primera mitad del siglo XIX.

Ante todo, intervinieron en el diseño de planos de ciudades, e impulsaron la consolidación y desarrollo de una línea de planeamiento urbano de larga tradición que se traducían en planos regulares, generalmente ortogonales. La herencia vitrubiana se había dejado sentir en algunos tratados de arquitectura militar y fortificación de fines del XVII y comienzos del XVIII (como los de Fernández de Medrano y la parte correspondiente a esta materia en el de Tosca), en los cuales se aceptaba el diseño radioconcéntrico que ese autor, y el mismo Alberti, habían considerado adecuado por razones defensivas³⁰. A pesar de ello, en general serían los trazados ortogonales los que dominaron en las obras realizadas por ingenieros militares europeos durante

²⁶ E. TRABULSE, 1983, p. 173.

²⁷ Podemos citar a Mariano Pusterla en el desarrollo de Chiloé o a Francisco de Requena en el de Maynas, entre otros muchos.

²⁸ Así, José Traggia y Roncal con su *Representación sobre el método del catastro* en 1748, Zaragoza.

²⁹ H. CAPEL, 2003, cap. 5; y G. GUARDA, 1967.

³⁰ A. RABANAL YUS, 2002.



7.7. «Plano en que se demuestra el Monte de las Águilas y Puertos que se forman al Este y Oeste en la Costa del Reyno de Murcia», por Sebastián Feringan, Cartagena 11 de septiembre de 1757. Escala de 138 mm las 120 varas castellanas. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXIII-39.)

el XVIII, lo que en España venía, además, apoyado por la larga tradición que en ese sentido existía tanto en la metrópoli como en Indias.

Trazado ortogonal tuvieron, en efecto, la mayor parte de los proyectos de ensanche de poblaciones y de nuevas ciudades o núcleos. Si en numerosas urbes una parte del crecimiento demográfico se absorbió en el espacio ya construido, a través de la elevación de los edificios y la densificación, en otras se planearon expansiones exteriores que, en todos los casos, tuvieron un trazado ortogonal, aunque con variantes.

En efecto, el plano ortogonal permite muchas variaciones en cuanto a dimensión de las calles y manzanas, forma de éstas (rectangulares o cuadradas) y disposición de los edificios dentro de ellas, jerarquización del viario, localización y tamaño de las plazas o asignación de usos del suelo³¹. En el proyecto de la nueva población de la Bar-

³¹ Véase H. CAPEL, 2003, en especial el cap. 5 («El plano ortogonal»).

celoneta (1753), Juan Martín Cermeño diseñó manzanas alargadas y configuró una plaza central girando dos de ellas 90 grados³². En el de Santander, Francisco Llobet (1766) previó calles principales y secundarias; pero la preocupación por la higiene y salubridad llevaría a Juan Escofet y Fernando de Ulloa a proponer en 1780 una ampliación de las calles de este proyecto, para darles mayor ventilación³³.

Trazados ortogonales se propusieron también en los proyectos de ampliación elaborados para Cádiz en 1754³⁴, en el de expansión de Figueras por Francisco Llobet en 1784, en la nueva población de la parte baja de la marina y puerto de Tarragona (Antonio López Sopena y Juan Smith, 1802) y en los diseños de las nuevas poblaciones erigidas en los proyectos de colonización interior en la metrópoli³⁵. También se utilizaron profusamente en América; por ejemplo, en Nueva Guatemala con el proyecto de Luis Díez Navarro (1776). Ingenieros participaron en proyectos de dos ciudades que habían sido promovidas a capitales de virreinato, como eran Buenos Aires y Santa Fe de Bogotá³⁶.

Si en algún caso se propuso un trazado no ortogonal (como parece que hizo Sabatini para la nueva población de San Carlos en la Isla de León, en Cádiz, que incluía una plaza central hexagonal y manzanas trapezoidales), pronto se abandonó. Es significativo que el proyecto que elaboró Vicente Imperial Diguier en 1785 sustituyera el plan de Sabatini por otro ortogonal, que, según él, «tiene mayores ventajas por su proporción de aumentarla [la población] siempre que se quiera con manzanas cuadradas o rectangulares que son de mejor vista, solidez y distribución interior que las trapecias con que contaba aquélla [la de Sabatini]»³⁷.

Los ingenieros se preocuparon por el diseño de las plazas y su localización³⁸. Todos sus proyectos, tanto de ciudades como de nuevas extensiones, disponían al menos de una plaza. En algunos casos diseñaron varias. Algunos proyectos, como la Nueva Guatemala y San Carlos de la Isla de León, tenían, además de la mayor en posición central, otras cuatro en medio de las cuatro secciones en que se dividía la ciudad por las calles principales que se cruzaban en el centro, un modelo similar al que aplicaba el urbanismo británico en la América inglesa³⁹.

³² Las obras fueron dirigidas por Francisco de Paredes; véase M. TATJER, 1973.

³³ C. SAMBRICIO, 1991 (capítulo sobre «La influencia del puerto de Santander en la organización de una nueva ciudad»).

³⁴ Por José Barnola, que trabajaba en el arsenal de La Carraca desde 1731.

³⁵ C. SAMBRICIO, 1991 (capítulo sobre «La colonización interior»).

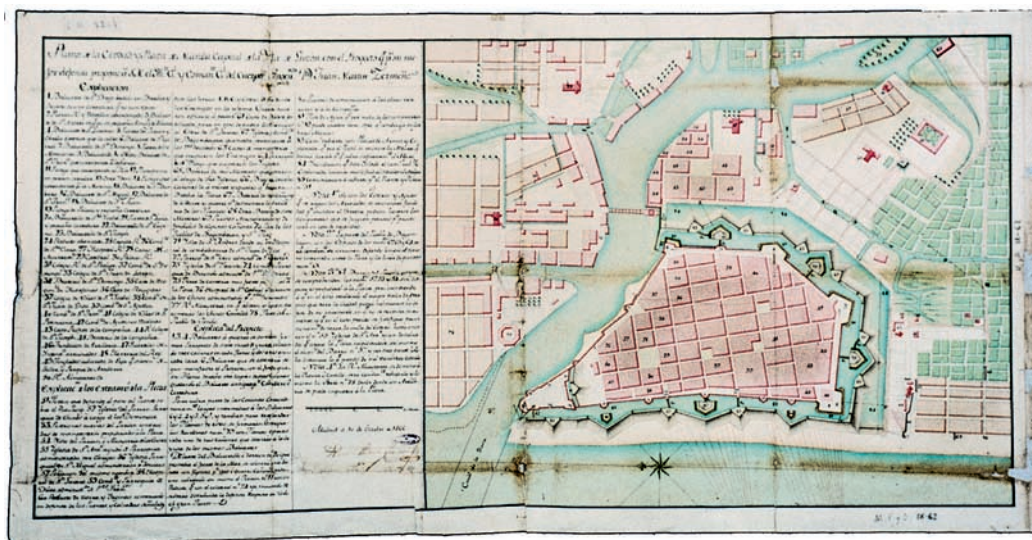
³⁶ En la primera de esas ciudades, Carlos Cabrer y José del Pozo; en Bogotá, Carlos Cabrer, 1797.

³⁷ C. SAMBRICIO, 1991, p. 501.

³⁸ El análisis de las tipologías y edificaciones de edificios en los tratados de arquitectura militar del XVIII ha sido realizado por A. RABANAL YUS, 2002.

³⁹ J. W. REPS, 1992; C. SAMBRICIO, 1991 (capítulo sobre «La ordenación del espacio en la bahía gaditana»); y J. TORREJÓN CHAVES, 1985.

Se les ordenó que elaboraran proyectos de saneamiento urbano, de abastecimiento de agua con la construcción de pozos⁴⁰, que intervinieran en la búsqueda de manantiales, nivelaciones y conducciones de agua a ciudades⁴¹ y a conventos. Igualmente se ocuparon del control de inundaciones, con intervenciones para la canalización, regularización de cursos fluviales en las ciudades, tanto en España (canalización del Ter, Lorca...) como en Indias⁴². Participaron en estudios sobre los efectos de diversas catástrofes; por ejemplo, tras el terremoto de 1755 se encargó a Agustín Cramer y a Carlos Le Maur la relación de daños en las regiones donde actuaban (Granada y Galicia). Por su parte, Antonio Marín tuvo un papel importante en los informes que se realizaron tras el terremoto de Guatemala y que llevaron a la construcción de la Nueva Guatemala⁴³.



7.8. «Plano de la ciudad y plaza de Manila [...] con el proyecto que para su mejor defensa propone a S. M. [...] Juan Martín Cermeño», Madrid 10 de octubre de 1766. Escala de 86 mm las 400 varas. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., IX-62.)

⁴⁰ Cuestión que incorpora Miguel Sánchez Taramas a la edición de la obra de Muller, haciendo referencia a los que se construyeron para abastecer a la Barceloneta, y citando también la obra de Belidor «por ser de donde el autor ha tomado mucha parte de las materias que componen esta obra», pp. 442-430.

⁴¹ José Alejandro en 1774, en Guatemala.

⁴² En Guatemala, regularización del río Pensativo, por Luis Díez Navarro; antes (en 1735) había trabajado en la limpieza de los ríos que circundan México y en las obras de desagüe del valle de México (1741).

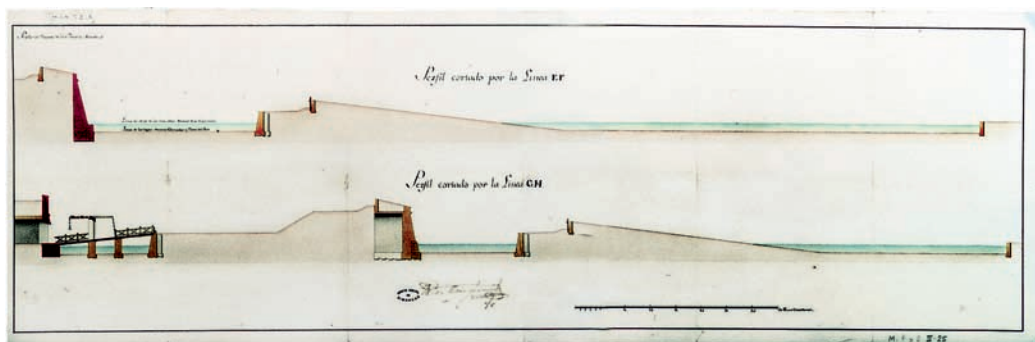
⁴³ C. ZILBERMANN DE LUJÁN, 1987, p. 62. Véase también O. MONCADA, 2003 («En torno a la destrucción de la ciudad de Guatemala...»).

Los ingenieros fueron los agentes del nuevo poder del Estado, y en algunos casos sencillamente de la toma del poder por encima de las identidades e intereses locales. Por las funciones que tenían asignadas y las órdenes que recibían, se vieron obligados a tener una concepción global del territorio, que era muy rara o inexistente entre los arquitectos, cuya tarea era realizar obras concretas en una ciudad o en el campo.

Para organizar un sistema defensivo era indispensable la percepción de todo el conjunto de la metrópoli y del imperio. Mover ejércitos, que van siendo cada vez más numerosos a lo largo del Setecientos, y que como mínimo pueden suponer varios miles de soldados y sus impedimentas, supone imaginar sistemas de movilidad, pensar en flujos de personas y de bagajes, atender a la logística, al abastecimiento de alimentos y municiones, a la obtención de los recursos necesarios para sostener toda esa tropa. De manera similar, decidir un conjunto de acuartelamientos para el nuevo ejército regular exige tener una idea bien precisa de la red urbana y de las rutas para mover las tropas rápidamente hacia los posibles teatros de conflicto. Constituye, en definitiva, un ejercicio de localización de equipamientos en el espacio, teniendo en cuenta las distancias. Ubicar un cuartel en una ciudad grande o pequeña supone, además, conocer los espacios libres en relación con los caminos, negociar o presionar para adquirir los terrenos, prever plazas para la maniobra de la tropa y sistemas de abastecimiento de agua para varios centenares de soldados, e incluso más de un millar, con sus caballerías.

Lo mismo debe decirse de las otras actividades de ordenación del territorio a que nos hemos referido. Trazar un canal o diseñar una red de caminos para la actividad militar o económica presupone asimismo una idea de los requisitos del transporte, de los flujos de personas y de mercancías.

Los ingenieros tienen el hábito de usar el mapa a la escala de una región o provincia. Pero, además están obligados a recorrer el territorio y a observarlo. Unen así el examen abstracto y el conocimiento directo. Se fijan ante todo en sus enfiladas, en los obs-



7.9. «Perfiles de un proyecto de fortificación de la plaza de Manila», por Juan Martín Cermeno, 1766. Escala de 208 mm las 40 varas castellanas. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., II-25.)

táculos a los avances, en las posiciones dominantes que son útiles para el ataque o defensa; pero también en la población y en los recursos, indispensables para la guerra.

