

LAZOS DE UNIÓN ENTRE LA INGENIERÍA CIVIL Y LA INGENIERÍA MILITAR

Discurso de ingreso como Académico Correspondiente de D. Manuel Fernández Cánovas, Dr. Ing. de Construcción. Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid

Excelentísimo Señor Presidente de la Academia Malagueña de Ciencias. Ilustres señoras y señores.

Quiero que mis primeras palabras sean para agradecer la presencia de las autoridades, de los compañeros, amigos y familiares, que han tenido la amabilidad de acompañarme en este acto, para mí entrañable.

Acepto este gran honor con que me habéis distinguido, con agradecimiento y satisfacción y también, cómo no, con humildad por haberme invitado a pertenecer a una Academia con una amplia historia, cuyos miembros han alcanzado a lo largo de su vida profesional, una altura científica, técnica y cultural que estimo lejos de mis logros personales.

He de agradecer muy especialmente a los Ilustres señores: D. Vicente Gómez Navas, D. Miguel Álvarez Calvente, D. Alfredo Asensí Marfil y D. Manuel Olmedo Checa su amabilidad al proponer mi candidatura a la Academia, así como a los miembros que me habéis hecho el honor de aceptarme en su seno.

Mi trayectoria profesional se ha desarrollado fundamentalmente a lo largo de dos caminos paralelos e intercomunicados: el de la ingeniería civil y el de la ingeniería militar. El primero, en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad Politécnica de Madrid y en el ejercicio libre de la profesión. El segundo, originariamente como artillero y actualmente Ingeniero de Armamento y Construcción, con destinos en el Laboratorio de Ingenieros del Ejército, Dirección General de Industria y Material, Estado Mayor Central, y otros. En ambos caminos, mis actividades han estado relacionadas siempre con la investigación y la docencia.

Esta larga vida profesional simultaneada en estos dos ámbitos, yo diría que en un

cincuenta por ciento en cada uno, ha hecho que, después de pensar mucho sobre el tema a elegir para este discurso, me decantase hacia el análisis de la andadura de estas dos ingenierías a lo largo de su historia y de lo mucho que debe nuestra sociedad a su labor, de aquí que el título elegido sea:

Lazos históricos entre la ingeniería civil y la ingeniería militar

En esta exposición voy a presentar de forma sucinta el papel protagonizado por la ingeniería en el desarrollo de la construcción en España, aunque, en ocasiones, tenga que referirme forzosamente también al prestado en Europa dada la influencia y vinculación que siempre ha tenido la ingeniería europea con la española. Soy consciente de que el tema tocado es de una gran importancia y amplitud y que sobre él podrían escribirse muchos tomos por historiadores mucho más cualificados que la persona que os habla, pues son muchos los acontecimientos que forman la historia de la ingeniería de la construcción y en los que han intervenido figuras muy relevantes, desde el punto de vista técnico y científico, y que han sido los verdaderos forjadores de la misma.

Al hablar de ingeniería de construcción forzosamente tenemos que referirnos a los ingenieros militares, dado que éstos durante muchos siglos y hasta prácticamente el final del siglo XVIII, en que aparece la figura del Ingeniero Civil en Europa y de Caminos y Canales en España, tuvieron que ocuparse no sólo de la construcción de castillos durante la Edad Media y posteriormente de fortalezas, sino también de divulgar la enseñanza de Matemáticas en Academias Militares, de la construcción de obras de infraestructura: como caminos, puentes, canales, del desarrollo de la telegrafía, aviación, etc.

La aparición del ingeniero civil no fue óbice para que durante muchos años los ingenieros militares compartiesen la ejecución de obras de infraestructura con ellos. La labor desarrollada por los ingenieros militares en España, así como en su Imperio y posesiones de ultramar, fue muy eficaz y meritoria no siendo de extrañar que muchas de las obras realizadas por ellos estén declaradas Patrimonio Histórico y Bienes de Interés Cultural. La contribución de los ingenieros militares a la Ciencia y al Patrimonio es incuestionable.

La Ingeniería hasta la Reconquista

Aunque hay noticias de que en España ya existían castros gallegos en el 1000 a. C. y son conocidas las obras de fortificación celtibéricas como las de Numancia e ibero-edetanas como las de Sagunto, fuera de nuestras fronteras se puede decir que es en el s. IV a. C. cuando nace la poliorcética (según el Diccionario de la RAE.: *arte de atacar y defender de plazas fuertes*), de la mano del griego Demetrius Poliorcetes, pero, la ingeniería constructiva se desarrolla en Grecia con Eupalinos de Megara, Crates, Theophylactos y Sóstrato de Cnido a quién se atribuye la construcción del faro de Alejandría. Persia tuvo grandes ingenieros militares entre los que cabe destacar a Mandrocles de Samos y a Artaquoas. Con Alejandro Magno se hizo célebre el ingeniero militar y arquitecto macedonio Dinócrates por construir la ciudad de Alejandría.

Los romanos no solamente nos legaron la lengua y el derecho sino también la ingeniería constructiva pudiendo decirse con seguridad que: si Grecia fue Arquitectura, Roma fue Ingeniería. Muy pocos son los nombres de ingenieros y arquitectos romanos que han llegado a entrar en la Historia, quizás por ser Roma un imperio militar en el que todas las obras eran patrimonio, en todos los sentidos, del emperador y nadie podía eclipsar su figura. No obstante, son celebres Marco Vitrubio Polion, (s. I a. C.), quién se distinguió como un gran arquitecto y como un gran ingeniero militar diseñando artilugios de ataque y defensa, así como elementos para pasos de ríos. En sus diez libros "De Architecture", siete los dedica a la arquitectura, uno a hidráulica, otro a la construcción de cuadrantes solares y otro a mecánica y sus aplicaciones militares.



Fig. 1. Puente de Alcántara (Cáceres)

Sexto Julius Frontinus, fue un ingeniero militar célebre por su libro *Aguas Urbis Romae*. Otros ingenieros también famosos fueron: Nonius Datus, Publio Bebio Venusto, y Cayo Quirino al que se debe la construcción del acueducto de Fuenteovejuna; Lucio Lucrecio Denso, autor de la calzada de Vinuesa, Cayo Servio Lupo Aeminiense que construyó el faro de Hércules y por último, Cayo Julius Lacer que en el s. II construyó el célebre puente de Alcántara (Fig. 1).



Fig. 2. Acueducto de Ferreras (Tarragona)

Roma imprime un gran desarrollo y perfección a la construcción como queda demostrado en los abastecimientos de agua a poblaciones con toda clase de infraestructuras en forma de canales y acueductos (Fig. 2), el saneamiento de ciudades, construcción de puertos, faros para navegación, vías de comunicación con sus calzadas y puentes. Solamente en la Península Ibérica y Baleares la longitud de las calzadas romanas alcanzaba la cifra nada despreciable de 10.300 kilómetros.

