

Horacio Capel (España)

Los ingenieros militares: su formación científica y su intervención en las obras públicas

Horacio Capel es *geógrafo e historiador y dirige el Departamento de Geografía Humana de la Facultad de Geografía de la Universidad de Barcelona.*

El 4 de julio de 1718, ocho años después de la creación del Cuerpo de Ingenieros de los Ejércitos y Plazas, se promulgaba la primera ordenanza de dicho cuerpo. Hacía cuatro años que había finalizado la guerra de Sucesión con la toma de Barcelona y el gobierno de la nueva dinastía había iniciado un profundo plan de reformas políticas y económicas, para el que necesitaba, sin duda, contar con la colaboración de técnicos capaces de diseñar y aplicar las innovaciones que habían de adoptarse.

El gobierno era plenamente consciente de que había que realizar urgentemente un esfuerzo de inversión en obras públicas, mejorando, en particular, la red de comunicaciones y las infraestructuras hidráulicas. En aquel momento decisivo se dejó sentir de forma poderosa el atraso científico y técnico acumulado durante el siglo XVII, y que no había podido superarse aún a pesar de la actividad propagandística y de los esfuerzos personales realizados por los diferentes grupos de «novadores» existentes en el país. El gobierno no podía contar con comunidades e instituciones científicas bien estructuradas ni con grupos de funcionarios civiles semejantes a los que existían en Francia, donde desde 1712 se había organizado un cuerpo de ingenieros de Ponts et Chaussées puesto bajo la autoridad de un intendente de finanzas y constituido por individuos que tenían ya una experiencia previa como arquitectos o ingenie-

ros. Sea por desconfianza ante la capacidad científica del país, o sea, por el deseo de contar con un cuerpo técnico altamente jerarquizado y disciplinado, el caso es que en esa situación los ingenieros militares se convirtieron en el principal grupo organizado de técnicos de que pudo disponer el Estado para obtener el ambicioso plan de modernización, y a ellos se les encomendaron funciones que rebasaban ampliamente las que de manera mucho más específica les correspondían. En la presente comunicación describiremos, primeramente, la capacitación científica y técnica que, de manera general pudieron adquirir los miembros de este cuerpo para desempeñar las vastas tareas que se les atribuyeron, y, a continuación, las insuficiencias de la misma y las dificultades crecientes que encontraron para su desempeño¹.

El cuerpo de Ingenieros y las Academias de Matemáticas

El preámbulo de la ordenanza de 1718 es bien expresivo respecto a las funciones que se les encomendaban. En él el Rey declara:

«Por cuanto conviniendo a mi servicio, y al bien de mis vasallos tener noticias

número de ingenieros que trabajaban ya en la Península. A partir de 1712 se incorporaron ingenieros españoles o italianos que habían trabajado en Milán, Nápoles o Sicilia. El largo asedio a Barcelona y las necesidades de reconstrucción de las fortificaciones afectadas por la contienda así como las campañas de Córcega (1717) y Sicilia (1718) exigieron nuevas incorporaciones. Ello obligó a intensificar el reclutamiento y, en efecto, en ese año se produjo una masiva incorporación de sesenta ingenieros, algunos de los cuales, de todas formas, venían ya prestando servicios desde años atrás. El número de apellidos españoles se incrementó en la promoción de 1718, aunque todavía los ingenieros con apellidos extranjeros (franceses, suizos, valones, flamencos, germanos o italianos) son todavía la mayoría del cuerpo.

Por todo ello, la capacitación que tenía ese centenar de ingenieros incorporados al cuerpo en los ocho años transcurridos desde la fundación era muy diversa. Un cierto número tenían una experiencia previa. Otros la adquirieron en asedios a plazas fuertes durante la guerra de Sucesión o en las campañas de Italia, así como en las reconstrucciones emprendidas tras la paz, en particular en algunas grandes canteras como fueron durante esos años las plazas catalanas y, en especial, Barcelona. Algunos, por último, carecían de experiencia, y no faltaba un pequeño número que se hacían pasar por ingenieros sin serlo realmente. Todo lo cual explica las repetidas peticiones de Verboom para que se obligara a todos los incorporados a realizar un examen previo antes de obtener la patente, y permite entender la urgencia con que por aquellos años empezó a plantearse el tema de la Academia para la formación de ingenieros. La necesidad de unificar y mejorar la formación de los miembros del cuerpo hizo ver la conveniencia de crear un centro de estudios específico para ello, lo que dio lugar a diversas propuestas de Verboom, que cristalizaron en 1720 con la creación de la Academia de Matemáticas de Barcelona.

La creación de dicha Academia se realizó después de una serie de informes y propuestas sobre la forma de organizar los estudios científicos en los cuerpos militares de tierra. De hecho, el centro continuaba una larga tradición de academias científicas militares, que había tenido su más acabada expresión en la Academia de Matemáticas de Bruselas, que fue siempre el modelo de referencia obligado. La alternati-

va de encargar dichos estudios a alguna orden religiosa, como los jesuitas, o a una institución civil, como la universidad, fue claramente descartada desde el principio. Como se dice en un *Discurso y Proyecto para el establecimiento de Academias reales de Matemáticas Militares*² estos centros deberían estar dirigidos por ingenieros, y tener un carácter práctico y militar, «lo que no sucede en los religiosos, y otros maestros de matemáticas especulativas, cuya enseñanza se reduce a puras curiosidades y primor de las expresiones y argumentos, por faltarles el uso y práctica de las cosas (...). Además que los religiosos y eclesiásticos penden más de la obediencia de sus superiores que de la del Rey, no suele ser en ellos seguros el secreto ni pueden ser castigados si faltan a su obligación». La crítica a la enseñanza especulativa, que aparecía ya en autores como Fernández de Medrano, es repetida nuevamente en este documento, al tiempo que se rechaza también un proyecto que los jesuitas habían ido diseñando cuidadosamente desde comienzos del siglo XVIII, y que les había permitido en España controlar la educación científica de los hijos de la nobleza a través del Colegio Imperial e introducirse, en la enseñanza de la fortificación y en el acceso a la condición de ingeniero militar.

La alternativa considerada en todos los informes que se emitieron fue siempre la creación de academias militares. En el proyecto que antes citábamos se propone el establecimiento de una academia general en la corte y cuatro particulares en Sevilla, Bilbao, Badajoz y Barcelona. La de Madrid sería como la «fuente y modelos de las demás»; en ella se darían todas las enseñanzas y se cultivarían todas las ramas de las matemáticas especulativas; de ella recibirían también las otras «las máximas y decisiones de la enseñanza y los métodos que han de observar y se arreglen y conserven en ella como en un archivo real las medidas, pesos, calibres, proporciones y decretos originales de que S. M. quisiere servirse en todas sus fábricas». Las cuatro particulares estarían especializadas: dos (Sevilla y Bilbao) tendrían como objeto principal la enseñanza de la hidrografía y náutica, mientras que las otras (Badajoz y Barcelona) se especializarían en la enseñanza de la ingeniería militar y operaciones de tierra. En otro proyecto unido al anterior pero manifiestamente diferente³ la propuesta se extiende a ocho academias (en Madrid, Cádiz, Sevilla, Ba-

individuales de la situación de las ciudades, villas y lugares, sus distancias, la calidad de los caminos, curso de los ríos, estado de los puentes, y otras circunstancias; como también la constitución, y estado de las plazas de guerra, puertos de mar, bahías, y costas, así por lo que este conocimiento se necesita para el acierto de las resoluciones de mi real servicio, y para la comodidad de los pasajeros, carreterías, y para otros interesados; como por el deseo que tengo de mandar hacer en los referidos caminos, en los puentes, y en otros parajes, los reparos, y obras, que se consideraran convenientes, haciendo construir también nuevos puentes, y abrir otros caminos, si fuere menester, obviando rodeos, y malos pasos, a fin de facilitar la comodidad de los pasajeros, y comerciantes, y la menos costosa conducción de frutos, ganados y géneros, de unos pueblos a otros, comerciando, y comunicándose con recíproca convivencia; queriendo también, que al mismo tiempo, y para el mismo importante fin, y otros, se reparen, mejoren, y se conserven los puertos de mar, y que se reconozcan los ríos que se pudieren hacer navegables, y parajes que pudieran ser a propósito para cubrir canales y cequias, descubriendo también las aguas subterráneas, que no solo asegurasen el aumento del comercio, y el mayor beneficio de los pueblos, por la facilidad y poquisimo gasto con que se transportarian los frutos, materiales, y géneros de unas provincias a otras, sino que diesen disposición para molinos, batanes, y otros ingenios, y para el regadío de diferentes campos, y tierras, que no producen por faltarles este beneficio; esperando Yo, que con el de la paz podrá poner en ejecución el ánimo que siempre ha tenido de fomentar y costear gran parte de estas obras con caudales de mi hacienda, y aún con el trabajo de algunas de mis tropas, que emplearé gustoso en lo que tanto puede conducir al bien común de mis vasallos; y hallándome también informado de que en diversas ocasiones se han construido muchas fortificaciones, y otras obras inútiles en las plazas, y puertos de mar, y desperdiciados en ellas considerables caudales de

mi real hacienda, y de los pueblos, por haberse ejecutado sin planta, ni dirección de ingenieros profesos de inteligencia, y sin la intervención de ministros de hacienda, que es precisa siempre en semejantes gastos, a causa de la licencia que algunos cabos militares, y otros se han tomado, de determinar, y hacer obras, sin que preceda orden, ni producto aprobado por Mi; de que ha resultado también haberse hecho algunas muy defectuosas, y otras enteramente contrarias a la defensa de las mismas plazas, por lo cual ha sido preciso demolerlas, causando nuevos gastos con gran detrimento de mi real hacienda, y deseando obviar en adelante estos, y otros inconvenientes, prescribiendo a los ingenieros y demás personas a quienes tocare las reglas con que han de proceder en estas dos importancias, y atender a mi mayor servicio; he resuelto establecerlas en la forma que distintamente se explican en la instrucción siguiente.»

Destaca, ante todo, en este preámbulo la importancia concedida a las funciones de reconocimiento territorial, que adquieren, en la enumeración que se hace, prioridad sobre las funciones más específicas de los ingenieros, como son las referentes a la atención a plazas fuertes y puertos. Por otra parte, está implícito también en él todo un vasto programa de reformas económicas y territoriales destinadas al fomento de la riqueza y de la prosperidad de los súbditos, reformas que explícitamente se declara que podrán ser financiadas con cargo a la hacienda pública y utilizando si es preciso efectivos militares para su realización. En último lugar, el preámbulo de las ordenanzas presta atención también a las tareas más específicas de los ingenieros, como son la elaboración de los proyectos y la dirección de las obras que se realicen, con el fin de evitar gastos innecesarios.

En el momento en que se promulgó esta ordenanza, el cuerpo de Ingenieros militares, fundado en 1711 y puesto bajo la autoridad del ingeniero general Jorge Próspero Verboom, había integrado ya a un centenar de miembros. El núcleo inicial había estado constituido por una docena de ingenieros llegados de Flandes y formados en la Academia de Matemáticas de Bruselas dirigida por Sebastián Fernández de Medrano, más algunos franceses, y un cierto

dajoz, La Coruña, San Sebastián, Barcelona y Valencia), más un seminario introductorio que podría acoger hasta cien muchachos huérfanos para dedicarlos a la milicia. Por debajo de esta polémica sobre la estructura de las academias militares, en realidad estaban en juego cuestiones importantes: en primer lugar, las diversas concepciones sobre la enseñanza de los saberes técnicos y el papel relativo de la práctica y la teoría; en segundo lugar, diversas concepciones en cuanto a la jerarquización y el organigrama de los centros de estudios militares; y, por último, diferentes formas de concebir la posición de los integrantes de los diversos cuerpos facultativos de la estructura social.

Finalmente, se decidió crear la academia de Barcelona, la cual abrió sus puertas el 15 de octubre de 1720 bajo la dirección de Mateo Calabro, oficial de artillería que había sido colaborador de Jorge Próspero de Verboom en las obras de la Ciudadela de Barcelona. Calabro no compartía la idea de Verboom de organizar una academia que permitiera la formación especializada de los ingenieros y, eventualmente, artilleros. Pensaba más bien en un centro de formación más general, que incluiría también la enseñanza de la náutica, lo que exigía una sólida base matemática. Para él, la formación matemática era absolutamente indispensable «para poder alcanzar con facilidad la inteligencia de las artes mecánicas que conducen a formar un inteligente arquitecto militar, un práctico artillero y un científico náutico, los cuales son como tres columnas sobre las que estriban la seguridad de la monarquía, la gloria del príncipe y la felicidad de sus pueblos»⁴. La figura clave del centro debería ser en su opinión el director, el cual estaría asistido de cuatro ayudantes; dos de ellos se dedicarían a la enseñanza de las materias impartidas, y otro al dibujo; el tercero sería un maestro arquitecto, nombrado por el protector del centro entre tres personas propuestas por el director, y experimentando «en todo lo que toca a la construcción de los edificios civiles, en los cortes de cantería, para bóveda, escaleras, frotispicios, etc., y de ellos formar planos, perfiles y relieves, en yeso y cartón».

El programa de estudios propuesto comprendería seis clases de seis meses cada una, desarrolladas durante tres años (cuadro 1), y los alumnos «tantos como se presentaren». El proyecto de Calabro incluye también una reglamentación sobre exámenes, horarios, organiza-

CUADRO 1

Programa del curso propuesto por Mateo Calabro para la Academia de Barcelona, 1724

Primer año

- 1.ª Clase Aritmética literal para demostrar las principales reglas de la aritmética numérica.
- 2.ª Clase Geometría especulativa, para entender los seis primeros libros, y el 11 y 12 de Euclides. De secciones cónicas lo que se necesita para entender los autores que tratan de ellas.

Segundo año

- 3.ª Clase Geometría práctica sobre el terreno, es decir, trigonometría rectilínea, longimetría, planimetría y estereometría. Uso de los instrumentos matemáticos (Grafómetro, cuarto de círculo, cuadrante geométrico, plancheta, alfilerilla y cuadrante inglés). Fortificación regular e irregular y de campaña, e idea del ataque y defensa de una plaza. Los alumnos de esta clase comenzarían a levantar planos de campaña y edificios existentes, realizando perfiles y aplicando los colores correspondientes.
- 4.ª Clase Parte de la estática, maquinaria, hidrostática, aplicando en lo posible sus proposiciones al uso de ingeniería, artillería y náutica.

Tercer año

- 5.ª Clase Artillería (pólvora montaje y manejo de las piezas, formación de un tren de artillería, construcción de baterías y alcance de los disparos).
- 6.ª Clase Breve tratado de arquitectura civil, «dividido en tres partes: 1.ª lo hermoso, 2.ª el cómodo, y 3.ª lo fuerte militar». Tratado de fortificación efectiva.

La Cosmografía en sus diferentes partes (esfera, geografía, hidrografía y astronomía) «se considera de alguna utilidad a los ingenieros y artilleros y absolutamente necesarias a los náuticos, se enseñará dos veces en la semana, que serán los días vacantes de la Academia».

Fuente: Proyecto sobre establecimiento formal de la Academia de Barcelona, dispuesto por el Director de ella don Matheo Calabro, año de 1724, AGS GM, leg. 2994.

ción interna, y certámenes públicos; y acaba con esta observación: «que la disposición de una Academia es nueva y en ninguna parte de Europa ha sido practicada, pero por esto no debe ser desaprobada, porque la experiencia me ha hecho apereibir que es el único medio para sacar en poco tiempo discípulos de mucho provecho y muy útiles al real servicio, lo que es todo mi anhelo».

El proyecto de Calabro, elaborado cuatro años después de que la Academia de Barcelona abriera sus puertas, permite comprobar que este centro funcionaba de forma provisional, sin un reglamento y plan de estudios plenamente aprobados. El papel del director se convertía por ello en decisivo. Por otra parte, Calabro procedía de la artillería y, como hemos visto, concebía la Academia como una institución de carácter muy general, que abrazaba también la enseñanza de la náutica. Esto estaba en contradicción con los objetivos más concretos que se había propuesto Verboom, que era ingeniero general y residía largamente en Barcelona por estar encargado de la construcción y luego del gobierno de la Ciudadela. Los conflictos no podían dejar de estallar, y dieron lugar a nuevas propuestas y contrapropuestas sobre el método de los estudios y la organización del centro. Además de Calabro, el mismo Verboom (1730), Simon Poulet (1728), Andrés de los Cobos (1733) y Pedro de Lucuce (1737) redactaron sendos informes sobre el más adecuado desarrollo de las enseñanzas.

En esos años las enseñanzas impartidas en el centro fueron adquiriendo, sin duda, mayor solidez. El curso único previsto en 1720 para la formación de los ingenieros contenía, como hemos visto, estudios de aritmética, geometría práctica, geometría demostrada, fortificación, mecánica, nivelación y dibujo. Lo que realmente se enseñaba en los años inmediatamente anteriores a 1737 lo conocemos por una solicitud que realizó el teniente de infantería del regimiento de Nápoles para establecer una Academia en donde se enseñaran los mismos conocimientos que él había aprendido en Barcelona. En una *Nota de las Materias que se me han enseñado en la Real Academia de Mathematicas de Barcelona* indica que éstas fueron las siguientes: «la aritmética en general, y extracción de raíces cuadradas y cúbica. La geometría especulativa, y práctica. El cálculo, o tamaño de las figuras planas, y sólidos. La teórica de la plancheta y el nivel, y el modo de levantar

los planos y perfiles. Las reglas de la fortificación, regular, e irregular real, y de campaña. La teórica de embestir y atacar las plazas. Las reglas de la artillería. Principios de geografía con el modo de levantar los mapas y meridianos. El diseño para demostrar medianamente los planos y perfiles, y aplicar los colores que se practican para lavarlos»⁵.

Finalmente los conflictos existentes entre Calabro y el ingeniero general desembocaron en la dimisión y el cese del primero en marzo de 1738 y en su sustitución como director de la Academia por Pedro de Lucuce, que era desde dos años antes profesor del centro y ayudante del director. Los debates a que antes aludíamos y el relevo de Calabro coinciden con un momento en que se hace patente una clara preocupación por mejorar la formación militar mediante la creación de nuevos centros docentes. En 1732 se había fundado, en efecto, una nueva Academia de Matemáticas en Orán, recién reconquistada por las armas españolas. Poco después, en 1739, se fundó también la Academia de Matemáticas de Ceuta, para la formación de ingenieros. Son años en los que la preocupación por la organización de las enseñanzas militares se refleja en los diversos proyectos solicitados y en sucesivas medidas que culminan con las ordenanzas de 1739.

Los programas de estudios

*Las Ordenanzas e Instrucción para la enseñanza de las Mathematicas en la Real y Militar Academia, que se ha establecido en Barcelona, fueron promulgadas el 22 de julio de 1739*⁶ y recogen en lo esencial las líneas maestras del proyecto de Lucuce, convertido ya en el hombre clave de la institución.

Las ordenanzas se promulgaron para la Academia de Barcelona y para otras que en adelante pudieran crearse en los diferentes reinos de España. El texto supone el reconocimiento legal de los centros de formación científica para el ejército de tierra, y señala que el establecimiento de éste y las otras futuras academias se realiza en consideración a lo útil e importante que es para la conservación de los reinos, esplendor de los ejércitos y bien de los vasallos el que «entre ellos haya sujetos inteligentes en la matemática, de que dimanen los seguros

aciertos de las operaciones militares y marítimas, y demás que se necesitan para el bien del público». Al mismo tiempo se reconoce públicamente la meritoria labor que habían realizado algunas personas, al declarar que el genio de los españoles es adecuado para el cultivo de estas ciencias, como lo demuestra de forma clara y patente el que «se hallan algunos que, no obstante no haber Academia donde dedicarse a tan importante ciencia, han alcanzado, a costa de su propia fatiga, en aulas particulares, habilitarse en las partes más principales».

La academia se concibe como un centro para el perfeccionamiento de los oficiales de todos los cuerpos, pero principalmente para la formación de los que habían de servir en artillería e ingenieros y, muy especialmente, para estos últimos. Su establecimiento, en efecto, se hace «para que la nobleza y juventud española, principalmente los que sirven en la milicia, tengan donde instruirse de una ciencia inseparable de ellos, con la forma, y regularidad que conviene, no sólo en lo que corresponde a un buen oficial, sino también para que adornados con las demás partes matemáticas, de que necesita para ser admitido en los cuerpos de ingenieros, y artillería, pueda en ellos evacuar con acierto las importantes comisiones que se le confiaren, particularmente siendo ingeniero».