Armado del saber abstracto del *Curso Matemático*, el ingeniero pasa fácilmente de una escala a otra. En el trabajo de todo el que ha superado el grado inicial de ingeniero ayudante, vemos la dedicación a actividades que implican necesariamente el uso de diferentes escalas. A lo largo de su carrera puede tener que elaborar proyectos y levantar planos y perfiles de obras que van desde la escala de un muro o un edificio a la de toda una costa, un muelle o un sistema de fortificación de una amplia región. Puede trabajar, por ejemplo, en almacenes de pólvora, un puente sobre un río, un dique para derivar un curso de agua, el muelle y los bancos de arena formados en el mismo, el baluarte de una fortificación, los fuertes que defienden una población, un camino cubierto para la defensa, diversos planos de la costa, cuarteles que se han de construir, con los alojamientos para oficiales, soldados y caballerías, así como pabellones para oficiales de tres batallones, en los terrenos en que se pretende levantarlos, otros almacenes de repuesto para almacenar pólvora, una porción de un pequeño puerto, un puente de madera, nuevamente en un muelle y en una presa, levantando de todo ello decenas y decenas de planos y mapas. Es lo que hizo, por citar un ejemplo, Miguel Marín, teniente coronel e ingeniero jefe desde 1733, y luego director de ingenieros de Cataluña, que realizó todas esas actividades en un período de ocho años (1731-1739) en los ríos Llobregat, Ter y Oñar, en las plazas de Barcelona, Salou, Tortosa, Gerona y otras de Cataluña, y en los muelles de las dos primeras ciudades. Después continuaría realizando y dirigiendo importantes obras en Cataluña y desde 1752 trabajaría también en Galicia, en las fortificaciones y obras públicas de El Ferrol, La Coruña, Tuy y otras plazas, trabajando siempre en escalas que van desde la 1:500 a la 1:100.000 y más pequeñas.

Fueron muchos los que hicieron todos esos trabajos a escalas diferentes y en lugares muy distintos, de España y América o Filipinas. Y prácticamente todos los que estuvieron formados y preparados para realizarlos en cualquier lugar del imperio al que se les destinara, y en funciones tan variadas como las que hemos ido señalando. Lo cual, sin duda, debía dar una visión del territorio diferente a la que tenían otros profesionales.

Intervenir en esas obras requería normalmente disponer de mapas. Lo que no siempre ocurría, debido a los problemas de realizar levantamientos cartográficos en la España del XVIII. Por esa razón en muchas ocasiones ellos mismos tuvieron que levantar los mapas regionales que necesitaban⁴⁴; lo cual los convirtió en agentes

⁴⁴ De la destreza en el manejo de instrumentos astronómicos por parte de los ingenieros militares hay numerosos datos. Bastará con añadir aquí los que, procedentes de la Real Casa de Geografía, utilizaban varios ingenieros según un documento transcrito por Pilar Corella (1987, doc. n.º 14: «Razón de los instrumentos y muebles de matemáticas que existen fuera de esta Real Casa de geografía en virtud de reales órdenes desde el año 1752 hasta el día 12 de diciembre de 1773, en poder

esenciales en la elaboración de la cartografía del territorio. Finalmente, conviene recordar que los trabajos de obras públicas en que participaron podían movilizar a centenares o miles de obreros, a veces prisioneros o forzados, otras soldados y otras mano de obra pagada; lo que requiere cálculos sobre sueldos y raciones, que también estaban obligados a realizar.

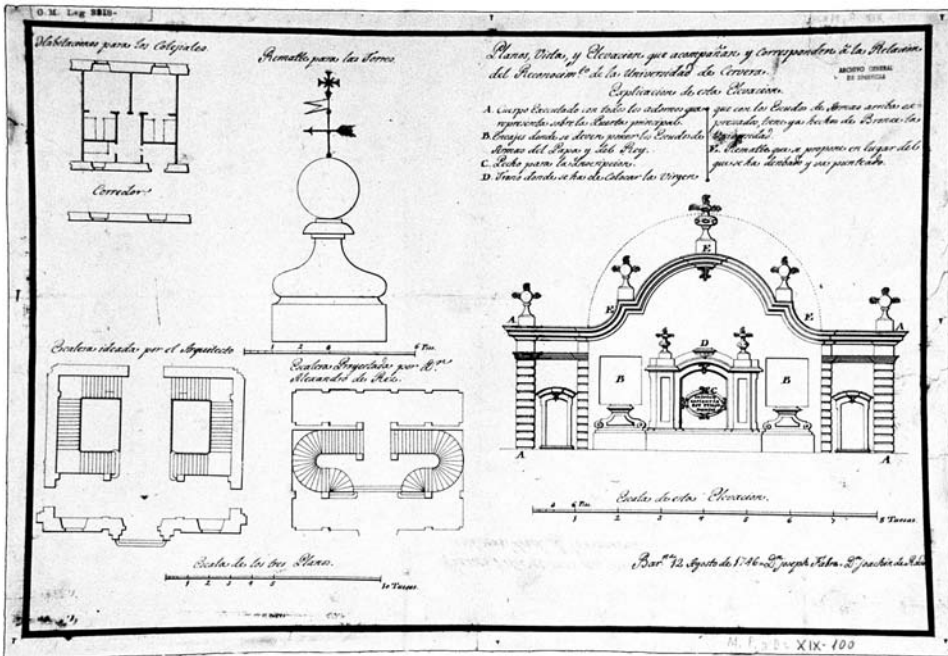
VII

EDIFICIOS PÚBLICOS Y PRIVADOS

Los ingenieros tuvieron una amplia actividad como diseñadores y constructores de edificios. En ese sentido contribuyeron de forma destacada a introducir la normalización y el neoclasicismo en la construcción.

Como es sabido, el nuevo estilo académico y neoclásico empezó a implantarse en Madrid y en los Sitios Reales a través de los arquitectos extranjeros llamados para diseñar y dirigir las obras de los nuevos palacios. Desde el final de la guerra de Sucesión y luego con la construcción del Palacio Real de Madrid, tras el incendio de 1732, se iría intensificando la difusión de ese estilo más internacional que se oponía al barroco nacional, que había llegado a ser dominante durante el siglo XVII. Pero fuera de esos lugares cortesanos se mantuvieron durante mucho tiempo las tradiciones constructivas anteriores. En otras ciudades del vasto Imperio español el barroco pudo persistir sin problemas hasta la mitad del siglo, y más aún. Es en todos esos lugares en donde la labor de los ingenieros militares resultaría decisiva, ya que muchas veces fue a través de ellos como llegarían las nuevas corrientes arquitectónicas academicistas y neoclásicas. La Corona utilizó conscientemente a este cuerpo para difundir esa arqui-

de varios sujetos y Academias», Archivo General de Simancas, Secretaría y Superintendencia de Hacienda, leg. 951): Agustín de Crame y Mañeras estaba utilizando un cuadrante trigonométrico completo y una aguja con su pie y piezas correspondientes; Carlos Lemaur, un anteojo de cuatro lentes y todas las piezas correspondientes, dos cuadrantes trigonométricos y cuatro brújulas; Juan Escofet, un cuadrante trigonométrico para levantar un mapa del Soto de Roma en la ciudad de Granada; Jorge Sicre, dos planchetas, cuatro brújulas, un cuadrante trigonométrico, un pie de hierro, un anteojo de cuatro lentes en zapa, para las operaciones y nivelaciones de los contornos de la Corte. Se señala también que «De los instrumentos que se recogieron en el año de 61 de la Sociedad de matemática que estaba establecida junto a San Francisco, sólo se dejaron de recoger 43 cajones de libros, mapas y varios instrumentos útiles de Matemática que debieron haber venido a esta Real Casa de Geografía por el destino que se les dio para las Academias de Barcelona y Cádiz, pudiendo informar en este particular don Pedro de Lucuce, como comisionado encargado de esta Academia». En 1767 se pidió al administrador de la Real Casa de Geografía que se entregaran al ingeniero Manuel Navacerrada «algunos instrumentos propios de S.M. que existen en la Casa que llaman de la Geografía y son propios para las operaciones de nivelaciones que van a practicar los ingenieros en los contornos de esta Corte»; se trata de los caminos que se dirigían hacia el Real Sitio de El Escorial y sierra de Guadarrama.



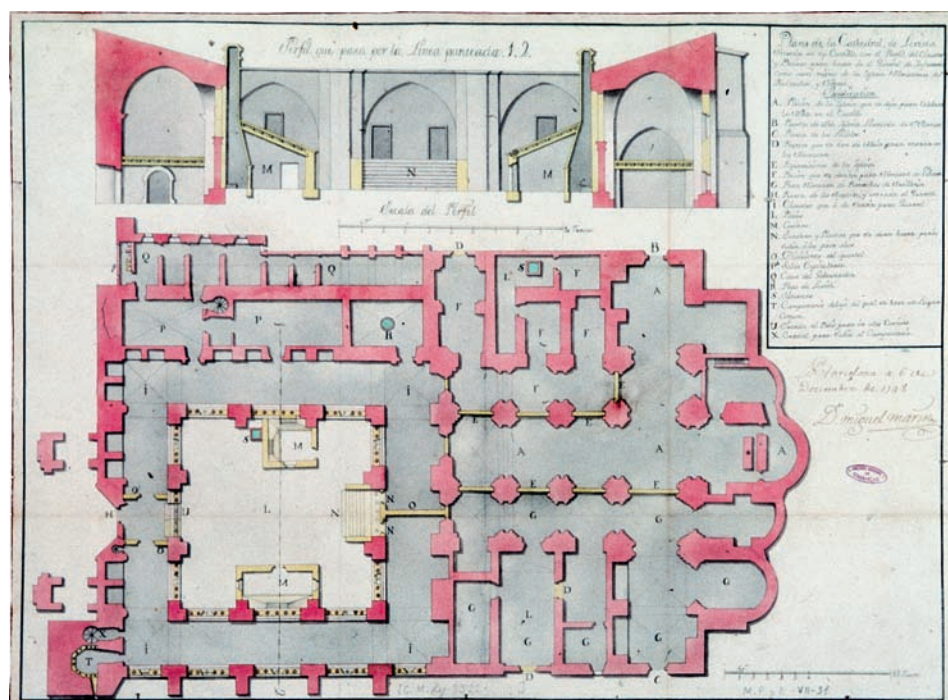
7.10. Planos, vista y elevación que acompañan y corresponden a la «Relación del reconocimiento de la Universidad de Cervera», por Joaquín de Rado y José Fabre, 17 de agosto de 1746. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XIX-100.)

itectura más clasicista e internacional que aseguraba su presencia y daba idea de la dignidad y solidez del Estado. Aunque los ingenieros militares supieron también adaptarse a las tradiciones locales que muchas veces valoraban el barroco (sobre todo en provincias lejanas), se esforzaron siempre por usarlas según los principios del buen gusto. Así sucedió en Indias durante buena parte del siglo, aunque poco a poco fueron difundiendo los principios del neoclasicismo.

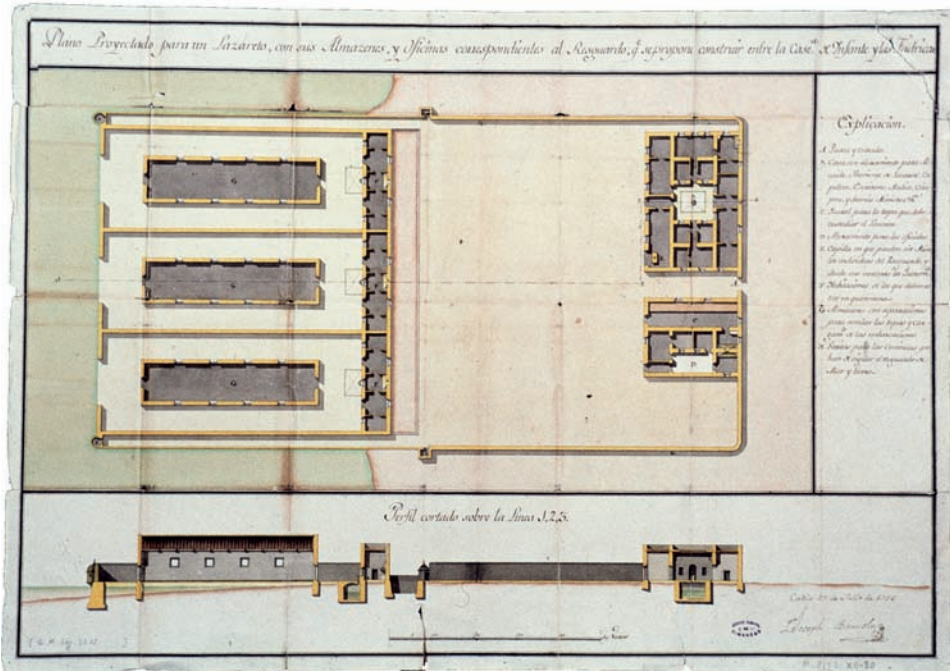
En la introducción del academicismo neoclasicista pueden reconocerse dos etapas: una primera de clara influencia francesa y otra segunda más italianizante. En los reinados de Felipe V y Fernando VI se siguieron sobre todo modelos franceses, unas veces directamente traídos por los técnicos de ese país que se incorporaron al cuerpo español y otras conocidos a través de los tratados, entre ellos, como ya hemos dicho, el de Belidor. Siguiendo a este autor, aparecen incluso mansardas en los edificios. A partir de la década de 1760, con la llegada de Carlos III, es más bien una orientación italianizante la que se difunde. Será entonces cuando la fuerza combinada de la labor de los ingenieros militares y la aparición de las primeras promociones de arquitectos formados en la Academia de Bellas Artes de San Fernando impondrían de forma definitiva el nuevo clasicismo.

En el caso de los ingenieros militares, la incorporación de Francisco Sabatini al cuerpo es un fiel reflejo del cambio que se produce. Nacido en Palermo en 1722 y formado como arquitecto en Roma, llegó a España con Carlos III y fue integrado inmediatamente en el cuerpo de ingenieros con el grado de ordinario, a la vez que era nombrado académico de Bellas Artes de San Fernando a propuesta de José Hermosilla. En 1763 ascendió al grado de teniente coronel e ingeniero en jefe en segundo, y en septiembre de 1774 sería nombrado brigadier y «Director Comandante del Ramo de Caminos, Canales, Puentes, Arquitectura Civil, Canales de riego y navegación, y demás obras relativas a este objeto». Su papel fue desde ese momento decisivo, especialmente en todo lo referente a las materias de su ramo, ascendiendo a teniente general en 1790 y a inspector general de ingenieros y miembro del Consejo de Guerra en 1792. El neoclasicismo de influencia italiana se afirmaríase decisivamente durante ese período.