Las técnicas utilizadas por los romanos en edificación eran muy depuradas, empleándose en aquellos tiempos en sus edificios públicos el hormigón y el ladrillo, construyendo con estos materiales grandes bóvedas, como la del Panteón de Roma, realizada en el siglo I a. C. así como impresionantes acueductos. Estas técnicas no serían superadas en Europa hasta finales del año 1700. Con el fracaso de Augusto en lograr la unificación de la Europa Occidental al no poder conquistar la Germania, Europa entra en una recesión constructiva muy importante, mientras que esto no ocurre en los países árabes mediterráneos, ni incluso en otros más lejanos como China y la India.

Después de los romanos son los árabes los que le dan un gran impulso en España a la ingeniería, especialmente en la época de los últimos califatos, y gran parte de los conocimientos y comprensión de las culturas griega y romana se adquieren en Europa mediante su canalización a través de España gracias a los árabes que fueron los herederos y depositarios de estas culturas. Hay que tener en cuenta que en la época del Islam en España existía, debido a la influencia de Damasco y Bagdad, un desarrollo técnico e incluso científico muy superior al del resto de Europa, tanto en astronomía, como en matemáticas, medicina, química, obras hidráulicas y construcción. Una gran parte de los conocimientos logrados por los árabes en la enseñanza y la técnica y que depositaron en España durante la Reconquista, fueron absorbidos posteriormente por la cultura europea en un proceso lento que, se puede decir, duró dos siglos y finalizó, aproximadamente, en el año 1100.

La ingeniería desarrollada se implanta en Europa de las manos de los monjes en las abadías, habiendo que buscar su origen allá por el año 530 cuando San Benito de Nursia crea un nuevo estilo de vida monástica basada en su "*ora y labora*". Con ese *labora* se consiguió un impulso notable en agricultura, obras hidráulicas, metalurgia y construcción, no siendo de extrañar por tanto, que este austero santo sea el Patrón de Europa y de los ingenieros. Siguiendo la celebre regla de San Benito, nace en el siglo X la Orden de Cluny como una reforma de la Orden Benedictina, construyéndose en Europa más de mil

monasterios regidos por el abad de Cluny. Posteriormente, en 1090, los cistercienses de la mano de San Bernardo de Claraval, que heredó la pobreza que predicaba San Benito, extendieron el Cister por toda Europa, dando un impulso notable al perfeccionamiento de los monasterios, desde el punto de vista arquitectónico, y construyendo hasta 343 abadías que en un principio fueron románicas y después pasarían a ser góticas, aunque siempre dentro de la línea de austeridad más absoluta.

La construcción experimenta un gran desarrollo en esta época siendo dirigida por "maestros arquitectos", como así se definían a las personas que poseían los conocimientos de arquitectura, de estructuras, geología e hidráulica, necesarios para la construcción de obras civiles y militares, así como de máquinas de ataque y defensa. En realidad eran una mezcla que podríamos llamar arquitecto-ingeniero.

En la época medieval en España se inicia un resurgir de la construcción con la erección de alcazabas y castillos tanto árabes como cristianos, que sembrarían todo nuestro suelo y marcarían "un antes y un después" de los sistemas defensivos. Ante la necesidad de reyes y nobles de disponer de hombres que, a veces, sin ser soldados, tuvieran los conocimientos y experiencia suficientes para resolver los problemas del ataque y defensa propios de las guerras, se crea la figura del "ingeniero", al que luego se le añadiría el apellido de "militar", para definir al constructor de artefactos de guerra, ya sean fortificaciones o armas. La principal misión del ingeniero militar era la de facilitar la labor a las tropas combatientes propias mediante eliminación de obstáculos, construcción de artilugios ofensivos o de defensa, construcción de caminos, obras de fábrica y pasarelas, y la de entorpecer las acciones de las tropas enemigas mediante la destrucción de sus recintos fortificados, puentes, etc. En el paso del Guadalquivir, los ingenieros que acompañaban en la toma de Sevilla a Fernando III El Santo, utilizaron por primera vez, en 1248, un puente de pontones para facilitar el paso de las tropas. De aquí que San Fernando sea el patrón de los ingenieros militares (Fig. 3).



Fig. 3. Fernando III El Santo
Patrono de la Ingenieros militares

En el periodo de la Reconquista los elementos defensivos eran de una gran importancia tanto por el bando islámico como por el cristiano. No solamente en esta época se construyeron castillos cuya labor constructiva estaba encomendada a los “maestros arquitectos y alarifes” y en la que colaboraban “ingenieros militares”, sino que de la construcción de los caminos de comunicación entre castillos y obras de abastecimiento de agua se encargaban a los ingenieros. Muchos que los castillos que han llegado a nosotros muestran la exquisita técnica y el gran sentido común de los maestros que los diseñaron. En aquella época, el castillo era un elemento defensivo de extraordinaria importancia por su enclave, generalmente en lo alto de una colina rocosa de laderas escarpadas, y por la resistencia de sus muros, así como por su diseño. Muestra de ello son el Alcázar de Segovia, los castillos de Peñafiel, Olite, Peñíscola, La Mota, y otros muchos existentes en España. La construcción de ciudades amuralladas era otro tipo de fortificación medieval y ejemplos típicos de ellas, que hoy son motivo de orgullo, son las murallas de Ávila.

Durante, y después de la Reconquista, los Reyes Católicos hicieron una gran labor de restauración de los castillos y alcazabas tomados al enemigo y que estaban estratégicamente bien situados, así como de construcción de nuevos castillos junto con caminos y puentes para dar lugar a líneas defensivas que podemos considerar como modélicas por lo bien concebidas que estaban. Los encargados de realizar estos trabajos recibían nombres diferentes según el tipo e importancia de los mismos, existiendo así: arquitectos, maestros mayores, maestros de fortificación, obreros mayores, etc. En 1474, los Reyes Católicos mediante cédula prohíben la construcción de nuevos castillos en España, tal vez apoyándose en razones de tipo político.

La pólvora, que había sido descubierta por el fraile alemán Bertoldo Schwartz en el siglo XIV, hace su aparición en el campo de batalla en los sitios de Alicante (1331), Tarifa (1340), Algeciras y Niebla (1342). El empleo de la pólvora como propulsor de proyectiles por los árabes queda puesto de manifiesto en un documento árabe datado en 1304 donde se describe un arma de fuego. Alfonso XI en las crónicas de sitio de Niebla relata cómo: *los moros se defendían lanzando piedras y dardos con máquinas y tiro de trueno de fuego*. Los cristianos tomaron a los benimerines buena parte de sus bocas de fuego en la Batalla del Salado que luego perfeccionaron y emplearon contra ellos.

Los Reyes Católicos emplearían las culebrinas en el sitio de Granada y algo después, en 1500, el ingeniero militar y artillero Don Pedro Navarro utilizaría la artillería en los sitios de Castelnovo y Nápoles.

Conscientes de la importancia que tendría la artillería en el futuro, el 2 de mayo de 1502, los Reyes Católicos nombran “Proveedor y Veedor General de Artillería” a Mosén San Martín, quién dispondría de tres Capitanes de Artillería (Don Diego de Vera en Italia, Don Juan Rejón en Andalucía, y Don Ramiro López en el Rosellón). Con esto nace la Artillería Real que se establecería en las plazas españolas y dispondría de trenes de artillería en Italia, Alemania, Francia y Flandes, estableciéndose, por primera vez en Europa, la primera jerarquía corporativa que años después se extendería por ella.