La duración de los estudios se fija en tres años, «tiempo suficiente para enseñar en la Academia con bastante extensión la teórica, y alguna práctica de todo lo que necesita saberse para las operaciones de la guerra, y construcción de plazas». Ese trienio se dividía, a su vez en cuatro cursos con una extensión de nueve meses cada uno. En los dos primeros se explicaban «las partes de que debe hallarse instruido cualquier oficial del ejército para ejecutar con acierto los encargos que se le confiaren»; y en el tercero y cuarto «lo demás que ha de saber un ingeniero, y oficial de artillería, para el desempeño de sus empleos».

El número de alumnos admitidos cada año para la primera clase era de cuarenta, de los cuales dieciocho oficiales, dieciocho cadetes y «cuatro caballeros particulares, que se impongan en esta tan importante ciencia». Todos ellos habían de saber aritmética, ser españoles y tener una edad comprendida entre quince y treinta años. En cuanto al origen social de estos alumnos, si bien se sigue considerando que la nobleza constituye el núcleo esencial de la milicia, se acepta también que otros grupos so-

ciales puedan incorporarse a esta oficialidad. En la ordenanza se alude, como hemos dicho, a que el objetivo de las academias es que «la nobleza y juventud española» tengan donde instruirse. Esta juventud española que podía no ser de origen noble incluye a los hijos de los «ciudadanos honrados»⁷, es decir de una burguesía ascendente que tenía así ocasión de instruirse en las nuevas ciencias que tan necesarias eran para el funcionamiento de la monarquía. En cualquier caso, la ordenanza de 1739 especifica que todos habían de ser «sujetos condecorados, para que se mantenga esta Academia con la estimación que conviene», y en años posteriores se dictaron normas que acentuaban el carácter nobiliario de la institución.

Las ordenanzas de 1739 especifican detalladamente el contenido de las enseñanzas a cada curso. El primer curso constaba de aritmética, geometría, trigonometría, topografía y, un día a la semana, explicación de la esfera celeste. Los cuarenta alumnos admitidos en la primera clase comenzaban repasando la aritmética y se les explicaba «la extracción de raíces, los seis primeros libros, once y doce de los Elementos de Euclides: la geometría práctica, incluso una breve noticia de las secciones cónicas: el fundamento y uso del canon trigonométrico y logarítmico, con la resolución de los triángulos rectilíneos: la proporción, aumento, disminución y transformación de las figuras: el uso de la pantómetra, plancheta y demás instrumentos comunes, aplicados a la longimetría y sólidos: la dirección y conducción de las minas, y el modo de nivelar». Al mismo tiempo un día a la semana, en lección extraordinaria, se les explicaba también «la descripción del mundo en general, y en particular de la esfera celeste, los círculos que sobre ella se consideran, y sus diversas posiciones».

En la segunda clase se incluía artillería, fortificación, ataque y defensa de plazas y táctica. Más concretamente se estudiaba:

«la fortificación moderna, defensiva y ofensiva, regular e irregular, real y de campaña, con el ataque y defensa de las plazas: el modo de acamparse y atrincherarse: las ventajas, y defectos de los terrenos, como también las líneas, y ángulos de la fortificación: su resolución trigonométrica, y el cálculo de sus sólidos: la artillería con todas sus partes, y conocimiento de pólvoras.»

La lección extraordinaria de un día a la semana se continuaría con el estudio de la geografía, enseñando a los alumnos.

«En la magnitud, y figura de la Tierra, fábrica, y uso de los globos terrestres, y celestes y los planos, según los diversos colores con que se delinean, y lo que cada uno significa, con lo que quedarán instruidos plenamente los academistas, para desempeñar los encargos que se les hiciera de mi real servicio.»

Los dos primeros cursos, en efecto, daban una preparación general a todos los oficiales del ejército. Los dos siguientes se dedicaban específicamente a la formación de los oficiales de artillería e ingenieros. En el tercero se estudiaba mecánica y máquinas, hidráulica, construcción y, en clase extraordinaria, la perspectiva y gnomónica, con la formación y uso de cartas geográficas. Las ordenanzas establecen que se les explicaría

«la fuerza que se adquiere por medio de las máquinas, la gravedad, movimiento, celeridad y equilibrio de los cuerpos: el arte de mover, levantar, conducir, y repartir el agua: hacer los ríos navegables: adaptar los puertos de mar, remediando con el arte los defectos de la naturaleza: construir muelles: la proporción y simetría de las cinco órdenes de arquitectura; la de las varias partes de un edificio: la descripción de plantas, y perfiles de ellos, así rectos como oblicuos: la formación de las bóvedas, y arcos más comunes: el empujo de ellos contra los pies derechos, o muros que los sostienen; y la robustez que éstos han de tener para resistirle: la calidad de los materiales, y el modo de emplearlos en las construcciones de las obras: la forma de hacer seguros los cimientos sobre distintos terrenos, en aguas corrientes o quietas, con lo demás que el director hallare para la más perfecta instrucción de los academistas.»

En lección extraordinaria a los alumnos de tercero se les informaba de la perspectiva militar, y de la rigurosa de la gnomónica, como también de la formación y uso de las cartas hidrográficas, con el modo de resolver sobre ellas los problemas náuticos.

El cuarto curso estaba a cargo del director de dibujo, el cual debía regular sus enseñanzas de acuerdo con lo que dispusieran el director de la Academia y el inspector, y estaba destinado a la práctica del dibujo y a la elaboración de proyectos de edificios civiles y militares. En esta clase se enseñaba:

«el modo de delinear con limpieza, y de aplicar los colores, según práctica, para la demostración de sus partes, su distribución, y decoración, con los adornos pertenecientes a todos los edificios militares, haciendo a este fin sus respectivos planos, perfiles, y elevaciones, empezando por un frente fortificado regular, en cuya mitad se manifieste la latitud del muro, y estribos en el fundamento; y en la otra la obra concluida y vista por parte superior, cortando sobre ella varios perfiles para conocer sus alturas; y lo mismo se ejecutará sobre el plano en grande de un rebelión, o contraguardía, como también en un puente, puerta, cuerpo de guardia, cisterna, garita, cuarteles, y almacenes de toda especie, arsenal, hospital e iglesia: y finalmente se les declarará todo lo que pertenece a la idea en que deben hacerse los edificios militares necesarios a una plaza: se les instruirá en la forma de levantar los planos particulares, y mapas de provincias: (...) la disminución y aumento de los planos, a mayor, o menor: la reducción de las escalas, y el modo de tomar, y delinear la vista de una plaza, o terreno, para representarlo en papel conforme se halla a lo natural; y generalmente la forma de proyectar, y extender los proyectos que se idearan sobre los planos que se necesite, con los perfiles, elevaciones y vistas correspondientes a la mas clara inteligencia del pensamiento: las relaciones con que se deben acompañar, por las razones que mueven a ello, y las ventajas que se seguirán de su ejecución.»

A fin de facilitar la comprensión de lo enseñado, el director de dibujo debería formar todos los diseños necesarios, para explicar sobre ellos, y para que los alumnos los copiaran con exactitud bajo su dirección.

En lección extraordinaria los alumnos de cuarto curso estudiarían también la reglamen-

tación de obras reales, tanto las realizadas por asiento como las que se costeaban directamente por arbitrios particulares, y se les instruía en la forma de las relaciones de gastos, certificaciones de medidas y condiciones de los asientos, los tiempos más a propósito para realizar las obras y las precauciones que se han de tomar para su realización.

Con el programa previsto en la ordenanza de 1739 la Academia de Matemáticas de Barcelona impartía seguramente las enseñanzas más completas y avanzadas que era posible obtener en España en aquellos momentos. En la década de 1740 ningún otro centro docente, con excepción de la Academia de Guardias Marinas de Cádiz, en lo que se refiere a la náutica, alcanzaba un nivel parecido. Las universidades carecían casi totalmente de cátedras de esta ciencia, y en aquellas en donde existían la calidad de las enseñanzas dejaba mucho que desear. En la de Salamanca la cátedra había sido ocupada en 1726 por Diego de Torres y Villarroel, famoso autor de pronósticos y piscatores, el cual la ocupó durante un cuarto de siglo intentando suplir con esfuerzo y dedicación los conocimientos de que carecía. En Valencia, tras la jubilación de Corachán en 1720, la cátedra permaneció vacante y sólo fue cubierta en 1745 por Francisco Ballester, filósofo y teólogo, el cual explicó durante siete años los seis primeros libros de Euclides, geometría práctica, artillería, hidrometría y maquinaria, utilizando como guía de sus lecciones la obra del padre Tosca. Entre los centros no militares solamente el Colegio Imperial de Madrid, de los jesuitas, mantenía una continuidad en la enseñanza de las matemáticas, que se vio aumentada con la creación en 1725 del Real Seminario de Nobles, adscrito al mismo.⁸

Los estudios en la Academia tenían un doble contenido, teórico y práctico. Por ello un aspecto importante en la formación de los alumnos era el conocimiento y manejo de instrumentos de topografía y agrimensura, así como de otros muchos que se relacionan con la construcción civil o militar, con la mecánica, la esfera y la geografía. Las ordenanzas de 1739 establecen que para las demostraciones prácticas la Academia debía disponer de los siguientes instrumentos: dos globos, celeste y terrestre, de 24 pulgadas de diámetro; una esfera armilar de igual tamaño; un semicírculo de bronce, con su pie, y dos anteojos, uno en la alidada y otro en el diámetro; un cuadrante graduado, de 18 pul-

gadas de radio, y un anteojo aplicado al mismo; dos brújulas o compases marítimos, una de ellas de bronce, graduada y de 9 pulgadas de diámetro; un cuadrado geométrico de metal con sus pínulas, de 12 a 15 pulgadas de lado; un nivel moderno, con sus pies movibles y anteojo; dos niveles de agua con sus pies y otros dos de madera; dos escuadras grandes de madera; dos saltarreglas; una pantómetra de madera; cuatro planchetas con sus pies; cuatro compases de hierro de 15 a 18 pulgadas de largo; 12 mapas geográficos grandes, forrados de lienzo y con marcos lisos y uniformes; un péndulo para arreglar las horas; dos paralelepípedos de madera, uno rectángulo y otro oblicuángulo, de un pie de altura y base proporcionada; dos prismas iguales formando juntos un paralelepípedo; dos pirámides cónicas, una recta y otra escalena, cortadas por diversas partes, para manifestar en sus secciones la elipse, la hipérbola y la parábola; dos cilindros, uno recto y otro escaleno, cortados por sus ejes; cinco cuerpos regulares: cubo tetraedro, octaedro, dodecaedro e icosaedro; un flanco de baluarte, con una porción de cara y cortina, dividido en partes para demostrar su sólido; cinco arcos de diversos géneros divididos en dos dovelas correspondientes; 24 piquetes herrados, con puntas y cabezas, de cuatro pies y seis pulgadas de alto cada uno; cuatro mazos pequeños para clavar los piquetes; 200 toesas de cuerda de cáñamo; una cadenilla de hierro de 10 toesas de largo; cuatro toesas y dos varas castellanas de madera de haya.⁹

A pesar de las penurias económicas por las que hubo que pasar sin duda la Academia de Matemáticas de Barcelona era en los años 1740, con mucho, la mejor dotada de todo el país, tanto en cuanto a presupuestos como a la excelente formación del profesorado. Su plantilla era de cuatro profesores (un director, dos ayudantes y un profesor de dibujo), además de un portero-instrumentario. El nombramiento del asturiano, Pedro Lucuce en 1739 como director propietario de la Academia y la aprobación de la ordenanza ese mismo año abrieron un período de normalidad y afianzamiento institucional de este centro de estudios. La influencia de Lucuce se dejó sentir en él durante largo tiempo, ya que permaneció al frente del mismo hasta su muerte en 1779, sin otra interrupción que el período 1756-1760 en que se trasladó a la Corte para ocupar el puesto de primer miembro de la Sociedad de Matemáticas de Madrid.

La llegada de Lucece a la dirección de la Academia de Barcelona supuso también la incorporación de nuevo profesorado. La dedicación a esta función docente constituía una preciada distinción, ya que además de las gratificaciones anuales señaladas, las ordenanzas de 1739 establecían que el Rey tendría presente «este singular mérito en sus ascensos regulares». En total, a lo largo del siglo se sucedieron en el centro unos cuarenta profesores, una buena parte de los cuales habían sido previamente alumnos del centro.

Durante el reinado de Fernando VI, en relación con las reformas impulsadas por Ensenada, se realizó un nuevo esfuerzo para la mejora de la enseñanza en los centros de estudios militares, el cual afectó tanto a la marina como al ejército de tierra. En este último los artilleros, que se habían visto afectados por el desarrollo autónomo y el prestigio creciente del cuerpo de ingenieros, tradicionalmente unido a la artillería, pugnaron por conseguir centros de formación específica. Tras diversas propuestas y una acre polémica con los ingenieros, finalmente consiguieron en octubre de 1751 la creación de Escuelas Teóricas de Matemáticas con el título de artillería en Barcelona y Cádiz, organizadas, en esencia, según el modelo de la que ya existía en Barcelona para la formación de ingenieros y artilleros. Ello obligó a una reforma del régimen y de los programas de las academias a cargo del cuerpo de ingenieros, las cuales vieron ahora limitadas sus funciones.

Tres meses después del establecimiento de aquellas, el 29 de diciembre de 1751 el Rey estampó su firma en el decreto preparado por el marqués de la Ensenada: *Reglamento, Ordenanza e Instrucción de Su Magestad para la subsistencia, régimen, y enseñanza de la Real Escuela, o Academia Militar de Mathematicas establecida en Barcelona: y las particulares de Orán, y Ceuta, unas, y otras al cargo, y dirección del Cuerpo de Ingenieros, para la enseñanza de los Oficiales, y Cadetes del Exército.*

La ordenanza trataba de renovar y unificar las enseñanzas, adaptándolas a la nueva situación, y reafirmaba su propósito de promover las ciencias matemáticas entre los vasallos de la monarquía, con la convicción de que eran muy útiles para las operaciones militares y, es significativo, para la paz y el fomento de la riqueza: «acreditando la experiencia —se lee en su preámbulo— cuanto conduzca al mayor acierto en las operaciones militares el deleitoso

estudio, y conocimiento de las ciencias matemáticas, y especialmente aquellas, que concierne al arte de la guerra, por lo mucho que contribuyen sus fundados preceptos, y invariables reglas en los diferentes ramos y casos de la ofensiva y defensiva, además de las copiosas utilidades que en la paz subministran sus noticias para el común beneficio de mis vasallos». Pero al mismo tiempo se expresa implícitamente la desconfianza ante los centros civiles y la seguridad de que sólo del brazo militar podría obtener la corona los eficaces auxiliares que necesitaba. Se considera, en efecto, que «el medio más oportuno para conseguir esta importancia, es el cuidado de instruir en escuelas, o academias formales de esta ciencia a los mismos individuos del ejército desde su juventud por profesores militares, que como tales, sepan elegir las materias conducentes al intento, y les puedan comunicar en su explicación a los discípulos las reglas de la verdadera aplicación de sus preceptos en la práctica».

Las reglas para el funcionamiento de la Academia de Barcelona son, en esencia, las mismas que habían sido establecidas por la ordenanza de 1739, aunque hay algunas diferencias que es necesario hacer notar.

Un cambio bien significativo es el que se refiere al profesorado, que se eleva ahora a seis: un director o maestro principal, y cinco ayudantes, todos ellos ingenieros y nombrados por el ingeniero general, más un portero-instrumentario nombrado por el director. El director del centro sería el encargado de asignar al profesorado las enseñanzas convenientes, dedicando un profesor a cada una de las tres primeras clases y dos a la clase de dibujo, «quedando él sin clase alguna determinada, para cuidar de todas, asistiendo diariamente a ellas, a fin de tener el tiempo que necesite para la mejor enseñanza y rectificación del curso».

La figura del director ve reforzada su autoridad y se reafirma como la pieza clave de la academia. Su nombramiento se hacía a propuesta del ingeniero general y las características que había de tener están claramente especificadas: había de ser persona «en quien no solamente concurre una consumada experiencia con una profunda, y sólida teórica, claridad, y concisión en explicarse, sino también un natural agrado para la enseñanza, juntamente con la entereza que corresponde para hacerse respetar y obedecer de los ayudantes y discípulos. Sin duda se consideró que Pedro de Lucece reu-

nía plenamente estas condiciones, ya que su dirección se prolongó desde 1738 a 1779, con el breve paréntesis de 1756-1760, en que actuó como director interino Carlos Martel.

La ordenanza de 1751 eleva también el número de alumnos de la Academia de Barcelona, que pasa a ser de 60 por clase, con un total de 240 alumnos de pie fijo en total. La enseñanza estaba dirigida ahora a los oficiales y cadetes de infantería, caballería y dragones, eliminándose, pues, a los artilleros que contaban ya con sus academias específicas. Aunque la Academia de Barcelona estaba establecida para los oficiales y cadetes del ejército, se seguirían admitiendo cuatro caballeros particulares en cada curso, los cuales debían hacer los trámites de la petición al capitán general de Cataluña algunos meses antes, para que se decidiera lo conveniente una vez «examinadas sus circunstancias y papeles justificativos de su distinción, que deberá ser la misma que en mis Reales Ordenanzas se prescribe sobre la recepción de cadetes en los regimientos».

El curso completo se seguía desarrollando durante tres años y constaba de cuatro clases de nueve meses cada una: las tres primeras referentes a «cuanto pertenece a las materias, y tratados de la ciencia», y la cuarta para el dibujo. Las enseñanzas se hacían por los tratados dispuestos y coordinados por el director, dirigidos por él «como doctrina propia»; y las lecciones podían tener la extensión que éste considerara oportuna, aunque teniendo presente que el fin de la Academia era «la instrucción de las tropas sólo en las partes de las matemáticas concernientes al arte de la guerra, tomando de ellos sólo lo preciso a este intento, prefiriendo siempre lo útil a lo deleitoso». En sus explicaciones, los ayudantes no podían cambiar u omitir nada de los cuadernos sin consentimiento del director, y cualquier alteración en su contenido o de las enseñanzas había de contar con el visto bueno del ingeniero general.

Los contenidos de las enseñanzas a impartir coinciden, de forma bastante aproximada, con los que se habían establecido de la ordenanza de 1739, aunque ahora se permite que se distribuyan según parezca conveniente al director, con el acuerdo del inspector. Estas enseñanzas se extendían a las materias siguientes: aritmética numérica y literal; geometría especulativa y práctica; trigonometría; fortificación defensiva y ofensiva; formación, evolución y movimiento de batallones y escuadrones, y todo lo

perteneciente a la táctica terrestre, un breve tratado de mecánica general a fin de dar una idea del movimiento de los cuerpos y fluidos, tanto uniformes como acelerados, y de sus equilibrios; propiedades de los centros de gravedad y oscilación; de las Fuerzas de las máquinas simples y compuestas; el modo de calcularlas, extrayendo las que disminuyen los ludimientos; de la presión de los fluidos y sus propiedades, incluyendo las de aire para tener un perfecto conocimiento de las máquinas hidráulicas, de manejar las aguas y de trabajar en ellas»; un tratado teórico de la artillería, con prácticas en la escuela de este cuerpo establecida en Barcelona; la cosmografía o descripción del universo, con atención a la esfera terrestre, geografía política, y construcción de cartas; una descripción de los relojes solares; y los principios de la perspectiva y la arquitectura civil.

En el último curso se les enseñaban los principios fundamentales del dibujo y aplicación de los colores, «según las reglas del arte, y convenio», empezando por los planos generales, perfiles y elevaciones más esenciales, y siguiendo en el detalle de planos y perfiles a gran escala de edificios civiles y militares. También se les explicaría la forma de hacer los sondeos y de «levantar los planos particulares, y mapas de provincias, en el modo de distinguir, y representar las tierras labradas, las incultas, los bosques, barrancos, caminos, montañas, peñas, riberas de mar, ríos, pantanos, casas, jardines y huertas», así como elementos de carácter defensivo y, finalmente, «el modo de tomar y delinear la vista de un terreno, para representarlo conforme se halla a lo natural».

