

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

**TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA**

VI

EL OCHOCIENTOS
De los lenguajes al patrimonio

Enrique Alarcón Álvarez	José Ignacio Muro Morales
Carles Alayo i Manubens	Javier Ortega Vidal
José Vicente Aznar García	Stefan Pohl Valero
Emilio Bautista Paz	Francesc Rodríguez Ortiz
Vicente Casals Costa	Amaya Sáenz Sanz
Juan Ignacio Cuadrado Iglesias	Jesús Sánchez Miñana
Leonardo Fernández Troyano	Manuel Silva Suárez
Alberto Fraile de Lerma	Mercedes Tatjer Mir
Cecilio Garriga Escribano	Fernando Vea Muniesa
Josefina Gómez de Mendoza	M. ^a Ángeles Velamazán Gimeno
Guillermo Lusa Monforte	Patricia Zulueta Pérez
Javier Manterola Armisén	

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

Publicación número 3.111
de la
Institución «Fernando el Católico»
(Excma. Diputación de Zaragoza)
Plaza de España, 2 · 50071 Zaragoza (España)
Tels.: [34] 976 288878/79 · Fax [34] 976 288869
ifc@dpz.es
<http://ifc.dpz.es>

© Los autores, 2011.

© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico»,
Prensas Universitarias de Zaragoza, 2011.

Cubierta: La motorización es una característica esencial de la Revolución Industrial. Se
presentan motores de tres tipos, todos diseñados y contruidos en el siglo XIX:
Máquina de vapor semifuja vertical de Alexander Hermanos; motor horizontal de
gas de tipo Otto, protegido por patente de invención, de Joaquín Torres; y dina-
mo *Gramme* L5 construida por la Sociedad Española de Electricidad. Estos tres
tipos de motores coexistían en el cambio de siglo.

Contracubierta: Dibujos en la patente depositada por los ingenieros militares Eusebio
Molera Bros y Juan Cebrián Cervera el 20 de junio de 1880 en los Estados Unidos.
Residentes en California, trabajaron en muy diversos temas. Esta patente con-
cierne a una mejora para los microscopios.

ISBN: 978-84-7820-814-2 (obra completa)

ISBN: 978-84-9911-151-3 (volumen VI)

Depósito Legal: Z-3688-2011

Corrección ortotipográfica: Ana Bescós y Laura Ayala

Digitalización: María Regina Ramón, AHOEPM, Bibl. ETSICCP de Madrid y Fons Històric
de la ETSEI de Barcelona

Tratamiento digital: Manuel Silva Suárez

Maquetación: Littera

Impresión: INO Reproducciones, Zaragoza

IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

Debates sobre el papel de las matemáticas en la formación de los ingenieros civiles

Guillermo Lusa Monforte
Universitat Politècnica de Catalunya

Para los ingenieros del Renacimiento y de la Ilustración, las matemáticas son una poderosa herramienta práctica y conceptual, cuyo progreso corre paralelo al de las realizaciones de la ingeniería. No se plantea contradicción alguna entre el instrumento y quien lo utiliza: la naturaleza está escrita en caracteres matemáticos y quienes proyectan la transformación y el dominio de esa naturaleza impulsan también el progreso de las matemáticas¹.

En el siglo XIX², sin embargo, aparecerá algún elemento de discordia en esa relación hasta entonces aproblemática, al consolidarse la diferenciación entre la actividad de los *científicos* (neologismo que nacerá precisamente en esa centuria) y los ingenieros. Nace el científico profesional o «científico puro», cuya actividad teórica no tiene por qué tener ya aspiraciones de aplicabilidad. Pero esto no significará, en modo alguno, que los ingenieros dejen libre el campo de la ciencia para los «científicos puros». Como ha señalado Manuel Silva³, «si en el Setecientos el peso mayoritario de la renovación científica hispana recae sobre cuerpos militares, en el Ochocientos gravita en gran parte sobre la ingeniería civil». Recuérdese, a título de ejemplo significativo, que en la composición inicial de la máxima institución científica del país —la Aca-

¹ Las relaciones entre ciencia e ingeniería, así como el papel desempeñado por las matemáticas en la articulación del discurso de la técnica, han sido tratados en volúmenes anteriores de esta colección. En M. SILVA SUÁREZ (ed.), vol. II, 2005, pp. 18-26 y 117-124; y M. SILVA SUÁREZ (ed.), vol. IV, 2007a, pp. 37-44 y 132-140.

² Los «siglos políticos» no suelen coincidir exactamente con los «siglos cronológicos». Así, se habla del «gran siglo XVIII» o el «siglo XVIII completo», que se considera que dura hasta 1815 (Waterloo y el Congreso de Viena). Nosotros, siguiendo a Hobsbawm y otros historiadores, consideraremos que el «siglo XIX político» o «largo siglo XIX» está comprendido, para Europa, entre 1789 (Revolución francesa) y 1914 (estallido de la Primera Guerra Mundial). Para España parece más adecuado iniciar este «siglo XIX político» en 1814 (final de la guerra de Independencia).