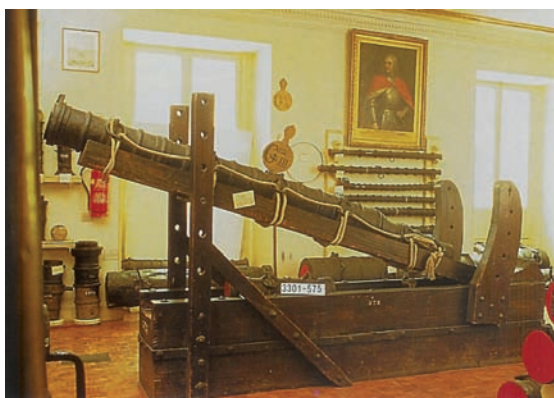


Fig. 4. Bombarda (Época Reyes Católicos)

Hasta tal punto es importante el invento de la pólvora que muchas Historias Militares se dividen en dos épocas: la de antes y la de después de la pólvora. La aplicación de la pólvora hace que desaparezcan los arcos y las ballestas y aparezca la artillería con lo cual el concepto defensivo de fortificación tiene que cambiar totalmente debido a la mayor eficacia y precisión de los cañones frente a las flechas y piedras. Las obras fortificadas evolucionarían aumentando sus adarves y creándose en ellas baluartes y torreones para situar las piezas de artillería. Estas modificaciones no nacen de forma espontánea sino que son fruto de un continuado estudio y experimentación. Al complicarse la fortificación se hace necesaria su separación de la arquitectura, tomando auge la figura de los Ingenieros militares y la de los Maestros mayores de fortificación, que eran profesionales con un amplio bagaje de conocimientos que les permitía no sólo construir las fortificaciones sino también dirigir las operaciones de ataque y defensa de fortalezas. Estos ingenieros no recibían formación alguna en academias o escuelas, dado que en aquellos tiempos éstas no existían, formándose, generalmente, al lado de ingenieros o arquitectos de experiencia, muchos con grado militar y algunos de ellos procedentes de Italia, Flandes o Alemania, y de los que aprendían matemáticas, geometría, dibujo y fortificación.

El conseguir el mayor alcance de los proyectiles, su mayor precisión y eficacia frente al blanco, la explicación de las leyes que regulan la trayectoria de los proyectiles, el que las pólvoras fuesen más potentes y los cañones más resistentes, dio lugar a que la artillería se convirtiera en una ciencia en la que el conocimiento de matemáticas, mecánica,

física, balística y química era totalmente imprescindible. Por otra parte, la fortificación como arte y ciencia destinada a la defensa de las plazas se complica al mismo tiempo de forma notable ante la cada vez mayor precisión y potencia de la artillería, haciendo necesario que el ingeniero poseyese unos conocimientos amplios de geometría, matemáticas, resistencia de materiales, balística y técnicas constructivas (Figs. 4, 5).

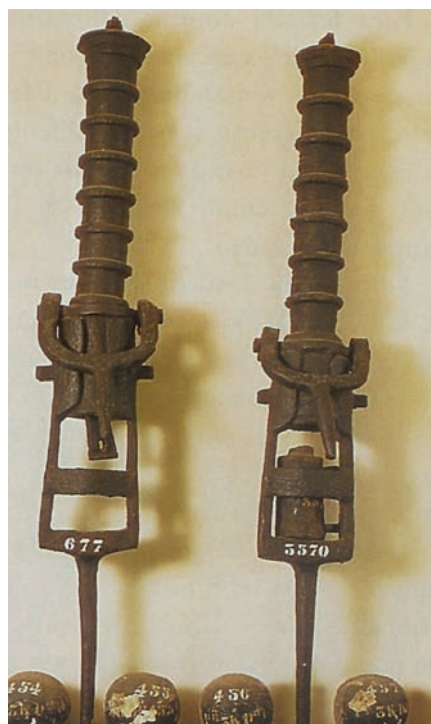


Fig. 5. Falconetes (Época Reyes Católicos)

La ingeniería desde la reconquista hasta el siglo XVII

En Europa y especialmente en Italia, aparecen grandes figuras de la arquitectura y de la ingeniería como: Leone Battista Alberti quién fue un intelectual, arquitecto e ingeniero, cuyos métodos se apartaban de los que se empleaban normalmente en la construcción que, en aquella época, estaba en manos de albañiles y carpinteros.

Alberti trabajó en Roma al servicio del Papa e hizo un estudio muy detallado sobre las ruinas de los edificios de la época romana haciendo un análisis de los mismos apoyado en las teorías de Vitruvio. Se puede decir que Alberti, a pesar no poseer unos fuertes conocimientos

matemáticos, fue un arquitecto polifacético, pues, además de sus obras de arquitectura, son celebres los trabajos de ingeniería en los que intervino, tales como: saneamiento de ciudades, abastecimiento de agua a poblaciones e industrias, cimentaciones, fortificación, uso de ríos para navegación, e incluso construcción de barcos. Su libro sobre arquitectura, publicado en 1485, sería estudiado en muchas academias durante muchos años y demuestra su inquietud por la divulgación del conocimiento.

Otra gran figura de esa época fue el polifacético Leonardo da Vinci, pintor, poeta, inventor y el creador del armamento tal como hoy se concibe. En sus trabajos habla de los morteros, cañones de ánima rayada, revólveres, granadas, espoletas para proyectiles cargados de explosivos, e incluso de un carro de combate. Realmente, Leonardo fue un gran ingeniero militar y el iniciador de la nueva etapa de lo que serían las armas modernas.

Mientras los siglos XIV y XV se caracterizan en España por el desarrollo de la construcción, especialmente, de castillos, alcázares, atalayas y torres vigías de defensa de la costa, el desarrollo europeo sufre un importante frenazo como consecuencia de la "peste negra" que empezó en 1348 y se extendió por toda Europa, y al que contribuyó mucho la "Guerra de los Cien Años" (1337-1453), entre Francia e Inglaterra. En Italia, al no sufrir directamente la acción de esta guerra, el desarrollo se acelera especialmente en cuanto a la industria textil, dando lugar a que las ciudades ricas del norte experimentasen un crecimiento importante en el arte, la arquitectura y la ingeniería, construyéndose en esta época edificios civiles de gran belleza, fortificaciones, obras hidráulicas, de desagües, etc., como ocurrió en Florencia.

En España, el siglo XVI se distingue por el desarrollo de la construcción de palacios y edificios de gran calidad arquitectónica debido a arquitectos de la talla de Don Juan de Herrera, constructor de El Escorial, de la fachada de la Catedral de Valladolid, de la Casa de Contratación de Sevilla, etc., creador del estilo herreriano, pero a quien se debe también el haber llevado a cabo trabajos de fortificación de una gran importancia en España, junto con Cristóbal de Rojas, Juan de Oviedo, etc. En esa misma época, y a principios del XVI, el ingeniero militar español Maestre Ramírez adquiere en Europa gran prestigio como proyectista y constructor de fortificaciones.