Mientras los alumnos estaban practicando en la clase de dibujo, uno de los ayudantes leía en voz alta las ordenanzas militares de los distintos cuerpos, ya que se consideraba que «esta lección no les puede embarazar la aplicación y atención al dibujo». En clase extraordinaria, cuando el director estimara conveniente, se les explicarían las reglas del álgebra, y también, a partir del momento en que se iniciara el estudio de la geometría práctica, se destinaba un día a la semana para salir al campo todos los profesores y alumnos «para instruirse en trazar sobre el terreno las figuras regulares por sencillos alineamientos, medir distancias y trasladar del papel al terreno, y del terreno al papel cualquier línea, ángulo o figura, poniendo en práctica las reglas que prescribieren las lecciones sobre el levantamiento de planos, y perfi-

les». Para estas demostraciones prácticas se preveía la existencia de una serie de instrumentos, cuya enumeración coincide exactamente con la que se realizó en la ordenanza de 1739. Finalmente, los sábados, «en lugar de escribir lección», se dedicaban a conferencias públicas, y debates entre los mismos alumnos de cada clase, nombrándose para ello a tres que «como sustentantes, respondan a los argumentos, y preguntas, que otros les hicieren sobre lo dado hasta entonces, principiando cada uno con un breve discurso en resumen del asunto que le hubiere tocado»¹⁰.

Para pasar de un curso a otro los alumnos debían realizar un examen que daba cuenta de su aprovechamiento y que ponía de manifiesto ante todos «el progreso de unos y la inaplicación de otros». En comparación con la ordenanza de 1739, se tiene ahora la impresión de que el rigor de los exámenes se ha suavizado. Las cifras de alumnos previstas para toda la Academia, un total de 240 y 60 por curso, parecen indicar que se esperaba que en cada promoción acabarían aproximadamente todos los que empezaban. Sólo aquellos que el director consideraba «no ser a propósito por falta de talentos, rudeza, o total inaplicación para proseguir el curso, sin que de ellos pueda esperarse progreso», eran obligados a volver a sus regimientos. También se preveía la posibilidad de que algunos oficiales o cadetes de las reales guardias pudiese asistir a la academia sólo con el fin de instruirse en las ciencias matemáticas, y en ese caso no tenía obligación de realizar el examen, aunque tampoco podía aspirar al beneficio de los ascensos o premios que se concedían a los alumnos.

Al final de los estudios se realizaba un acto público de conclusiones, cuya finalidad no era sólo el examen para la concesión de los premios establecidos sino también «para hacer ostensión de lo que se enseña en esta Real Academia, y del celo de sus maestros en el desempeño de esta importancia». El desarrollo era el habitual en estos casos, con intervenciones de los concursantes, exhibición de los planos que realizaban y debate con sus opositores, pudiendo ahora intervenir también cualquiera de los asistentes, hasta completar el tiempo de dos horas que debía durar cada una de las tres sesiones. El resultado del concurso y el orden de las opositores se decidía en una votación del capitán general, el ingeniero director y el director de la Academia, pero era preceptivo enviar

al Rey la relación de los tres concursantes para que éste, con el dictamen del ingeniero general, decidiera finalmente a quién de los tres se concedía el premio. Este consistía en una medalla de oro de un peso de seis doblones, con una cadena de un peso de cuatro, y tenía en una cara la efigie del Rey con la leyenda *Ferdinandus V, Hispaniarum et Indiarum Rex* y en la otra Minerca sentada sobre un león, con la leyenda que constituía el tema de la Academia *Nunc Minerva, Postea Pallas*.

El contenido real de las enseñanzas

En un cuerpo militar rígidamente estructurado como el de los ingenieros militares la normativa de las ordenanzas había de ser necesariamente cumplida. Por ello el contenido real de la docencia se aproxima estrechamente a lo dispuesto en aquéllas.

La parte esencial del estudio de los alumnos de las Academias de Matemáticas se realizaba a partir de los cuadernos de apuntes que tomaban en las clases. Los diversos proyectos elaborados, la práctica establecida y las ordenanzas de 1739 y 1751 disponían de forma clara, como hemos visto, que los alumnos debían tomar cuidadosamente las lecciones dictadas por el profesor y conservarlas en unos cuadernos que eran examinados regularmente. La responsabilidad de la elaboración de estos cursos correspondía al director de la Academia, y los profesores ayudantes, al parecer, se limitaban a dictar el texto preparado por él, a aclarar las dudas que surgieran, y a dirigir los trabajos prácticos.

En el período 1720-1738 el responsable de los cursos era Mateo Calabro, del que se conocen algunos manuscritos sobre temas diversos, que seguramente corresponden a las lecciones que impartía. Uno de estos manuscritos, fechado en 1724, se titula *Escuela de Matemáticas. Definición y división de la Matemática*, y fue escrito, tal como consta en la primera hoja, por el alumno Blas de Lana¹¹. Tal como era habitual, Calabro divide las matemáticas en puras, las que «van desnudas de accidentes y afecciones sensibles», y no puras o físico-matemáticas. En las primeras incluye la geometría y la aritmética, y en las segundas la música y la astronomía. El curso que se conserva se refiere a la geometría

y sigue esencialmente a Euclides, aunque disponiendo de forma diferente los temas. El manuscrito, de 126 hojas, tiene dos partes. La primera, de siete capítulos, se refiere a la geometría pura, y trata sucesivamente de los axiomas y definiciones generales, de los ángulos rectilíneos, de los triángulos, de las figuras cuadriláteras, de las razones y proporciones aritméticas y geométricas, de las razones y proporciones de las figuras planas y rectilíneas, de las proporciones de los sólidos, con atención a su formación y generación. La segunda parte, más reducida, comprende una cuarta parte del manuscrito y trata de geometría práctica, explicando concretamente las operaciones que pueden hacerse con el compás: formación de ángulos y líneas paralelas, distribución y proporción de las líneas rectas, construcción de triángulos, paralelogramos y círculos, inscripción de figuras, reducción y transformación de figuras planas, adición y reducción de planos.

El otro manuscrito conservado de Calabro corresponde, indudablemente, a uno de los cursos que dictó, tal como se indica en su mismo título: *Tratado de Fortificación o Arquitectura Militar dado por el Capitán de Infantería D. Matteo Calabro, Ingeniero en 2.ª de los Ejércitos de S. Magestad y director general de esta real Academia de Matemáticas de Barcelona*¹². El curso está esencialmente dedicado a la geometría especulativa y práctica como fundamento para el cálculo de medidas y planos para los distintos tipos de fortificación, y dedica gran atención a la resolución de problemas prácticos concretos. Este escrito de Calabro muestra, de una parte, la importancia que concedía éste a la base teórica en la formación de los ingenieros, que deberían tener «una universal inteligencia a las partes de matemática y artes subalternas», y que, por ello mismo, presta gran atención en este curso al estudio de la trigonometría. De otra, la atención que se presta a la introducción de neologismos y al léxico. Por último, también refleja la influencia de la obra del director de la Academia de Bruselas, Fernández de Medrano; de quien proceden algunas de las ideas sobre fortificación.

Las ordenanzas de 1739 a 1751 establecieron claramente que la responsabilidad de las enseñanzas impartidas recaía en el director de la Academia. Según se indica en las de 1739, éste debía elegir los tratados más útiles de las matemáticas «ordenándolos con sucesivo método para el pronto aprovechamiento de los Acadé-

micos, escribiendo las materias que se han de dictar, como doctrina suya, que ha de ser cuanto en la Academia se explicare, extendiéndose en cada parte según lo hallare por conveniente». Para la redacción de estos tratados deberían asistirles sus ayudantes, a quienes, después de aprobados por el director, «entregaré los cuadernos de lo que cada uno debe explicar, según su respectiva clase». Una copia de estos apuntes de clase debería remitirse al ministro de la Guerra por conducto del inspector para su aprobación¹³. En la ordenanza de 1751 la responsabilidad de las explicaciones seguía recayendo en el director, cuyas funciones docentes se redujeron considerablemente con el fin de que tuviera «el tiempo que necesite para la mejor enseñanza y rectificación del curso»¹⁴.

A partir de 1739 el responsable de la elaboración de los tratados para los cursos fue Pedro Lucuce, el cual llegó a redactar todos los correspondientes a las distintas materias que se enseñaban en la Academia de Barcelona. Las copias manuscritas que se han conservado, correspondientes a apuntes de alumnos de la Academia, nos permiten tener una idea clara del contenido de estos cursos, y de la enseñanza que realmente se impartía.

El curso de Lucuce tenía ocho tratados: I, Aritmética; II, Geometría elemental, al que seguía a veces un apéndice de las secciones cónicas; III, Geometría práctica; IV, Fortificación; V, Artillería; VI, Cosmografía; VII, Estática y apéndice de Óptica; VIII, Arquitectura civil¹⁵.

La estructura del curso, tal como se refleja en los manuscritos que hemos podido consultar, es siempre idéntica. Los tratados se suceden en todos los casos con el mismo orden y el contenido de los mismos parece ser exactamente el mismo, así como la atención dedicada a cada tema, expresada en la proporción de páginas que se le consagran.

Cada tratado se inicia con una breve introducción sobre el interés de esa parte de las matemáticas y un resumen del contenido. A continuación se entra directamente en el tema, presentando primeramente las «proposiciones», las «definiciones» o los «teoremas»; estos últimos, una vez desarrollados e ilustrados con los oportunos «problemas» y «lemas», permiten deducir uno o varios «corolarios» y, eventualmente, algunos «escolios» o aclaraciones. La exposición es siempre clara, directa y demostrativa, como si tratara de mostrar la validez de la afirmación que se realiza al comienzo del cur-

so en el sentido de que la matemática «carece de las dudas y opiniones tan frecuentes en las demás ciencias».

El contenido del curso en su conjunto (cuadro 2) muestra el énfasis en los saberes prácticos de utilidad directa para el ingeniero militar. Los conocimientos teóricos se imparten en cuanto son imprescindibles para la fundamentación de dichos saberes prácticos y en general poseen un carácter relativamente elemental. El curso se iniciaba con las lecciones de matemáticas puras. En *Aritmética* se explicaban las operaciones básicas, los quebrados, las reglas de proporción (regla de tres simple, compuesta, de compañías y de aligación), las potencias y raíces, las progresiones aritméticas y geométricas. En *Geometría elemental* se seguían explicando los seis primeros libros de los Elementos de Euclides y los libros 11 y 12 del mismo autor, omitiéndose, «por su poca utilidad», los libros 7 al 10, en donde el matemático griego trataba «de la razón o proporción de los números y de las cantidades inconmensurables»; esta parte de curso finalizaba comúnmente con una explicación sobre las secciones cónicas, en donde se trataba de la elipse y la hipérbola. Las lecciones de geometría elemental eran segui-

das por la *Geometría práctica*, que constituían el tratado 3.º Se trataba de una parte esencial de curso para ingenieros, y así lo hacían constar los profesores al comienzo de las explicaciones de este tratado: «entre todas las partes de la Matemática, la que más conduce a la instrucción militar es la geometría práctica, por lo que merece especial atención; y aunque es ameno y delicioso campo, se ceñirá esta materia al tiempo determinado en el cual se darán los problemas convenientes para facilitar las prácticas, así sobre el papel como sobre el terreno»¹⁶. Las lecciones se iniciaban con el fundamento del canon trigonométrico, la naturaleza de los logaritmos y la resolución de triángulos, continuando luego con la construcción de las figuras planas, la inscripción y circunscripción de las figuras rectas en el círculo, y la transformación de la figuras planas. Amplia atención se dedicaba luego a los instrumentos más comunes para la longimetría y la planimetría, y en especial a la pantómetra, el grafómetro o semicírculo, el cuadrado geométrico y la plancheta, con los cuales se realizaban prácticas sobre el terreno con cuerdas y piquetas. Posteriormente se estudiaba la planimetría o eutimetría, es decir, la determinación de las dimensio-

CUADRO 2
Estructura y desarrollo del curso matemático impartido en la Academia de Matemáticas 1759-1761

	Total páginas del tratado	% respecto al total págs. del tratado correspon. *	Fecha en que finaliza la explicación
TRATADO I. DE LA ARITMETICA	270		
Libro 1. De los números enteros		25,50	15-VI-1759
Libro 2. Del algoritmo literal		11,10	5-VII-1759
Libro 3. De la razón y proporción en común		15,50	2-VIII-1759
Libro 4. De las reglas de proporción		14,40	20-VIII-1759
Libro 5. De las potencias y raíces		16,30	6-IX-1759
Libro 6. De las progresiones		12,20	19-IX-1759
TRATADO II. DE LA GEOMETRIA ELEMENTAL	331		
Libro 1. De los Elementos de Euclides		22,60	
Libro 2. De los rectángulos que se forman sobre una línea recta dividida en partes		10,50	17-XI-1759
Libro 3. De las propiedades del círculo y de las líneas rectas que la tocan y cortan y de las que están dentro de él		11,10	10-XII-1759
Libro 4. De la razón y propiedades de las figuras planas		14,10	18-I-1760
Libro 5. De las dos especies de sólidos, prisma y paralelepípedo		14,10	12-II-1760
Libro 6. De la pirámide, prisma, cilindro y esfera		6,90	27-II-1760
Apéndice de las secciones cónicas		16,30	27-III-1760

CUADRO 2

Estructura y desarrollo del curso matemático impartido en la Academia de Matemáticas 1759-1761

	Total páginas del tratado	% respecto al total págs. del tratado correspon. *	Fecha en que finaliza la explicación
TRATADO III. DE LA TRIGONOMETRIA Y GEOMETRIA PRACTICA			
	296		
Libro 1. De la trigonometría plana		18,50	28-IV-1760
Libro 2. De la construcción de las figuras planas		5,70	6-V-1760
Libro 3. De la inscripción y circunscripción de las figuras rectas en el círculo		5,10	12-V-1760
Libro 4. De la transformación de las figuras planas		5,10	12-V-1760
Libro 5. Del uso de algunos instrumentos		22,90	30-VI-1760
Libro 6. De la planimetría o eutimetría		10,80	
Libro 7. De la estereometría o dimensión de los sólidos		14,80	8-VIII-1760
Libro 8. Del nivelamiento		8,40	20-VIII-1760
TRATADO IV. DE LA FORTIFICACION			
	315		
Libro 1. De la fortificación regular		31,70	8-X-1760
Libro 2. De la fortificación irregular		16,80	
Libro 3. De la fortificación efectiva sobre el terreno		14,60	
Libro 4. De la fortificación de campaña		33,60	17-XII-1760
TRATADO V. DE LA ARTILLERIA			
	372		
Libro 1. De la naturaleza, composición, reconocimiento y conservación de la pólvora		11,20	
Libro 2. De la artillería antigua y moderna, delineación de morteros, cañones, cureñas y armas		32,20	26-III-1761
Libro 3. De las baterías de cañones y morteros		30,30	4-V-1760
Libro 4. De las minas y contraminas		13,10	
Libro 5. De la noticia de algunos fuegos artificiales, de lo que suele componerse un tren de artillería y de los inventarios de la plazas		10,40	14-V-1761
TRATADO VI. DE LA COSMOGRAFIA			
	392		
Libro 1. De la esfera celeste		36,70	
Libro 2. De la Geografía		25,00	
Libro 3. De la Hidrografía o Náutica		19,80	
Libro 4. De algunas cosas pertenecientes al tiempo		17,10	4-IX-1761
TRATADO VII. DE LA ESTATICA			
Libro 1. Del movimiento de los cuerpos graves		31,30	
Libro 2. De la Maquinaria		16,00	19-X-1761
Libro 3. De la Hidráulica		31,30	17-XI-1761
Apéndice. Compendio de Optica			
Libro 1. De los principios generales de la óptica		9,60	
Libro 2. De la perspectiva		9,00	9-XII-1761
TRATADO VIII. DE LA ARQUITECTURA CIVIL (falta en este Ms)			

Fuente: Curso matemática para la Instrucción de los Militares, impartido en la Academia de Orán y Barcelona y copiado por el Ingeniero Antonio Renom Cerco del Valle 1759-1760, ASM, Ms. ML-R-235 A M-1028 y ss.

* Los porcentajes de cada tratado no suman 100 debido a la existencia de páginas introductorias, índices, preguntas y párrafos en blanco.

nes de las figuras planas; la estereometría, o dimensión de los sólidos; y se daban los principios básicos de la nivelación, realizando ejercicios prácticos del uso de los niveles más comunes y del nivel de agua.

La parte correspondiente a las matemáticas mixtas se iniciaba con el tratado de *fortificación*, cuya exposición se prolongaba unos tres meses, y en el que se explicaban las nociones básicas de la fortificación regular, irregular y de campaña. De la primera se exponían las principales líneas y ángulos de la fortificación; las escalas y medidas; las máximas, o «principios generalmente admitidos por los mejores autores sobre las cuales se funda la buena fortificación moderna»; la delineación del cuerpo de la plaza y de las obras accesorias y accidentales necesarias. Los principios de la fortificación irregular permitían amurallar y defender perímetros no regulares y ciudades con localizaciones diversas realizando las oportunas rectificaciones geométricas, e incluían normalmente también una consideración sobre el trazado de las ciudadelas. También se trataba de la fortificación efectiva sobre el terreno, lo que daba lugar a consideraciones sobre la situación de las plazas y ejercicios sobre el cálculo estereométrico de la fortificación y sobre la delineación y dirección efectiva de las obras. Por último, la fortificación de campaña exigía conocimientos sobre la construcción de los fuertes de campaña, las diversas formas de atacar y rendir las plazas (por ímpetu violento, bloqueo o sorpresa), la construcción de líneas de circunvalación y contravalación, y los progresos de los sitios, desde la abertura de las trincheras llegando hasta el momento de rendición de la plaza.

Las lecciones sobre *Artillería* constituían el tratado 5.º y se desarrollaban durante cinco meses. Se iniciaban con unas nociones generales sobre la naturaleza, composición, efectos y conservación de la pólvora, lo cual implicaba el conocimiento de nociones elementales de química y ejercicios de delineación de almacenes para su depósito. La parte esencial se dedicaba a los conocimientos básicos sobre el calibre y la construcción de cañones con sus accesorios fundamentales, y a la organización y disparo de las baterías de cañones y morteros; esto último exigía conocimientos de balística y trayectoria de los proyectiles en disparos rectos y curvos. El tratado finalizaba con el estudio de la construcción de minas y contraminas, y con algunas nociones sobre la composición de un

tren de artillería y el cálculo de los inventarios de proyectiles y pólvora existentes en una plaza.

El tratado de la *Cosmografía* era el más extenso, pero se desarrollaba en un tiempo relativamente corto, tres meses y medio. Incluía nociones de astronomía, geografía, náutica y cronología. El estudio de la esfera celeste se iniciaba con la región etérea y los días de la creación, a lo que seguía una exposición de los tres sistemas del universo (Ptolomeo, Copérnico y Ticho Brahe), las definiciones de la esfera, sus divisiones y las propiedades de los círculos, los movimientos y aspectos de los astros, sus paralajes y refracción, las estrellas fijas y un debate sobre el problema del primer móvil. Sin duda sólo el control que la Inquisición seguía ejerciendo sobre las enseñanzas científicas en la España del siglo XVIII, permite entender que la explicación de esta parte del curso se realice en los mismos términos en que estaba planteado el estudio de la astronomía a fines del XVI, y, en particular, que continúen todavía sin presentarse las pruebas que mostraban la validez del sistema copernicano. La geografía, que comprende una cuarta parte del tratado, incluye lecciones sobre la figura, magnitud, situación y estabilidad de la Tierra, sobre los círculos de la esfera terrestre, la división de la Tierra en zonas y climas, las propiedades de los habitantes según su situación en la esfera y su localización respecto al Sol (antípodas, ascios, amfiscios, etc.). Una extensa tabla de las latitudes y longitudes de las principales ciudades de nuestro planeta daba paso a una presentación enumerativa de las divisiones naturales y políticas de la Tierra, incluyendo continentes, islas y montes celebrados por sus alturas, para finalizar con un capítulo sobre los mapas. La parte correspondiente a hidrografía o náutica incluía nociones sobre los principales fundamentos de la navegación y los instrumentos más usados para tomar la altura de los astros (astrolabio, cuadrante, ballástilla), así como el manejo de los mismos, el trazado de las curvas loxodrómicas y la construcción y uso de las cartas de navegar. Por último se incluían unas lecciones sobre el fundamento del tiempo por los movimientos del Sol y la Luna, sobre gnomónica o construcción de relojes solares.