³ M. SILVA SUÁREZ: «Presentación. El Ochocientos: de la involución postilustrada y la reconstrucción burguesa», en M. Silva Suárez (ed.), vol. IV, 2007a, p. 41.

demia de Ciencias, fundada en 1847— encontramos ya a nueve ingenieros civiles, y eso que todavía no se habían fundado todas las escuelas⁴.

Desde el punto de vista institucional, esta separación ciencia-ingeniería podría asociarse en España a la creación en 1857 de las Facultades de Ciencias. Las fricciones entre ambos colectivos profesionales tomarán muchas veces la forma de polémicas entre los catedráticos de la Facultad y los de las escuelas de ingenieros, especialmente con los de Caminos (las más sonadas, en 1866 y 1886).

Por otro lado, en el seno de la comunidad ingenieril —al margen de las polémicas relacionadas con competencias profesionales o exclusividades de atribuciones— tendrán lugar discusiones de carácter conceptual acerca del papel que deben desempeñar las matemáticas en la formación de los ingenieros. Estas discusiones tuvieron lugar en la mayor parte de las especialidades de ingeniería. En este capítulo se van a examinar con más detalle las que se produjeron en la más representativa e influyente de las ingenierías de cuerpo, la de Caminos, en la ingeniería de carácter profesional libre, la ingeniería industrial, y en la ingeniería de Montes. También haremos incursiones más breves en la ingeniería de Minas y en el campo de los arquitectos, de los ingenieros agrónomos y de los telegrafistas.

En algunos casos —Industriales y Montes, por ejemplo— las matemáticas servirán de «fiel de la balanza» para determinar el estado de equilibrio existente en un momento dado entre componentes constitutivos de la formación del ingeniero que tienden a estirar en sentidos opuestos: teoría-práctica, para los industriales; ciencias exactas-ciencias naturales, para los forestales. Pero como veremos, aparte de reflejar la lógica preocupación de los responsables, publicistas y dirigentes por conseguir una formación rigurosa y equilibrada para los futuros ingenieros, los debates no pueden ocultar que la reflexión acerca de las matemáticas se debe muchas veces a cuestiones relacionadas con el poder, la influencia y el prestigio del colectivo profesional. Esto está meridianamente claro en el caso de los ingenieros de Caminos, que utilizaron las discusiones acerca de las matemáticas para «marcar territorio» frente a la Universidad, e incluso frente a las disposiciones normativas emanadas de los responsables de Instrucción Pública.

Hay un último aspecto que es forzoso destacar: todas las especialidades de la ingeniería civil tienen además en común el hecho de que las matemáticas han sido

⁴ Entre los 36 miembros fijados por el decreto fundacional de 25 de febrero de 1847, había cuatro ingenieros de Caminos (J. Subercase, J. García Otero, P. Miranda, J. del Campo), dos de Minas (J. Ezquerro, R. Amar), dos titulados de la École Centrale de París, que después serían profesores del Real Instituto Industrial (J. Alfonso, C. S. Montesinos) y el que sería primer director de la Escuela de Agrónomos (P. Asensio). Pero también había nueve militares, entre ellos el presidente, A. Remón Zarco del Valle. En 1865, de las 36 medallas académicas, 10 correspondían a ingenieros y 7 a militares, lo cual es una muestra muy gráfica de esa sustitución de los militares por los ingenieros en las instituciones científicas del país.

utilizadas como instrumento selectivo, como barrera social (económica e ideológica), todo lo «meritocrática» que se quiera, pero barrera al fin y a la postre, para preservar a una «aristocracia de la inteligencia» aislada y encumbrada en la cima de la pirámide clasista.

I

LAS MATEMÁTICAS COMO PRETEXTO EN LA LUCHA POR LA HEGEMONÍA: LOS INGENIEROS DE CAMINOS

A lo largo del siglo XIX la Escuela de Caminos proporcionó al aparato del Estado unos 950 ingenieros, que realizaron un importante papel en la modernización del país⁵. La selección rigurosa de los aspirantes y la elevada formación impartida por la Escuela confirieron a los ingenieros de Caminos un gran prestigio intelectual y social, que les llevó a formar parte de las élites políticas del país⁶.

Como ha sido señalado abundantemente por los estudiosos, el nivel científico de la Universidad española durante el siglo XIX, especialmente durante su primer tercio, era muy bajo⁷. Por eso no le fue difícil al emergente grupo de los ingenieros de Caminos formar parte de la vanguardia que asimiló las novedades científicas europeas⁸. El cuerpo de ingenieros de Caminos se expresaba públicamente a través de la *Revista de Obras Públicas (ROP)*, en lo sucesivo), fundada por un grupo de profesores de la Escuela en 1853⁹. Examinando esta publicación quincenal podemos hacernos cargo tanto del nivel científico-técnico y de las preocupaciones profesionales de los ingenieros como de sus inquietudes y pronunciamientos políticos.