En Italia era también famoso, hacia la mitad del XVI, Giovanni Battista Aleotti, por la construcción de iglesias y edificios públicos importantes, sistemas de drenaje y abastecimiento de aguas, y por el diseño de fortificaciones en las que actuó como ingeniero militar.



Fig. 6. Galileo Galilei. Músico, físico, agrónomo, astrónomo, ingeniero naval, ingeniero militar, científico, Profesor de Fortificación

En aquella época de esplendor para Italia, nace en Florencia, en 1564, Galileo Galilei (Fig. 6), quién aparte de estudiar música y la transmisión de las vibraciones y el efecto de las mismas sobre el oído, se distinguió por sus proyectos sobre drenaje al pretender desecar las costas venecianas y dedicarlas al cultivo agrícola. Galileo, entre sus muchas actividades, ejerció también como ingeniero militar al interesarse por la defensa de Venecia amenazada por su vecina Austria.

Galileo impartió enseñanza de fortificación y según indica A. Pacey: *en una ocasión se le pidió consejo sobre el conocimiento de matemáticas que habría de exigírsele a un perfecto caballero o soldado en una academia o escuela militar que estaba instalada en Padua para preparar a los hijos de los caballeros. La lista de Galileo sobre las asignaturas a impartir incluía varias de las ramas de la ingeniería que se habían contemplado en el libro de Alberti sobre arquitectura, entre ellas se encontraban: mecánica, navegación, dibujo, arquitectura militar y, asimismo, la instrucción relativa al alcance de un cañón.*

La vida activa de Galileo está llena de aciertos, de descubrimientos y de aportaciones a la ciencia. La contribución más importante

a la construcción, que podemos considerar, es la *teoría sobre las vigas*, estudiando su comportamiento a flexión y situación del eje neutro, trabajos que serían posteriormente superados por Euler, Navier, Castigliano, Mohs, etc.

Fruto de aquella época de fortificación italiana es la construcción de la ciudad fortificada de Palmanova empezada a construir en 1593 bajo proyecto de Lorini y formada por un recinto amurallado en forma de polígono regular de nueve lados con bastiones en sus ángulos.

Mientras tanto en España, en 1578, Felipe II solicita a los virreinos de Italia el destino a España de un buen especialista en fortificación designándose al ingeniero Don Tiburcio Spannocchi, quien fue encargado de la supervisión de todas las obras de fortificación del reino. En este periodo se fortificaron las plazas de San Sebastián, Fuerterrabía, Pamplona, Jaca, Rosas, Perpiñán, Cartagena, Gibraltar, Cádiz, Badajoz, Ciudad Rodrigo, La Coruña y Ferrol, y además, las de Ceuta, Orán, Manila, La Habana, San Juan de Puerto Rico, Amberes y otras más entre ellas necesarias para la defensa de las Islas Azores frente a ataques franceses. Como se ve la labor realizada fue de titanes. Spannocchi sería nombrado Ingeniero Mayor de los Reinos de España. Conviene indicar que Don Juan Bautista Antonelli, colaboró activamente con él ocupándose de la fortificación en las posesiones de ultramar, siendo de destacar, entre sus trabajos los castillos del Morro y de la Punta en La Habana empezados a construir en 1581 (Fig. 7), la fortaleza de San Juan de Puerto Rico (Fig. 8) y el castillo de Cartagena de Indias. Antonelli se hizo también famoso por el enlace fluvial Madrid-Lisboa a través del Tajo, Jarama y Manzanares, que, en época de Felipe II, permitía navegar en chalupa desde Madrid hasta Lisboa.

En aquellos tiempos España estaba considerada como el país más avanzado de Europa en cuanto a conocimientos de fortificación y empleo de armas de fuego (arcabuces y bombardas para la infantería y cañones para la artillería) siendo el primero en conocer las reglas, principios y enseñanzas del Arte del Artillero e Ingeniero que se enseñaba en su Academia de Matemáticas y Artillería de Madrid, academia fundada por Felipe II en 1583, en el Real Alcázar de Madrid, y que

existió hasta 1696, siendo su organizador Don Juan de Herrera que fue también su primer director junto con Don Tiburcio Spannocchi. En ella había dos secciones fundamentales, una de conocimientos generales en los que se aprendía Matemáticas, Física y Dibujo, y la otra de conocimientos militares y del arte de marear.

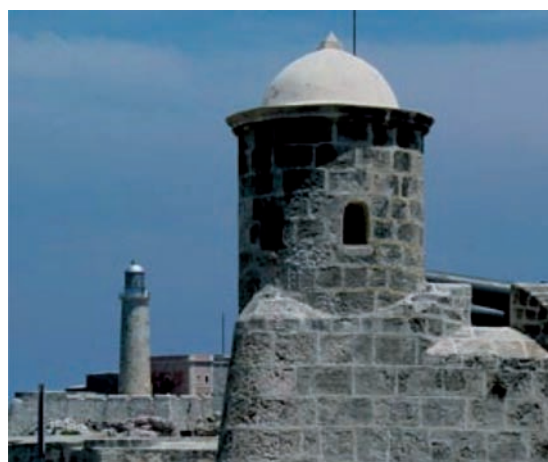


Fig. 7. Castillo del Morro de La Habana (Cuba)



Fig. 8. Fuerte de San Juan de Puerto Rico

En la primera sección hay que destacar a Don Julián Ferrufino, que había sido director de la Escuela de Artillería de Sevilla, con sus celebres lecciones sobre Geometría de Euclides y el Tratado de la Esfera, y en la segunda sección al ilustre Capitán de Artillería e Ingeniero militar Don Cristóbal de Rojas que enseñaba Teoría y práctica de la Fortificación. La enseñanza en esta academia era muy completa y rigurosa. De esta academia saldrían los primeros ingenieros que en muchos casos volverían a servir en Artillería, como oficiales del arma o bien como ingenieros proyectando y dirigiendo obras de carácter militar o civil. Como se ve la figura del artillero-ingeniero era común en aquella época donde ambas especialidades estaban unidas.

De la importancia de los conocimientos de fortificación que en aquella época ya se tenían puede ser muestra el que en 1598, se editara en Madrid, mucho antes de que naciera en Francia el celebre ingeniero militar Vauban, un libro sobre fortificación escrito por el Capitán Don Cristóbal de Rojas, Ingeniero del Rey Nuestro Señor, titulado: *Teoría y práctica de la Fortificación, conforme a las medidas y defensas de estos tiempos, repartida en tres partes*. En él se trata de Geometría, Táctica, Fortificación, Construcción, Astronomía y Fabricación de relojes de sol.

Hay que tener en cuenta que las primeras noticias que se tienen con anterioridad a la fundación de la Academia de Matemáticas sobre la enseñanza relacionada con ingeniería en nuestro país, eran la de que la instrucción y ejercicio de los artilleros novicios se realizaba colectivamente en las fortalezas donde éstos sentaban plaza. La eficacia de esta enseñanza era tan dudosa que pronto fue sustituida por una más amplia, sólida y continua, realizada en escuelas.