El tratado 7 llevaba el título de *La Estática*, pero incluía también nociones de dinámica, maquinaria, hidráulica y un apéndice sobre óptica, las cuales en otros compendios matemáticos se consideraban ciencias diferentes. La estática

se definía como «una ciencia físico matemática que averigua la proporción de los movimientos y de la gravedad de los cuerpos: a la parte física pertenece la naturaleza y propiedad del cuerpo, su gravedad y movimiento; a la matemática corresponde el determinar las proporciones y cantidades pertenecientes al movimiento. Es muy importante su inteligencia para el comercio humano, pues todas las cosas se han dispuesto en número, medida y peso, cuyo conocimiento se halla por la aritmética, geometría y estática»¹⁷. Normalmente, las clases se prolongaban durante cuatro meses, y se iniciaban con las lecciones sobre el movimiento de los cuerpos graves. En la parte de maquinaria se explicaba la palanca, la rueda, la polea, la cuña, la rosca y algunas máquinas compuestas. En hidráulica, el movimiento natural del agua, el movimiento en surtidores, y en canales y ríos, la hidrometría y las máquinas hidráulicas; así como el movimiento de los cuerpos líquidos de diversa gravedad específica y de los cuerpos sólidos contenidos dentro de los líquidos. Se finalizaba con unas clases dedicadas a óptica, ciencia que, de acuerdo con lo que era habitual, se dividía según las tres formas en que se percibe el rayo de luz: directo (perspectiva), reflejo (catóptrica) y refracto (dióptrica); en general se trataba de los principios generales de la óptica (la naturaleza y propagación de la luz, el color y la visión) y de la parte correspondiente a la perspectiva.

El curso finalizaba con la explicación del tratado 8.º dedicado a la *Arquitectura civil*. En él se trataba la decoración y ornato de los edificios, de los órdenes de arquitectura (toscano, jónico, dórico y compuesto) y de las columnas y pilastras, de los cuerpos que componen el frontispicio de un edificio, de la firmeza y seguridad de las construcciones, de los empujes de las tierras y del modo de hallar el grueso que se ha de dar a los muros, y finalmente, del modo de calcular los gruesos de los pies para sostener el empuje de los arcos y bóvedas¹⁸.

Todos estos tratados se complementaban, en lo que respecta al dibujo, con las explicaciones teóricas y prácticas del profesor Juan de Surville, reunidas luego en una obra con el título *Tratado de delinear según se enseña en la Academia Militar de Barcelona*.

Las Academias y el acceso al cuerpo

La organización y los programas de estudios implantados en las Academias Militares de Matemáticas desde 1720 y perfeccionados con las reformas de 1739 y 1751, así como los niveles de exigencia y la actividad de los dos directores que se sucedieron, Calabro y Lucuce, y de los otros profesores del centro, situaban al centro de Barcelona entre los de más elevado nivel existente en Europa hacia mediados del siglo. Los planes de estudios eran semejantes a los de otras academias similares existentes desde principios de siglo —como la que en Bruselas sucedió bajo dominio austriaco a la antigua de Fernández de Medrano— o fundadas posteriormente —como la de Mezières, en Francia, creada en aquel país en torno a 1748.

Aunque no fue la única forma de reclutamiento, ya que podía accederse por otras vías al cuerpo, la formación en la Academia de Barcelona, o en las de Orán y Ceuta, era el camino normal para el ingreso al Cuerpo de Ingenieros. A éste podían aspirar todos aquellos que habían acabado el curso matemático en dichos centros y que superaban posteriormente un examen de admisión.

Las citadas academias matemáticas actuaban en los dos primeros cursos como una especie de academia general para todos los cuerpos del ejército de tierra y, hasta 1750 formaban también en los dos últimos a los aspirantes a ingresar en ingeniería o artillería. Por esto, el número de los que pasaron por ellas fue muy elevado, especialmente en Barcelona, ya que las de Orán y Ceuta tenían una cifra mucho más reducida de alumnos y de profesores. Según un listado de alumnos, conservado en la Capitanía General de Barcelona, el número de los que cursaron estudios en la academia de la capital del Principado entre 1735 y 1796 fue de 2.337, de los cuales sólo un 8 % como máximo (unos 191) llegaron a ingresar en el cuerpo de ingenieros. Eso significa que un 38 % de los ingenieros ingresados entre 1735 y 1796 procedieron de la Academia de Barcelona. Los restantes ingresos se realizaban desde las academias de Orán y Ceuta o por otros conductos de acceso. En cualquier caso, el examen de ingreso al cuerpo debía realizarse a los aspirantes «sobre las partes de las matemáticas y dibujo que se enseñan en las Academias Militares de

Barcelona, Orán y Ceuta», según se expresa en la ordenanza de 1768.

Como cuerpo militar, el de ingenieros estaba fuertemente jerarquizado en una doble escala jerárquica en la que se ascendía de forma separada aunque aproximadamente paralela: la escala de mando de la infantería —de alférez a coronel y brigadier— y la escala facultativa de los ingenieros: la carrera se iniciaba con el grado de ayudante o ingeniero delineador y continuaba por los de ingeniero extraordinario, ordinario, en segunda, en jefe y director, culminando la jerarquía con la figura del ingeniero general, directamente responsable ante el Rey, aunque dependiendo normalmente del Secretario de la Guerra. El total de los miembros del cuerpo varió a lo largo del siglo según los distintos pies que se establecieron: era de unos 90 en 1726, de unos 130 entre 1728 y 1733, de 114 en 1739, de 140 en 1740 y de 150 a partir de 1765 (cuadro 3). A ellos había que añadir los ingenieros que trabajaban en América, que ascendían en 1778 a 56 ingenieros, lo que daba una cifra total de efectivos de algo más de 200 individuos. El número total de los que formaron parte del cuerpo desde su fundación hasta 1808 ascendió a 960, lo que en el contexto del siglo XVIII es una prueba clara de la importancia de esta corporación profesional¹⁹.

La intervención de los ingenieros en obras públicas

Ese millar de ingenieros, dotados de una buena preparación científica y técnica adquirida en las academias militares de matemáticas y, eventualmente, por transmisión familiar, fueron los encargados de diseñar y dirigir la mayor parte de las obras públicas que se realizaron en los vastos territorios de la Monarquía hispánica durante el siglo XVIII.

Esta intervención se inició inmediatamente después de la promulgación de la ordenanza de 1718 con la visita de inspección del mismo ingeniero general Verboom. En su artículo 47, la ordenanza había dispuesto la realización de un viaje de reconocimiento de todas las fronteras y plazas fuertes del reino, y establecía que en dicho viaje debería reconocer también «lo tocante a lo interior de las provincias, para el

CUADRO 3
Evolución de los Efectivos del cuerpo de ingenieros en España * durante el siglo XVIII

Empleo/año	-1-	-2-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-
	1723	1726	1728	1733	1739	1740	1765	1768	1778
Ing. direc.	4	5	9	10	7	10	10	10	10
Ing. jefe	6	6	9	16	13	16	10	10	10
Ing. en 2.º	14	14	27	28	17	20	20	20	20
Ing. ordin.	26	25	42	43	31	30	30	30	27
Ing. extr.	24	33	40	32	46	40	40	40	41
Ing. delin.						24	40	40	42
TOTAL	84	88	128	129	114	140	150	150	150

Fuente: H. Capel, J. E. Sánchez y O. Moncada, «De Palas a Mineerva», cuadro núm. 6.

bien común de mis vasallos, al tiempo de transitar por ellas». En virtud de esa orden, Verboom durante su viaje, iniciado en 1721, examinó los embalses de Alicante y, probablemente, de manera particular el de Tibi, que había sido parcialmente arruinado en 1697 y que, poco después, en 1738, sería reconstruido según planos del ingeniero Pedro Moureau; en octubre realizó en Murcia y Granada un reconocimiento del proyecto de un canal para conducir a Lorca las aguas del Castril y el Guardal; en septiembre se encontraba en Cartagena y el municipio de Murcia le solicitó un dictamen sobre los planos del puente de piedra sobre el Segura; en 1722 permaneció durante un año en Málaga trabajando en las obras de fortificación y muelles de la ciudad y elaboró un proyecto para el abastecimiento de aguas a ella; en marzo de 1723 estaba en Ceuta, donde trabajó todo el resto del año en las obras de fortificación; en abril de 1724 pasó a Cádiz, donde realizó además de los trabajos defensivos, gran número de proyectos civiles: plano del puente de Zuazo en Tarifa, planos de la ciudad, proyectos de la nueva catedral, hospital real. En enero de 1725 se encontraba en Sevilla examinando los proyectos para hacer navegable el Guadalquivir hasta Córdoba, desplazándose posteriormente (julio de 1725) a Pamplona, en donde permaneció hasta que fue llamado en septiembre de 1726 a Madrid, para participar en el sitio de Gibraltar. Instalado luego en Barcelona para dirigir las obras de la Ciudadela, atendió también a la ampliación y mejora del muelle y a la creación de un nuevo barrio en el sector marítimo, lo que luego sería la Barceloneta, su nombre en la actualidad.

La actividad de Verboom es bien representativa de lo que sería la labor de los ingenieros militares, atendiendo a la vez, según iban disponiendo las autoridades, tanto a las obras de defensa como a la dirección de las obras públicas que se acometían. A partir de 1718 y de manera creciente se vieron conducidos a realizar proyectos en las direcciones más diversas: ampliación de muelles, arsenales, caminos, puentes, azudes y obras de regadío, proyectos de urbanización, fuentes, edificios públicos (aduanas, cárceles, ayuntamientos, palacios), edificios religiosos (iglesias, catedrales), fábricas, y diferentes tipos de máquinas (dragas, pontones, puentes móviles).

En el libro colectivo que realizamos hace ya un lustro *Los ingenieros Militares en España, siglo XVIII. Repertorio biográfico e inventario de su labor científica y espacial* (1983) se recoge una amplia relación de esos trabajos, la cual no es desde luego completa y está siendo ampliada desde la publicación de la obra ²⁰.

Esta obligada dedicación a campos de actividad tan diferentes constituyó sin duda un estímulo intelectual para los miembros del cuerpo, que dieron repetidamente pruebas de su capacidad para atender dignamente los más variados cometidos. La transmisión familiar de conocimientos, la preparación adquirida «en el tajo», junto a otros ingenieros, o la formación obtenida en la Academia de Bruselas bajo la dirección de Fernández de Medrano habían constituido, en el caso de las primeras promociones que se incorporaron al cuerpo, el bagaje inicial con el que se enfrentaron a sus variadas tareas. A partir de 1720 la formación adquirida en la Academia de Barcelona, y, más tarde, en las de Orán y Ceuta, les proporcionaban unos conocimientos científicos básicos y una preparación técnica —adquirida en las clases de dibujo y en las prácticas de campo— que les hizo capaces de afrontar brillantemente los diferentes compromisos con los que les enfrentaron sus superiores. No sin razón algunos tuvieron conciencia de su superioridad respecto a los técnicos extranjeros, tal como aparece en unas palabras de Sebastián Feringan a propósito de su proyecto sobre el arsenal de Cartagena; tras examinar los planos de Toulon, enviados por Antonio Ulloa, Feringan escribió a Ensenada que eso le acababa de confirmar «lo que algunos franceses y otros me tenían dicho, que hecho el [plan] de mi proyecto para este puerto, sería mejor; y también que no es positiva aque-

lla idea con que creíamos toda superioridad de talentos en los ingenieros franceses» ²¹.

Pero seguramente no siempre las cosas resultaron fáciles y el panorama tenía también muchas facetas negativas. La diversidad de tareas encomendadas exigían conocimientos variados y una fuerte especialización. No era posible trabajar con la misma autoridad y experiencia sobre las minas de azogue de Almadén, elaborar un proyecto del canal de navegación y riego de Castilla la Vieja, estableciendo «el modo de arreglar las tierras, obras que se proponen y parajes que se han de construir», realizar proyectos para un pabellón de viviendas militares, proyectar una aduana, y un muelle, y dirigir al mismo tiempo obras de fortificación, tal como tuvo que hacer Silvestre Abarca entre 1754 y 1761. O, tras participar en diversas campañas militares, trabajar en obras de los puertos de varias ciudades españolas, dirigir la reparación del puerto de Veracruz, ocuparse de reparar los deterioros de la Casa de la Moneda de México, encargarse de la limpieza de los ríos que circundan la capital mexicana y el proyecto y construcción de la nueva villa de Guadalupe, dirigir el templo del Hospital Real de Indias en México, y la iglesia de Santa Brígida, trabajar en el palacio de los virreyes en Huhuetoca, colaborar en las obras del desagüe de México y visitar los Presidios del Reino de Guatemala, como hizo Luis Díaz Navarro entre 1727 y 1741. O, por citar un último caso, entre los innumerables que podrían reseñarse, atender estando destinado en Cartagena, a las obras del puerto, a la urbanización de la alameda de San Antón, al abastecimiento de aguas a la población y construcción de fuentes, al diseño de un nuevo arsenal, con los problemas de cimentación sobre agua, bombas, y compuertas; a la canalización de las ramblas que desaguan en el puerto; a la construcción de almacenes; a realizar un informe sobre la fachada de la catedral de Murcia; a diseñar el proyecto del Reguerón con el fin de desviar el cauce del Guadalentín; a examinar la posibilidad de construir un canal en Lorca y calcular los caudales que podrían ser utilizados, entre otras tareas constructivas y de fortificación, tal como se vio obligado a hacer Sebastián Feringán a partir de 1728.

Todo eso realizado en un ambiente de gran indigencia científica y con graves dificultades para obtener asistencia técnica de otras corporaciones o de instituciones académicas. Hay que recordar que el panorama de la ciencia es-

pañola durante el reinado de Felipe V era, sin duda, penoso. No existía una academia de Ciencias, y la universidad carecía de enseñanzas matemáticas con las escasas cátedras de esta ciencia (que entonces incluían tanto a las matemáticas puras como las mixtas, o físico-matemáticas) sin ocupar o mantenidas por figuras del talante de don Diego de Torres y Villarreal, catedrático en Salamanca. Los reducidos núcleos novadores existentes en Valencia, Sevilla, Barcelona, Madrid o en alguna otra ciudad, luchaban contra un ambiente social poco favorable a la ciencia, y las escasas sociedades científicas como la Regia Academia de Medicina y otras Artes de Sevilla o la Academia de Buenas Letras de Barcelona, se mantenían con una vida difícil y dedicando lo esencial de su actividad a temas médicos o humanísticos. No existían propiamente, por último, unos estudios específicos de arquitectura y los títulos de maestro de obras o arquitecto los concedían instancias muy diversas como las ciudades, cabildos eclesiásticos, cofradías o congregaciones —como las de Nuestra Señora de Belén y la Huida a Egipto, de Madrid— limitándose el consejo de Castilla a refrendar dicha concesión.

Los ingenieros militares tuvieron que enfrentarse así a sus tareas con su sola formación técnica y ésta, a pesar del esfuerzo que personalmente podían realizar era seguramente insuficiente para atender debidamente a tan variados campos de actividad.

Por ello cuando en la época de Ensenada se pensó seriamente en dar un nuevo impulso a la modernización del país, hubo que acudir nuevamente a la importación de técnicos extranjeros que cubrieran algunos de los campos de actividad para los que no existía suficiente capacitación técnica en España. Esto afectó también a un cuerpo como el de Ingenieros, que como ya hemos señalado, se había constituido inicialmente con un porcentaje muy elevado de miembros de procedencia extranjera.

La venida de Carlos Le Maur a España en 1750 y su ingreso en el Cuerpo de Ingenieros con el grado de capitán, tiene que ver sin duda con el deseo de potenciar la técnica hidráulica aplicada a la construcción de canales. Poseedor de una formación técnica especializada y de elevados conocimientos matemáticos, en efecto, inmediatamente fue destinado a los trabajos de construcción del canal de Campos, donde permaneció algún tiempo hasta que, por sus diferencias de opinión con Ulloa, fue destinado a

Galicia, en donde realizó una intensa actividad proyectista. Años más tarde, en la década de 1780, en compañía de sus hijos Carlos, Félix, Manuel y Francisco, todos ellos ingenieros militares, volvería a ocuparse de canales proyectando, como veremos, el canal navegable que desde el Guadarrama debería llegar a Sierra Morena y Andalucía.

Carencias e incapacidades

Que el panorama no era muy brillante y que las autoridades eran conscientes de las carencias existentes en cuanto a la capacitación técnica de los ingenieros lo demuestra el episodio de la fallida Sociedad Militar de Matemáticas, fundada por el conde de Aranda en 1757.

Nombrado director general de Artillería e Ingenieros en agosto de 1756, Aranda se dio cuenta inmediatamente de las insuficiencias que había en los dos cuerpos reunificados bajo su mando. En particular eran grandes las que afectaban a la enseñanza de las ciencias en las academias existentes. Para resolverlo resucitó entonces un viejo proyecto, formulado ya desde años atrás, que trataba de establecer cuatro academias especializadas dependientes de una central y general localizada en Madrid. Las enseñanzas se veían además negativamente afectadas por la carencia de buenos libros de texto, lo que obligaba a los alumnos a depender casi exclusivamente de los apuntes dictados en clase. «Nunca en las Matemáticas ha sobresalido la España —escribe Aranda—, y de los pocos autores que de ellas en general y sus partes detalladas han escrito, sobre ser antiguos y escasos en sus aplicaciones, tampoco se hallan ediciones, de modo que carecen los dominios de V. M. en este asunto de todas las noticias conducentes a labrar los sujetos que tienen buenos principios, debiéndose éstos limitar al repaso de sus cartapacios del curso que se les enseñó, o a la lectura de algunos pocos libros franceses que se introducen y tratan de pequeñas partes.» Para remediar esto, e incorporar los últimos avances de la ciencia europea, propuso reunir en Madrid a un selecto grupo de ingenieros y artilleros con este objetivo: «se han de recoger todas las obras antiguas y modernas y desustanciándolas se ha de producir lo bueno en tres obras particulares, que serán

arquitectura, tormentaria y marquinaria, en lengua castellana y láminas correspondientes»; además debería formarse también «una galería de maquinaria, de modelos de magnitud inteligible para instruirse»²².

El resultado de este proyecto que tendía a integrar en Madrid la alta investigación científica y la docencia fue la creación el 23 de octubre de 1756 de la Real Sociedad Militar de Matemáticas, cuyo reglamento se aprobó en febrero de 1757. Pedro de Lucuce, que era director de la Academia de Barcelona, fue llamado a Madrid para dirigir la institución y junto a él formaron esta sociedad otros cuatro ingenieros y cuatro artilleros. Los ingenieros eran: Carlos Lemaur, el ingeniero ordinario Juan Garland; Antonio Córdoba, ingeniero extraordinario, y Bernardo Fillería, ingeniero delineador. El grupo de artilleros estaba compuesto por José Datusy, comisario provincial de artillería, que se encargó del taller de modelos; Francisco Cardoso, comisario ordinario; Lorenzo Lasso de la Vega, comisario extraordinario, y Manuel Rueda, delineador. Las funciones asignadas a este grupo iban desde la realización de proyectos de ingeniería a la elaboración de los libros de texto deseados por Aranda. Para cumplir satisfactoriamente sus objetivos, el inquisidor general les dio permiso para leer libros prohibidos²³. Trabajaban cinco horas diarias, tres por la mañana y dos por la tarde, bajo la dirección de Lucuce, que era responsable de dirigir y coordinar los escritos. La Sociedad fue dotada de medios económicos relativamente abundantes, ya que su presupuesto anual ascendió a 166.000 reales, el 60 % como salarios para los miembros de la misma²⁴.

El intento fracasó, por la dimisión de Aranda y los conflictos posteriores entre Lucuce y La Croix. Para la realización de ese ambicioso proyecto Aranda no escatimó los medios, y dotó a la Sociedad Militar de Matemáticas de una selecta biblioteca de 249 obras en 1.278 volúmenes, que cubrían el amplio campo de las disciplinas matemáticas. Una cuarta parte eran obras de matemáticas puras y entre ellas se encontraban obras clásicas (Clavio, Dechales), y, sobre todo, obras muy recientes y de gran calidad incluyendo las de las Bernouilli, Wolf, D'Alembert, Clairaut, La Hire, Cramer, Deidier, Rivard, Maclaurin, Bougainville e historias de las matemáticas como la de Montluca. La biblioteca incluía también las series de publicaciones de las Academias de Ciencias de París,

San Petersburgo, Berlín y Leipzig, así como un nutrido grupo de obras muy recientes de física, incluyendo la edición francesa de las obras completas de Newton, y gran número de obras de mecánica, dinámica de los fluidos, física experimental, filosofía natural y astronomía²⁵. Esto nos lleva a pensar que si Aranda hubiera continuado en su cargo y no se hubiera disuelto la comisión nombrada, quizá se habría podido llegar a disponer de unos textos modernos y al día, con lo que se habría avanzado considerablemente en la introducción de la matemática moderna en nuestro país.

Las medidas de Aranda hay que interpretarlas en el contexto de un renovado esfuerzo para la modernización científica de España emprendido en la época del marqués de la Ensenada, y que continuó después de su caída. En los años centrales del siglo este esfuerzo afectó a todos los cuerpos militares, empezando por la marina, que conoce en los años cincuenta una nueva generación de manuales para el uso de las escuelas de guardias marinas. Algunos de los textos que entonces se publicaron prestaban atención a las matemáticas puras, así como también a la fortificación, y a otras materias que se cursaban en las academias de matemáticas; pero, dada la tradicional incomunicación entre unos y otros cuerpos militares, hay que suponer que no eran usados fuera de los lugares a que estaban designados.