⁵ Véase F. SÁENZ RIDRUEJO: «Ingeniería de caminos y canales, también de puertos y faros», en M. Silva Suárez (ed.), vol. v, 2007b, pp. 127-184.

⁶ José de Echegaray y Práxedes Mateo Sagasta fueron los mascarones de proa más visibles de este influyente grupo. Véase el apartado V.3 («Ingenieros de caminos en la política») del citado artículo de SÁENZ RIDRUEJO, pp. 167-175.

⁷ Véanse M. PESET y J. L. PESET, 1974; J. L. PESET, S. GARMA y J. S. PÉREZ GARZÓN, 1978; y M. DE PUELLES: *Educación e ideología en la España contemporánea*, Barcelona, Labor, 1991.

⁸ Es bien conocido, por ejemplo, el papel que desempeñó Echegaray en la importación y divulgación de la matemática que se conocía en Francia. Véase J. M. SÁNCHEZ RON: *José Echegaray*, Madrid, Biblioteca de la Ciencia Española, 1990. Para situar en su justo lugar al excesivamente glorificado personaje, véanse S. GARMA: «Echegaray y la Teoría de Galois», en G. Lusa y A. Roca (eds.), *Cinquanta anys de ciència i tècnica a Catalunya*, Barcelona, Institut d'Estudis Catalans, 1987, pp. 149-161, y S. GARMA: «El final de las Matemáticas del siglo XIX: Echegaray», en *Matemáticos madrileños*, Madrid, Anaya, 2000, pp. 141-181.

⁹ Los artículos aparecidos en la *ROP*, desde su fundación hasta la actualidad, son consultables en la dirección <<http://ropdigital.ciccp.es>>. ¡Lástima que no se hayan digitalizado los artículos editoriales!

I.1. Los ingenieros de Caminos defienden la autosuficiencia científica de la Escuela

La convulsa historia política de la centuria fue la culpable de las numerosas reformas y contrarreformas que afectaron al sistema educativo español en el Ochocientos. En diversas ocasiones, las reformas dieron lugar a enfrentamientos entre la Escuela y las directrices u órdenes ministeriales, que en algunos casos pusieron de manifiesto la impotencia de las autoridades educativas frente al poder fáctico de los ingenieros de Caminos. Los más sonados tuvieron lugar con motivo de la creación de las Escuelas Preparatorias (la de 1848-1855 y la de 1886-1892) y por los decretos que obligaban a que los futuros ingenieros hiciesen su preparación científica en la Facultad de Ciencias (1858, 1866)¹⁰. En esos enfrentamientos, las matemáticas fueron utilizadas como arma arrojada por los contendientes.

En las discusiones suscitadas con motivo del establecimiento de la primera Escuela Preparatoria, los ingenieros de Caminos pusieron de manifiesto que las necesidades en formación matemática eran mayores en la Escuela de Caminos que en Minas y en Arquitectura¹¹. Este primer obstáculo a la supremacía de Caminos fue salvado con facilidad. Pero los decretos de 1858 que sustraían a las escuelas especiales la formación científica de los ingenieros, llevándola a la recién creada Facultad de Ciencias, suponían un ataque mucho más grave para la autosuficiencia científica de la Escuela de Caminos.

Los argumentos utilizados por los ministros de Fomento que firmaban los decretos —en 1858 Rafael de Bustos y en 1866 el tristemente célebre Manuel de Orovio— eran de varios tipos. El primero era, lógicamente, la economía que suponía juntar en un solo centro a quienes teóricamente se les iba a impartir una misma formación científica, argumento que ya había sido utilizado para justificar la creación de la primera Preparatoria:

Las carreras facultativas son en su mayor parte aplicaciones de las ciencias exactas y experimentales; tienen, pues, los que a esas carreras se dedican la común necesidad de estar preparados con un mismo estudio abstracto y general¹².

Pero esto no era suficiente: el ministro también lanzaba una andanada contra el modo de enseñar las materias científicas en las escuelas, que terminaban por «desnaturalizarlas» y estancarlas en lo «empírico y exclusivo»:

¹⁰ Véase la «Presentación» que hace M. SILVA SUÁREZ al volumen V, pp. 36-52 y 59-69.

¹¹ En la *ROP* aparecieron diversos artículos de ingenieros de Caminos y de arquitectos. Véanse las referencias en la p. 38 (nota 37) de la citada «Presentación» del volumen V. Para la específica polémica de los ingenieros de Caminos con los arquitectos véase A. BONET CORREA, S. LORENZO y F. MIRANDA: *La polémica ingenieros-arquitectos en España. Siglo XIX*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos / Ediciones Turner, 1985.

¹² Preámbulo del Real Decreto de 18-IX-1858 sobre los programas generales de estudios de escuelas y facultades.