La primera escuela de artillería parece ser que fue la de Burgos que gozaba de prestigio y que según algunos tratadistas fue fundada por Felipe II en 1559, aunque otros indican que existía con anterioridad a esta fecha, fundamentándose en el hecho de que a mediados del siglo XV ya existía en Burgos una fábrica de cañones y pólvora y es muy posible que en ella funcionase la citada escuela, si bien, anteriormente, ante la necesidad de artillar a las naos de la flota de las "Armadas de Guarda de Carrera" cuya misión era guardar los mares de Poniente de los ataques de los piratas franceses a las flotas de las Indias (1522), el Consejo de Indias, en Sevilla, ordenó crear una "Escuela y terrero" con la misión de formar personal con un nivel técnico suficiente para la construcción y servicio de los cañones que armaban las naves de la Carrera de Indias.

En el siglo XVI fue preciso impulsar la agricultura y crear nuevas zonas de regadío lo que obligó a la construcción de redes de canales, acueductos y presas. En España, y concretamente en el sur, se construyeron muchos diques y canales, y en las proximidades de Alicante se construyó, en 1594, el celebre dique de Tibi que durante muchos años, con sus 46 m de altura, fue el más alto de Europa, pudiendo decir con A. Pacey, que "la moderna

construcción de diques comenzó en España". Esta presa está declarada Bien de Interés Cultural.

La construcción de presas que se inicia en España se extendió a Sudamérica donde aún pueden apreciarse algunas de ellas construidas con cal y canto por ingenieros militares y declaradas Patrimonio Histórico.

La red de caminos de la Edad Media difería poco de la seguida por las calzadas romanas.

A partir del siglo XVI y por necesidades de transporte de material militar se inicia la construcción de vías militares, siendo la técnica utilizada la que posteriormente se emplearía en la construcción de caminos de enlace entre poblaciones de nueva creación que al estar apartadas del trazado de las calzadas romanas no podían hacer uso de las mismas.

La Ingeniería a partir del siglo XVII

La primera consecuencia que trae la pólvora es que, a principios del siglo XVI, la artillería en España adquiere una gran importancia al ser un arma empleada de forma muy eficaz por Carlos I en todas sus campañas (Fig. 9). Con la construcción masiva de cañones se inicia lo que podríamos denominar "la primera revolución industrial" al aumentar de forma extraordinaria la demanda de acero y por consiguiente al mejorarse los procedimientos de producción del mismo (la posterior gran demanda de acero aparecería mucho después, con motivo del desarrollo del ferrocarril y la necesidad de construir raíles). La segunda consecuencia de la pólvora, es la gran transformación que experimenta el sistema defensivo de fortificaciones que tiene que acomodarse a una nueva amenaza de mayor precisión, potencia y eficacia.

Durante muchos años coexistieron los cañones de bronce con los de acero debido a que los primeros eran más fáciles de fundir y no se corroían, especialmente, en las costas y buques. Sin embargo, estos eran más caros debido al precio elevado del estaño. Posteriormente, las necesidades de incrementar el número de piezas de artillería hicieron que la construcción se decantase totalmente hacia el acero pudiendo decirse que, prácticamente, en 1660 los cañones de bronce dejaron de fabricarse, apareciendo, por primera vez, la construcción en serie de cañones de acero.



Fig. 9. Carlos I de España

La necesidad de construir cañones y proyectiles en España sin la dependencia de países extranjeros hizo que se creara por Juan Morell, en 1540, una fundición de bronce en Sevilla (Fig. 10) y décadas después, en 1620, otra de acero en Vizcaya, iniciándose así un proceso industrializador muy importante, así como la formación de muchos especialistas muy necesarios en nuestro país. Hay que tener en cuenta que en estas fábricas no sólo se producía metal para aplicaciones militares sino también para otros usos civiles. Anteriormente a las fábricas de Sevilla y Vizcaya existieron fundiciones y maestranzas en Medina del Campo, Málaga y Barcelona.



Fig. 10. Fabrica de Artillería de Sevilla fundada en 1540 por Juan Morell

A finales del siglo XVII el ingeniero militar francés Sebastien Le Prestre Vauban, muy vinculado a España al estar incorporado a las tropas españolas al mando de Condé, se distingue por sus trabajos de fortificación, construyendo, o bien reconstruyendo, un total de 333 plazas fuertes y dirigiendo 53 sitios con pleno éxito y llegando a alcanzar el grado de Mariscal de Francia en 1703. A Vauban se le puede considerar como un ingeniero militar sin rival y como el padre de toda la fortificación moderna que se hace en Europa. Además de gran ingeniero, y autor de varios libros, Vauban fue un gran estratega y a él, en cierta forma, se debe la creación del Corps de Ponts et Chaussées francés.

En aquellos años es curioso observar la importante contribución de la Compañía de Jesús en el campo de las matemáticas, siendo de destacar la labor realizada por los profesores jesuitas, entre los que hay que señalar al padre Claudio Richard que impartió la enseñanza de matemáticas durante 40 años en el Colegio Imperial de Madrid, fundado en 1572 y que desde 1608 se encontraba en la calle de Toledo. El Colegio se transformaría posteriormente en 1625, bajo el patrocinio de la emperatriz María Cristina de Austria, hija de Carlos V y esposa de Maximiliano II, en los Reales Estudios de San Isidro de Madrid, regentado por la Compañía de Jesús, y donde al final del siglo XVIII se enseñaban álgebra, análisis matemático, trigonometría, mecánica, dibujo, ciencias, filosofía y teología. Este centro alcanzó un gran relieve en la enseñanza superior de nuestro país y no se otorgaron títulos en él por la oposición de las Universidades de Salamanca y la de Alcalá regidas por otras órdenes religiosas. En ese siglo tenía la biblioteca más importante de Madrid. De los Reales Estudios fue alumno el celebre ingeniero D. Agustín de Betancourt.

El papel de los jesuitas fue también importante en la divulgación científica y técnica, especialmente durante los siglos XVII y XVIII, colaborando en la formación ingenieril al impartir enseñanza sobre las técnicas que se empleaban en el Lejano Oriente. A ellos se deben, entre otras muchas cosas, los informes sobre la fabricación de porcelana y del estado de la ingeniería en China, donde, en 1667, según descripción de Athanasius von Kircher, ya se empleaban los puentes de acero en suspensión en los valles del norte. Los puentes suspendidos o colgantes no se construirían en Occidente hasta

finales del siglo XVIII. Por su parte, en China los jesuitas enseñaron la astronomía de Copernico y ayudaron en Pekín a la construcción de relojes.