El fracaso de la iniciativa de Aranda supuso un grave contratiempo. Los alumnos de la Academia se vieron obligados a seguir usando los cuadernos de apuntes, y carecieron de unos buenos textos en castellano. Los profesores de esos centros no se atrevieron a abordar la tarea de redactar un buen manual para la enseñanza, sistematizando en una síntesis original los materiales que estaban utilizando. Ni siquiera Calabro, Lucuce o los otros directores de las Academias, bajo cuya responsabilidad estaba el redactar los cursos, sintetizando obras diversas y presentando los apuntes «como doctrina propia», según se establecía en las ordenanzas, se decidieron a convertir los apuntes que dictaban, y que aplicadamente copiaban las sucesivas promociones de alumnos, en un manual impreso. A lo más que se atrevieron es a realizar traducciones de obras extranjeras, con pequeñas ampliaciones, como hizo Miguel Sánchez Taramas, primer ayudante de la Academia de Barcelona traduciendo el *Tratado de Fortificación o Arte de construir los edificios militares*

y *Civiles* (1769, 2 vols.), que había escrito en inglés tres lustros antes John Muller, profesor de artillería y fortificación de la Academia de Woolwich; o a publicar un texto de iniciación para dar unos primeros rudimentos a los oficiales que no podían pasar por las academias, como hizo Pedro de Lucuce cuando decidió dar a la imprenta sus *Principios de Fortificación* (1772), ampliando para ello el diccionario que años antes había redactado a petición del marqués de la Mina.

Es difícil en el estado actual de la investigación encontrar las causas de esta incapacidad, tan perjudicial para el desarrollo de las enseñanzas científicas, si tenemos en cuenta que existía la demanda, y que los profesores eran personas capaces y plenamente dedicadas a la enseñanza. Seguramente la sobrecarga docente, la multiplicidad de tareas burocráticas a que les obligaban los reglamentos (control regular de alumnos, calificaciones, informes a los superiores, etc.) y un cierto complejo de inferioridad constituyeron —entonces, como hoy— la clave de ello. Esto último es lo que reflejan, sin duda, las palabras de Sánchez Taramas cuando justifica la opción adoptada de traducir una obra ante la necesidad de contar con un buen manual para la enseñanza en la Academia: «ocupada mi imaginación en esta importante idea —escribe— y llevado de mi genio laborioso, al propio tiempo que estoy persuadido de mi insuficiencia para formar alguna obra, que fuese de la apetecida utilidad, resolví aprovecharme de las ajenas, y no dejar ociosos ni los pocos ratos que me franquea mi destino en esta Real Academia, ni el ansia de concurrir en cuanto pueda con mi aplicación al bien de la Patria.» Desde luego, la incapacidad para redactar los textos no se debía a carencia de información bibliográfica. Desde mediados del siglo se había hecho un importante esfuerzo para dotar de buenas bibliotecas a las academias de ingeniería y artillería, así como a la Sociedad Militar de Matemáticas. Cuando se disolvió ésta en 1760 sus fondos ascendían a 249 obras en 1.278 volúmenes, los cuales, por real decreto de 5 de enero de 1761 fueron repartidos entre las Academias de Matemáticas de Barcelona a cargo de los ingenieros, y la de Artillería de Cádiz. Años más tarde, el cuidadoso inventario realizado a la muerte de su director Miguel Sánchez Taramas en 1790 permite conocer cuáles eran los fondos de la biblioteca de la Academia de Barcelona, que constaban de 750 obras en

2.030 volúmenes. El fondo comprendía obras en diversos idiomas (la mitad son obras francesas, una cuarta parte españolas, un 12 % en latín, el 7 % en italiano y el 5 % en inglés) y pertenecientes a las diversas materias que se enseñaban en la Academia. Una cuarta parte son obras de matemáticas puras (unas 140) y aplicadas; un 15 % de física, mecánica, hidráulica y filosofía natural, es decir, de las materias que se incluían en el tratado de estática; un 11 % de materias relacionadas con la astronomía, geografía y náutica, las partes de la cosmografía; un 9 % de ingeniería militar y fortificación; y un 6 % aproximadamente, en cada caso, de obras relacionadas, respectivamente, con la artillería y la arquitectura civil. Naturalmente, también existía un buen repertorio de obras sobre arte militar (un 10 %) y sobre ordenanzas (4 %), a las que pueden unirse las obras de historia, que en su mayor parte se referían a historia militar, con lo que este grupo alcanzaba un 20 % del total. La biblioteca estaba también bien provista de enciclopedias, entre ellas la de Diderot y D'Alembert, en 28 volúmenes, de gramática y diccionarios lingüísticos y de actas y publicaciones de sociedades científicas europeas. En este sentido, vale la pena destacar que disponía de una colección de 254 volúmenes de las *Memoires pour l'Histoire des Sciences* desde 1701 a 1767; de 104 volúmenes de la *Histoire et Memoire de l'Academie Royale des Sciences de Paris* (1666-1784); de 94 volúmenes de las Actas de la Academia de Leipzig; de 78 volúmenes del *Journal des Beaux Arts*; así como de las *Philosophicas Transactiones* de Londres (23 vols.) y de los *Novii comentarii, Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae* de San Petesburgo (16 vols. de 1747 a 1770)²⁶.

Es indudable que este valioso fondo bibliográfico permitía a los profesores disponer de una información al día y del nivel más avanzado sobre los avances científicos que se estaban produciendo en el campo de las disciplinas matemáticas en aquellos momentos.

Está por ver el uso que se hacía de estas obras y las lecturas que pudieron hacer los ingenieros militares en ejercicio. No hemos encontrado hasta ahora inventarios de bibliotecas personales, a pesar de que en algún caso hemos localizado los testamentos de algunas destacadas figuras que, sin duda, tuvieron que disponer de ellas (como Jorge Próspero de Verboom, Juan Martín Cermeño o Blas Zapino). Nos cons-

ta, de todas maneras, que algunas obras fueron usadas. En la biblioteca del Museo Militar de Montjuich, donde se conservan algunos fondos de la antigua biblioteca de la Academia de Barcelona, hemos encontrado dos ejemplares que pertenecieron a ingenieros militares: una obra de Euler, perteneciente a Antonio Córdoba, miembro de la Sociedad Militar de Matemáticas, y otro de fortificación con el *ex-libris* de Luis Marqueli. También hemos encontrado un apunte manuscrito de Lucece en una obra de mecánica de Varignon, lo que parece indicar que el director de la Academia usó este libro para preparar sus clases. Pero sin duda faltan nuevas investigaciones que permitan conocer con más precisión la utilización que se hizo de los ricos fondos de las bibliotecas, las cuales permitían una información profunda y al día de los avances científicos europeos.

En cualquier caso, es muy posible que el acceso a dichos fondos estuviera limitado a los profesores, lo que sin duda reduciría su eficacia. Tenemos abundantes pruebas de que todavía en el siglo XVIII seguían existiendo numerosas censuras y cautelas para el manejo de la información bibliográfica. La persistencia de la Inquisición, el Índice de Libros Prohibidos, y diversas disposiciones cautelares gubernativas —por motivos ideológicos y económicos— dificultaban la libre circulación y uso de las obras extranjeras. Por otra parte, la censura ideológica en el campo científico podía ser tan fuerte todavía a mediados del siglo XVIII como para crear problemas a la difusión de ideas nuevas; las intrigas a que dio lugar la publicación de las *Observaciones Astronómicas y Físicas* (1748) de Jorge Juan son un ejemplo adecuado para recordar las dificultades que todavía algunos querían oponer en aquellos momentos a la difusión de ideas que implicaban la aceptación del copernicanismo. Y no se trata de cuestiones intrascendentes para nuestro tema: como hemos visto, el mismo *Curso matemático* de Lucece exponía todavía hacia 1760 en su tratado de cosmografía los sistemas de Ptolomeo, Tycho Brahe y Copérnico, sin atreverse a dar las pruebas que mostraban de forma indudable la validez del sistema copernicano.

Por otra parte, hemos visto también que los nueve escogidos miembros de la Sociedad Militar de Matemáticas recibieron en 1757 un permiso explícito del inquisidor general para leer libros prohibidos, lo que muestra, al mismo tiempo, que hacía falta dicho permiso y que,

sin duda, otros componentes del cuerpo no lo tenían. Y si bien es cierto que durante el reinado de Carlos III la censura se fue atenuando, también lo es que el estallido revolucionario francés de 1789 provocó un miedo en el gobierno y un retroceso importante. A comienzos de 1790 el Rey ordenó que el inquisidor general examinara la relación de las obras existentes en la biblioteca de la Academia de Barcelona para que dictaminara las que estaban prohibidas, «pues aunque los maestros tenían licencia para leerlos, quiere S. M. que se recojan no sólo los de aquella escuela, sino los que hallare en las demás del ejército, y marina, tanto de España como de las Indias, para precaver de esta suerte todo riesgo de que se esparza entre los militares la doctrina y máximas perniciosas que contienen semejantes libros en perjuicio de las buenas costumbres, sana moral, y verdadera religión»²⁷. Una normativa que no contribuiría precisamente a favorecer la libre reflexión y la innovación científica.

Es difícil conocer las consecuencias de todas estas limitaciones y controles ideológicos. Sin duda tuvieron que ser negativos. Y vale la pena preguntarse en qué medida pudieron dificultar —en el campo concreto que ahora nos interesa— la difusión de los avances en hidráulica o en ingeniería civil, obstaculizando la circulación de libros de procedencia europea, escritos por autores que por sus creencias religiosas o su significación política podían no estar bien vistos en aquella época por la censura.

Caminos y canales

En 1760 con la llegada al trono de Carlos III se abre el período más decididamente reformista de todo el siglo XVIII español. Las medidas de reforma económica y fomento preconizadas años atrás por autores como Campillo o Ward se verán ahora llevadas a la práctica y renovadas con otras propuestas que ponen más énfasis todavía en el papel impulsor de la acción gubernamental. Las obras públicas constituyen, como es sabido, una de las facetas en que dicha actuación se dejó sentir más nitidamente. Y entre ellas la construcción de una red de caminos y el empuje en la construcción de canales y obras de regadío. Aludiremos sucesivamente a cada una de estas dos grandes líneas de actuación, dejando ahora fuera de nuestro análisis otras intervenciones de los ingenieros

militares —como los proyectos de urbanización— que serán considerados en otra ocasión. Centramos la atención en las obras realizadas en la Península, ya que el análisis de la participación de los ingenieros militares en las obras hidráulicas americanas es el tema de otra comunicación presentada a este seminario por un miembro del equipo investigador²⁸.

La actuación en los caminos se relaciona con las medidas propugnadas por José del Campillo y posteriormente en el *Proyecto Económico* de Bernardo Ward, que se tradujeron en el real decreto de 10 de junio de 1761 por el que se disponía la construcción de los caminos de Andalucía, Cataluña, Galicia y Valencia, orden complementada al año siguiente por otras cédulas y decretos. Pero diversas circunstancias fueron dificultando su realización de forma que en los dieciocho años siguientes sólo se habían construido unas 20 leguas en total. El nombramiento de Floridablanca en 1778 como Superintendente de Caminos y sus dotes organizativas permitieron que la construcción de esta red experimentara un vigoroso impulso, y en los catorce años siguientes a su nombramiento se construyeron 300 leguas de caminos con los correspondientes puentes y pasos de montaña²⁹, según los accidentes del terreno.

Los ingenieros militares se vieron necesariamente involucrados en este vasto plan de reformas que, no hace falta repetirlo, se extendía también a otros aspectos de las obras públicas (fábricas, etc.). De hecho, a principios del reinado de Carlos III seguían siendo casi la única corporación organizada con la que podía contar el gobierno para sus intervenciones espaciales. Y los ingenieros tuvieron que hacer frente a esas responsabilidades. Elaborando informes, diseñando caminos y puentes, y dirigiendo directamente su construcción.

Desde la década de 1740 los ingenieros desplegaron una gran actividad de esta dirección, intensificada luego a partir de 1760. El camino hacia Cataluña y Francia era fundamental, y fue uno de los primeros que se abrdaron. Desde el final de la guerra de Sucesión se realizaron obras y reparos en el tramo de Barcelona a la frontera, en el que trabajó Esteban Panón en 1731, ayudado por los también ingenieros Francisco Ibáñez en el sector de la raya fronteriza a Figueras y por F. Esteban en el sector de Hostalrich³⁰; en 1741 José Fabre levantó el plano de dicho camino en las cercanías de Belleguard³¹, y en 1750 Pedro de Ara trabajó nueva-

mente en el mismo tramo fronterizo³². Años más tarde, en pleno impulso carolino Carlos Cabrer Suñer fue encargado de recomponer el camino de El Pertús, en colaboración con un ingeniero francés; en noviembre de 1764 estaba destinado en la Junquera como «encargado de la recomposición de este camino del Pertús que se abre a cinco ruedas de ancho y diez y ocho pulgadas de combeo, un foso de tres pies de profundo por la parte del monte, nueve pies de apertura arriba y tres abajo con nueve puentes de tres pies de ancho por debajo del camino para escorro de las aguas»³³.

Desde 1760 Juan Escofet quedó encargado del trazado de la carretera Barcelona-Lérida³⁴, que dio lugar a amplios debates; en 1761 Pedro Martín Cermeño fue destinado a levantar y formar el mapa y planos de este nuevo camino³⁵, y en relación con él Pedro Lucuce redactó en 1763 un *Discurso o Dictamen sobre la anchura de los caminos reales* (1763)³⁶. El paso sobre el Llobregat fue salvado mediante la construcción de una de las grandes obras de ingeniería del XVIII el magnífico puente de Molins de Rey, destruido tiempo después, y cuya edificación entre 1763 y 1767 fue dirigida por P. Martín Cermeño y Juan Caballero³⁷. En 1773 Miguel Moreno daba cuenta de los progresos realizados en el tramo comprendido entre Molins de Rey y Vilafranca del Penedés³⁸, y los años siguientes era Carlos Saliquet el que informaba de los trabajos en el mismo tramo, desde la casa del Lladoné hasta Vilafranca³⁹. En 1777 se trabajaba aún en dicho camino, por el que se interesaba Francisco Sabatini⁴⁰.

En el área aragonesa, desde 1742 por orden de don José del Campillo se había iniciado la construcción de un camino desde Daroca al puerto de Retascón, en el que trabajó el ingeniero Sebastián Rodolphe⁴¹. Más tarde el mismo ingeniero y Jaime Sicre trabajarán también en el tramo Zaragoza-Lérida. En 1778 se realizaban trabajos en Zaragoza y un puente de tablas sobre el Gallego, diseñado por Joaquín de Villanueva⁴².

Desde Madrid hacia el norte de España la siera del sistema central suponía un duro obstáculo que atrajo pronto la atención del gobierno. En junio de 1749 el marqués de la Ensenada aprobó el proyecto de camino nuevo del puerto de Guadarrama, cuyo presupuesto ascendía a 1,2 millones de reales de vellón, según el proyecto realizado por el ingeniero Francisco Nangle⁴³. En 1750 se habían expropiado diferentes

terrenos particulares y se trabajaba en dicha carretera⁴⁴, y el mismo Nangle diseñaba también diversos caminos y accesos a Madrid⁴⁵. Una vez superado el obstáculo de la sierra se intensificó la construcción de los accesos y caminos de Galicia y País Vasco, en las dos grandes diagonales del norte de la península y el acceso a la costa cantábrica. En 1751 el ingeniero José Crame dirigía los estudios para construir el camino de Burgos a Bilbao⁴⁶, en el que trabajaron luego otros técnicos que no eran ingenieros⁴⁷. El acceso desde Burgos a Santander y costa cantábrica de Santoña y Laredo se empezó a estudiar en 1748, fecha en que Sebastián Rodolphe se hallaba comisionado para ello⁴⁸ y en 1751 estaban en ejecución nueve puentes desde Reinosa a Santander⁴⁹.

En el camino de Galicia trabajaron entre 1761 y 1774 los ingenieros Felipe Cramer, José Espelius y Miguel Hermosilla⁵⁰. La figura clave en esos años es, sin duda, Carlos Le Maur, del que sabemos que desde comienzos de los años 60 dirigía las obras del camino real de Galicia⁵¹. En 1764 Carlos Peison Duparquet, a las órdenes de Le Maur realiza el plano del puente de Academia y al año siguiente se ocupaba de hacer más suave la subida de la cuesta de San Lorenzo en la carretera de Betanzos⁵². Durante los trabajos de excavación para construir la carretera de Galicia, Le Maur encontró diversos restos romanos, sobre los que hizo diferentes informes⁵³ y diseñó varios puentes en el reino (puente de Las Cascas en La Coruña⁵⁴, 1764; puente sobre el río Boeza en León, 1769); en 1769 estaba diseñando el camino entre Villafranca y Astorga y dos años más tarde Carlos Le Maur, acompañado de Mariano Lleopart, firmaba diversos planos de la carretera de La Coruña, desde el puerto de Manzanal a Bemibre y sector del alto de Piedrafita⁵⁵. En mayo de 1770 Baltasar Ricaud de Tirgale trabajaba en el camino de Galicia y se preocupaba de la consistencia de las obras y muros de sostén⁵⁶.

En el camino de Andalucía los trabajos se iniciaron también en 1761, y algunos ingenieros que ya hemos citado aparecen nuevamente trabajando con él. Sebastián Feringán, Felipe Cramer, José Espelius y Miguel Hermosilla se ocuparon en sus obras en diversos momentos entre 1761 y 1774⁵⁷. En 1777 continuaban los trabajos en la «carrera de la Corte a Sevilla» y en la «Carrera de Cádiz» así como en la «Carrera de Extremadura»⁵⁸ y dos años después Carlos Le Maur diseñaba el camino desde La Carolina

hasta Venta Nueva y desde aquí al alto de Santa Elena, en la provincia de Jaén⁵⁹.

Otro camino importante, el de Madrid a Valencia, empezó a ser diseñado en 1752, año en que dirigió los trabajos el ingeniero Enrique Legallois de Grimarest⁶⁰. En 1774 trabajaba en él otro Valentín Legallois de Grimarest, quizá hijo del anterior, y Felipe Ramírez⁶¹, y en 1776 lo hacía Pedro de Ara, y se habían construido ya, en aquellos años, diversos puentes⁶².

En esos años de 1770 se realizaron también trabajos en las cercanías de la Corte, para dirigirse hacia los reales sitios, como el camino nuevo que desde la puerta de Castilla atravesaba el real bosque de la Casa de Campo para dirigirse hacia el camino de El Escorial, proyecto en el que trabajó Francisco Sabatini⁶³.

Dentro de todo este ambiente de preocupación por los caminos por parte de los ingenieros militares, el ingeniero José Martínez de Cáceres elaboró en 1784 un *Proyecto para la más pronta ejecución de los caminos Reales y transversales, en mayor bien de su Real Servicio y felicidad de esta Monarquía*, en el que proponía que para acelerar su construcción se crearán 16 batallones de gastadores mandados por ingenieros⁶⁴ y se realizaron numerosos proyectos para construir diversos tipos de puentes: de piedra, de madera y de barcos.

La otra gran actividad de los ingenieros a la que vamos a referirnos en esta comunicación es la intervención en canales y acequias de regadío, aspecto este que está más directamente relacionado con el tema del presente Seminario. El repaso de las diversas actuaciones de los miembros de este cuerpo permite tener una idea general de las grandes operaciones hidráulicas del setecientos español.