Lo cual coincide con la salida de las primeras promociones de arquitectos formados en la Academia de Bellas Artes de San Fernando (que actuó efectivamente a partir de 1752), algunos de los cuales se incorporarían al trabajo en obras reales de



7.11. «Plano de la cathedral de Lérida, situada en su castillo con el perfil del claustro y proyecto para hazer de él quartel de ynfantería como assí mismo de la Yglesia, almazenes de pertrechos y víberes», por Miguel Marín, 6 de diciembre de 1748. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., VII-51.)



7.12. «Plano Projectado para un Lazareto, con sus Almazenes y Oficinas correspondiente al Resguardo que se propone construir entre las Caserías de Ynfante y las Fábricas», por José Barnola, Cádiz 27 de julio de 1756; acompaña a un proyecto enviado al conde de Valparaíso. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XII-80 y VII-191.)

arsenales y tendrían de ese modo una cierta influencia en la llegada de nuevas ideas. Es el caso de Julián Sánchez Bort, Antonio Bada y Francisco Solinis, que trabajaron en el arsenal de El Ferrol en la década de 1760, y entrarían en contacto con los ingenieros militares allí destinados, que hasta ese momento habían sido los responsables de las obras en el arsenal y en la nueva población. Con el apoyo de Jorge Juan, estos arquitectos, alguno de los cuales estaba formado en arquitectura hidráulica, constituirían uno de los núcleos iniciales del cuerpo de ingenieros de Marina, formado a partir de 1770-1772.

El análisis de los edificios construidos en las nuevas poblaciones ha permitido establecer estos cambios con bastante precisión. Así, en El Ferrol, donde Vigo Trascancos ha reconocido la transformación que se produce hacia esas fechas con la llegada de los técnicos citados y la incorporación de innovaciones estilísticas claramente identificables.

En arquitectura, la formación que recibieron los ingenieros militares estaba basada en Vitrubio y en la tradición que se había ido desarrollando desde el Renacimiento. Que los ingenieros utilizaran a Vitrubio no ha de extrañar, ya que en *Los diez libros*

de arquitectura el arquitecto romano considera su actividad en un sentido muy lato, tratando de cuestiones de urbanismo, construcción de murallas y torres, abastecimiento de agua, gnomónica, relojes solares y maquinaria, en especial la dedicada al ataque y defensa de plazas fuertes. Aunque él se titulaba arquitecto, es evidente que concebía también su actividad como la de un ingeniero.

Las obras realizadas tanto por los miembros del cuerpo de ingenieros como por los arquitectos respondían, por un lado, a los principios vitrubianos de *firmitas, utilitas, venustas* (es decir, solidez, funcionalidad y belleza o, como tradujo Mateo Calabro, lo fuerte, lo cómodo y lo hermoso); por otro, a principios que se habían ido aplicando en la construcción de fortificaciones abaluartadas en íntima relación con el desarrollo de la artillería, y que valoraban esencialmente la solidez y la funcionalidad⁴⁵. A ello hay que unir las exigencias de economía por la vastedad de las obras a construir y los recursos siempre limitados del Estado. La preocupación por la utilidad, la funcionalidad y la economía aparece una y otra vez en los proyectos e informes de los ingenieros militares y se refleja de forma clara en las obras que construyeron. La obra de Vitrubio fue esgrimida también en numerosas ocasiones en relación con el urbanismo, por ejemplo el trazado de las calles para frenar la fuerza de los vientos dominantes; como hizo Sabatini en 1776, al considerar el plano de la nueva población de Guatemala diseñado por Luis Díez Navarro.

Autores como Arturo Ansón Navarro han destacado la sobriedad del lenguaje de los ingenieros. Lo que no significa ausencia total de preocupación por la ornamentación; simplemente, ésta se ponía al servicio de la utilidad, en tanto que emblemas que mostraban el poder de la monarquía y la dignidad del poder real que levantaba y financiaba la obra. Para esa exaltación de los símbolos del Estado el barroquismo podía ser un lenguaje apropiado, y si era preciso se empleaba o se permitía que se empleara por escultores contratados al efecto.

En todo caso, la diferencia entre la formación de arquitectos e ingenieros se puso ya claramente de manifiesto durante el siglo XVIII. Los primeros, formados en las academias de Bellas o de Nobles Artes, y con una preparación que ponía mucho énfasis en el dibujo y en el clasicismo; los segundos, en la Academia de Matemáticas, donde habían adquirido esencialmente una preocupación por la solidez, la funcionalidad y la economía.

Lo que sería en el siglo XIX, tras la creación del cuerpo de ingenieros civiles, la polémica entre arquitectos e ingenieros, magníficamente estudiada bajo la dirección del profesor Antonio Bonet Correa, se anuncia ya de forma clara en el Setecientos en varios sentidos. Es, en cierta manera, el enfrentamiento entre el arte y la ciencia⁴⁶. Es también la separación entre lo que en el Ochocientos será la arquitectura como pro-

⁴⁵ Tesis de Jorge GALINDO, 2000.

⁴⁶ Remitimos a lo dicho en H. CAPEL, 2005.

fesión liberal y la ingeniería como trabajo realizado por cuerpos técnicos al servicio del Estado. Son significativas de esos conflictos las descalificaciones que algunos ingenieros militares hicieron ya en el XVIII del trabajo de los arquitectos, a partir de la conciencia de la superioridad de la enseñanza basada en las matemáticas, que ellos recibían, y la que se realizaba a partir del dibujo, que era típica de la Real Academia de San Fernando.

Bastará con una muestra bien representativa. En un informe realizado por Pedro Martín Cermeño sobre la fachada marítima de Málaga señalaba que «si Su Majestad se digna aprobar el proyecto, es necesario se comuniquen órdenes estrictas para que los solares se distribuyan con igualdad y lo exterior de los edificios con sencilla y bien ordenada simetría y arquitectura, de suerte que el mal gusto y desorden de los que llaman Arquitectos, en lugar de herosear aquella parte de la Población que tantas proporciones ofrece, no la dejen imperfecta y acreedora de toda crítica»⁴⁷. Esa descalificación del trabajo de los arquitectos implica una fuerte autoconciencia de su propio valor como ingenieros, de su formación y de su obra.

El papel de los ingenieros fue esencial en la construcción de edificios públicos y la puesta a punto de modelos para ellos. A su cargo estaban las obras reales que tuvieron muchas veces un papel ejemplar, como modelo para otras construcciones. Diseñaron durante el Setecientos buena parte de los edificios públicos que se construyeron en las ciudades españolas y americanas. Ante todo, los de carácter institucional. Recibieron encargos para diseñar y construir sedes de gobierno: palacios de virreyes⁴⁸ y capitanes generales⁴⁹, reales audiencias, cabildos, palacios y casas de gobierno en general. Participaron en edificios para correos (La Habana, 1785), cárceles, casas de prebendas, tribunales, casas de la Inquisición y casas de contratación (como la de Cádiz).

También proyectaron edificios para la enseñanza. Especialmente, edificios universitarios y de educación superior, como las universidades de Cervera y Guatemala, entre otras. Asimismo, en las academias de Guardias Marinas en Cádiz y de Matemáticas en Barcelona. O en sedes de instituciones científicas relacionadas con la investigación y la docencia, entre ellas observatorios astronómicos como el de Cádiz y jardines botánicos⁵⁰.

Intervinieron en construcciones relacionadas con la actividad comercial: pescaдерías, carnicerías, alcaicerías⁵¹ y parianes. También garitas para fielatos y portazgos

⁴⁷ AGS, GM, leg. 3.424, s. n. Cit. por GIL ALBARRACÍN, 2004.

⁴⁸ En México, en Santa Fe de Bogotá por Juan Jiménez Donoso en 1781; H. CAPEL, J.-E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, p. 332.

⁴⁹ En Guatemala, Luis Díez Navarro.

⁵⁰ Jardín Botánico de México, por Miguel Constanzó, 1789.

⁵¹ Como la de San José en Filipinas por Tomás Sanz, cuyas tiendas se abrieron al público en 1783.

en las ciudades⁵², o edificios para aduanas⁵³, especialmente a partir de la concesión de privilegios para el libre comercio con América a algunos puertos metropolitanos y americanos (entre 1765 y 1788), y más concretamente de la publicación del Reglamento de Libre Comercio de 1778, que obligaba a construir aduanas a todos los puertos que no las tuvieran. Entre las que se erigieron entonces se encuentran las de Campeche y la de Mérida en 1786, por Juan José de León.

Participaron en la construcción de equipamientos sanitarios, esencialmente hospitales militares⁵⁴, que exigían uniformización y estandarización. Entre los civiles, el más conocido es el proyecto del gran Hospital General de Madrid, diseñado por José Hermosilla y luego por Sabatini; pero podemos añadir otros muchos en España e Indias⁵⁵. También tomaron parte activa en la política de diseño y erección de lazaretos en las ciudades portuarias comerciales, como Cádiz⁵⁶, Barcelona o Mahón, con numerosos proyectos, los cuales poseen pabellones separados para el control de los internados y enfermos. Podemos añadir la construcción de hospicios⁵⁷ y su intervención en algunos de los primeros cementerios⁵⁸.

Aunque de forma más limitada, intervinieron asimismo en la arquitectura religiosa. Ante todo, iglesias en relación con las fortificaciones que levantaron; la de la Ciudadela de Barcelona, diseñada por Alejandro de Retz, proporcionaría un modelo muy influyente en otras iglesias de Cataluña⁵⁹. Las obras de un cierto número de catedrales y grandes iglesias contaron a veces con informes, proyectos y rectificaciones de ingenieros militares (por ejemplo, la seo nueva de Lérida o la catedral de Guatemala, ésta con diseño de José de Sierra, aprobado en Madrid por Villanueva). Ocasionalmente participaron también en el diseño o supervisión de obras de conventos, especialmente los de fundación o patronato real⁶⁰.

⁵² En Guatemala, Luis Díez Navarro.

⁵³ En la de Málaga trabajaron Juan Martín Cermeño (1744) y su hijo Pedro (1762), y en la de Cádiz Silvestre Abarca, 1758.

⁵⁴ Como el Hospital Real de Marina de Cádiz por José Barnola, 1751.

⁵⁵ El hospital de Gerona, donde trabajó en 1738 José Fabre; el hospital de Cumayagua, por Juan Ampudia y Valdés; el Hospital Real de Indios de México, el Hospital Real de Concepción de Chile, por Miguel María de Atero; y otros muchos. Véase también J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1990 («Sanidad, higiene y arquitectura...»).

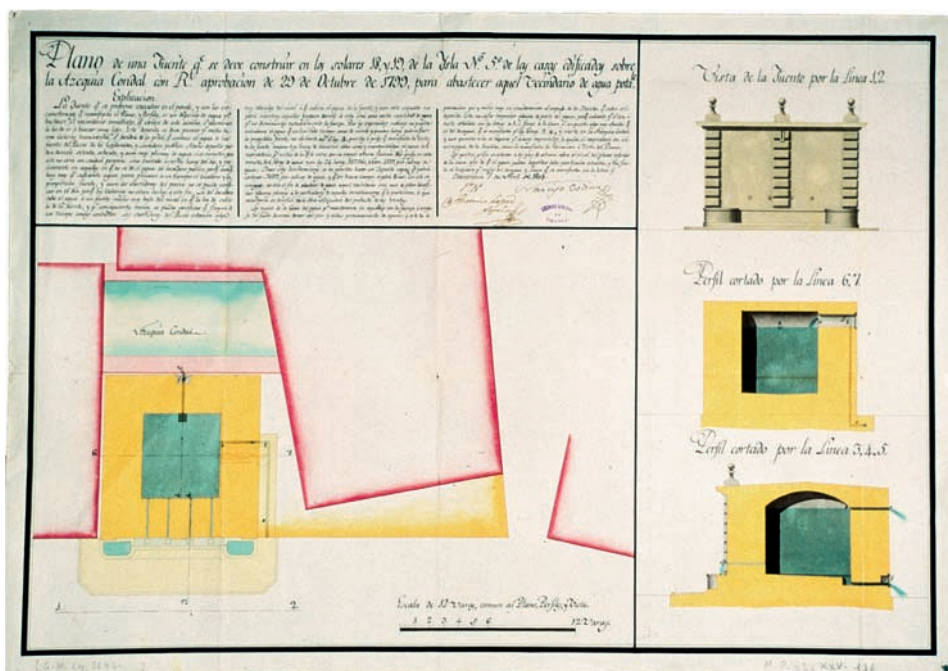
⁵⁶ José Barnola, 1756, en la ribera de la Isla de León.

⁵⁷ Hospicio de la Caridad, en Cádiz, por José Barnola, 1750.

⁵⁸ Por ejemplo, en el de Barcelona, Francisco Llobet, 1780.

⁵⁹ J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1995 («La iglesia de la Ciudadela de Barcelona...»).

⁶⁰ Así, los beaterios de Indias, en Guatemala; conventos de San Francisco, San Agustín y monasterio de Santa Clara en Guatemala; estudio del solar para el convento de los carmelitas en Tortosa, por Andrés de los Cobos, 1729, y luego Francisco Llobet, 1743; convento de la Victoria, en Málaga, y otro en Coín, por Andrés Arango, 1750.



7.13. «Plano de una fuente que se debe construir en los solares 18 y 19 de la Ysla N.º 5, de las Casas edificadas sobre la Azequia Condal con Real Aprobación de 29 de Octubre de 1799 para abastecer aquel Vecindario de agua potable», por Narciso Codina, Barcelona, 7 de abril de 1804. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXV 134.)

Fueron responsables de proyectos de embellecimiento de ciudades, paseos y caminos arbolados en la periferia de las ciudades, así como de jardines reales o urbanos⁶¹, y de teatros⁶².