Aparte de las Escuelas de Matemáticas existentes en nuestro país, España fundó también escuelas de matemáticas en esta época en: Milán, Palermo, Nápoles, Orán y Cerdeña, siendo digna de mención por su prestigio la Academia Militar de Matemáticas de Bruselas que a mediados del siglo XVII llegó a ser bastante famosa. Esta Academia, que fue fundada en 1675 por Carlos Gurrea Aragón, Duque de Villahermosa, fue posteriormente reformada y dirigida por el ilustre militar Sebastián Fernández de Medrano, hombre de grandes conocimientos matemáticos y autor de obras de un gran valor en su tiempo como *El practico artillero y la Arquitectura militar moderna*, publicada en Bruselas en 1680. En la Academia predominaban los estudios de Artillería y Fortificación, Aritmética, Geometría, Dibujo, Navegación y Tratado de la Esfera. El nivel científico de la Academia era muy elevado no siendo de extrañar que de ella saliesen los mejores y más famosos ingenieros de la época, siendo de destacar entre ellos al Marqués de Verboom. Hay que indicar que al finalizar sus estudios en la Academia los alumnos recibían ya el título de Ingeniero.

La Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona tuvo su origen en el aula de Matemáticas y Fortificación que ya funcionaba en 1694 bajo la dirección del ingeniero Capitán Don Francisco Larranda de Mauleon, si bien seguía el modelo de la Academia de Bruselas y fue fundada por Felipe V. Tuvo que cerrar sus puertas en 1705 debido a la lucha entre los Austrias y los Borbones, comenzando a funcionar nuevamente en 1720 bajo la dirección de Don Mateo Calobro, cerrándose definitivamente en 1803. Esta Academia tuvo un gran prestigio especialmente durante los cuarenta años que estuvo bajo la dirección de Lucuze. De ella salieron los ingenieros españoles, que junto con los de Flandes e Italia y algún extranjero, formarían el Cuerpo de Ingenieros que organizó el Tte. General Marqués de Verboom (Fig. 11).

En aquellos tiempos y, al contrario de lo que ocurría en Francia e Italia, en España la figura del ingeniero militar no estaba institucionalizada y la profesión tampoco estaba corporeizada con lo cual las obras de

fortificación no necesariamente las dirigían ingenieros militares que hubiesen estudiado en la Academia, sino que podían dirigirlas oficiales que tuvieran conocimientos de fortificación, e incluso, muchas veces, esta dirección seguía corriendo a cargo de ingenieros militares procedentes del extranjero.



Fig. 11. D. Jorge Prospero Verboom, fundador del Cuerpo de Ingenieros

Hay que decir que la llegada a España de los Borbones con Felipe V, supuso un gran avance para la Artillería e Ingeniería, e incluso la separación de artilleros e ingenieros que ya se vislumbraba en las Ordenanzas de Flandes. Esta reforma tuvo lugar sin haber terminado aún la Guerra de Sucesión. Como consecuencia de esta reforma, en 1709, el Secretario de la Guerra, el Marqués de Bedmar, trajo de Flandes y nombró, al año siguiente, Ingeniero General de los Reales Ejércitos, Plazas y Fortificaciones al ingeniero D. Jorge Próspero de Verboom, quien organizó el Cuerpo de Ingenieros, que aprueba Felipe V el 17 de abril de 1711, produciéndose la separación de ingenieros y artilleros que habían permanecidos unidos desde la época de los Reyes Católicos. Para la formación de los oficiales de ambos cuerpos se crearon tres Escuelas Teóricas de Matemáticas que, aunque estaban a cargo de ingenieros, formaban también a oficiales de artillería y en las que se empleaban prácticamente los mismos métodos que había empleado Medrano en la Escuela de Bruselas. Próspero Verboom fue

un gran ingeniero impulsor de muchas obras de ingeniería en España de gran calidad y de las que cuidaba hasta el más mínimo detalle. A título anecdótico diremos que P. Portillo Franquelo en su libro sobre la Ermita del Puerto de Málaga, construida por Juan de Ferreire, indica que Verboom hizo cambiar los capiteles de las dos columnas de entrada a la ermita que eran corintios por jónicos fundamentándose en que estos últimos se comportaban mejor en ambiente marino.

En una Ordenanza de 1718 se asignaba a la ingeniería funciones muy amplias además de las puramente militares que eran prioritarias, como eran las de *reconocimientos del territorio, construcción de obras públicas necesarias para el fomento de la riqueza y la felicidad de sus súbditos*. De aquellos tiempos son dignos de mención las carreteras de Galicia, Santander, Valencia y Andalucía; el Canal Imperial de Aragón; las Aduanas de Barcelona y Cádiz; el Paseo del Prado de Madrid, etc.

Carlos III fue un gran impulsor de la renovación de la artillería española al traer con él desde Nápoles a su Jefe de Artillería en Italia, el Conde de Gazola, quién tomó como primera medida, además de elevar el nivel científico de los futuros artilleros, el lograr la unificación de la enseñanza para lo cual creó el nuevo Reglamento del Cuerpo de Artillería en 1762 y clausuró todos los centros de enseñanza de Artillería a la vez que fundó el Real Colegio de Artillería de Segovia, con sede en el Alcázar, que empezó a funcionar en 1763

con reglamento propio. La preparación que se daba en el Colegio de matemáticas, mecánica, hidráulica, balística, fortificación, artillería e idiomas era muy elevada, al igual que lo era la de química, cuya enseñanza estuvo a cargo del celebre químico francés Louis Joseph Proust quien impartió su asignatura desde 1784 a 1799, creando en el Colegio un laboratorio de química que llegó a ser famoso en su tiempo entre otras cosas debido a que en él desarrolló su célebre *Ley de las proporciones definidas*.

El prestigio de la formación del Colegio de Artillería era tan elevado que las familias de más linaje del Reino enviaban a sus hijos a estudiar en él, pero se daba el caso frecuente de que al poco tiempo de terminar la carrera abandonaban el Cuerpo. Esto dio lugar a que en 1796 se vetase el ingreso a los primogénitos de las casas de Grandeza, excepción hecha de los que carecían de rentas de Mayorazgos y esto: *porque aquellos no solían continuar la carrera y no aumentaban en la debida proporción el número de oficiales*. El Real Colegio de Artillería, al que mucho debe la ingeniería industrial española, desaparece como tal en 1825, y a partir de entonces la enseñanza de artillería sufre muchos avatares incluyendo traslados, aunque sin por esto perder su alto nivel científico. Finalmente volvería como Academia de Artillería a su casa natal de Segovia.

Se puede decir que, prácticamente, hasta el siglo XIX fueron estas escuelas o academias las que dieron, casi en exclusiva, una formación técnica, profunda y cualificada, para el ejercicio



Fig. 12. Alumnos de la École Polythénique en un desfile reciente en el Día de la Bastilla

de la profesión, especialmente de la ingeniería metalúrgica o industrial, de la ingeniería de la construcción, o bien para el estudio e investigación de matemáticas, física, química, balística, metalurgia, hidráulica, resistencia de materiales, etc.