La primera gran área de actuación es la cuenca del Ebro. En el siglo XVI, durante el reinado de Carlos V se había iniciado la realización de una ambiciosa empresa hidráulica, el Canal Imperial de Aragón, cuyo comienzo puede fijarse en 1529, cuando la ciudad de Zaragoza cedió al Emperador el derecho que tenía de sacar de dicho río acequias para el riego. Las obras avanzaron lentamente y en 1587 sólo se habían realizado ocho leguas de excavaciones y el conducto subterráneo para darle salida atravesando el río Jalón. A mediados del XVII la obra estaba muy deteriorada y se iniciaron estudios para su reconstrucción, la cual no pudo realizarse en todo el resto del siglo por los problemas financieros de la Corona⁶⁵. El objeto del

canal era la puesta en regadío de tierras agrícolas, aunque su curso era utilizado también para transporte fluvial. Desde principios del XVIII existieron estudios para mejorar la navegabilidad del Ebro y para, eventualmente, continuar y mejorar el antiguo Canal Imperial. Tratadistas como Jerónimo Ustariz, en su *Theoria y practica de Comercio y Marina* (1742) resaltaron el interés de la navegación fluvial y la conveniencia de «hacer mas navegable el Ebro» y «mejorar el puerto de los Alfaques de Tortosa»⁶⁶. En 1738 el ingeniero Bernardo Lana redactó una memoria sobre *Reparos observados en la navegación del río Ebro* y al año siguiente en colaboración de Sebastián Rodolphe elaboró otra titulada *Razón de los tanteos hechos sobre el proyecto de hacer el río Ebro navegable desde Zaragoza hasta el mar Mediterráneo*, elaborando un amplio proyecto para un canal de navegación desde El Bocal hasta Zaida, tomando como base el Canal Imperial⁶⁷. En 1748 volvieron a realizarse trabajos en el Ebro en relación con el problema de la navegabilidad; dos ingenieros, Marcos T'Sersteven y Miguel Marín realizaron en dicho año diversos planos y mapas en el sector de Flix, donde las dificultades para el paso de barcas eran particularmente grandes⁶⁸; Marín, que era uno de los más destacados especialistas en obras hidráulicas existentes en el momento, por sus trabajos en el puerto de Barcelona, se ocupó también de realizar un proyecto del nuevo puerto de la Rápita y de las baterías para su defensa⁶⁹. En aquellos mismos años Juan Martín Cermeño se ocupa también del curso bajo del Ebro y del canal de los Alfaques⁷⁰. En la cabecera del río, Felipe Crame proyectaba en 1752 una acequia para regar en los términos de Sartaguda, Murillo, Calahorra, Aldeanueva, Rincón de Soto y Alfaro⁷¹, y cinco años más tarde Sebastián Rodolphe y Bernardo Lana bajo la dirección del conde de Aranda recorrieron el Canal Imperial de Aragón, levantando planos del mismo⁷². Son años en los que se piensa seriamente en la continuación de las obras del canal y en 1761 dos hermanos ingenieros, Jorge y Fermín Sicre y Béjar, hijos a su vez de un ilustre miembro del cuerpo, reciben el encargo de pasar a Tudela a trabajar en el azud y las obras de la acequia imperial⁷³.

Se estaba llegando al momento decisivo, que es descrito así por un contemporáneo: «En 1770 se suscitó nuevamente la idea de habilitar y proseguir el Canal Imperial a solicitud de una Compañía de nacionales y extranjeros, que quiso

emprenderlo por su cuenta con ciertos pactos y condiciones; lo cual ocasionó tantas consultas y representaciones con oposiciones y dictámenes, que nada se adelantó en el transcurso de dos años, hasta que Su Majestad en 1772 tomó a su cargo la obra encomendando su ejecución al conocido talento de don Ramón Pignatelli, que tuvo la gloria de llevarla felizmente al punto en que hoy la vemos»⁷⁴. En esos informes volvieron nuevamente a intervenir los ingenieros militares. Finalmente, en el curso bajo, los años 1778 en adelante conocen el impulso decisivo para la construcción del canal de los Alfaques o de la Rápita. Francisco Llovet rescita los planos de Miguel Marín⁷⁵ y el Idecreto de libertad de comercio de 1778 concede al puerto de los Alfaques de Tortosa «habilitación para el comercio libre a los parajes permitidos de América», lo que constituye un impulso decisivo para la construcción del canal y de la población de San Carlos de la Rápita⁷⁶.

En la misma cuenca del Ebro, que aprovechando el caudal de uno de sus afluentes, se proyectó también una importante obra hidráulica, en la que se trabaja hacia mediados del siglo. Un ingeniero que ya conocemos, Sebastián Rodolphe, redactó en 1752 una memoria referente a este proyecto: *Discurso sobre el llano del Urgel, con las reflexiones principales para su pleno conocimiento, por las quales se da razón individual de la utilidad que podria resultar poniéndolo en cultura, por medio del proyecto que manda S.M. se haga según la orden de 30 de septiembre de 1751, en cuyo cumplimiento se ha practicado y acompaña a éste con el mapa de sus pueblos, levantado con toda justificación y demarcado en la dirección del Canal y Acequia Subalterna para el riego que se propone*⁷⁷.

La segunda gran área de actuación peninsular, en cuanto a obras hidráulicas se refiere, fue la cuenca del Duero. En ella la construcción del Canal de Castilla requirió también los esfuerzos de diversos ingenieros militares. Como ya hemos dicho, Carlos Le Maur fue destinado a esta obra después de su llegada a España y su incorporación en el Cuerpo de Ingenieros, redactando en 1754 una *Relación histórica del proyecto de los Canales de Castilla y de la ejecución del de Campos hasta hoy*⁷⁸. Seguramente tuvo a sus órdenes a Juan Miguel Roncali, destinado en el mismo canal en 1753⁷⁹.

Las diferencias con Ulloa a propósito de dicha obra motivaron que el marqués de la En-

senada apartara a Le Maur de su dirección enviándolo a Galicia⁸⁰. En 1755 encontramos a Silvestre Abarca trabajando en el proyecto del Canal de Castilla en las provincias de Santander y Palencia, y probablemente en este momento elaboró el *Proyecto general del canal de navegación y riego que se propone hacer en la parte septentrional de Castilla la Vieja con las aguas de los ríos Camera, Rubregón y Pisuerga. Modo de arreglar las tierras, obras que se proponen y parajes que se han de construir*⁸¹. En 1754, Pedro de Ara es destinado a dirigir la cantería del canal de Campos, bajo las órdenes de Antonio Ulloa, permaneciendo hasta 1756⁸² y desde 1760 el ingeniero Fernando Ulloa trabaja en el plano general del canal en las provincias de Santander y Valladolid, permaneciendo al parecer en la dirección de dicha obra, con algunas ausencias eventuales, hasta 1774⁸³. Bajo sus órdenes tuvo a Fermín Sicre y Béjar, que trabajó en el Canal desde 1760⁸⁴.

Seguramente puede afirmarse que la tercera gran área de actuación del setecientos fue la región murciana. Las graves crecidas del Segura y de sus afluentes, por un lado, y la necesidad de utilizar aguas de riego para asegurar las cosechas debido a las bajas precipitaciones, por otro, habían dado lugar a diversos proyectos de presas y aprovechamiento hidráulico desde el siglo XVI⁸⁵. Las actuaciones en el Guadalentín, afluente del Segura, y la posibilidad de un trasvase desde los ríos Castril y Guardal, afluentes del Guadalquivir, habían sido ya objeto de examen desde el reinado de Felipe III, y a principios del siglo XVIII el ingeniero general Jorge Próspero de Verboom recibió —como ya hemos dicho— la orden de examinar la viabilidad de dicho proyecto. En 1721 realizó un reconocimiento de los ríos Castril y Guardal y elaboró un mapa general del proyecto⁸⁶. La canalización del curso bajo del Guadalentín, para evitar las inundaciones de la ciudad de Murcia fue objeto de un proyecto de canal de desvío en el que intervino Sebastián Feringán en 1735⁸⁷. El mismo ingeniero que desde 1728 trabajaba en las obras del arsenal de Cartagena, recibió en enero de 1742 la orden de estudiar la posibilidad de construir el canal de Lorca, iniciando el examen de toda la documentación histórica existente y realizando durante ese año y parte del siguiente las operaciones sobre el terreno, durante las cuales calculó los caudales de posible utilización, entre ellos también los de la fuente de Archivel⁸⁸. Sin duda, la decisión de

activar las obras del arsenal de Cartagena y de convertir a este puerto en la principal base naval del Mediterráneo español están detrás de este interés por el proyecto, ya que además de sus beneficios para el riego de amplias superficies y para el abastecimiento de agua a poblaciones destacadas como Lorca y Cartagena, suponía también una posibilidad de abastecer al astillero de dicha base con las maderas de las sierra de Segura, transportadas eventualmente por vía fluvial mediante la construcción del canal que permitiera el trasvase desde la cabecera del Guadalquivir a la del Guadalentín. Durante un tiempo el proyecto parece detenerse, pero el 15 de septiembre de 1768 Juan Escofet, que se encontraba como director de la Acequia Real de Valencia, recibe orden del Consejo de Castilla para dirigirse a Lorca a estudiar el encauzamiento de las aguas del Guadalentín y el abastecimiento de agua potable a dicha población desde las fuentes de la Zarzadilla. En julio del año siguiente llegó a Lorca acompañado de su familia y de su ayudante, Antonio Estrimiana, ingeniero delineante; en Lorca tuvo también como ayudante al maestro de obras Jerónimo Martínez de Lara, que se convirtió a partir de entonces en su discípulo⁸⁹.

El proyecto del canal de Lorca recibió un nuevo impulso en esos años con la creación de una Compañía del Canal de Murcia, para cuya realización se llamó a un ingeniero holandés, Kragenhoff, y otro francés, Francisco Boizot, el cual quedó encargado de levantar el plano por R.O. de 29 de octubre de 1771⁹⁰. Para informar sobre este proyecto se desplazó a la región Fernando Ulloa, el director del Canal de Castilla⁹¹ y seguramente también se relacionó con él Escofet, que en 1774 permanecía en Lorca destinado al proyecto de la acequia de la ciudad⁹², y tras una ausencia para participar en la expedición de Ceballos a Brasil en 1776 y realizar diversos proyectos en Santander, regresó en 1781 a Lorca para estudiar nuevamente el proyecto de canal de Huéscar⁹³. El estrepitoso fracaso de la Compañía del canal de Murcia y el abandono de las obras de construcción del canal en las cercanías de Huéscar, dio lugar también al abandono del proyecto de trasvase, y a la renovación de otro proyecto que asimismo había sido propuesto en años anteriores: la construcción de embalses en la cuenca alta del Guadalentín para regular las avenidas y realizar el riego del campo de Lorca. En 1785 Jerónimo Martínez de Lara, convertido en arquitecto gra-

cias a las enseñanzas de Escofet, presentó un informe al rey sobre la posibilidad de regar 9.000 ó 10.000 fanegas de tierra en Lorca, construyendo dos presas en las gargantas de Puentes y Valdeinfiernos. Tras la aprobación del proyecto se iniciaron las obras, que dieron lugar a la construcción de la más importante presa existente en su época en Europa. Volveremos a hablar de ella más adelante.

Dedicaremos ahora atención a otras obras hidráulicas que se construyeron o proyectaron en el XVIII con la intervención de algunos de los más prestigiosos ingenieros militares.

El Guadalquivir, el único río verdaderamente navegable de la España peninsular, fue objeto de atención durante el setecientos con vistas a regular su cauce, evitando desbordamientos y mejorar su navegabilidad. A mediados de siglo estos trabajos conocen una fase de actividad. En 1753, por encargo del marqués de la Ensenada, Pedro Ara pasa a Sevilla para proyectar las obras a realizar en el río Guadalquivir, realizando un proyecto sobre ello⁹⁴, y el mismo año el ingeniero Agustín López, de la Cámara Alta, elabora el plano y perfiles de las obras que se proyectan hacer en el río a la altura de Sevilla para evitar su desbordamiento⁹⁵, a la vez que existen proyectos para facilitar la navegación⁹⁶. Dos años más tarde, Francisco Llobet dirige un sondeo del Guadalquivir teniendo a sus órdenes a Alonso González de Villamar⁹⁷. González de Villamar realizó la nivelación del río Cordones hasta su desembocadura en el Guadalquivir, con una relación de caudales, velocidad del agua y posibles construcciones de «inclusas y receptáculos» para conservar el canal de navegación que se proyectaba⁹⁸. Los trabajos continuaron desde finales de la década de 1760, años durante los cuales encontramos al ingeniero José Espelius en las tareas de hacer navegable el Guadalquivir desde la ciudad de Córdoba a la localidad de Sanlúcar⁹⁹.

En la cuenca del Tajo, olvidados de los antiguos proyectos del siglo XVI para hacerlo navegable hasta Portugal, los proyectos y actuaciones más relevantes se realizaron en sus afluentes Jarama y Henares. En el primero se iniciaron los trabajos en 1717 de orden real, y Juan de la Clime realizó un proyecto de la acequia para regar las vegas de San Martín, de Ciempozuelos y otras¹⁰⁰. En 1748 está en la dirección de la empresa de la Real Acequia del Jarama el ingeniero Carlos Witte, que dio comienzo a las obras abriendo el caz o canal de la

Medialuna; le sucedió Guillermo Minali, que continuó mejorando el proyecto¹⁰¹. En 1761 trabaja en ella Fermin Sicre, destinado en el Real Sitio de Aranjuez en las obras del río Jarama¹⁰² y ocho años más tarde su hermano Jorge recibe el encargo de hacer navegable la vega del Jarama comprendida entre la confluencia del río Guadalix y Vaciamadrid, con el proyecto de una acequia de regadío desde Pesadilla a San Fernando y la presa correspondiente¹⁰³. El río Henares fue objeto, a su vez, de proyectos hidráulicos en la década de 1770, a comienzos de la cual el ingeniero Manuel de Navacerrada realizó un proyecto para regar las campiñas de Guadalajara y Alcalá¹⁰⁴. Años más tarde, en 1791, el ingeniero Miguel Hermosilla volvería a interesarse por la cuenca del Tajo, realizando un dictamen sobre la necesidad de continuar el canal del Manzanares hasta el Real Sitio de Aranjuez y la conveniencia de realizar obras para hacer navegable el Tajo hasta allí¹⁰⁵.

El número de canales y obras de regadío en las que intervinieron los ingenieros militares no se limita a las que acabamos de reseñar. En un siglo reformista y proyectista, los proyectos surgían por todos lados y aunque las penurias de la hacienda impedían atenderlos todos, un buen número fueron objeto de trabajos y algunos de ellos pudieron realizarse. Está por hacer el inventario de todos estos proyectos setecentistas. Nos limitaremos aquí a reseñar todavía unos pocos más en los que intervinieron miembros del cuerpo que estudiamos. En la acequia de Valencia trabajó en 1739 el ingeniero Nicolás Bodín, y a sus órdenes Alonso González de Villamar, el cual durante cuatro años estudió el terreno de la acequia que la ciudad de Valencia pretendía construir para regar el llano de Quart¹⁰⁶. En 1768, Juan Escofet estuvo en Valencia como director de la Acequia Real¹⁰⁷. En 1752 Abarca trazó los planos de los manantiales de los Ojos de Montiel¹⁰⁸. En 1782, Juan Escofet realizó trabajos en la Acequia Real de Albolote, Granada¹⁰⁹. Y otros proyectos se realizaron en Cataluña (Tivona de Balaguer, Lérida); Proyectos de regadío del Ampurdán, Gerona) en el Cinca en Alhama y otros lugares.

Pero el más ambicioso proyecto imaginado en toda la España del setecientos fue, sin duda, el que concibió Carlos Le Maur al final de su vida, y en el que fue ayudado por sus hijos, todos ellos ingenieros militares. En 1785 acabó la redacción del *Proyecto de un canal navegable desde el río Guadarrama al Océano que pa-*

sara por Madrid y Sierra Morena ¹¹⁰, y en relación con él, padre e hijos realizaron numerosos levantamientos topográficos. Carlos, Manuel, Félix y Francisco acabaron en 1786 el *Mapa del primer trozo del canal de Guadarrama y de sus inmediaciones, que comprende desde el casco estrecho de Peña, en el río de este nombre, y el punto de las vertientes a él y el del Manzanares, cerca de las Rozas* ¹¹¹; y el padre, por su parte, dedicó atención al punto crucial en el que había de hacerse la confluencia entre la cuenca del Tajo y la del Guadalquivir, realizando diversos planos del canal proyectado entre el Guadalquivir y el Javalón, como continuación del que se realizaría entre este río y el Guadarrama ¹¹². No es extraño que este descabellado proyecto que se unía a otros que, como el del Canal de Murcia, pretendían conectar las cuencas del Guadalquivir y el Segura, recibiera en las *Cartas marruecas* la crítica indirecta de ese mordaz crítico que era Cadalso:

«Los canales —dijo un proyectista interrumpiendo a Nuño— son de tan alta utilidad, que el solo hecho de negarlo acreditaría a cualquiera de necio. Tengo un proyecto para hacer uno en España, el cual se ha de llamar Canal de San Andrés, porque ha de tener la figura de las aspas de este benemérito mártir. Desde La Coruña ha de llegar a Cartagena, y desde el Cabo de Rosas al de San Vicente. Se han de cortar estas dos líneas en Castilla la Nueva, formando una isla a la que se pondrá mi nombre para inmortalizar al proyectista.»

A pesar de las críticas que pudieron, y que pueden, hacerse a este y otros proyectos de la época —y que los contemporáneos no dejaron de plantear, benévola o malévolamente, una y otra vez— la visión de conjunto que se obtiene produce admiración, tanto por las ambiciones y la política reformista del gobierno, como por la seriedad y constancia con que se abordaron. En su participación en esos proyectos, los ingenieros militares dieron pruebas de una extraordinaria profesionalidad, mostrando que habían asimilado plenamente una de las normas del programa de estudios que la ordenanza de 1739 había establecido para las Academias de Matemáticas: aquella asombrosa declaración, plena de optimismo ilustrado, que les obligaba a estudiar «el arte de mover, levantar,

conducir y repartir el agua; hacer los ríos naveables; adaptar los puertos de mar *remediando con el arte los defectos de la naturaleza*».

La necesaria especialización

Durante el reinado Carlos III se dejó sentir de forma aguda la necesidad de una especialización en el cuerpo de Ingenieros Militares. Era imposible seguir atendiendo con igual destreza todo el amplio campo de las necesidades defensivas —u ofensivas, en caso de conflicto— la docencia y redacción de esos necesarios tratados que nunca se finalizaban, y la dirección de las variadas obras públicas en que habían de participar. Y eso en un momento en que las nuevas ordenanzas de 1768 intentaban afirmar el carácter militar del cuerpo y mejorar su funcionamiento castrense.

Esta necesidad de especialización está, sin duda, en la base de las decisivas reformas de 1774. En septiembre de dicho año el Cuerpo de Ingenieros se dividió en tres ramos o secciones, cada uno al mando de un director: Silvestre Abarca como director y comandante del ramo de Plazas y Fortificaciones del Reino; Pedro Lucuce como director y comandante del ramo de Academias Militares de Matemáticas de Barcelona, Orán, Ceuta y demás que se ofrecen; y Francisco Sabatini como director y comandante del ramo de Caminos, Puentes, Edificios de Arquitectura Civil y Canales de Riego y Navegación ¹¹³. Con esta división desaparece momentáneamente el cargo de ingeniero general, aunque en algunas ocasiones, y con carácter interino, una sola persona pueda quedar al mando de todos los ingenieros.

Tras la toma de posesión de los nuevos directores en octubre de 1774, se realizaron una serie de ascensos y nombramientos. Lucuce designó 14 ingenieros para que sirvieran a sus órdenes en el ramo de Academias; Sabatini a 29 para que sirvieran en el ramo de Caminos, y Abarca quedó con los 101 ingenieros restantes en el ramo de Fortificaciones, pasando la noticia a los directores de provincias «para que sepan a las órdenes de quien están dichos ingenieros y a dónde deben acudir con sus recursos y dar parte de los encargos» ¹¹⁴. Sabatini estableció la siguiente relación de servicios de los ingenieros a sus órdenes. Para Madrid nom-

bró a José Hermosilla (paseo del Prado), Antonio Guillemat, Cayetano Paveto, Mariano Lleo-part, Pedro Vanvitelli, Antonio Ramón del Valle (todos para la Secretaría de la Dirección, diseño, asistencia a las obras y enseñanza), Francisco Villarroel, Joaquín Villanueva, Gregorio Clavero y Diego Rodríguez Rojas. Para Aranjuez, Domingo de Aguirre (en mapas) y Francisco Vanvitelli (en el Palacio Real). En el canal de Castilla, Fernando Ulloa, Juan Homar, Joaquín Isasi y Manuel Gispert. Para la acequia de Lorca, Juan Escofet y Francisco Angulo. Para la acequia de Alfaro, Bartolomé Amphoux. Para el muelle de Lastres, Gregorio Espinosa. Para el camino de Cataluña: Carlos Saliquet, Pablo Beaumont y José Cardoso. Para el camino de Valencia, Pedro Ara, Valentín Grimarest y Felipe Ramírez. Para el camino de Galicia, Joaquín Villanueva, Carlos Duparquet, Felipe de Paz y Fernando de Gaver, éste destinado al camino transversal desde La Coruña a Santiago¹¹⁵.