Destacan igualmente como activos colaboradores en la política industrial de la monarquía. Debemos señalar su participación en el diseño de edificios de manufacturas: fábricas de porcelana, de tabaco (en Sevilla, México, Guatelama, Panamá, La Habana, Lima y Buenos Aires); entre esos establecimientos destaca la magna construcción de la Fábrica de Tabacos de Sevilla⁶³. También fábricas de pólvora⁶⁴, azufre,

⁶¹ En Madrid, Fernando Nangle: proyecto de camino arbolado, 1761; el salón del Prado, en Valladolid, jardines de Aranjuez, Jardín del General en Barcelona, por Juan Escofet y Palau, etc.

⁶² Santa Cruz, luego Principal en Barcelona, 1788, por Carlos Cabrer.

⁶³ En la que trabajaron Diego Bordick, José Barnola, 1750, y Sebastián Van der Bocht.

⁶⁴ Luis Díez Navarro en Guatemala.

cal, ladrillo y teja⁶⁵, fundiciones, casas de moneda⁶⁶, molinos sobre barcas en el Guadalquivir⁶⁷ y herrerías⁶⁸. Al mismo tiempo proyectaron fuentes, lavaderos⁶⁹, hornos y mataderos⁷⁰.

No llegaron a formular una teoría general sobre los edificios públicos necesarios para los distintos tipos de ciudades, pero tuvieron que definirlos y situarlos en el plano, ya que cada nueva población se concebía con un programa bien definido de esos edificios. En general, se situaban junto a la plaza mayor. En la nueva ciudad de Guatemala, Luis Díez Navarro previó el palacio del gobernador, audiencia, casa de moneda, tribunales, cárcel de corte, cuartel de dragones, aduana, administración de tabaco, ayuntamiento, catedral y palacio episcopal; el proyecto fue informado favorablemente por Sabatini aunque considerando que era preciso realzar el tamaño de los edificios públicos⁷¹.

Si se trataba de una plaza militar, los cuarteles eran indispensables. Se construyeron para regimientos de infantería, caballería, dragones y artillería; pero también, en las plazas portuarias, para batallones de marina y, en las capitales de departamento, cuarteles para las compañías de guardias marinas, escuelas de pilotos, casa de la comandancia del departamento y asamblea de oficiales. Las obras de financiación real debían tener una dignidad que fuera imagen del Estado. Aunque construidas todas en estilo clasicista, cada tipo de edificio debía tener unas características específicas. Especialmente los edificios militares, que requerían «una arquitectura majestuosa, sencilla y robusta»⁷².

En las valoraciones que se han hecho de las obras de los ingenieros militares siempre se han usado términos como *medida*, *ponderación*, *equilibrio*, *racionalismo geométrico*, *severidad*, *claridad formal*, *clasicismo*, *lenguaje innovador*, *carácter internacional*. Todo lo cual los convierte en agentes decisivos en la difusión del neoclasicismo.

⁶⁵ Como hizo Juan Garland cerca de Valdivia (Chile), para la construcción de las fortificaciones y del puerto. G. GUARDA, 1985, p. 35.

⁶⁶ Como la de Guatemala por Luis Díez Navarro, o la de Valdivia por José Antonio Birt.

⁶⁷ Francisco Llobet, 1748.

⁶⁸ Lemaire en Galicia, 1769. J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1992 («La Real Junta de Fortificaciones de Barcelona» y «Las Juntas de Reales Obras...»).

⁶⁹ En Barcelona, Narciso Codina en 1802.

⁷⁰ Extensión del de Barcelona (1800), por Antonio López Sopena.

⁷¹ C. SAMBRICIO, 1791, p. 496; sobre la figura de Luis Díez Navarro y su importante aportación constructiva en Guatemala puede verse H. BERLIN, 1988 (trabajo de 1947), pp. 71-79, y hoja de servicios en p. 144.

⁷² M. SÁNCHEZ TARAMAS, 1769 («Adición...», p. 385).

VIII

LAS VIVIENDAS

Hay que señalar, en primer lugar, la amplia actividad que tuvieron en la construcción de viviendas militares, tanto en acuartelamientos como en pabellones para oficiales, que frecuentemente les eran anexos⁷³. Hay que añadir que recibieron numerosos encargos para viviendas destinadas a autoridades civiles (presidentes de audiencias, gobernadores...) y militares.

La experiencia adquirida en todas esas obras, y las tradiciones existentes en lo que se refiere a cuarteles, influyeron en los diseños de las viviendas que se construyeron en las nuevas fundaciones y expansiones urbanas. A comienzos de siglo, tanto Vauban en Francia como Verboom en España habían propuesto edificios alineados con naves de largos pabellones, a los que se accedía por escaleras situadas en cada una de las crujías, quedando el piso inferior a veces para cuadras⁷⁴. Este modelo se podía aplicar a las viviendas de dos plantas, para familias con ciertos recursos, con la sola variante de dedicar la planta baja a taller, almacén o residencia.

Era también fácil imaginar la misma solución en viviendas de una sola planta, para grupos populares. Así se hizo en los diseños de nuevas poblaciones para proyectos de colonización interior en la metrópoli, con hileras de casas de planta baja y reducidas dimensiones. En algunos documentos se habla de la necesidad de construir «casas muy cómodas» para los colonos⁷⁵.

Filas de casas uniformes de dos plantas se diseñaron en el nuevo barrio de la Barceloneta, con una superficie de 60 m² en cada planta. Modelos cuartelarios con patio interior podían asimismo adaptarse para bloques de viviendas. En todo caso, lo esencial es el orden y la uniformidad, que permiten racionalizar y estandarizar la construcción. En lo posible se trató de evitar el uso de la madera por el peligro de incendios, prefiriendo la piedra en mampostería o sillería.

Tipologías similares aparecen en el proyecto de la Magdalena de El Ferrol. Francisco Llobet planificó una ciudad con manzanas rectangulares, alzado homogéneo y edificios porticados; consideraba que era preciso adoptar un modelo único de fachada «para satisfacción y conveniencia del vecindario»⁷⁶. En Santander el mismo Llobet

⁷³ Por ejemplo, los que diseñó José Barnola en 1755 para los cuarteles de infantería de Cádiz, que tenía dos pabellones para oficiales, proyecto aprobado por R. O. de 12 de febrero de 1755; en el proyecto se preveía también «la fábrica de casas particulares para aumento de la población».

⁷⁴ Ver LI. CORTADA I COLOMER, 1998, y J. E. VILARDELL SANTACANA, 2003.

⁷⁵ Por ejemplo, la nueva población de Fuente Palmera, por Simón Desnoux, en C. SAMBRICIO, 1991, p. 184.

⁷⁶ El proyecto experimentó luego importantes transformaciones; se diseñaron tipologías variadas, desde las de una sola planta con una puerta y dos ventanas, para los grupos populares, hasta las de 2, 3 e incluso 4 plantas, en manzanas que tenían unas 22 parcelas rectangulares de unos 7-9 m; la

diseñó ya bloques con tres plantas en 1766, y planteó al disponer las manzanas una jerarquía de calles principales y otras de servicio más estrechas, como también era habitual en aquel siglo en muchas fundaciones británicas. Teniendo en cuenta el carácter comercial del nuevo barrio junto al puerto, previó en la parte baja almacenes, en el primer piso lonjas y en la 2.^a y 3.^a plantas viviendas, sobre todo para comerciantes. La construcción de las primeras manzanas se inició inmediatamente. Esa propuesta sería reformada por Juan Escofet y Fernando de Ulloa en 1780, ampliando las calles y limitando la altura de los edificios, lo que según Carlos Sambricio «significaba adelantarse a las ordenanzas de París de 1783 que especificaban que la altura de las viviendas dependía por número de plantas del ancho de la calle»⁷⁷.

En algunos casos sabemos que las viviendas seguían de cerca los modelos de Belidor, que había tratado este tema en el libro IV de su obra. Así ocurrió en las que se diseñaron para las casas burguesas de El Ferrol, que recuerdan los modelos de las de la plaza fuerte de Neuf Brisach, reproducidos por el ingeniero francés⁷⁸.

Para la nueva población de San Carlos junto a Cádiz, Sabatini señaló que las casas habían de ser «en su estructura exterior, puertas y ventanas iguales en tamaño y figura a las que Su Majestad mande hacer en los edificios que de su Real Orden se fabriquen; y si en alguna parte se conviene hacer portales, los harán de fábrica iguales». Los pórticos aparecen efectivamente en los edificios que se diseñan en 1785, con el fin de hermostrar la población. La preocupación por el ornato se extiende también al enlosado de la calle: «han de enlosar cada uno el frente o frentes de la casa o casas que haga, cuyo tamaño de losas y método se les dará por el que dirija toda la obra»⁷⁹. Que los adornos impropios «más ridiculizan que hermostran» es una opinión que encontramos frecuentemente en los superiores al juzgar el trabajo de sus subordinados⁸⁰.

La preocupación por la regularidad, orden y homogeneidad de los edificios está siempre presente, y se respeta incluso en edificios de gran significado, que se intentan adaptar a las características del espacio urbano en que se levantan. Así, por ejemplo, en el cuartel de infantería de la Barceloneta; según Miguel Sánchez Taramas, «la situación en que está construido este cuartel no permitió darle mayor elevación, pues fue preciso arreglarlo a la del nuevo arrabal, para guardar con él la misma simetría y

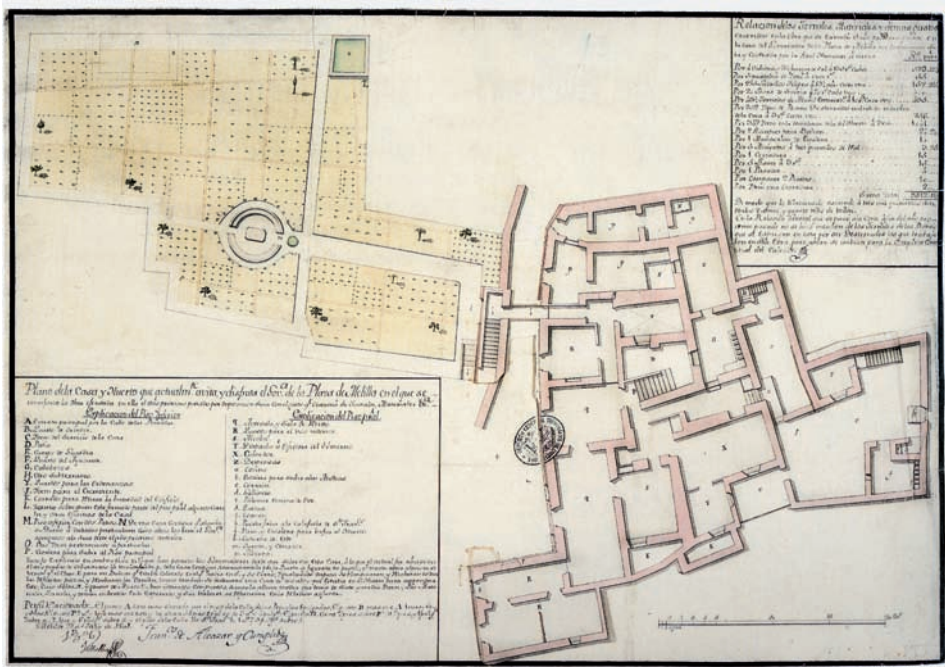
construcción quedó a cargo de los particulares, y dio lugar a una morfología variada, aunque siempre con ventanas y puertas simétricamente distribuidas y un aire severo y clasicista en el conjunto, muy transformado hoy (A. VIGO TRASANCOS, 1985, y C. SAMBRICIO, 1991).

⁷⁷ C. SAMBRICIO, 1991, p. 394.

⁷⁸ A. VIGO TRASANCOS, 1980 y 1984.

⁷⁹ Cit. por C. SAMBRICIO, 1991, p. 499-500.

⁸⁰ Así lo expresó, por ejemplo, el ingeniero Antonio Estrimiana, inspector general del Virreinato del Perú, al juzgar un proyecto de José Antonio Birt para la Real Casa de Moneda de Valdivia en 1769 (G. GUARDA, 1990, p. 239). Véase también la opinión de Miguel Constanzó sobre las edificaciones de México y la necesidad de regularizarlas, en O. MONCADA, 2003 («El ingeniero militar Miguel Constanzó en la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de la Nueva España»).



7.14. Plano de la casa y huerto que actualmente disfruta el gobernador de la plaza de Melilla, Francisco de Alcázar, 1801. (SHM, n.º 471/1, D-1-1-17/MEL-G5/21.)

adorno exterior»⁸¹. Esa idea de orden, regularidad, trazado homogéneo y unitario es típica de la Ilustración, y aparece en los grandes proyectos del urbanismo setecentista. Por ejemplo en la *New Town* de Edimburgo, diseñada por Craig y construida a partir de 1785, y en las ciudades inglesas de América.

El orden exterior era también un orden interior que se va imponiendo en los proyectos de viviendas. En el siglo XVIII la distribución interna de los edificios se convierte en un tema relevante en los tratados de arquitectura, y las habitaciones se especializan. Se observa lo mismo en los proyectos de los ingenieros militares. El debate sobre la disposición de las habitaciones, escaleras, cocinas, almacenes, cuadras y enfermerías se convirtió en habitual al elaborar los proyectos de cuarteles, y se realizó de manera similar en los edificios de viviendas⁸². La diferencia, tal vez, puede venir por la mayor estandarización: debido a la repetición de algunas tipologías, por ejemplo las de cuarteles, se intentaba normalizar incluso las dimensiones de puertas, ventanas, arcos y pilastras, y se proponían de forma explícita los mejores edificios ya

⁸¹ M. SÁNCHEZ TARAMAS, 1767, p. 380.