Una vez organizada la Facultad de Ciencias, así en la Universidad Central como en las de distrito, donde convenga establecer la instrucción preparatoria para las carreras superiores, ofrecerá incontestables ventajas la enseñanza académica de las ciencias puras. Cuando se fuerzan los estudios especulativos para dirigirlos desde luego a una determinada aplicación, llegan a desnaturalizarse hasta el punto de que los alumnos, en vez de alcanzar la especialidad científica que apetecen, caen en lo empírico y exclusivo.

Para evitar esta degeneración estaba la Facultad de Ciencias, donde los saberes se impartían con amor desinteresado por las ciencias puras:

Importa, por otra parte, que haya santuarios donde se dé culto a la ciencia por lo que en sí es, por lo que merece, porque satisface una de las más nobles aspiraciones del espíritu. Importa que no aparezca siempre subordinada a miras de inmediata utilidad material [...]; así los mayores progresos en las artes no son de aquel pueblo que ciegamente los busca, sino del que rinde culto a las ciencias, donde las industrias tienen su raíz y fundamento.

El ministro añadía un argumento que sería utilizado años después, cuando se propuso la creación de la segunda Preparatoria (la EGPIA): el benéfico contacto entre los ingenieros de las diversas especialidades:

Importa, por último, que cuantos hayan de dedicarse a las varias profesiones, cuya base común consiste en unos mismos estudios, se eduquen por algún tiempo juntos, porque así podrán comprender y sentir la sublime integridad de la ciencia, y en adelante no se mirarán como rivales ni como extraños sino como miembros de una misma comunión, consagrada a la santa obra del progreso general.

En la práctica, la Escuela de Caminos hizo caso omiso de los decretos de 1858, ya que efectuaba un devastador examen general antes de admitir a los aspirantes que habían aprobado en la Facultad. Ante la ineficacia de los decretos, el Ministerio promulgó otro (21-II-1859) que eximía a los ingenieros de Caminos de la obligación de cursar su formación científica en la Facultad¹³.

Un decreto de Manuel de Orovio¹⁴ de 9-IX-1866 reformaba la Facultad de Ciencias y fijaba las condiciones para ingresar en las escuelas de ingenieros, obligándoles de nuevo a adquirir su formación científica en la Facultad. Los argumentos de Orovio eran mucho más cínicos que los de su predecesor: las ciencias físico-matemáticas podían ser utilizadas para moldear política e ideológicamente a los estudiantes, preservándoles de otras disciplinas (la filosofía o la economía política). El preámbulo de

¹³ Véase «Apuntes históricos de la Escuela especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos», *ROP* (1898), pp. 251-255 y 261-267.

¹⁴ El tristemente célebre Manuel de Orovio se estrenó como ministro de Fomento en 1865 para dirigir la represión que siguió a la «noche de San Daniel». Sus dos famosas «circulares» estuvieron en el origen de lo que se llamó «cuestión universitaria». Véanse M. PESET y J. L. PESET, 1974, pp. 486-490 y 754-763, así como A. JIMÉNEZ LANDI: *La Institución Libre de Enseñanza*, Madrid, Taurus, 1973, vol. I, pp. 152-161 y 427-486.

Orovio —una joya de la oratoria de charanga y pandereta— cantaba las excelencias de la ciencia frente a otros saberes que conducen «a regiones mal sanas» [sic] (el énfasis es mío):

Quando con los conocimientos filosóficos e históricos se llega a tan lejanos términos en las investigaciones, dando quizá a la razón vuelos que la conducen a regiones mal sanas, que con frecuencia la desvanecen y la precipitan, justo es que tengan la debida protección otras ciencias, cuyo tranquilo y bienintencionado estudio abre las puertas a un mundo de hechos y de ideas que no puede estar cerrado a una generación que asiste maravillada al espectáculo del vapor que horada los montes y del alambre eléctrico que une y comunica el pensamiento y las frases de dos razas. [...] *Las ciencias físico-matemáticas y naturales, rectamente enseñadas y dócilmente aprendidas, en vez de conducir al tétrico desapego de las verdades morales y al cautiverio horrible de la materia, con sus aseveraciones y su ornato consuelan y fortifican el corazón y la cabeza.*

A todo esto añadía Orovio otros dos argumentos ya utilizados por su predecesor Bustos: la conveniencia de reunir en un mismo centro a los jóvenes que iban a dedicarse a las carreras especiales, y lo pernicioso de los estudios especializados (el énfasis vuelve a ser mío):

El sistema de separar desde un principio a los jóvenes que se dedican a cada una de las carreras especiales, de aislarlos hasta el punto de que durante seis o más años viva la inteligencia en una tensión continua, siempre con la mira puesta en el mismo fin, siempre con las facultades del alma ocupadas en un solo objeto, produce por necesidad cierta propensión a dar en lo exclusivo, *cierta tristeza de ánimo que agosta y seca las imaginaciones más lozanas, y vuelve amanerados y sombríos los talentos más felices.* [...] No hay riesgo alguno para la instrucción en que los alumnos de las carreras especiales hagan en la Facultad de Ciencias los estudios teóricos de su instituto respectivo; antes bien, suavizándose un tanto *la especie de rígida monotonía que al presente constituye por necesidad el carácter de las Escuelas*, los jóvenes harán la mitad de su carrera en agradable comunicación, respirando un mismo ambiente científico, y preparándose para recibir después en los tres años de ampliación y aplicación la sabia y vigorosa enseñanza que distingue y enaltece a nuestras Escuelas especiales.