Colbert fue un político ilustre, mano derecha de Luis XIV, preocupado por las ciencias, especialmente por la navegación y las matemáticas. En 1666 fundó la Academie Royale des Sciences, similar a la Real Sociedad que se había creado en Londres en 1662. Su preocupación por el desarrollo naval de Francia para luchar contra la primacía holandesa le llevó a crear Escuelas de Construcción Naval en Brest y en Roqufort, y academias de preparación de oficiales de artillería e ingeniería. Colbert, al mismo tiempo, desarrolló de forma importante la construcción de caminos y canales navegables en Francia llegando a unir el Loire y el Sena por un canal. En la época de Luis XIV Francia acomete obras de una gran importancia como son, entre otras, el canal de Languedoc y el palacio de Versalles. Es de destacar la preocupación de Colbert por la calidad en la construcción, -que hoy denominamos "durabilidad"-, como queda reflejado en que con ocasión de la construcción del canal de Languedoc le dijese a su proyectista Riquet que: *procurase que sus obras se construyesen de tal forma que durasen para siempre*.

Fue Colbert quién tuvo el acierto de decidir que la construcción de caminos, canales y, en general, las obras públicas, debía ser iniciativa del estado y gracias a esta idea, puesta en práctica, vemos como Francia se adelanta al resto de Europa en construcción de carreteras y canales de calidad, aun cuando éstos, en muchos casos, no fuesen necesarios por razones económicas (el absolutismo de Luis XIV, indiscutiblemente, tuvo sus cosas malas pero también las tuvo buenas).

Esta preocupación de Colbert por la creación de infraestructura, llevó al desarrollo de un cuerpo profesional de ingenieros civiles, creándose en 1747 la École des Ponts et Chaussées que coexistirá con las escuelas militares y navales ya existentes. Con esto la educación técnica francesa llegó a ser muy completa no siendo de extrañar que durante el siglo XVIII y XIX los ingenieros más eficaces y mejor preparados del mundo fuesen los franceses.

Hay que tener en cuenta que a pesar de tener Francia, al final del siglo XVIII, la citada

École des Ponts et Chaussées, y además la Escuela para Oficiales del Ejército de Mézières y la École de Génie, en 1794 crea en París la École Polytechnique con un gran componente militar en la formación de gran calidad que impartía y que ha perdurado a través de los tiempos hasta nuestros días (Fig. 12).

El ingreso en la Polytechnique siempre ha sido bastante difícil y sólo los muy preparados lo superaban. De la Polytechnique salieron figuras tan notables como: Lagrange, Navier, Prony, Fourier, Carnot, Biot, Gay-Lussac, Dupen, Poncelet, Cauchy, Poisson, Lamé, Clayperon, Bresse, Sainte-Venant, etc.

Durante la década de 1820 en muchas ciudades alemanas se fundaron escuelas politécnicas siguiendo el patrón de la École Polytechnique, como la de Karlsruhe y la Academia minera de Freiberg. Los libros técnicos de ingeniería franceses se estudiaban en Inglaterra donde carecían prácticamente de textos y donde existía un desconocimiento casi total del álgebra y del cálculo.

Es en Inglaterra precisamente donde John Smeaton (1718-1785) se distinguió como ingeniero constructor diseñando puentes, puertos, canales y obras de desecación. Smeaton no sólo trabajó en obras públicas sino también en otras muchas ramas de la ingeniería tradicional como es el diseño de motores para minas, fabricación de instrumentos para la navegación y astronómicos, en el estudio del rendimiento de los motores, etc. (Fig. 13).

En 1754 Smeaton se dedicó fundamentalmente a la ingeniería de la construcción creando escuela en Inglaterra entre sus ayudantes sobre lo que sería la ingeniería racionalizada.

A Smeaton se debe la invención del primer cemento hidráulico que utilizó en 1759 en la construcción del faro de Eddystone y que desde la época de los romanos había desaparecido. Se puede decir que en Smeaton predominaba la intuición y la experiencia práctica sobre sus conocimientos matemáticos, lo cual no restaba para que fuese un ingeniero completísimo con aportaciones muy importantes al mundo de la construcción, de la hidráulica y hasta de la astronomía, sobre la que escribió varios informes para la Real Sociedad de Londres. A. Pacey indica que: *el editor de los Reports de Smeaton comentaba en 1812, que unos cincuenta*

años antes, la situación general de las cosas hizo surgir a una nueva profesión y clase de hombres llamados Ingenieros Civiles. En todas las naciones de Europa ésta era y es una profesión por sí misma.

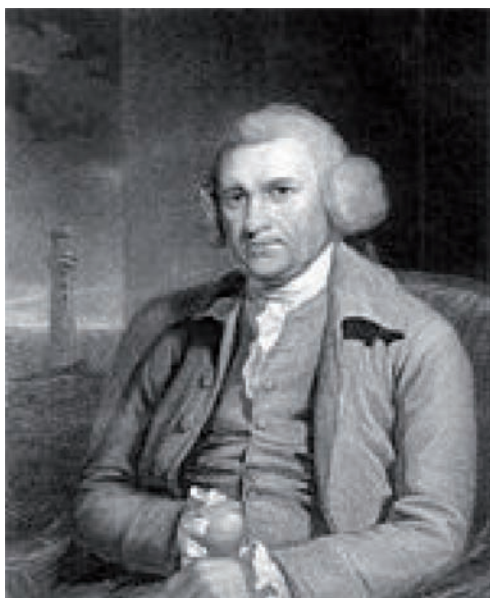


Fig. 13. John Smeaton. Fundador de la Sociedad de los Ingenieros Civiles en Inglaterra, 1771

Indica el mismo Pacey que, no obstante: *en Inglaterra, no existía una institución pública, excepto escuelas comunes, para el conocimiento básico y necesario de las artes navales, militares, mecánicas y otras, y la educación de los ingenieros era dejada "al azar".*

Para dar forma a la naciente profesión de ingeniero y ante la ausencia de toda formación matemática, en 1771, se fundó una Sociedad de Ingenieros Civiles cuyas reuniones se celebraban, inicialmente, en el pub King's Head de Londres, coincidiendo con las sesiones del Parlamento que tenían lugar los viernes. Si bien el término "ingeniero" tenía una connotación eminentemente militar, Smeaton fue el primero en llamarse "ingeniero civil", término en el que incluía el trabajo mecánico y el de construcción. A partir de entonces los miembros de la Sociedad pasaron a denominarse "ingenieros civiles".

Es curioso observar que mientras en países como Francia, Alemania o España, la iniciativa para formar ingenieros partía del Estado desde hacía años, en Gran Bretaña la formación de estos partía de los talleres.

En el siglo XVIII tiene lugar en España una reforma en la forma de adquirir conocimientos y saber, produciéndose una verdadera transformación, que contó con partidarios y detractores. Las dificultades que planteaba este cambio dieron lugar a que el Estado recurriese al ejército y a la marina para aplicar las nuevas ideas. Todo esto conllevó a que durante esa época las actividades científicas, en su mayoría, estuvieran vinculadas a los ingenieros militares. J. Cepeda indica que: *no fue sólo una serie de militares notables la que jugó un papel destacadísimo en la Ciencia y Cultura del siglo, sino que las instituciones militares fueron fundamento para el desarrollo científico, cultural y tecnológico de la España de la Ilustración.*

En este siglo aparece el humanismo que trata de mejorar las condiciones sociales en que el hombre se desenvolvía y que realmente eran penosas en aquellos tiempos. Esto hace, como indica el francés Bacon, que: *el verdadero fin del saber deba estar encaminado a la mejora de la vida humana, a acrecentar la felicidad de los hombres y a mitigar sus sufrimientos.* Este pensamiento se puede considerar como revolucionario en una época en la que el hombre estaba sometido a una penuria social tremenda. A lograr este bienestar social es al que están encaminadas las tareas de los nuevos ingenieros civiles. Consecuencia de lo anterior es que en España, a partir de 1774, a la formación de los ingenieros que estudian en la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona, se suma la enseñanza de caminos, puentes, edificios de arquitectura civil y canales de riego y navegación.