⁸² Puede verse un ejemplo en M. SÁNCHEZ TARAMAS, 1769 («Adición sobre la construcción de los cuarteles», pp. 375 y ss.).

construidos como modelos para los estudiantes de las academias de Matemáticas. Las regulaciones llegaban a todos los detalles, tanto sobre el aspecto exterior como del interior. Bastará con citar aquí una observación que creyó oportuno incorporar el profesor Miguel Sánchez Taramas en su edición de la obra de Muller, con referencia a edificios construidos por los ingenieros:

«Por lo que toca a otras particularidades del adorno interior de los edificios, como son los cielos rasos, enlucidos y alicatados de los muros, con la pintura de unos y otros, nadie ignora su disposición y fábrica; pero se ha de advertir que la pasta con que se hacen los cielos rasos, y algunos enlucidos, se debe trabar con pelo de vaca o cabra, no solo para evitar que se abran grietas, sino también para que se puedan bruñir mejor, y adquieran el lustre que se apetece en estas obras»⁸³.

Por otra parte, el deseo de mejorar las condiciones de habitabilidad y la preocupación por la higiene condujeron a introducir importantes transformaciones que afectaron también a la disposición interior. En ese sentido tuvo gran trascendencia el Real decreto de 4 de octubre de 1766, en el que se hacía obligatorio en los cuarteles una cama por cada hombre, en lugar del pie antiguo que permitía tres soldados por cama; con ese pie se habían construido, por ejemplo, los del barrio de la Barceloneta diseñados en 1753. El decreto citado obligaba a modificar el diseño de los cuarteles que se construyeran a partir de ese momento, ya que «el lugar que necesitaban antes seis soldados solo es bastante ahora para tres»⁸⁴.

Homogeneidad significa uniformidad y posibilidades de estandarización, trabajo planificado y sistemas que pueden aplicarse en lugares diferentes. Hay que tener en cuenta que el control jerárquico era muy estricto. Ya estaba bien regulado desde la creación del cuerpo y se reafirmó con la ordenanza de 1768, en donde se especificaba claramente que no podría emprenderse ninguna obra sin autorización real, sin la cual los ingenieros directores de una provincia no darían certificaciones de abono y, si lo hacían, ni los intendentes aprobarían el pago, ni los contadores lo realizarían. También se reitera que los proyectos deberían hacerse por los ingenieros directores, y los originales enviados con informe del capitán general al ingeniero general, que los sometería a la aprobación real. En algunos casos podía autorizarlos el ingeniero comandante de una plaza, por orden del gobernador.

Debemos añadir el papel que tuvieron los ingenieros militares en la difusión técnica y de prácticas constructivas a través del sistema de asientos, que obligaba a aceptar los procedimientos que estos técnicos utilizaban y proponían. Era preciso organizar los sistemas de construcción, y los asentistas y alarifes debían entender los planos y los lenguajes empleados. Una vez decidida la fundación de un gran edificio real, aprobado el proyecto y designado el director de la obra, se hacían públicas las condi-

⁸³ M. SÁNCHEZ TARAMAS, 1769, p. 422.

⁸⁴ Véase sobre ello M. SÁNCHEZ TARAMAS, 1769, p. 381 y lám. 3 A.

ciones para ella, se señalaba la fecha de la subasta y remate de la fábrica y se realizaba el acto público. El asentista que se quedaba con la obra aceptaba las condiciones técnicas y económicas establecidas, y había de realizar el trabajo bajo la dirección del ingeniero designado⁸⁵. Condiciones similares se repitieron durante el siglo XVIII en todos los territorios de la monarquía.

El estudio que hizo Virginia Tovar sobre el expediente de construcción del cuartel de las Reales Guardias Walonas en la villa de Leganés permite tener una idea del detalle minucioso y exigente de las condiciones establecidas, en este caso por el mismo ingeniero general Francisco Sabatini el 15 de marzo de 1775, y las vicisitudes de la obra. El pliego de condiciones especificaba desde la forma de realizar el explanamiento y la apertura de las zanjas, hasta el tamaño y los materiales de los muros interiores y exteriores, la forma de los vanos, la calidad de las maderas (16.000 piezas de varios tamaños en el caso de este cuartel), los herrajes y los adornos⁸⁶. Esos requisitos constituían, sin duda, todo un recetario de técnicas aceptado por los constructores, y seguramente las tenían en cuenta al realizar otras obras. Repetido en los millares de edificios levantados por orden real y dirigidos por los ingenieros militares, contribuyeron, sin duda, a difundir nuevas técnicas y procedimientos constructivos.

IX

DE NUEVO, ARQUITECTOS E INGENIEROS

Desde la Antigüedad, los arquitectos podían desempeñar todas las funciones que se refieren a la construcción civil y militar y a la ordenación del territorio, lo que

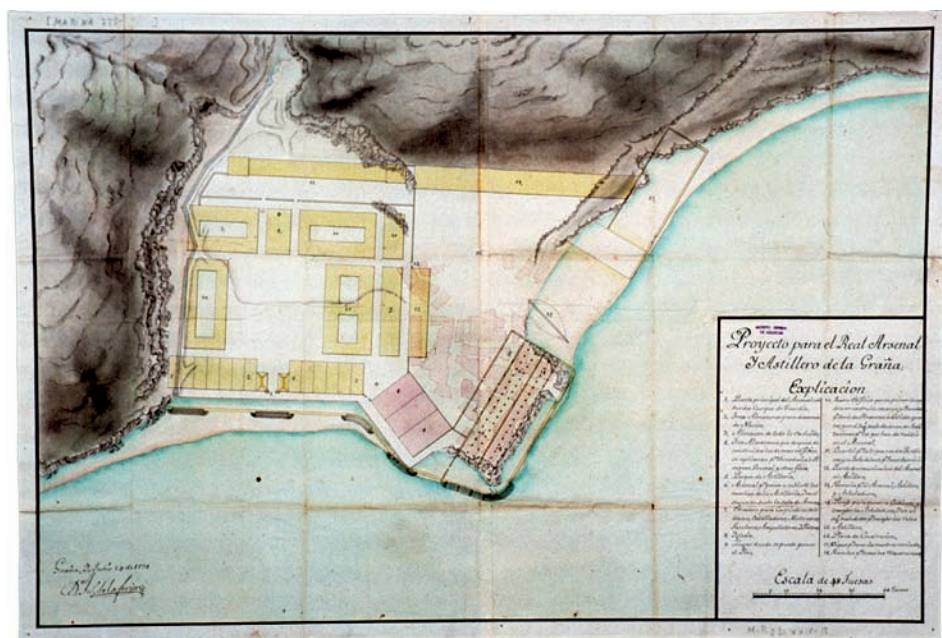
⁸⁵ Pueden verse las condiciones establecidas por Verboom en 1715 para la construcción de la Ciudadela de Barcelona en J. M. MUÑOZ CORBALÁN, 1993, vol. 2, pp. 123 y ss.

⁸⁶ V. TOVAR, 1981; vale la pena reproducir el título del pliego de condiciones redactado por Sabatini, aceptado por el asentista y que sirvió de guía al director de la obra, el ingeniero José Hermosilla: «Condiciones formadas por Don Francisco Sabatini [...] a las que deberán asentarse los asentistas que quieran hacer postura a todas las clases de obras de fábrica de paredes, pilastras, arcos y bóvedas de ladrillo fino y ordinario hechas con buena mezcla de cal y si se ofreciese por la prontitud algunas de yeso. Bóvedas tabicadas o dobladas, bóvedas de sencillo, bóvedas encamonadas, tabiques en todas clases y bajo de todas forjas, suelos de cielos rasos o bovedillas, cielos rasos enlistonados, bajo de las araduras tirantes, de otra cualquiera parte de la obra, escaleras de todas clases, corredores, campanas y cañones de chimenea, hornillas, hogares y bazares, solados de baldosa fina, jarrados, blanqueos de yeso y cal, molduras o medias cañas lisas, de yeso blanco en lo interior y lo que se ofrezcan de estuco en el exterior, armaduras con sus respectiva guardillas, canelones y vertederos de hoja de lata con su yerros escarpieros y limas, hoyas de el ancho de media planchas de plomo en los concursos interiores de los tejados, caídas del patio con todo lo demás que se ofrezca para la construcción de la fábrica del nuevo Cuartel de Reales Guardias Walonas que de orden de S. M. se ha de ejecutar en la villa de Leganés, y son como siguen». Los artículos especifican luego con un detalle muy fino las características que habían de tener todos los elementos señalados.

aparece bien reflejado en el tratado de Vitrubio. Sería en el Renacimiento, con la aparición de los ingenieros, cuando se empieza a producir una especialización; primero, con los ingenieros dedicados a fortificación y ataque de plazas fuertes o bien a «ingenios» y maquinaria. Pero el proceso de institucionalización de la ingeniería se hizo lentamente, y durante dos o tres siglos más la definición de las tareas no era clara. Los primeros ingenieros militares recibían, generalmente, el título real pero durante algún tiempo no tuvieron grados militares, lo que daba lugar a frecuentes conflictos entre los técnicos y los oficiales. Para resolverlos, en 1633 el marqués de Leganés había querido ya formar un cuerpo con seis ingenieros incluidos en la escala militar, aunque hasta 1711 no culminaría el proceso, con la creación efectiva del Cuerpo de Ingenieros de los Ejércitos y Plazas.

Desde esa fecha, y frente al trabajo individual de los arquitectos, los ingenieros actúan de forma jerarquizada, apoyados en un sistema institucional, con amplios recursos que les facilita el Estado, normas homogéneas, generales, rígidas y avanzadas. Sus prácticas constructivas están claramente codificadas y aprendidas en sus cursos de la Academia. Son resultado de un esfuerzo de racionalización, uniformización y eficacia.

En realidad, lo que se instaura en el siglo XVIII es una nueva división del trabajo entre arquitectos e ingenieros. Estos últimos aparecen integrados en cuerpos militares y, pronto también, civiles (el Corps de Ponts et Chaussées en Francia, los Ingenie-



7.15. «Proyecto para el Real Arsenal de La Graña y su astillero», por Juan de Laferriere, 24 de julio de 1731. Escala de 108 mm las 48 toesas. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXIV-18.)

ros de Caminos y Canales en España) e intervienen de forma cada vez más activa en la producción del espacio.

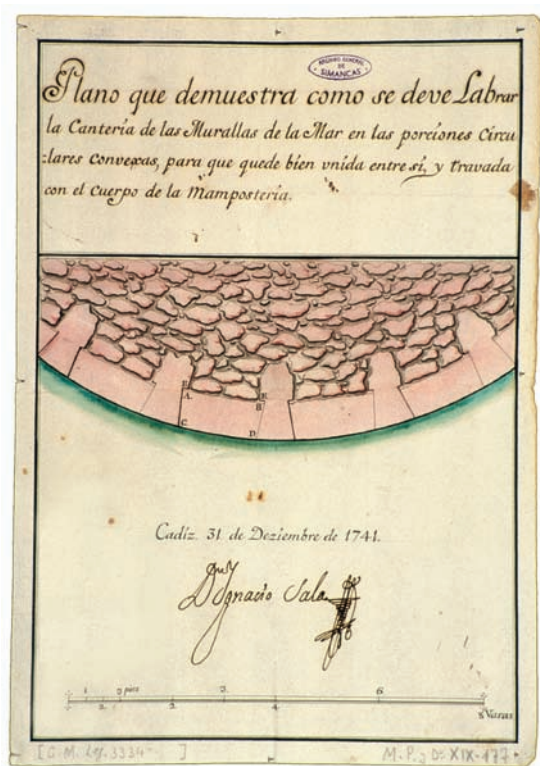
Es cierto que la práctica constructiva se había ido ya codificando desde el Renacimiento con los numerosos tratados de arquitectura publicados, que establecían modelos y normas para la construcción de los edificios. También, que los ingenieros no dejaron de conocerlos y utilizarlos, y que estaban presentes en sus propias bibliotecas. Entre obras muy diversas, destacan los libros de ingeniería militar y fortificación, casi siempre los de Fernández de Medrano y Belidor, al tiempo que también aparecen tal cual ejemplar de Vitrubio, Serlio, Vignola, fray Lorenzo de San Nicolás, Fontanan, Flombert, D'Aviler y la *Arquitectura civil* de Bails. Se ha señalado que, si bien en general los ingenieros siguieron a los tratadistas militares, y en particular a Belidor, para el diseño austero y funcional de los edificios, en algún caso, cuando se trataba de los especialmente representativos, trataron de diseñarlos más solemnes, y entonces acudían a los modelos de los tratados de arquitectura. Así lo hicieron al diseñar la Sala de Armas del Arsenal de El Ferrol (por Francisco Llobet, junto con el marino Jorge Juan), la cual, si en algunos aspectos recuerda edificios militares incluidos en la obra de Belidor, en otros utiliza modelos de la *Architecture moderne* de Charles Etienne Briseux (París, 1728) y del *Cours d'Architecture* de Augustin Charles D'Aviler (1691, reed. París, 1710)⁸⁷.

Pero, a pesar de eso, y frente a los arquitectos, los ingenieros valoraron no tanto la belleza sino la utilidad y la eficacia. En sus construcciones destacan la solidez, el cálculo, la fortaleza, los muros lisos y desnudos. Aunque al cursar la Arquitectura civil dentro del Curso Matemático de la Academia se les enseñaba la proporción y simetría de los órdenes de arquitectura y conocían a Vitrubio⁸⁸, y aunque el mismo Belidor hacía en su tratado un repaso de los órdenes de arquitectura según los más conocidos arquitectos, en realidad los ingenieros militares se preocuparon poco de esa cuestión, de las medidas del romano, de los capiteles, de las columnas o de las molduras, temas todos típicos del debate arquitectónico durante la Edad Moderna. Lo que los numerosos planos existentes de una misma obra nos muestran es la importancia del proyecto, una y otra vez examinado y debatido por los superiores y rehecho cuantas veces resultara preciso. Los informes que los ingenieros militares habían de enviar regularmente sobre los avances de la obra significaban un control de las prácticas constructivas, y obligaban a la racionalización de los trabajos.