Pero después de estas florituras, el ministro no podía ocultar las auténticas razones de la reforma:

Si se priva a la Facultad de Ciencias de la calidad de Escuela teórica para ciertas profesiones, quedará reducida a la condición de una Facultad en que, estudiándose la ciencia por la ciencia y sin esperanza de ventaja alguna positiva, atraiga contadísimos número de alumnos, y arrastre una existencia lánguida y por demás desdichada.

He aquí, pues, la madre del cordero: no había suficientes alumnos en la Facultad de Ciencias, y forzoso era reclutarlos en el campo de las escuelas de ingeniería.

Los ingenieros de Caminos respondieron a los empeños ministeriales con dos tipos de argumentos: en primer lugar, insistiendo en el diferente carácter que debían tener la formación matemática del ingeniero y la del científico puro. Pero a esto se añadía una crítica feroz al bajo nivel matemático de la Facultad de Ciencias.

La redacción de la *ROP* escribió un artículo titulado «Inconvenientes de separar la enseñanza de los dos primeros años de la Escuela especial de Caminos»¹⁵, opiniéndose a volver a una experiencia que «tan funestos resultados había producido en la enseñanza» y afirmando que los buenos resultados de la Escuela de Caminos eran «debidos única y exclusivamente a su organización y carácter especial», bien diferente de la Universidad:

La enseñanza de las ciencias físico-matemáticas en las Universidades tiene que ser muy general, los alumnos no pueden aprender, ni mucho menos aprovechar en clases numerosas todo lo que el profesor explica, pues la índole misma de estos grandes establecimientos la hace incompatible con la continuada atención que exige la enseñanza profunda de las ciencias, sobre todo en las clases de Cálculo superior, Geometría descriptiva, Mecánica racional y Geodesia, en que los desarrollos largos y complicados que es preciso hacer durante las lecciones, así como la representación de las figuras con todos sus detalles, hace necesario tener siempre fija la atención de los alumnos y seguir las explicaciones en todas sus partes.

La más enérgica contestación al decreto de Orovio de 1866 también vino de la Escuela de Caminos. El número 22 de la *ROP* (15-XI-1866) se abría con un artículo sin firma —atribuido unánimemente a Echegaray— titulado «Sobre la reforma de la facultad de ciencias y de las Escuelas especiales», cuyo propósito era «levantar nuestra voz en defensa de la enseñanza de las ciencias físico-matemáticas hoy comprometida» por la reforma. En este artículo hay dos líneas de argumentación. En primer lugar, que la diferente naturaleza de la Facultad y de la Escuela impide la enseñanza en común. En segundo lugar, que el plan diseñado para la Facultad es inadecuado, científicamente atrasado, envejecido, y que supone, por lo tanto, un retroceso respecto a lo existente.

El principal error del decreto es pretender unir enseñanzas radicalmente distintas. Un abismo media entre la Facultad y las Escuelas especiales, ya por la índole de las materias, ya por la extensión y tendencia con que deban estudiarse las que puedan ser comunes. O la primera pierde todo su valor científico y desciende y se arrastra por lo más bajo de las matemáticas elementales, o se sacrifica a la juventud que se dedica a las carreras de Caminos, Minas, etc., obligándola a estudiar abstracciones científicas y elevadas teorías, inútiles bajo el punto de vista práctico para la especialidad a la que aspira.

Más adelante señalaba otras causas de tipo práctico que a su juicio hacían inadecuada la asistencia de los futuros ingenieros a la Facultad: las clases numerosas y el ambiente excesivamente alegre:

¿Quién ignora que, sea cual fuere la inteligencia y el celo de los profesores, nunca en clases numerosas se enseñan con profundidad y solidez las ciencias matemáticas? Aunque Cauchy, aunque Poisson, aunque Lagrange, aunque el mismo Newton enseñase en la Universidad analítica, o cálculo, o mecánica, dadas las actuales circunstancias —es decir, cursos de cinco o seis meses, salpicados de infinitas fiestas y vacaciones, y 150 o 200 jóvenes de 15, 16 y 17 años— nosotros afirmamos con seguridad

¹⁵ *ROP*, n.º 18 (septiembre de 1858).

absoluta que nada conseguiría, y que serían estériles todos sus esfuerzos. [...] ¡Qué mal se avienen la severa y provechosa disciplina de las Escuelas especiales con la natural libertad de que gozarán los jóvenes en los primeros años de estudios universitarios, lo cual es inevitable donde se reúnen miles de estudiantes!