Los nombramientos efectuados por Sabatini nos permiten conocer que en aquel momento, en lo que se refiere a obras civiles, los ingenieros militares tenían como tareas prioritarias actuaciones en el canal de Castilla, y en los de Lorca y Alfaro, la construcción del muelle de Lastres y la dirección de los proyectos y obras en los nuevos caminos de Cataluña, Valencia, Galicia y transversal de La Coruña a Santiago.

Para dirigir el ramo de Arquitectura civil, el rey nombró a Francisco Sabatini. Es, sin duda, un nombramiento muy significativo. Llegado a España con Carlos III, el arquitecto Sabatini, que había actuado a las órdenes de Luigi Vanvitelli como segundo director de las obras del palacio de Caserta, en Nápoles, adquirió un protagonismo importante en la política de obras civiles del nuevo rey, el cual le hizo ingresar inmediatamente (en junio de 1760) en el cuerpo de Ingenieros, con el grado de ingeniero ordinario, así como en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Desde el primer momento tuvo una meteórica carrera, a la vez que demostraba su elevada capacitación dirigiendo la ordenación urbana de Madrid. En 1764 era ya ingeniero en jefe y coronel, y en 1772 brigadier. Su nombramiento para dirigir el ramo de Arquitectura civil del cuerpo de Ingenieros Militares tenía que ver con el designio de introducir una profunda renovación en este campo, acen-tuando precisamente la especialización en las diversas áreas de sus componentes.

Cuatro años después de estas reformas, el

comandante del Ramo de Fortificaciones, Silvestre Abarca, propuso un plan para aumentar el cuerpo de ingenieros y presentó diversos estados sobre los ingenieros existentes y las necesidades en España e Indias. Por ellos sabemos que de los 150 ingenieros que constituían el cuerpo en España, 111 se integraban en el ramo de fortificaciones, ocho en el de Academias y 31 en el de Caminos y Arquitectura civil; a ellos había que sumar los 56 ingenieros que trabajaban en Indias. Los 31 ingenieros que pertenecían al ramo de Arquitectura civil tenían los siguientes grados: un ingeniero jefe, siete ingenieros en segunda, diez ordinarios, siete extraordinarios y seis ayudantes de ingeniero, a los que había que sumar otros varios ingenieros que no estaban adscritos directamente a ningún ramo, pues habían sido destacados a Murcia a las órdenes del consejo y junta del Canal de Murcia. Seguramente contaba con ellos, y con un pequeño aumento, cuando proponía que el ramo de Arquitectura civil pasara a tener 38 ingenieros, con estas graduaciones: dos en jefe, ocho en segunda, diez ordinarios, diez extraordinarios y ocho ayudantes.

En aquellos años decisivos faltó capacidad para llevar hasta el final las reformas que se precisaban. El peso de la burocracia y de la estricta jerarquización, por un lado, y la edad relativamente elevada del cuerpo y, sobre todo, de algunas de sus figuras claves son, seguramente, los responsables —a nivel corporativo— de esa incapacidad de reacción. Respecto a las influencias de la edad hay que señalar que con mucha frecuencia el ingeniero permanecía activo durante toda su vida, y que comúnmente alcanzaban una avanzada edad. En una muestra de 50 ingenieros para los que se ha podido reconstruir toda su carrera profesional y su ciclo vital, hemos encontrado una edad media de sesenta y ocho años y una mediana de setenta y tres¹¹⁶. Como el pie del cuerpo era fijo y estaba establecido en 140 a partir de 1740 y en 150 desde 1765, las posibilidades de nuevos accesos quedaban a veces bloqueadas durante algún tiempo (cuadro 4), lo que impedía la renovación y la entrada de sangre joven.

Por otra parte, algunos de los jefes del cuerpo lo mandaron ya en avanzada edad o durante su vejez. Esto seguramente tuvo su trascendencia en momentos decisivos en que probablemente hacía falta introducir drásticas reformas. En 1774, al crearse el ramo de Academias, fue nombrado director del mismo el prestigio-

CUADRO 4
Ingenieros ingresados al cuerpo

Decenios	Total	Media anual
1711-1719	130	14,4
1720-1729	166	16,6
1730-1739	84	8,4
1740-1749	57	5,7
1750-1759	71	7,1
1760-1769	128	12,8
1770-1779	99	9,9
1780-1789	71	7,1
1790-1799	92	9,2
1800-1808	102	12,7
1711-1808	936	
Sin fecha clara de ingreso	24	
	960	9,9

Fuente: Elaborado a partir de H. Capel, J. E. Sánchez y O. Moncada, *De Palas a Minerva*, 1988, cuadro 23.

so Pedro Lucuce, director de la de Barcelona, que contaba ochenta y dos años y siguió residiendo en Barcelona. A su muerte, cinco años más tarde, le sucedió Juan Caballero, con sesenta y seis años. Cuando en 1784 murió el director del ramo de Fortificaciones, Silvestre Abarca, Caballero, que tenía setenta y un años y problemas de salud, fue nombrado para sustituirle, permaneciendo en el cargo hasta 1791, fecha en que murió con setenta y ocho años de edad. Se produjeron algunos episodios en esos años, como la reacción ante las críticas de Tadeo Lope y Aguilar al curso de Lucuce, pues, a pesar de su indudable valía, estas personas no eran las indicadas para adoptar las innovaciones que se requerían. Cuando en Francia y en otros países europeos las disciplinas matemáticas experimentaban profundos avances y cuando las academias militares incorporaban a su profesorado a científicos de gran valía, el cuerpo de ingenieros español perdió unos años decisivos sin saber adaptarse.

Nuevas corporaciones y competencia corporativa

En los años en que se introducían o se debatían las reformas a que acabamos de referirnos, se estaban, además, produciendo en España

cambios importantes que afectarían, a la larga, al mismo cuerpo de ingenieros. Me refiero a la aparición de otras corporaciones especializadas, tanto civiles como militares, que iban a realizar una clara competencia a la intervención de los ingenieros militares en obras públicas.

Desde el interior del estamento militar, la creación del cuerpo de ingenieros de marina en 1770 dejaba en manos de esta nueva corporación la dirección de todo lo relacionado con la construcción naval, la ingeniería de los arsenales y los proyectos hidráulicos. Desde el lado civil, las crecientes atribuciones concedidas a los miembros de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid y, secundariamente, a los de la Academia de San Carlos de Valencia o de San Carlos de México, así como el afianzamiento de las enseñanzas impartidas en estas instituciones, suponía la aparición de una corporación de arquitectos civiles con titulación y funciones claramente reconocidas. Las reales órdenes de 1777 y 1787 disponían que todos los cargos de arquitectos y maestros mayores de ciudades o cabildos eclesiásticos deberían ser ocupados por los académicos de San Fernando o de San Carlos. Ello significaba que el número de personas civiles capaces de ocupar estos puestos era ya suficientemente amplio, con lo que desaparecía la necesidad de recurrir a los ingenieros militares para la realización de esas tareas.

Desde la década de 1780 se tiene conciencia también de la necesidad de un cuerpo de ingenieros civiles de caminos, puentes y canales. El modelo era, sin duda, el *Corps de Ponts et Chaussées*, que existía en Francia desde comienzos de siglo y la Escuela que se había fundado en París en 1744 para la formación de los «Ingenieurs des Ponts et Chaussées». La estancia de Agustín de Betancourt como alumno de este centro en 1788 y la propuesta que realizó para la creación de un centro similar en España fue la ocasión para que cristalizara el proyecto para la constitución de ese cuerpo de ingenieros civiles, cuya necesidad se venía dejando sentir. El paso decisivo se dio en 1799 con la creación del cuerpo facultativo de Inspección General de Caminos y Canales; sus componentes llevarían la denominación de ingeniero de caminos y canales. Poco después se organizaban también sus estudios específicos, con la fundación en Madrid de una Escuela, que abrió sus puertas en 1802, para la formación de un personal técnico civil altamente capacitado para

diseñar y dirigir obras de ingeniería hidráulica, construcción de caminos y puentes y trabajos geográfico-geodésicos.

Con esta fundación, la intervención de los ingenieros militares en obras civiles, establecida por la ordenanza de 1718, dejaba de tener sentido. Aunque, a pesar de todas las dificultades que hemos señalado, la capacitación técnica alcanzada por éstos era muy estimable y era reconocida incluso por una figura tan exigente como el mismo Betancourt, nombrado inspector general de Caminos y director de la Escuela de estudios de este ramo. En sus escritos no deja de ponderar la capacitación alcanzada por los miembros de este cuerpo, y alaba, en particular, la figura de Le Maur e, implícitamente, reconoce también su valía cuando, al proponer la constitución del cuerpo de ingenieros civiles, desvaloriza a los arquitectos, pero no incluye en dicha apreciación negativa al conjunto de los ingenieros militares¹⁷.

Aun así, en los años finales del siglo la pugna latente entre los ingenieros militares y los miembros de otras corporaciones contribuyó alguna vez a poner en evidencia la falta de adecuación de los conocimientos que habían adquirido frente a las nuevas necesidades que se presentaban. El episodio del pantano de Puentes, en Lorca es, me parece, bien revelador. La presa fue construida —como ya hemos dicho— según proyecto del arquitecto Jerónimo Martínez de Lara, el cual había trabajado con Juan Escofet cuando éste estuvo en Lorca, y se consideraba un discípulo de dicho ingeniero. En la elaboración de su proyecto, Martínez de Lara utilizó la técnica de cimentación por pilotaje, tan difundida en los tratados de Belidor y Muller-Sánchez Taramas, y aplicada una y otra vez por los ingenieros militares españoles. Con motivo de la polémica planteada sobre la construcción de la presa, el ingeniero de marina Joaquín de Iburgüen criticó el diseño de la misma, aludiendo a la debilidad de su cimentación y al problema de las filtraciones¹⁸. Poco después de su informe, el 30 de abril de 1802 se confirmó la validez de estas críticas al producirse el estallido de la presa, provocada por la subpresión sobre los cimientos. Aunque en la construcción de la presa de Puentes no habían intervenido directamente ingenieros militares, indirectamente puede relacionarse su diseño con la tradición de los trabajos realizados por este cuerpo. En este sentido, la catastrófica rotura del embalse quizá pueda considerarse un indi-

cio significativo de la necesidad de nuevas técnicas constructivas y de nuevos conocimientos científicos. No carece de significación, a la vez, que el informe de un ingeniero naval resultara casi profético, mostrando con ello la existencia de una nueva corporación con saberes técnicos especializados y modernos. Junto a ellos, los ingenieros civiles de caminos, canales y puentes, con la exigente formación que se daba en la Escuela de Madrid, bajo la dirección de una figura científica tan brillante como Agustín de Betancourt que acabaría su carrera como ingeniero general del imperio ruso, se configuran en los años iniciales del ochocientos como la nueva corporación profesional que disponía de los conocimientos técnicos más modernos.

En cualquier caso, la aparición de los ingenieros civiles obligaba, sin duda, a redefinir las funciones de los ingenieros militares y a modificar los planes de estudios seguidos en los centros de ingeniería militar. La ordenanza de 1803 y las reformas de las academias militares, con la refundición de todas las de ingenieros en la de Alcalá de Henares, con la adopción de nuevos programas de estudios, constituyen el resultado más claro de todos estos cambios que redujo a los ingenieros militares a sus tareas más específicamente castrenses. A pesar de ello, el lento crecimiento de la corporación de ingenieros de puentes y caminos y canales no dejaría de obligar a estos ingenieros a participar en algunas tareas civiles durante el XIX.

NOTAS

¹ Las cuestiones abordadas en esta conferencia son tratadas más ampliamente en la siguiente obra: H. Capel, J. E. Sánchez y O. Moncada: *De Pallas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*. Barcelona, Ediciones El Serbal, 1988 (en publicación). En el marco del mismo proyecto de investigación se han elaborado también los siguientes trabajos: H. Capel, L. García, O. Moncada, F. Olive, S. Quesada, A. Rodríguez, J. E. Sánchez y R. Tello: *Los Ingenieros Militares, siglo XVIII. Repertorio biográfico e inventario de su labor científica y espacial*. Barcelona: Ediciones Universidad, 1983, 496 págs.; J. E. Sánchez: *Los ingenieros militares y las obras públicas del siglo XVIII*, conferencia en el ciclo *Las Obras Públicas en España*, mayo 1986, Madrid CEHOPU (en publicación), y H. Capel: *Cursos manuscritos y textos impresos en enseñanza científica de los ingenieros militares*, Comunicación al coloquio «La ciencia y la técnica en la América Española, siglo XVIII», organizado por la Casa de Velázquez, Madrid, mayo 1987, «Asklepio», CSIC, 1988 (en publicación).

² AGS GM, leg. 2994, 55 págs. sin autor y sin año; el proyecto ha sido atribuido a Verboom y fechado en 1715, pero dicha atribución es dudosa.

³ Para establecer *Academia Militar en Badajoz, o sea en otra Ciudad...* AGS GM leg. 2994, 44 págs.; a continuación de *Discurso y proyecto...*, cit. en nota 42, sin autor y sin fecha.

⁴ *Proyecto sobre establecimiento formal de la Academia de Barcelona, dispuesto por el Director de ella Don Matheo Calabro, Año de 1724*, AGS GM, leg. 2994, MS 32 pág.

⁵ Cit. por A. Lafuente, *La enseñanza de las ciencias durante la primera mitad del siglo XVIII*, en Estudios dedicados a Juan Peset Aleixandre, Universidad de Valencia, 1982, pág. 482. Según comunicación de Calabro de fecha 24 de febrero de 1736, los alumnos que entonces habla en la Academia hablan cursado estudios «de dos años a esta parte y por haber en ella aprendido la aritmética literal, geometría especulativa, la práctica sobre el terreno, estática, maquinaria, hidrostática, artillería, fortificaciones y cosmografía se ocupan hoy en practica de dibujo» cit. por Pozo y Travvy: *La ciencia invade el arte*, Ms. inédito, Museo Militar de Montjuich, págs. 139-140.

⁶ SHM Biblioteca central Militar, Madrid, *Ingenieros*, Leg. 18-1-2 (1); y Portugués, *Colección General de las Ordenanzas Militares*, 1764, VI págs. 858-883. Las ordenanzas están firmadas por Casimiro de Uztáriz.

⁷ Así se alude concretamente al referirse a los aspirantes caballeros particulares, los cuales deberían hacer sus instancias al director del centro «justificando con papeles auténticos ser naturales de los dominios y provincias de la monarquía; de conocida nobleza, o ciudadanos honrados, de buena conducta, y de la edad referida» (art. 7 de la Ordenanza de 1739).

⁸ Véase Capel, H.: *Geografía y Matemáticas*, 1981, cap. II, en lo que se refiere a la actividad de Torres Villarroel en la Universidad de Salamanca, y págs. 119-123 sobre el Colegio Imperial.

⁹ *Ordenanzas*, de 1739, art. 3; el programa de estudios en los arts. 11 a 15.

¹⁰ *Ordenanza de Su Magestad para las Escuelas Militares de Mathematicas [1751]*, Barcelona. Por Francisco Suriá, 1775, arts. 53 a 78.

¹¹ *Escuela de Matemáticas Definición i division de la Mathematica*, MS 6901 de la Biblioteca Nacional de Madrid, 126 hojas. En la primera hoja se indica «Este libro de Mathematicas explicado por D. Mat^e Calabro es de D. Blas de Lana. Se escribió en el año de 1724».

¹² Este manuscrito, fechado el 1 de abril de 1733 se conserva en la Biblioteca Universitaria de Salamanca y ha sido estudiado por Fernando R. de la Flor (1987, inédito), a quien agradezco su amabilidad por haberme facilitado una copia del trabajo.

¹³ *Ordenanzas* de 1739, arts. 9 y 23.

¹⁴ *Reglamento, Ordenanza e Instrucción*; de 1751, título I, art. 4.

¹⁵ El manuscrito *Curso Matemático para la instrucción de los Militares* conservado en la Biblioteca Central de Ingenieros, hoy en el SHM (ML-R-235-A, M. 1028 y sigs.) perteneciente a Antonio Remón del Valle, comprende siete tratados en siete tomos y fue copiado por este alumno a partir de 1759. El tomo I aparece firmado en Orán a 19 de septiembre de 1759, y el V en Barcelona el 14 de mayo de 1761. Otro Ms. de Antonio Sangerin firmado el 16 de junio de 1782 es muy esquemático e incompleto, ya que empieza con el tratado de «Geometría especulativa» y finaliza con el de «Secciones cónicas» (ML-R-235, M. 1025). Según

A. Carrasco y Sayz en la misma biblioteca existe otro Ms. de Carlos Cabrer, que incluye también el tratado VIII, en el que se indica que lo explicó don Antonio Figueras, siendo director don Pedro Lucuce, y acabado de copiar el 30 de junio de 1776; en este curso al comienzo del tomo VI se incluye una relación de las «preguntas para el examen de cosmografía». No hemos podido localizar dicho Ms. Otros manuscritos conservados en esta biblioteca, según Carrasco y Syz, son los siguientes: 3) Copia de Antonio Barruchi, cadeta de caballería en el regimiento de Borbón, terminado en 1776, con el título *Curso Matemático*. En el tomo II, *De la Geometría Especulativa* se indica que fue dictado por don Antonio Figueras, capitán de Ingenieros, en 1774, y en el tomo IV que fue dictado por el capitán de infantería Antonio Zara, ingeniero ordinario y profesor de la Academia de Barcelona. 4) *Curso Matemático*, copiado por Bernardo Zebollino, 11 de febrero de 1771. 5) *Curso Matemático*, regalado por el marqués del Socorro. Otros cursos se conservan también en el Archivo Facultativo del Arma de Artillería. Las noticias proceden de Carrasco y Sayz, *Apuntes*, «Memorial de Artillería, xx», 1889, págs. 591 y sigs., el cual estudia en detalle los tratados de artillería. En la Biblioteca del Museo Militar de Montjuich, de Barcelona se conserva un volumen con el título de *Academia Militar* que posee 269 hojas y 14 láminas y contiene los tratados 3.^o y 7.^o Para otros ejemplares del *Curso matemático*, véase más adelante nota 18.

¹⁶ Ms. *Academia Militar* de la Biblioteca del Museo Militar de Montjuich, tratado 3.^o Introducción.

¹⁷ Ms. *Academia de Matemáticas*. Biblioteca Museo Militar de Montjuich. Tratado 7.^o, Introducción.

¹⁸ Tratado 8.^o de *Arquitectura Civil del Curso de Matemáticas* dictado por Claudio Martel, finalizado en Barcelona el 18 de febrero de 1778, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, citado según Bonet (Dir.) *Biografía de Arquitectura, Ingeniería y urbanismo en España*, Madrid, Ed. Turner, 1980, I, núm. 417.

¹⁹ Un intento de repertorio biográfico del conjunto de esta corporación puede verse en H. Capel y otros: *Los Ingenieros Militares en España. Repertorio biográfico e inventario de su labor científica y espacial*, op. cit., en nota 1. Desde la publicación de esta obra en 1983 hemos seguido reuniendo información, que está en el Departamento de Geografía Humana de la Universidad de Barcelona.

²⁰ Véase H. Capel y otros, 1983, op. cit., en nota anterior. Una explotación de esta documentación en los aspectos referentes a la intervención en obras públicas ha sido realizada por J. E. Sánchez, op. cit., en nota 1.

²¹ AGS, Marina, leg. 712, carta de Feringán fechada en Cartagena el 12 de mayo de 1750; cit. en J. P. Merino: *Cartagena: el Arsenal ilustrado del Mediterráneo español*, «Areas», Murcia, núm. 1, 1981, págs. 40-52.

²² Exposición del conde de Aranda al Rey, 21 de septiembre de 1756, sobre la creación de la Real Sociedad de Matemáticas de Madrid, cit. por Clonard, 1847, págs. 29 y sigs.; y *Disposiciones del Conde de Aranda, director General de Artillería e Ingenieros*, octubre 1756, AGS GM, legajo 2998, en SHM colección Aparici, vol. LV, documento 6017.

²³ *Licencia concedida por el Ilmo. Sr. Inquisidor General al Director y Cinco Ayudantes para leer y retener libros prohibidos por el Santo Oficio*, 25 de abril de 1761, en *Reglamento, Ordenanzas e Instrucción*, 1751. Ed. Barcelona, 1975. Resoluciones posteriores, págs. 110 y sigs.