Los comitentes eran, desde luego, distintos. En el caso de los ingenieros se trataba sobre todo del Estado. Sólo cuando lo permitía su tiempo y con mandato o permiso de sus superiores, podían actuar también para otras instituciones locales (cabildos municipales) o eclesíásticas (obispos, órdenes religiosas), o eventualmente algún particular.

⁸⁷ A. VIGO TRASANCOS, 1987.

⁸⁸ Véase A. RABANAL YUS, 1990, y R. GUTIÉRREZ, 1984.



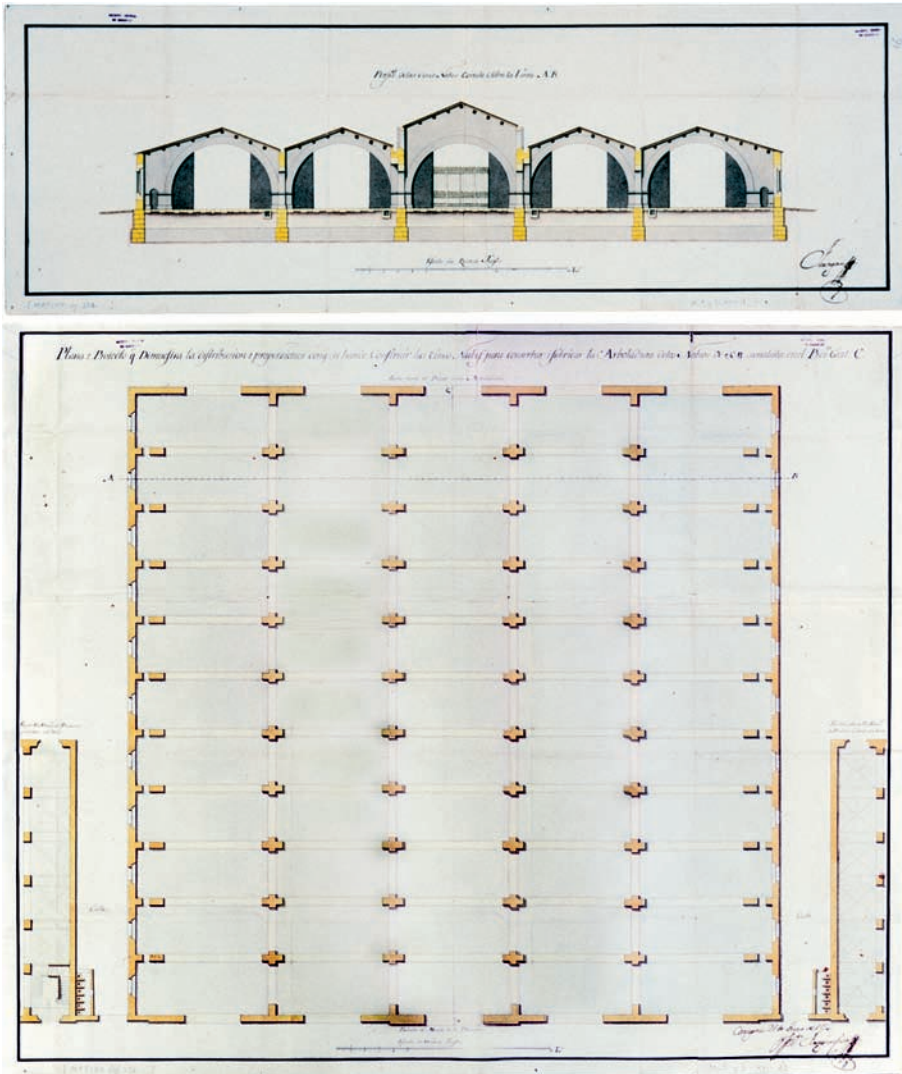
7.16. Ceuta: espigón de Nuestra Señora de África, «Plano que demuestra cómo se debe labrar la cantería de las murallas de la mar en las porciones circulares convexas para que quede bien unida entre sí y trabada con el cuerpo de la mampostería», por Ignacio Sala, 31 de diciembre de 1741. Escala de 165 mm las 8 varas (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XIX-177.)

En el caso de los arquitectos, los comitentes eran sobre todo privados, principalmente nobles y grandes propietarios, aunque también podían recibir encargos de carácter institucional; pero siempre como profesionales que intervenían individualmente.

Con los ingenieros estamos ya en el camino del «universo de la máquina y de la precisión», que triunfará con los miembros de las Écoles Polytechniques o de la Escuela de Ingenieros de Caminos y Canales fundada por Betancourt. De manera similar, en los ingenieros militares hay una voluntad de cuantificación y de técnica. Están bajo el signo de Minerva, y no de las Artes o las Musas. Si desean convertir el arte de la guerra en una ciencia, también tendrán esa pretensión en la ordenación del espacio y en la construcción de edificios. El saber clásico está todavía muy presente en ellos, como muestran las alusiones a Vitrubio, nada retóricas. Pero a la vez tienen una formación basada en las matemáticas. Son conscientes de la necesidad del cálculo, han adquirido una formación matemática general que los arquitectos tardarán todavía tiempo en poseer. Se atendía a la disciplina pura y mixta, lo que les obligaba a tener nociones de cosmografía y geografía, de hidráulica y de mecánica, materias presentes en el curso de Lucuce, al mismo tiempo que la arquitectura civil y militar.

En los años centrales del siglo XVIII hay en los arquitectos un rechazo decidido del barroco y de los excesos churriguerescos, a la vez que una exigencia de simplifi-

cación y elegancia que la Academia de Bellas Artes de San Fernando se encargará de tutelar. No cabe duda de que esa aspiración a la eliminación de los adornos y de lo superfluo es anterior entre los ingenieros, aunque está por hacer un análisis detallado de la evolución estilística de las construcciones realizadas por los miembros del cuerpo. También apareció tempranamente entre los ingenieros una preocupación por la



7.17. «Plano y sección del proyecto de la distribución y proporciones con que se han de construir cinco naves para fabricar la arboladura de los navíos reales», Cartagena, por Sebastián Feringan, Cartagena, 27 de enero de 1750. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXI-12, XVII-16.)

distribución interior y por las adaptaciones funcionales. Debates, explícitos o implícitos, pueden reconocerse, ante todo, sobre los elementos de las fortificaciones, e incluso al hacer propuestas sobre las dependencias de un palacio virreinal o de una Real Audiencia.

Las tipologías son numerosas y muchas se repiten, puesto que se han de construir en todo el imperio. Los ingenieros deben, pues, normalizar los tipos y las representaciones. El ingeniero general puede diseñar edificios para la metrópoli, para Nueva España y Filipinas, y, desde luego, debe revisar y aprobar las propuestas que se le remiten⁸⁹. La homogeneización era posible por la formación adquirida, controlada por los superiores que aprobaban el proyecto. No dependían de un comitente particular que deseara dar una imagen de sí mismo o que impusiera sus gustos, sino de las necesidades del Estado.

Sin duda, en el interior de esa estructura corporativa existieron también diferencias y gustos individuales, y seguramente éstos pueden expresarse de una u otra forma. Eso debía de ocurrir sobre todo en los años iniciales del cuerpo, cuando se integraron en él ingenieros de diversa procedencia (flamencos, italianos, franceses, alemanes, además de españoles) y todavía no estaba organizada y reglamentada la enseñanza. Es probable que en ese momento la diversidad fuera mayor, y que la mezcla produjera hibridaciones y aportaciones valiosas. Como la fachada curva de la iglesia de la Ciudadela, que hizo escuela en Cataluña.

Luego, con la creación de la Academia de Barcelona y la normalización de los estudios a partir de 1739, el molde académico se impone. La homogeneidad pasa a ser mayor. Los apuntes eran cuidadosamente revisados y no había lugar para lo individual. Desde luego, la originalidad era seguramente inconcebible en los grados inferiores, de los ingenieros ayudantes y extraordinarios. Era, en cambio, probablemente posible en los grados superiores, los que correspondían a los responsables de los proyectos (ingeniero ordinario, ingeniero en segunda, ingeniero jefe y director de ingenieros), entre quienes se aceptaba y se requería la innovación.

Es en esos grados superiores en los que podría manifestarse el genio individual, lo que está por estudiar. También las diferencias personales: un Hermosilla que ha estado en Roma y ha colaborado en la Academia de San Fernando, y un Díez Navarro o un Constanzó que han pasado décadas en Guatemala o en Nueva España deben de tener diferencias importantes de formación, gusto y criterio. Por otra parte, la fuerza de la autoridad es posible que se dejara sentir más fuertemente en la metrópoli que en

⁸⁹ Son numerosos los casos de propuestas realizadas por unos ingenieros en un destino, elaboración de los planos en Madrid y adaptación final a las condiciones locales por el ingeniero inicial o por otro que le había sustituido. Así ocurrió, por ejemplo, con los planos de Valdivia, elaborados en Madrid a partir de los iniciales de Juan Garland, firmados por el ingeniero general Juan Martín Cermeño, y enviados de nuevo a Garland, quien los adaptó nuevamente a las condiciones del terreno. G. GUARDA, 1990, p. 236.

las provincias lejanas. La contaminación e hibridación de formas que se habían ido elaborando en Indias durante el largo período de semiaislamiento que representó el siglo XVII y las primeras décadas del XVIII, podían tal vez tener más peso en los ingenieros que trabajaban allí.

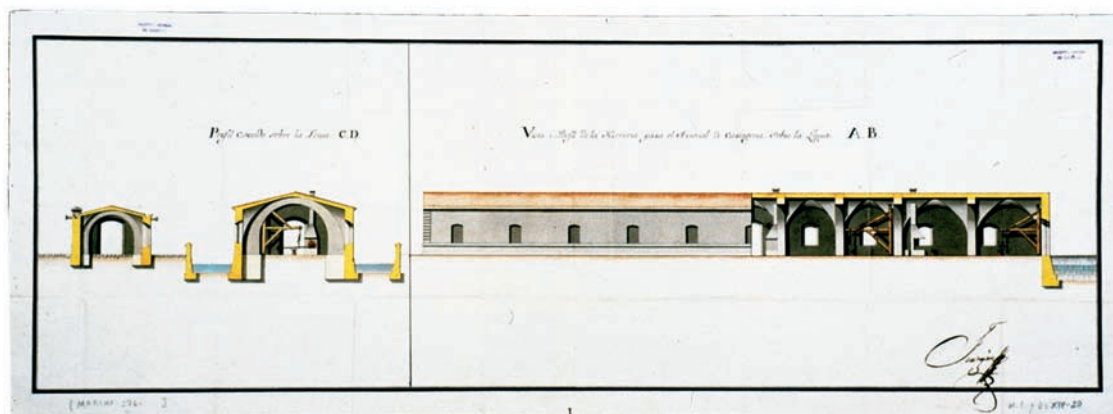
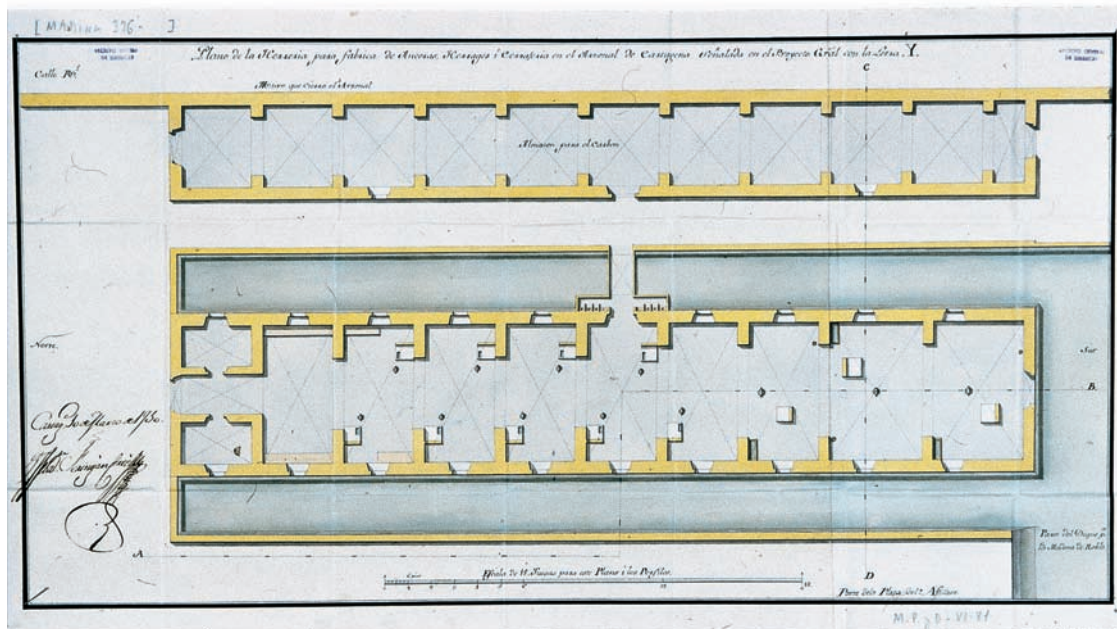
X

EL TERRITORIO Y EL DOMINIO DE LA NATURALEZA

En el desarrollo de la ciencia hay elementos de continuidad y otros de cambio. Entre los ingenieros militares del XVIII la continuidad es muy fuerte respecto a los del Renacimiento; y el cambio tiene que ver sobre todo con un proceso creciente de organización y especialización, que pasa primero por una separación entre la ingeniería militar y la artillería, luego por una especialización de los miembros del cuerpo militar entre fortificación y obras civiles, por la aparición de los ingenieros de marina (que en España se dedican tanto a la construcción naval como a obras portuarias e hidráulicas en general, y en otros países solamente a la primera), y por la creación del cuerpo de ingenieros cosmógrafos. Finalmente, la constitución del cuerpo de ingenieros civiles de caminos y canales supone la culminación de un proceso que proseguirá en el siglo XIX con la aparición de otros cuerpos técnicos (ingenieros de minas, de montes, industriales, etc.).