[...] Dividir la enseñanza de las matemáticas en las varias Escuelas especiales es el único medio de que sea provechosa, intensa, verdadera; centralizarla en un establecimiento, llámese Universidad, Colegio politécnico o Facultad de ciencias, es hacerla imposible.

El articulista dedicaba el resto de su escrito a criticar la propuesta de reforma de la Facultad de Ciencias, por su bajo nivel matemático:

El programa de los estudios que la facultad de ciencias abarca no ha de dar gran idea de nosotros en el extranjero, y basta pasar la vista por las materias que comprenden los cuatro años de la enseñanza para convencerse que la tan ansiada facultad, la que iba a elevarnos al pináculo de la ciencia no es casi otra cosa que la preparación por el Estado para el ingreso en las Escuelas. [...] Las materias comprendidas en el programa de la facultad no representan ciertamente la ciencia moderna. ¿Dónde está en el programa de la facultad una clase de Álgebra superior como la que —no hoy, sino 18 años ha— explicaba brillantemente Mr. Serret en la Sorbonne? La asignatura que el decreto titula Complemento de Álgebra será, cuanto más, teoría general de ecuaciones con la extensión de las obras elementales; pero no comprenderá la teoría de los determinantes, ni las congruencias, ni las factoriales, ni la teoría de las sustituciones, ni los trabajos de Abel, Galois, Hermite y tantos otros geómetras: y sin embargo todo esto debía enseñarse en la facultad, si ha de sufrir sin desdoro el parangón con otras facultades del extranjero.

¿Dónde está una clase de Geometría superior? El eminente geómetra francés Mr. Chasles la explicaba 20 años ha en la facultad de ciencias de París: en la Universidad de Madrid nunca se ha explicado, ni en el nuevo plan aparece; de suerte que nuestros doctores en ciencias matemáticas y físicas alcanzarán su borla sin saber que existen relaciones anarmónicas, sistemas homográficos, puntos en involución y figuras homológicas.

Como en tantas otras ocasiones, la polémica fue dirimida por un acontecimiento político: la Revolución gloriosa de septiembre de 1868, que expulsó por primera vez a los Borbones de España. El decreto de «libertad de enseñanza» (21-X-1868) derogaba las reformas de Orovio y volvía a lo prescrito en la Ley Moyano de 1857. Por lo que se refiere a la Escuela de Caminos, una de las principales repercusiones del decreto consistió en la entrega a la enseñanza libre (las academias privadas) de todas las matemáticas elementales y superiores, y buena parte de las ciencias físico-químicas. El nuevo ministro de Fomento, Ruiz Zorrilla, estaba orgulloso de que esta era

la más trascendental y fecunda de las reformas, porque así estos establecimientos [las escuelas de ingenieros] quedan reducidos a verdaderos centros especiales de aplicación, sin que los compliquen ni desnaturalicen asignaturas que solo a la ciencia pura se refieren.

[...] Así se resuelve un conflicto gravísimo que tiempo ha surgió entre la Universidad y las escuelas especiales sobre la reforma de las matemáticas superiores¹⁶.

¹⁶ Decreto reorganizando la enseñanza de las Escuelas especiales de Ingenieros de Caminos, Minas y Montes, *Gaceta de Madrid*, 24-X-1868.

Dada la fuerte presencia de los ingenieros de Caminos entre los dirigentes del «Sexenio democrático» (1868-1874) —Sagasta, Echegaray, pero también otros 19 diputados—, la Escuela mantuvo su autonomía y su influencia intelectual... durante unos cuantos años. El episodio de la Escuela General Preparatoria¹⁷ (1886-1892) resucitaría los debates de 1848-1855, 1857-1858 y 1866-1868, sin ningún argumento nuevo, pero finalmente la idea unificadora desapareció de la escena¹⁸, con lo que —por lo menos en este aspecto— la Escuela de Caminos podría continuar sin interferencias su trayectoria.

1.2. Polémicas fniseculares sobre el examen de ingreso

La preocupación por la formación impartida en la Escuela, así como por los métodos de selección de los aspirantes, ha sido una constante en los artículos aparecidos en la *ROP*. Hacia finales de siglo la revista volvió a ser testigo de una discusión en relación con el examen de ingreso. Ahora ya no se trataba de responder a «agresiones exteriores» (iniciativas ministeriales) que intentaban modificar el estatus de la Escuela, sino de discusiones internas en el seno del colectivo de ingenieros de Caminos, en el cual lógicamente existían opiniones diferenciadas acerca de la organización de las enseñanzas. También aquí, como veremos, el quid de la cuestión residirá en las matemáticas.