²⁴ A. Lafuente y J. L. Peset, *Las Academias Militares y la inversión en ciencia en la España ilustrada (1750-1760)* «Dynamis». Universidad de Granada, vol. 2, 1982,

págs. 207-208. El resto de esta cantidad se dedicaba a alquiler de la casa (11.000 reales), acondicionamiento de locales (9.600) otro personal (14.195) y material científico (16.128). En el presupuesto inicial de 100.000 reales al año las gratificaciones mensuales previstas para los miembros iban desde 450 reales para el director, 333 para Dutuly y Lemaur, 250 para Garland y Cardoso, y 200 para los restantes; el primer portero recibía 180, el segundo 150 y los salarios de los dos modelistas en madera y un modelista en herraje ascendían a 900 reales mensuales. Los gastos de alquiler ascendían a 916 reales al mes y se destinaban para otros gastos 3.770 reales mensuales. (Véase Carrasco y Sayz, *Apuntes*, «Memorial de Artillería», Madrid XX, 1889, pág. 611.)

²⁵ *Inventario de los libros que se han comprado en la Sociedad Real de Matemáticas para su creación y existen en ella*. Archivo General del Colegio de Artillería de Segovia. Reproducido en Carrasco y Sayz, *Apuntes*, vol. xx, 1889, págs. 469-476. En la biblioteca figuraban obras de física de La Caille, Mariotte, Maupertuis, Bouguer, Mayran, Ozanam, Perrault, Rohault, Trabant, etc. Detrás de las de matemáticas y física las obras más numerosas pertenecían a arquitectura, teoría y práctica militar, fortificación e ingeniería militar, pesos y medidas, artillería y geografía. Es posible que en la selección de esta biblioteca interviniese Jorge Juan que anteriormente había seleccionado obras para las de las Academias de Barcelona y Cádiz. En agosto de 1754 formó una relación de 41 obras francesas, en 77 volúmenes, destinadas a este último centro, *idem.*, págs. 467-468.

²⁶ AGS GM, leg. 3030 *Relación y Estado General de los Libros, Ynstrumentos Modelos, Muebles y Efectos que corresponden a S.M. y se han hallado existentes en la Real Academia Militar de Matemáticas de Barcelona quando falleció el Brigadier e Yngeniero en Gefe Don Miguel Taramas, Director de ella*.

²⁷ AGS GM, leg. 5859. El 14 de mayo del mismo año, el Obispo de Jaén, inquisidor general tras el examen del inventario realizado a la muerte de Sánchez Taramas, devolvió una relación de obras prohibidas, en la que aparecen autores como Sacrobosco, la Enciclopedia de Diderot (excepto los tomos dedicados a instrumentos) que debía quemarse, los 94 volúmenes de las actas de Leipzig, alguna obra de d'Alambert, Moreri, Langsberge, Chevigni, el Atlas Minor de Mercator, Grotius y otras obras hasta un total de 14, entre las cuales se encuentra también *A complete catalogue of Modern Books* con la observación siguiente: «Estos Catálogos suelen contener la nomenclatura de muchos libros malos, y se debe mandar estén reservados, y custodiados de los que no los necesiten» AGS., GM, leg. 5895.

²⁸ Véase en este mismo Simposio el trabajo de Omar Moncada: *Intervención de los Ingenieros Militares Españoles en la obra hidráulica de Nueva España: siglos XVII y XVIII*.

²⁹ Datos del mismo Floridablanca en su Memorial de 1792, cit. por Romeu de Armas, *Ciencia y Tecnología en la España ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales*, Madrid, Turner, 1980, págs. 252-261, y, en general, todo el capítulo x; Santos Madrado: *El sistema de transportes en España, 1750-1850*, Madrid COCC y P y Ed. Turner, 1984.

³⁰ ACA, Com. Ings. caja 140, expediente Panón. Los datos que a continuación damos fueron reunidos, en lo esencial, con ocasión del trabajo colectivo reseñado en la nota 19.

³¹ SHM, cartoteca, núm. 8271 y ACA, Com. Ings. c. 141, Exp. Fabre.

³² ACA, Com. Ings. c. 119, exp. Ara.

³³ ACA, Com. Ings. c. 125; y SHM, cartoteca, núm. 9753 y 9750. La obra estaba terminada en marzo de 1765 y Cabrer fue destinado a Gerona.

³⁴ ACA, Com. Ings. c. 128, exp. Escofet.

³⁵ ACA, Com. Ings. c. 136, exp. P. Martín Cermeño.

³⁶ Cit. por José Almirante: *Bibliografía Militar de España*, Madrid, M. Tello, 1876.

³⁷ ACA, Com. Ings. c. 125, exp. Caballero. En 1771, Pedro Martín Cermeño, después de haber estado destinado durante algún tiempo en Mallorca, regresa a Barcelona y se encarga de dirigir las obras del «nuevo camino» ACA, Com. Ings. c. 136, exp. P. Martín Cermeño.

³⁸ AGS GM, Leg. 3325 y MPD XX-23 Mapa firmado por Miguel Moreno el 1 de febrero de 1773 y remitido por don Felipe de Cabanas al conde de Riela.

³⁹ AGS GM, leg. 3325, 2 mapas firmados por Carlos Saliquet el 25 de febrero de 1775 y 5 de marzo de 1776, MPD XX-24 y 25.

⁴⁰ Carta de Fco. Sabatini a don Miguel Muzquiz de 18 de mayo de 1777, acompañando unos perfiles del camino nuevo de Cataluña, AGS Sa y Sa de Ha leg. 916, MPD XXXIX-11.

⁴¹ Carta de Sebastián Rodolphe a don José de Campillo con plano y relación para componer el camino del puerto de Retascón, AGS GM leg. 3516 y MPD XXII-67 y XXVII-42.

⁴² En noviembre de 1778 Jorge Sicre y Béjar es comisionado a Aragón para firmar un proyecto de un camino real de Zaragoza a Lérida por Monzón o Fraga; también debe reconocer en Lérida el puente de esta ciudad (ACA, Com. Ing. c. 148, exp. J. Sicre y Béjar). Sobre la actividad de Joaquín de Villanueva, véase AGS Sa y Sa de Ha, leg. 921, carta de Sabatini a Miguel de Múzquiz de 31 de marzo de 1778 acompañando 2 planos de los avances que se realizan MPD XII-69 y 70.

⁴³ AGS GM, leg. 3520 y MPD XXIX-30, «Mapa del Puerto de Guadarrama y sus contornos en que se demuestra la dirección del camino que se proyecta abrir para la mayor comodidad y seguridad del paso», por Francisco Nangle.

⁴⁴ AGS GM, leg. 3520 y MPD XXXVIII-81 y 82.

⁴⁵ AGS GM, leg. 3527, MPD XIII-97 y XXXIX-47.

⁴⁶ Cit. por Alzate Minongo: *Las obras públicas en España*, ed. Madrid, 1979, pág. 276.

⁴⁷ Como Pedro Hermenegildo Vidaur y José y Cipriano Gararorri en 1753, AGS Sa y Sa de Ha, leg. 920, MPD XXIV-46 y 47 XVII-31.

⁴⁸ AGS Sa y SA de Ha leg. 917 carta de Rodolphe al marqués de la Ensenada de fecha 14 de octubre de 1748 y «Mapa ydeal en que se demuestran los caminos desde la ciudad de Burgos a las villas de Laredo, Santoña y Santander», MPD XXI-55.

⁴⁹ «Plano, perfil y elevación del Puente de Cartes, uno de los IX que se ejecutan desde Santander a Reinosa en la Real Carretera a Vurgos» por José Santos Calderón AGS Sa y Sa de Ha, leg. 917, MPD XXI-54.

⁵⁰ Ildefonso Güell: *Brave reseña de la fortificación antiguas obras de defensa y actuación de los ingenieros del ejército en las obras civiles de España*. «Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona», 1941, págs. 315-334.

⁵¹ ACA, Com. Ings. c. 133, exp. Le Maur.

⁵² AGS Sa y Sa de Ha, leg. 915. Carta del Ingeniero Duparquet sobre el puente de Acedama y plano y perfil del mismo, MPD XII-132; Carta de Carlos Le Maur al marqués de La Croix de 29 de junio de 1765 acompañando el «Mapa en que se ve el modo de hazer mas dulce la suvida de la cuesta que junto a Betanzos se halla el sitio de San Lorenzo», por Carlos Duparquet, leg. 915, y MPD XXXVIII-97.

⁵³ «Representación de cinco de las seis piedras que se han hallado a 720 toesas, medidas desde el medio del puente de la Torre, yendo al Manzanal, cavando el Camino nuevo sobre la Dirección de la antigua Via Militar que conducía desde Astorga a Bergidum, descubierta en 1764 por el theniente Coronel de Ingenieros Don Carlos La Maur» con carta de Le Maur a don Miguel de Múzquiz fechada en Bemibre el 1 de septiembre de 1767 AGS Sa y Sa de Ha, leg. 911, MPD XXXVIII-93.

⁵⁴ Diseño del puente de las cascás y carta de Le Maur al marqués de La Croix, La Coruña, 22 de mayo de 1764, AGS Sa y Sa de Ha, leg. 915 MPD XXII-128.

⁵⁵ Carta de Mariano Leopart al marqués de Casa Tremañes de 21 de marzo de 1771, AGS Sa y Sa de Ha, leg. 915; MPD XXII-22, 23, 24 y 25.

⁵⁶ AGS Sa y Sa de Ha, leg. 915; MPD XXXVIII-96 con unas advertencias sobre el gobierno y arreglo de los trabajos y consistencia del nuevo camino real de Galicia por Baltesar Ricaud, La Coruña, 30 de mayo de 1770.

⁵⁷ Güell, 1941, *op. cit.*, en nota 50.

⁵⁸ AGS Sa y Sa de Ha, leg. 922 y MPD XXII-19, 20 y 21.

⁵⁹ SHM, cartoteca, núm. 2963.

⁶⁰ Güell, 1941, *op. cit.*, en nota 50.

⁶¹ AGS GM, leg. 3002; en esta fecha Valentín Legallois pertenecía al Ramo de Caminos.

⁶² Mapas del camino desde el punto de Almansa al Cácer, desde la ciudad de Valencia a la Villa de Mingranilla en la Mancha, y de los pueblos del Júcar, con cartas del Ingeniero jefe Pedro Ara a don Miguel Múzquiz, desde enero a octubre 1776, AGS Sa y Sa de Ha, leg. 910, MPD XII-82, 84 XVI-200-201.

⁶³ AGS Sa y Sa de Ha, leg. 921 y MPD XXI-56.

⁶⁴ Cit. por Almirante, *op. cit.*, en nota 36.

⁶⁵ Datos de Ignacio de Asso: *Historia de la Economía Política de Aragón*.

⁶⁶ En Zaragoza, por Francisco Megallón, 1798, págs. 60 y sigs. Jerónimo Uztáriz: *Teórica y práctica de comercio y Marina* (1742), Madrid, Aguilar 1968, cap. LXXII.

⁶⁷ Güell, 1941, *op. cit.*, en nota 50; y Alzate Minongo, ed. 1979, *op. cit.*, en nota 46, pág. 279. Sobre el tema de la navegabilidad del Ebro puede verse también Cirac.

⁶⁸ Marcos T'Serstevan realizó un «Plano o mapa de una porción del río Ebro próximo a la villa de Flix en donde se demuestra el azud como también los pasos por donde suben y baxan las barcas... (y) se propone una ynclusa o seso colocada al extremo del azud, río arriba»; y «Plano y perfiles en grandes correlativos al plano de la ynclusa o Sasso que se propone para la navegación y paso de las barcas en el río Ebro de la villa de Flix y al extremo de su azud» firmados ambos el 4 de febrero de 1748. Miguel Marín, por su parte, realizó un «Mapa de una porción del río Ebro a quatro y medio distante de la villa de Flix por la parte de arriba así a poniente, en donde se halla el azud (y)... se propone hazer una enclusa doble en la boquera por donde suben dichas embarcaciones»; y un «Plano y perfiles de una enclusa doble», firmados el 25 de octubre de 1748. Ambos fueron enviados por Marín a don José de Constamania, AGS GM, leg. 3557, MPD X-48 y 49, VIII-140 y 141; y SHM, cartoteca 9158.

⁶⁹ «Plano original del puerto de Los Alfaques y del curso del río Ebro desde Amposta hasta el mar, levantado para proyectar un canal por el coronel e yngeniero director Dn Miguel Marín, año 1749» y AGS GM lg. 3326, MPD XX-26.

⁷⁰ En 1750 dibuja un mapa del curso del Ebro y la desembocadura del canal del puerto de Los Alfaques (CH).

⁷¹ Mapa de Felipe Crame y cartas del conde de Gages al marqués de la Ensenada. Pamplona, 24 de octubre de 1752, AGS GM, leg. 3605, MPD XI-37.

⁷² Oleachoa: *El conde de Aranda y el «Partido Aragonés»*. Universidad de Zaragoza, 1966, pág. 100.

⁷³ ACA, Com. Ings. c. 148, exps. J. y F. Sicre y Béjar.

⁷⁴ Ignacio de Asso, 1978, *op. cit.*, en nota pág. 60 sobre estas obras véase también J. I. Fernández Marco: *El canal Imperial de Aragón. Estudio geográfico*. Zaragoza, CSIC, 1961, 180 págs.

⁷⁵ Cartas de Francisco Llovet a Silvestre Abarca de 23 de mayo de 1778 y al conde del Asalto de 30 de abril de 1779, AGS GM legs. 3326 y 3327. MPD XX-26 y VIII-127.

⁷⁶ Véase sobre ello Jordi Oliveras Samitier: *Nuevas Poblaciones en la España de la Ilustración*. Tesis doctoral. Escuela Superior de Arquitectos, Universidad Politécnica de Barcelona, 1983, págs. 449 y sigs.

⁷⁷ MS en 21 hojas. Cit., por Almirante 1876, *op. cit.*, en nota 36.

⁷⁸ Almirante 1876, *op. cit.*, en nota 36.

⁷⁹ E. Llaguno Amirola: *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración*, Madrid 1829, vol. iv.

⁸⁰ Véase sobre este episodio A. Meijide Pardo: *El Plan Lemans sobre los Juncuales de Betanzos en el siglo XVIII*, «Estudios Geográficos», Madrid, número 102, 1966, págs. 75-105.

⁸¹ Mapas en SHM, cartoteca núm. 1419 y 3198. La referencia al Proyecto en Almirante, 1876, *op. cit.*, en nota 36.

⁸² ACA, Com. Ings. c. 119, exp. Ara.

⁸³ Mapa de 1760 en SHM, cartoteca núms. 1421 y 3214; en 1774, Fernando Ulloa, ingeniero en seguida y estaba destinado al Ceral de Castilla AGS GM leg. 3002.

⁸⁴ ACA, Com. Ings., c. 148. Exp. Sicre.

⁸⁵ Véase sobre ello H. Capel: *Lorca, capital subregional*, Lorca, 1968, 260 págs. y en particular págs. 38-48; y M. T. Pérez Picazo y G. Lemeunier: *Agua y conyuntura económica. Las transformaciones de los regadíos murcianos (1450-1926)* «Geo Crítica». Universidad de Barcelona, núm. 58, julio 1985, 88 págs.

⁸⁶ Verboom: Reconocimiento de los Rios Castril y Guadal MS 10 hojas, cit. por Almirante, 1876, *op. cit.* en nota 36; y «Mapa de parte de la jurisdicción de los Reynos de Granada y Murcia». Biblioteca Nacional de Madrid.

⁸⁷ A. Merino Alvarez: *Geografía histórica del territorio actual de la Provincia de Murcia*, Madrid, 1915, pág. 475.

⁸⁸ Musso y Fuentes: *Historia de los riegos de Lorca y de los ríos Castril y Guardal, o del Canal de Murcia y de los Ojos de Archivel*, Murcia, 1847, págs. 207 y 219.

⁸⁹ Espín Rael, Joaquín: *El arquitecto Martínez de Lara y el famoso Pantano de Lorca*, 1926, 47 págs.

⁹⁰ Musso y Fuentes, 1847, *op. cit.*, en nota 88, pág. 208.

⁹¹ Musso y Fuentes, 1847, *op. cit.*, en nota 88, pág. 208.

⁹² AGS GM leg. 3002. Era en aquel momento ingeniero en segunda.

⁹³ Espín Rael, 1926, *op. cit.*, en nota 89.

⁹⁴ ACA, Com. Ings., c. 119, Exp. Ara.

⁹⁵ Carta de Antonio Ulloa al marqués de la Ensenada de 9 de mayo de 1753 incluyendo un extracto del proyecto y copia de mapa AGS, Sa y Sa de Ha, leg. 851, MPD II-29.

⁹⁶ «Diseño de una porción del río Guadalquivir demostrando sus tornos desde Sevilla hasta las ysles Maior y Menor como lo que convendrá el Corte del torno de Corla para facilitar la navegación» s.a. 24 julio 1753, AGS Sa y Sa de Ha, leg. 851 MPD XV-128.

⁹⁷ ACA, Com. Ing. c. 132 exp. Loblet.

- ⁹⁸ ACA, Com. Ing. c. 132 exp. González de Villamar.
- ⁹⁹ Güell, 1941, *op. cit.*, en nota 50.
- ¹⁰⁰ AGS GM leg. 3517 y MPD XXVIII-12 con «Plano de la Real Acequia del Río Jarama para regar las tierras del Rey y las vegas de San Martín, Ciempozuelos y otras» 1717 por Juan de la Clime.
- ¹⁰¹ Llaguno Amirola, *op. cit.*, en nota 79.
- ¹⁰² ACA, Com. Ings., c. 148, Exp. Fermín Sicre.
- ¹⁰³ ACA, Com. Ings., c. 148, Exp. Jorge Sicre y AGS GM, Legs. 3519 y MPD XXII-49 (y quizá también XXIX-81, XXXVIII-119 y 120).
- ¹⁰⁴ «Plano particular de porción del Río Henares desde la junta o confluente con Sorbe hasta distancia en que se indican los parages que se refiere puede elegirse la situación de la presa y Bocal para la Acequia de Regadío que se proyecta para las campiñas de Guadalupe y Alcalá» por Manuel de Navacerrada, Madrid, 19 de abril de 1770, con otros siete planos más referentes al mismo proyecto AGS, Sa y Sa de Ha, leb. 3519, MPD XXIX-82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89 y XXII-50 y 51.
- ¹⁰⁵ Miguel Hermosilla: *Dictamen sobre la necesidad y utilidad de la continuación del canal de Manzanares hasta el Real Sitio de Aranjuez: la de la Navegación del Tajo desde su nacimiento hasta el mismo sitio y la del Guadiela hasta que se une con el Tajo; con un cálculo de las ventajas que esta navegación traería a la Corte, al Reyno, al coste de toda la obra y el modo más económico de hacerla*, Dado de orden superior, 1791, reimpresión 1804 (según Palau), Este dictamen fue acompañado del correspondiente mapa firmado al año siguiente (*Fuentes cartográficas Españolas*, Madrid CSIC, vol. i, 1973, pág. 154).
- ¹⁰⁶ ACA, Com. Ings. caja 132 (exp. González Villamar).
- ¹⁰⁷ Espín Rael, 1926, *op. cit.*, en nota 89.
- ¹⁰⁸ Silvestre Abarca: *Descripción de la situación del lugar de Montiel, los nacimientos de los ríos Javalón y Aznel, Acompañado de los mapas ideales, particular y general que demuestran el curso de los expresados ríos y manantiales que llaman Ojos de Montiel en la disposición que se hallaban el día 6 de octubre de 1752*. MS cit. por Almirante 1876, *op. cit.*, en nota 36.
- ¹⁰⁹ Espín Rael, 1926, *op. cit.*, en nota 89.
- ¹¹⁰ Cit. por Almirante, 1879, *op. cit.*, en nota 36.
- ¹¹¹ *Fuentes cartográficas españolas*, 1973, i, pág. 153.
- ¹¹² SHM, cartoteca núms. 1176, 1352, 1353, 1170, 2698, 2746, 2877 y 2878.
- ¹¹³ AGS GM, leg. 3002, 15 de septiembre de 1774; en Aparici, LIV, doc. 6033, 6142 y 6143.
- ¹¹⁴ Abarca al Conde de Ricla, 25 de octubre de 1774; AGS GM leg. 3002; en Aparici LIV, doc. 6144.
- ¹¹⁵ AGS GM, leg. 3002; en Aparici LIV, docs. 6146 y 6147.
- ¹¹⁶ H. Capel, J. E. Sánchez y O. Moncada: *De Palas a Minerva*, *op. cit.*, en nota 1, cuadros 26 y 27.
- ¹¹⁷ Resumen de Armas, 1980 (*op. cit.*, en nota 29), págs. 61 y 265.
- ¹¹⁸ Sobre ellos, J. Musso y Fuentes, 1847, y J. Espín Rael, 1926, *op. cit.*, en notas 88 y 89.

Abreviaturas:

ACA: Archivo de la Corona de Aragón, Barcelona.

AGS: Archivo General de Simancas.

SHM: Servicio Histórico Militar, Madrid.