Los ingenieros militares tuvieron parte activa en eso que Paul Allières denominó brillantemente «la invención del territorio», que se hizo en el Setecientos⁹⁰. Intervienen de forma decisiva en la construcción del territorio, un término que desde su aparición en la época romana (*territorium*) está íntimamente ligado al ejercicio del poder sobre una porción del espacio terrestre. Es el marco de competencia de las normas estatales, pero también de la organización a través de la construcción de infraestructuras, la instalación de equipamientos, el reconocimiento y la explotación de los recursos. Su integridad se asegura mediante la defensa en las fronteras, un concepto que se fija en la Edad Moderna como límite preciso y definido, lo que implica tareas de delimitación y de unificación interior. Se trata de un proceso lento, que se inicia en el siglo XVI precisamente en la monarquía hispana con la puesta en marcha de un vasto sistema defensivo del Imperio, en que participan grandes figuras de la ingeniería militar como Antonelli, Fratin o Spanocchi, y con la realización de interrogatorios para conocer los recursos y las posibilidades de todos los reinos y provincias; que avanza en el Setecientos con nuevos proyectos como el catastro, el intento de conocimiento y control de la propiedad y de las actividades económicas, la unificación de impuestos, la Nueva Planta; y que sólo culminaría en el siglo XIX. El territorio aparece en primer lugar como el espacio de la acción del Estado conquistado y apropiado

⁹⁰ A lo que yo mismo aludí luego en otra ocasión estimulado por esa obra: H. CAPEL, 1994.



17.18. «Plano y vista de la herrería para fabricar áncoras», en Cartagena, por Sebastián Feringan, 10 de marzo de 1750. Escala de 245 mm las 18 toesas. (Archivo General de Simancas, M. P. y D., VI-81 y XIV-20.)

finalmente por dicha acción. Es en ese sentido en el que puede decirse que el territorio se construye en el siglo XVIII, e incluso que “se inventa”.

El territorio estatal es un espacio homogéneo y continuo, sin enclaves, que, aunque existen todavía como restos de los viejos reinos feudales («mis Estados», decía el duque de Béjar, por ejemplo), van perdiendo cada vez más autonomía y operatividad. Hay una clara voluntad de eliminación de fronteras interiores, de las aduanas secas, y

de los peajes internos. Se trata con ello de unificar y facilitar los intercambios. El gobierno de Felipe V lo expresa con contundencia en la ordenanza de 1718 y en la de intendentes, a que antes nos hemos referido.

Una capital central y una red radial de carreteras son la perfecta imagen de ese territorio finalmente organizado por el Estado. Lo cual significa, desde luego, extracción de recursos en beneficio de la clase dominante, que son utilizados en su propio provecho en inversiones suntuarias (palacios, jardines); pero también una aspiración a redistribuir esos recursos en beneficio de los súbditos; voluntad que aparece una y otra vez en las declaraciones, y que podemos aceptar que no es solamente retórica, sino que corresponde a una fase de la evolución social y política, y coincide con los ideales de la Ilustración.

La pretensión de homogeneidad aparece en Francia, con medidas políticas y económicas diversas desde la segunda mitad del XVII; y en España con la Nueva Planta, en el ordenamiento jurídico, en los proyectos de unificación de impuestos, de los derechos y cargas de los súbditos, que no tardarán mucho en convertirse en ciudadanos y en obtener una participación cada vez mayor en las instituciones.

Se trata de un proceso lento y laborioso que exigió muchos equilibrios, ya que necesitó negociación y transacciones con los poderes locales, pero que culminó en el siglo XIX en beneficio de los ciudadanos a partir del momento en que las prácticas democráticas y los derechos se extendieron a capas cada vez más amplias de la población.

Como ha defendido Alliès, es la Administración la que produce el territorio. Los ingenieros militares fueron agentes de esa nueva estructura administrativa y burocrática y de las decisiones que se toman en la política de fomento. Consideran el espacio de manera unitaria y global, aunque sus intervenciones sean locales, y en conflicto muchas veces con los intereses de esa escala local.

La aceptación de la lógica de la movilidad propia, y de la inevitabilidad de los desplazamientos a cualquier rincón del Imperio, apoya esa voluntad política. La disciplina y la lealtad son virtudes indispensables para las tareas de organización y creación del territorio, esencial en la constitución del Estado moderno.

La trascendencia de los aspectos organizativos del cuerpo de ingenieros militares es enorme. Es significativo que la estructura militar se impusiera también a los cuerpos de ingenieros civiles en Francia y en España. Tanto el Corps des Ponts et Chaussées como el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos adoptarán la estructura rígidamente jerarquizada y los mismos principios que los militares, de los que el uniforme y el espadín serán la manifestación pública más evidente. La misma lógica de funcionamiento en las tareas que habían de desempeñar hace que el control se intente extender también, y especialmente en el caso francés, incluso a la vida privada y a los matrimonios, al igual que en los militares.

En el siglo XVIII puede decirse que da un paso decisivo el triunfo del hombre sobre la naturaleza. El conocimiento técnico como elemento racional que guía la

acción del hombre sobre el mundo y lleva a su dominio, del que son expresión los ingenieros, va unido en el Setecientos a los avances en la gestión del Estado y del territorio. Todo ello va ligado a la idea de cuantificación, normalización y homogeneización, donde todo esté ordenado y sea previsible; para hacer posible el dominio de territorios y de hombres. Un proceso iniciado en la protohistoria da ahora un salto de gran importancia.

Cuando los ingenieros militares rescataban una vieja idea aristotélica afirmando que «podían transformar con el arte los defectos de la naturaleza», el hombre ha pasado a considerar la creación como imperfecta y a afirmar que él mismo contribuye a perfeccionarla. Ha pasado a considerarse casi como Dios. La desmesura de ese pensamiento es evidente y tiene muchos peligros. Pero también enormes posibilidades que la técnica está hoy desarrollando. Unido al espíritu optimista y emancipatorio, que asimismo es típico de la Ilustración, da al hombre, de hecho, posibilidades inmensas para eliminar la pobreza, la injusticia y la miseria en el mundo. Que se haga o no depende también de los hombres, de nosotros mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBIÑANA, Salvador y HERNÁNDEZ, Telesforo: «Notas sobre técnica y proyectismo en la Albufera y el Júcar en la Edad Moderna», *Estudis*, Valencia, 1983, n.º 10, pp. 55-90.
- ALLIÈS, Paul: *L'invention du territoire*, Presses Universitaires de Grenoble (col. Critique du droit, 6), Grenoble, 1980.
- AMERLINCK ASSERETTO, M.ª Concepción: «Los ingenieros militares y la arquitectura urbana en Guatemala en la época de la Ilustración», en *Actas del XXIII Congreso de Historia del Arte. España entre el Mediterráneo y el Atlántico*, vol. II, pp. 451-456, Universidad de Granada, Granada, 1975.
- BÉDAT, Claude: *L'Académie des Beaux-Arts de Madrid. 1744-1808. Contribution à l'étude des influences stylistiques et de la mentalité artistique de l'Espagne du XVIIIe siècle*, Université de Toulouse-Le Mirail, Toulouse, 1974.
- La Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1808)*, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Madrid, 1989.
- BONET CORREA, Antonio: «Las Reales Fábricas», en *Las manufacturas napolitanas de Carlos y Fernando de Borbón. Entre Rococó y Neoclasicismo, o las utopías posibles*, Real Academia de San Fernando/Rai Eri, Nápoles/Madrid, 2003, pp. 10-25.
- BRAVO NIETO, Antonio: *Cartografía histórica de Melilla*, Ciudad Autónoma de Melilla, Melilla, 1996.
- CALABRO, Mateo: *Tratado de fortificación o arquitectura militar. Dado por el capitán de infantería Don Mateo Calabro Ingeniero en segunda de los Reales Ejércitos de Su Majestad y Director General de esta Real Academia de Matemáticas de Barcelona. Abril 1.º de 1733*. Estudio introductorio, notas y glosario por Fernando R. DE LA FLOR, Universidad de Salamanca, Salamanca, 1991.

- CALDERÓN QUIJANO, José Antonio: «El ingeniero Simón Desnaux y su proyecto de Academias militares en América», *Revista de Indias*, 1945, vol. VI, n.º 19, pp. 635-650.
- Fortificaciones en Nueva España*. 2.ª ed., CSIC/Gobierno del Estado de Veracruz, Madrid, 1984.
- CANO RÉVORA, María Gloria: *Cádiz y el Real Cuerpo de Ingenieros Militares, 1697-1847. Utilidad y firmeza*, Universidad de Cádiz, Cádiz, 1994.
- CAPEL, Horacio: «Geógrafos españoles en los Países Bajos a fines del siglo XVII», *Tarraco. Revista de Geografía*, n.º 2, Tarragona, 1981, pp. 7-34.
- «La geografía en los exámenes públicos y el proceso de diferenciación entre geografía y matemáticas en la enseñanza durante el siglo XVIII», *Áreas. Revista de Ciencias Sociales*, n.º 1, Murcia, 1981, pp. 89-112.
- Geografía y matemáticas en la España del siglo XVIII*, Oikos-Tau, Barcelona, 1982.
- «Cursos manuscritos y textos impresos en la enseñanza científica de los ingenieros militares», *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, CSIC, Madrid, 1987, vol. XXXIX, n.º 2, pp. 161-169.
- «El público y la circulación de obras de geografía en el siglo XVIII», en ORDÓÑEZ, J. y ELENA, A. (comps.): *La ciencia y su público. Perspectivas históricas*, CSIC, Madrid, 1990, pp. 225-310.
- «Remediar con el arte los defectos de la naturaleza. La capacitación técnica del Cuerpo de Ingenieros Militares y su intervención en Obras Públicas», en *Antiguas Obras Hidráulicas en América, Actas del Seminario de México, 1988*, Centro de Estudios Históricos y de Urbanismo (CEHOPU), Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid, 1991, pp. 507-542.
- «Factores sociales y desarrollo de la ciencia: el papel de las comunidades científicas», en VALERA, M. y LÓPEZ, C. (eds.): *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, DM/PPU, Murcia/Barcelona, 1991, tomo I, pp. 185-228. Reproducido en *Suplementos. Materiales de Trabajo Intelectual*, Anthropos, Barcelona, n.º 43, abril 1994 (núm. especial sobre *La Geografía Hoy. Textos, Historia y Documentación*), pp. 5-19.
- «La invención del territorio. Ingenieros y arquitectos de la Ilustración en España y América», en *Actas de las Jornadas sobre la Ingeniería militar y la Cultura Artística Española*, Cádiz, 13-15 noviembre 1989. *Suplementos. Materiales de Trabajo Intelectual*, Anthropos, Barcelona, n.º 43, abril 1994 (núm. especial sobre *La Geografía Hoy. Textos, Historia y Documentación*), pp. 98-115.
- «Filosofía y ciencia en los debates sobre el territorio en la España del siglo XVIII», *Cuadernos de Estudios del Siglo XVIII*, Universidad de Oviedo, Instituto Feijoo de Estudios del Siglo XVIII, 2.ª época, n.º 5, 1995 (1997), pp. 59-100.
- «Los proyectos del ingeniero Sebastián Feringán (1741) y de Francisco Boizot (1774) para el trasvase de los ríos Castril y Guardal», *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 310, 7 de septiembre de 2001 <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-310.htm>>.

- CAPEL, Horacio: «El discurso político sobre el regadío del ingeniero militar Fernando de Ulloa, 1767», *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 348, 15 de febrero de 2002 <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-348.htm>>.
- La morfología de las ciudades. Volumen I, Sociedad, cultura y paisaje urbano*, Ediciones del Serbal, Barcelona, 2002.
- «Construcción del Estado y creación de cuerpos profesionales científico-técnicos: los ingenieros de la Monarquía Española en el siglo XVIII», en CÁMARA MUÑOZ, A. y COBOS GUERRA F. (eds.): *Fortificación y Frontera Marítima. Actas del Seminario Internacional celebrado en Ibiza durante los días 24 al 26 de octubre de 2003*, Ajuntament d'Eivissa, Eivissa, 2005. Reproducido en *Scripta Vetera. Edición Electrónica de Trabajos Publicados de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona <<http://www.ub.es/geocrit/sv-85.htm>>.
- GARCÍA, L.; MONCADA, O.; OLIVÉ, F.; QUESADA, S.; SÁNCHEZ, J.-E. y TELLO, R.: *Los ingenieros militares en España. Repertorio biográfico e inventario de su labor científica y espacial*, Ediciones de la Universidad de Barcelona, Barcelona, 1983.
- SÁNCHEZ, J.-E. y MONCADA, O.: *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, CSIC/Ediciones del Serbal, Barcelona, 1988.
- NAVARRO ABRINES, M.^a C.: «Carlos de Beranger: un ingeniero militar en el virreinato del Perú», *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 12, 3 de marzo de 1997 <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-12.htm>>.
- CASALS, V.: «Los ingenieros», en PESET, J. L. (dir.): *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla. Siglo XVIII*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2001, vol. IV, pp. 567-602.
- CASALS, V. y CAPEL, H.: «La ingeniería y la ciencia a la conquista del territorio», en BONET CORREA, A. (org.): *Fernando VI y su tiempo. Catálogo de la Exposición*, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 2002.
- CISNEROS, Gabriela y MONCADA MAYA, J. Omar: «Proyecto de los ingenieros Pedro Ponce y Diego Panes para establecer una fundición de Artillería en la Nueva España», *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 447, 20 de mayo de 2003 <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-447.htm>>.
- CORELLA, Pilar: «La Real Casa de Geografía de la Corte y el comercio ultramarino durante el siglo XVIII», *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, 1987.
- CORTADA I COLOMER, Lluís: *Estructures territorials, urbanisme i arquitectura poliorcètics a la Catalunya preindustrial*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1998. Vol. 1, *De la Antiguitat al segle XVII*; vol. 2, *Segles XVIII i XIX*.
- FLORIDABLANCA, Conde de (José MOÑINO): *Escritos políticos. La Instrucción y el Memorial*. Edición, estudio y notas biográficas de Joaquín RUIZ ALEMÁN, Academia Alfonso X el Sabio, Murcia, 1982.