En los exámenes de 1893 se había implantado una primera prueba escrita, de carácter eliminatorio, que fue objeto de la publicación de una serie de tres artículos escritos por Vicente Machimbarrena¹⁹, que señalaba lo inadecuado de las pruebas escritas para las asignaturas de matemáticas. A partir de esta motivación, Machimbarrena se ocupaba de otras muchas cuestiones relativas al ingreso, entre ellas la que se refería a la supresión del curso preparatorio, con lo cual los aspirantes «habían sido lanzados a los azares de la enseñanza privada». Se quejaba el articulista de la «injusticia notoria que suponía la escasa protección que el Estado prestaba a las carreras de Ingeniería comparada con la que se otorgaba a las Facultades». Los médicos, abogados, etc., podían hacer sus estudios en centros de enseñanza costeados por el Estado, mientras que

los ingenieros tienen que estudiar cerca de la mitad de su carrera en Academias privadas, en donde los honorarios son necesariamente crecidos. Consecuencia de esto es que la provisión del personal de las carreras diversas de Ingenieros es patrimonio exclusivo de las clases regularmente acomodadas, lo que pugna con las ideas democráticas de la sociedad moderna.

¹⁷ Véase vol. v, pp. 42-52 y 378-382.

¹⁸ He localizado un intento de crear una Escuela General Preparatoria... ¡en 1938! (una iniciativa del Ministerio de Educación Nacional del Gobierno franquista de Burgos que no llegaría a materializarse).

¹⁹ «Los exámenes de ingreso en la Escuela de Caminos», *ROP* (1893), pp. 245-247, 253-254, 261-264 y 269-274. Vicente Machimbarrena (1865-1949) —de quien hablaremos más adelante— sería director de la Escuela entre 1924 y 1936.

Pocos años después, en 1897, la *ROP* publicaba un artículo de José Álvarez y Núñez, presidente de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos, en el que también se pronunciaba a favor de que el Estado proporcionase enseñanza a los ingenieros y arquitectos, como hacía con los demás profesionales. El autor señalaba que la mayor parte de los aspirantes a las escuelas necesitaban cuatro o más años para la preparación del ingreso en academias particulares, lo cual suponía un gasto de 840 pesetas anuales, con lo que «solo los hijos de familias medianamente acomodadas pueden seguir algunas de las carreras de ingeniero o arquitecto». Por ello acababa manifestándose partidario de implantar una Escuela preparatoria, eso sí, «sin los defectos de la suprimida en 1892».

En 1900 se modificó el reglamento del ingreso en la Escuela, de modo que solo existía un examen teórico-práctico de Cálculo infinitesimal y de Geometría analítica, exigiéndose para ser admitido a examen la presentación de certificados de haber aprobado en la Facultad de Ciencias los dos cursos de Análisis matemático y los de Geometría y Geometría analítica. La medida provocó las críticas de muchos ingenieros, que volvían a señalar lo inadecuado del carácter abstracto y especulativo de la enseñanza de las matemáticas en las universidades,

declarando dañoso en alto grado para el porvenir de la Escuela, y por lo tanto para los ingenieros, que se extravió el criterio de los jóvenes que han de dedicarse a tal profesión, lanzándolos a estudios especulativos en los que parece que hay empeño de hacer anti-páticas y odiosas las verdades matemáticas, vistiéndolas con un ropaje pretencioso cual si una ostentosa exhibición de teorías, algunas aún borrosas e incoloras, y otras disfrazadas con nombres modernos, sirviese para enaltecer a los que las profesan.

Esto contaba Rogelio Inchaurreandieta, director de la Escuela, en un artículo de la *ROP*²⁰, señalando por su parte que el sistema vigente antes de la reforma, fundado en el examen teórico-práctico de las matemáticas, desde la Aritmética hasta el Cálculo infinitesimal, no estaba exento de inconvenientes, por lo que era preciso modificarlo. Inchaurreandieta, que se mostraba partidario de la necesidad de proporcionar teorías matemáticas sólidas a los futuros ingenieros, formulaba así su declaración de principios en relación con el papel de las matemáticas para la formación de los ingenieros:

En la Escuela de Caminos hay virtualmente una declaración grabada en su puerta que dice: que no pretenda pasar por ella quien no domine los problemas elementales sin preocupación ni fatiga como no lo siente para las letras el que lee de corrido. [...] Ardiente defensor, como soy, de los estudios teórico-prácticos, consideraría un grave mal para la Escuela que los ejercicios prácticos debilitasen en lo más mínimo a la solidez de las teorías fundamentales. Opinan algunos que un aumento prudencial de las dificultades y la extensión de la teoría en los primeros estudios de las matemáticas es un bien para los que se dedican a nuestra profesión, porque les sirve de prueba para sus aptitudes y de gimnasia para la inteligencia, enseñándoles a discurrir. Considero

²⁰ «Condiciones para el ingreso en la Escuela de Caminos, Canales y Puertos», *ROP* (1900), pp. 188-189.