El Arquitecto al servicio de la Casa Real D. Francisco Sabatini, después de su admisión en el Cuerpos de Ingenieros, es nombrado jefe del ramo de caminos y puentes. Son muchas las obras importantes que se hicieron por Sabatini en aquellos años bajo el reinado de Carlos III, como la Fábrica de Porcelanas del Retiro, la Fábrica de Armas de Toledo, la Iglesia de San Francisco el Grande, la Puerta de Alcalá, por poner sólo unos ejemplos. Sabatini que inició su trayectoria como Maestro Mayor de las Obras Reales con el grado de Tte. Coronel, la finalizó con el de Tte. General del Cuerpo de Ingenieros.

Se puede decir que la historia de la ingeniería en España, en general, y muy en particular la de construcción, ha estado durante muchos siglos muy relacionada con

los ejércitos y especialmente con los ingenieros militares, que se preocuparon por fundar, en fortalezas, al no existir academias, las primeras escuelas conocidas, para, posteriormente, crear las Academias de Matemáticas que tanto prestigio tuvieron en nuestro país y fuera de él; por levantar fábricas y una industria metalúrgica importante; por construir arsenales y maestranzas; por construir caminos, puentes, puertos, obras hidráulicas y, finalmente, por contribuir al desarrollo técnico y científico de la sociedad española.



Fig. 14. Agustín de Betancourt y Molina.
Fundador de la Escuela de Ingenieros de Caminos
y Canales de Madrid

El Ingeniero de Caminos español aparece, el 12 de julio de 1799, cuando Carlos IV refrenda, por Real Orden y a propuesta de la Dirección General de Correos y Caminos, la creación de la Inspección General de Caminos y el cuerpo facultativo de ella dependiente. En 1801 es nombrado Inspector General de Caminos y Canales el ilustre y ya famoso internacionalmente ingeniero español Don Agustín de Betancourt y Molina (Fig. 14), que fue, entre otras muchas cosas, Mariscal de Campo del Zar Alejandro I de Rusia donde ejerció de forma muy notable sus conocimientos de ingeniería.

Hay que indicar que en 1801 se habían suprimido, prácticamente, las Academias de Matemáticas que habían funcionado en nuestro país. Anteriormente habían empezado los ingenieros militares a ceder la responsabilidad que habían tenido en la ingeniería civil durante

siglos a favor de otros especialistas que no fuesen estrictamente militares, entre otras cosas debido a que éstos habían llegado a un grado de madurez científica que les permitía asumir esta responsabilidad, naciendo así la primera escuela desvinculada del ejército que fue la de Ingenieros de Minas de Almadén, creada en 1777 y posteriormente, en 1802 la Escuela de Ingenieros de Caminos y Canales de Madrid fundada, siguiendo el modelo de la *École de Ponts et Chaussées* de París, por Don Agustín de Betancourt y que sería la encargada de formar a los ingenieros que habrían de dirigir las obras públicas en lo sucesivo en España.

Es lógico que, al igual que ocurrió en Europa, la ingeniería militar tuviese que dedicarse a su campo que, por otra parte, era cada vez más complejo y dejase la construcción civil en manos de los nuevos ingenieros que ya disponían de una magnífica formación y capacidad de maniobra propia y que tenían que enfrentarse con serios y amplios problemas de infraestructura. Así se hace ver en los escritos que en 1788 el Conde de Fernán Núñez dirige al Gobierno recomendando la separación de la ingeniería militar de la civil.

Ocurrida esta separación, y una vez creada la Escuela de Ingenieros de Caminos y Canales en 1802, por Agustín de Betancourt, al año siguiente, es decir, en 1803, se crea la Academia de Ingenieros del Ejército de Alcalá de Henares, debido a la iniciativa del Ingeniero General Don Juan Urrutia de Las Casas, que viene a consolidar para la posterioridad el Cuerpo de Ingenieros que creara el Marqués de Verboom. La Academia pasaría en 1833 a Guadalajara, donde, durante ochenta años, formó ingenieros con una gran preparación científica y técnica, que durante años siguieron siendo muy útiles, junto con los nuevos ingenieros civiles, para el desarrollo científico y económico de nuestro país. A estos celebres ingenieros de Guadalajara se les debe, entre otras muchas actividades de construcción de carreteras, puentes, e infraestructura, el desarrollo de la aviación, telegrafía, ferrocarriles, etc, en España.

La complejidad de las armas y la necesidad de crear cuadros de mando con una gran preparación táctica hizo que la enseñanza científica en las academias de Artillería y de Ingenieros tuviese que simplificarse y que la enseñanza técnica superior necesaria para el proyecto de armas y su mantenimiento,

pólvoras y explosivos, así como construcción y electrónica pasase a impartirse en la Escuela Politécnica Superior del Ejército, creada el 27 de Septiembre de 1940. El plan de estudios de esta Escuela, hasta hace pocos años tenía una duración de siete años para los alumnos que en ella ingresaban procedentes de academias militares y de cinco años para los de procedencia universitaria (Licenciados en Ciencias Exactas, Químicas, Físicas, Arquitectos, Ingenieros de Caminos, Industriales, etc.). Al finalizar los estudios ingresaban en el Cuerpo de Ingenieros de Armamento y Construcción, creado el 19 de Enero de 1943 y hoy transformado en Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército al incorporar en él a los ingenieros de Armas Navales. Los ingenieros de Armamento son los responsables del proyecto y fabricación de armas y pólvoras y explosivos para usos militares, carros de combate, etc., y los ingenieros de Construcción son los responsables del proyecto y ejecución de las obras de acuartelamientos, centros especiales relacionados con la Defensa y Seguridad Nacional y de toda la infraestructura

que requieran los mismos, si bien están capacitados para afrontar cualquier proyecto de ingeniería civil.

Conclusión

Como hemos visto, durante siglos, la ingeniería militar ha sido la encargada del desarrollo de la infraestructura en España y es a principios del siglo XIX cuando se inicia el traspaso de esta responsabilidad a la ingeniería civil, si bien hay que señalar que ha existido un periodo de transición que ha durado muchos años en los que ambas ingenierías se han estado apoyando en esta labor tan importante como es la construcción de obra pública para la modernización y desarrollo de nuestra nación. Actualmente, como dice el General R. Torrón: *la convergencia tecnología de las Ingeniería militar y civil tiene que dar, trabajando conjuntamente, muchos frutos en el campo de la Seguridad y Defensa, frutos que son necesarios para la garantía del progreso, del bienestar social y de la Paz.*