- GALINDO, Jorge: *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares del siglo XVIII. Un estudio sobre la formalización del saber técnico a través de los tratados de arquitectura militar*. Tesis doctoral dirigida por el Dr. José Luis González Moreno-Navarro, Universidad Politécnica de Cataluña, 2000. Edición en CD, Centro de Investigación CITCE, Universidad del Valle, Cali (Colombia).
- GALLAND-SEGUELA, Martine: *Les ingénieurs militaires espagnols de 1710 à 1803. Étude prosopographique et sociale d'un corps d'élite*. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, París, 2003. (Recensión en *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, 2003, vol. VIII, n.º 471, 5 noviembre de 2003 <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-471.htm>>).
- «Las condiciones materiales de la vida privada de los ingenieros militares en España durante el siglo XVIII», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, 15 de diciembre de 2005, vol. VIII, n.º 179 <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-170.htm>>.
- GIL ALBARRACÍN, Antonio: *Documentos sobre la defensa de la costa del Reino de Granada (1497-1857)*, GBG Editora, Almería/Barcelona, 2004.
- GUARDA, Gabriel: *Influencia militar en las ciudades del Reino de Chile*, Academia Chilena de la Historia/Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 1967.
- «El mariscal de campo Don Manuel Olaguer Felú, Director del Real Cuerpo de Ingenieros», en BLANC RENARD, Neville (coord.): *Homenaje al Profesor Guillermo Feliu Cruz*, Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 1974, pp. 419-469.
- Historia urbana del Reino de Chile*, Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 1978.
- Atlas cartográfico del Reino de Chile*, Instituto Geográfico Militar, Santiago de Chile, 1981.
- «El Ingeniero D. Juan Garland y White (†1775)», *Revista Chilena de Humanidades*, Santiago de Chile, 1985, n.º 7, pp. 31-41.
- Flandes Indiano. Las fortificaciones del Reino de Chile, 1541-1826*, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 1990.
- El arquitecto de la Moneda Joaquín Toesca 1752-1799. Una imagen del imperio español en América*, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 1997.
- «El Brigadier de ingenieros Carlos de Beranguer, gobernador de Chiloé», en *Entre Puebla de los Ángeles y Sevilla. Homenaje al Dr. J. A. Calderón Quijano*, Publicaciones de la Escuela de Estudios Hispano-Americanos de Sevilla, Sevilla, 1997, pp. 71-81.
- LEÓN GARCÍA, M.ª del Carmen: «El camino México-Toluca, proyecto del ingeniero militar Manuel Agustín Mascaró, Nueva España, 1791-1793», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, vol. VI, n.º 123, 15 de septiembre de 2002 <<http://www.ub.es/geocrit/sn-123.htm>>.

- LUCUCE, Pedro de: *Tratado de Cosmografía del Curso Matemático para la Instrucción de los Militares, 1739-1779. Según un manuscrito anónimo de 1776*. Transcripción y estudio por R. ALCAIDE y H. CAPEL, Edicions i Publicacions (*Geocrítica Textos Electrónicos*, n.º 1), Barcelona, 2000. Estudio introductorio «El Curso de Cosmografía de Lucuce en las Academias de Matemáticas Militares: el problema de los textos científicos y el desarrollo de la ciencia española en el siglo XVIII» <<http://www.ub.es/geocrit/menu.htm>>.
- MADRAZO, Santos: *El sistema de transportes en España, 1750-1850*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos/Turner, Madrid, 1984, 2 vols.
- MENDOZA VARGAS, Héctor y CISNEROS GUERRER, Gabriela A.: «Diego García Panes y Abella. Un ingeniero militar en la historia indiana», *Biblio3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 109, 3 de septiembre de 1998 <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-109.htm>>.
- MONCADA, Omar: *Ingenieros militares en Nueva España. Inventario de su labor científica y espacial. Siglos XVI al XVIII*, UNAM, México, 1993.
- El ingeniero Miguel Constanzó. Un militar ilustrado en la Nueva España del siglo XVIII*, UNAM, México, 1994.
- «El ingeniero militar Miguel Constanzó en la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de la Nueva España», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, vol. VI, n.º 136, 1 de marzo de 2003 <<http://www.ub.es/sn-136.htm>>.
- «En torno a la destrucción de la ciudad de Guatemala, 1773. Una carta del ingeniero militar Antonio Marín», *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, n.º 444, 5 de mayo de 2003 <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-.htm>>.
- MUÑOZ CORBALÁN, Juan Miguel: *Los ingenieros militares de Flandes a España (1691-1718)*, prólogo de Horacio Capel, Ministerio de Defensa, Madrid, 1993, 2 vols.
- «Sanidad, higiene y arquitectura en el siglo XVIII. Los ingenieros militares: un eslabón en la política sanitaria y hospitalaria borbónica», *Boletín de Arte*, Universidad de Málaga-Departamento de Historia del Arte, Málaga, 1990, pp. 119-135.
- «La biblioteca del Ingeniero General Jorge Próspero Verboom», *Academia. Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, n.º 80, Real Academia de San Fernando, Madrid, enero-junio de 1995, pp. 342-362.
- «La iglesia de la Ciudadela de Barcelona. Francia y Flandes en la Ciudad Condal del siglo XVIII», *Locus Amoenus*, n.º 1, Universitat Autònoma de Barcelona-Departament d'Art, Barcelona, 1995, pp. 173-192.
- «Las Juntas de Reales Obras: un órgano técnico-administrativo entre la Corona y el poder municipal en el siglo XVIII», *Arquitectura y Ciudad IV* (Melilla, septiembre de 1992), Ministerio de Cultura, Madrid, 1992.
- NAVARRO ABRINES, M.^a Carmen: *Carlos de Beranger, un ingeniero militar en el virreinato del Perú (1719-1793)*, tesis doctoral dirigida por el Dr. Carlos Martínez

- Shaw, Barcelona, Universidad de Barcelona (Departamento de Historia Moderna), 1996.
- NAVARRO ABRINES, M.^a Carmen: «La mina de mercurio de Huancavélica (Perú). Entre los intentos de reforma de Antonio de Ulloa y el continuismo de Carlos Beranger (1758-1767)», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, vol. I, n.º 4, 1 de junio de 1997 < <http://www.ub.es/geocrit/sn-4.htm> >.
- PICON, Antoine: *Architectes et ingénieurs au Siècle des Lumières*, Parenthèses, París, 1988.
- L'invention de l'Ingenieur moderne. L'École des Ponts et Chaussées 1747-1851*, Presses de l'École Nationale des Ponts et des Chaussées, París, 1992.
- PIÑERA RIVAS, Álvaro de la: «El ingeniero militar Sebastián Feringán, constructor del Real Arsenal de Cartagena», *Revista de Historia Naval*, Madrid, 1985, vol. III, n.º 8, pp. 111-139.
- PRIETO GONZÁLEZ, José Manuel: «Cuando enseñar la Arquitectura aún era probable», PESET, José Luis (dir.): *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla. Siglo XVIII*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2001, vol. IV, pp. 685-724.
- QUINTANA MARTÍNEZ, Alicia: *La arquitectura y los arquitectos en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1774)*, Xarait, Madrid, 1983.
- RABANAL YUS, Aurora: «El tratado de arquitectura enseñado en la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona», *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte*, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, vol. II, 1990, pp. 179-185.
- «Una primera aproximación al tratado de fortificación enseñado en la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona, durante la dirección de Pedro de Lucuce», en *Tiempo y espacio en el arte. Homenaje al Profesor Antonio Bonet Correa*, Editorial Complutense, Madrid, 1994, pp. 698-705.
- «El concepto de ciudad en los tratados de arquitectura militar y fortificación del siglo XVIII en España», *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, UNAM, México, otoño 2002, vol. XXIV, n.º 81.
- RIERA, Juan: «L'Acadèmia de Matemàtiques a la Barcelona Il·lustrada (1715-1800)», en *Actas del II Congreso Internacional de Historia de la Medicina Catalana*, Barcelona, 1975, pp. 73-128.
- RUBIO PAREDES, José María y PIÑERA Y RIVAS, Álvaro de la: *Los ingenieros militares en la construcción de la base naval de Cartagena (Siglo XVIII)*, Servicio de Publicaciones del EME (col. Marte), Madrid, 1988.
- SAMBRICIO, Carlos: *Territorio y ciudad en la España de la Ilustración*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Instituto del Territorio y Urbanismo, Madrid, 1991.
- SANCHEZ PÉREZ, Joan-Eugeni: «Los ingenieros militares y las obras públicas del siglo XVIII», en *Cuatro conferencias sobre historia de la ingeniería y de la obra pública en España*, CEHOPU, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1987, pp. 43-78.

- SANCHEZ PÉREZ, Joan-Eugeni: «La estructura institucional de una corporación científica: el Cuerpo de Ingenieros Militares en el siglo XVIII», en PESET, J. L. (coord.): *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica*, CSIC, Madrid, 1989.
- SÁNCHEZ TARAMAS, Miguel: *Tratado de Fortificación o Arte de construir los edificios Militares y Civiles. Escrito en inglés por Juan Muller. Traducido en castellano, dividido en dos tomos, y aumentado con notas, adiciones y 222 láminas finas sobre las 26 que ilustran al original*, Thomas Piferrer, Barcelona, 1769.
- SOLANO, Francisco de: *Antonio de Ulloa y la Nueva España*, UNAM, México, 1987.
- TATJER MIR, Mercedes: *La Barceloneta, del siglo XVIII al Plan de la Ribera*, Los Libros de la Frontera, Barcelona, 1973.
- TORREJÓN CHAVES, Juan: *La Nueva Población de San Carlos de la Isla de León (1774-1806)*, Ministerio de Defensa, Madrid, 1985.
- TOVAR MARTÍN, Virginia: «Francisco Sabatini, autor del cuartel de las Reales Guardias Walonas de la villa de Leganés», *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, 1981, vol. XVIII, pp. 321-345.
- VIGO TRASANCOS, Alfredo: «Evolución urbanística del barrio de La Magdalena», en *El barrio de La Magdalena de El Ferrol*, Vigo, Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia, 1980, pp. 28-47.
- Arquitectura y urbanismo en El Ferrol del siglo XVIII*, Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia, Santiago de Compostela, 1985.
- «Los tratados de arquitectura de Belidor, Briseux y D'Aviler en la formación de los ingenieros militares: el ejemplo de la "Sala de Armas" del Arsenal de Ferrol», en *Homenaje e la Facultad de Geografía e Historia a los profesores D. Manuel Lucas Álvarez y D. Ángel Rodríguez González*, Servicio de Publicaciones de la Universidad, Santiago de Compostela, 1987, pp. 669-680.
- VILARDELL SANTACANA, Joan Enric: *La fundación de Georgetown (1771). Patrick MacKellar y el urbanismo militar británico*, tesis doctoral dirigida por el Dr. José Luis Oyón Bañales, Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 2003 (Recensión en *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, 2003, vol. VIII, n.º 474, 5 diciembre de 2003 <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-474.htm>>).
- ZILBERMANN DE LUJÁN, Cristina: *Aspectos socio-económicos del traslado de la ciudad de Guatemala (1773-1783)*, Academia de Historia de Guatemala, Guatemala, 1987.

ÍNDICE ABREVIADO DEL VOLUMEN II

EL SIGLO DE LAS LUCES. DE LA INGENIERÍA A LA NUEVA NAVEGACIÓN

| | |
|--|-----|
| Presentación: Del agotamiento renacentista a una nueva ilusión | 9 |
| 1. La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas. <i>Víctor Navarro Brotons</i> | 33 |
| 2. Ciencia, técnica y poder. <i>Siro Villas Tinoco</i> | 75 |
| 3. Sobre la institución y el desarrollo de la ingeniería: Una perspectiva europea. <i>Irina Gouzevitch y Hélène Vérin</i> | 115 |
| 4. Institucionalización de la ingeniería y profesiones técnicas conexas: misión y formación corporativa. <i>Manuel Silva Suárez</i> | 165 |
| 5. Consideraciones sobre el léxico “técnico” en el español del siglo XVIII. <i>Pedro Álvarez de Miranda</i> | 263 |
| 6. La arquitectura de arquitectos e ingenieros militares: diversidad de lenguajes al servicio del despotismo ilustrado. <i>Arturo Ansón Navarro</i> | 291 |
| 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 |
| 8. Ingeniería y obra pública civil en el Siglo de las Luces. <i>Juan José Arenas de Pablo</i> | 383 |
| 9. La política de construcción de canales. Una aproximación. <i>Guillermo Pérez Sarrión</i> | 429 |
| 10. La fortificación española en los siglos XVII y XVIII: Vauban, sin Vauban y contra Vauban. <i>Fernando Cobos Guerra</i> | 469 |
| 11. Navegación e hidrografía. <i>Manuel Sellés García</i> | 521 |
| 12. Construcciones, ingeniería y teóricas en la construcción naval. <i>Julián Simón Calero</i> | 555 |