útil y justificado que se aspire a ese fin; pero entiendo que este puede conseguirse sin abusar de los teoremas abstrusos y de escasa o de ninguna aplicación. Por eso defiendo la enseñanza desde la Aritmética al Cálculo, tal como debe darse en las Facultades *siempre que se complete con muchos ejercicios prácticos*; pues con ello se somete a los aspirantes a una selección muy conveniente, pues el que no sea capaz de aprender bien los cursos de Facultad hasta la Geometría analítica no debe dirigir sus aspiraciones a esta Escuela, como no debe hacerlo el que no tenga voluntad ni gusto para adquirir facilidad y dominio en las aplicaciones. La Escuela de Caminos tiene por misión hacer Ingenieros, no maestros de obras o de talleres industriales o artísticos.

El artículo fue contestado en el número siguiente de la *ROP* por Vicente Machimbarrena²¹, a quien no convencían los razonamientos de Inchaurreandieta, e insistía en la diferencia radical con la que se impartían las asignaturas matemáticas en la Facultad y en las Escuelas:

La ciencia matemática es susceptible de marchar por abstracciones tan radicales, que desde sus alturas hasta se llega a mirar con desprecio a las aplicaciones. ¿No se comete un error trascendental, de principios, orientando las inteligencias de los jóvenes que desean ser ingenieros en direcciones que no deben seguir?

Pero además Machimbarrena cargaba contra la Facultad, acusándola de ser un coladero:

Además de este error de principios y después de tanto lujo de teorías en los programas, viene la realidad a enseñarnos que los alumnos aprueban con relativa facilidad las asignaturas en las Facultades de Ciencias, por esa benevolencia viciosa característica de nuestros centros universitarios, con lo cual el mal se agrava, porque si es inconveniente perder el tiempo estudiando teorías inútiles para el objeto que cada cual se propone, menos mal cuando se llegan a conocer bien; pero el enmarañar la inteligencia con ideas confusas, casi siempre equivocadas, es un mal gravísimo, difícil de corregir.

Prosigue Machimbarrena augurando un futuro lleno de fracasos a quienes tengan que pasar por el nuevo procedimiento, exagerando teatralmente los vicios tópicamente propios de la Facultad:

El resultado del nuevo sistema será que los jóvenes que deseen ser ingenieros de Caminos no pasarán en los dos o tres primeros años de preparación las amarguras propias de los exámenes de nuestra Escuela, tan rigurosos, que este año de 60 aspirantes solo han sido aprobados nueve en Aritmética y Álgebra. Llegarán con facilidad a saber *oficialmente* desde Álgebra hasta Geometría analítica; pero al prepararse para el examen teórico-práctico de Cálculo infinitesimal y Geometría descriptiva se encontrarán con que no saben quitar denominadores, por ser esta una operación demasiado mecánica para perder el tiempo adquiriendo experiencia en ella, y lo mismo digo del manejo fácil de las tablas de logaritmos, vulgaridad del Álgebra, impropia de hombres de ciencia, de la determinación de áreas y volúmenes, de la resolución de triángulos y ecuaciones, del cálculo de derivadas, ocupaciones propias de practicantes sin elevación de ideas.

²¹ «El ingreso en la Escuela de Caminos», *ROP* (1900), pp. 203-204.

En el número siguiente de la *ROP*, Luis Octavio de Toledo²², catedrático de Análisis matemático en la Universidad Central, salió en defensa de la Facultad²³, señalando que en ella se impartían «algunos conocimientos de carácter más práctico que teórico, como los métodos de Horner y Gräffe para la solución de ecuaciones numéricas, y otros como la teoría de figuras recíprocas, que son la base de la Estática gráfica», que curiosamente no se explicaban en la Escuela, mientras que por el contrario en sus programas figuraban materias como la Teoría de las formas algébricas que —ironizaba Octavio de Toledo— «ignoro qué utilidad práctica pueden prestar al Ingeniero». Pasaba después a rebatir el argumento de la «relativa facilidad con que los alumnos aprueban asignaturas en las Facultades», que consideraba «injurioso para el Profesorado», esgrimiendo los resultados de las últimas convocatorias, y terminaba:

No tengo interés personal alguno en que la preparación de las Escuelas especiales venga o no a nuestra Facultad: es más, creo que, si llega a venir, debe variar su actual organización, llevando a un período común la parte elemental y de aplicación inmediata de las materias, parte que necesitan por igual el Ingeniero y el Doctor, y reservando para un período de ampliación los estudios abstractos de ciencia pura que al primero no interesan y que el segundo debe cultivar; pero no puedo dejar pasar en silencio los ataques que a nuestra Facultad se dirigen y que no encuentro bien fundamentados; y creo, además, que lo que se hace en Bélgica, Italia, Estados Unidos y otras naciones, en donde el Ingeniero toma de los conocimientos explicados en la Universidad aquello que le hace falta, bien puede intentarse en nuestro país, sin que los cuerpos de Ingenieros pierdan nada de su actual brillantez, ni nosotros ganemos más que una mayor suma de trabajo y responsabilidad.

Machimbarrena le contestó en el número siguiente de la *ROP*²⁴, asegurando que su intención era «demostrar que son esencialmente distintos los estudios de matemáticas que se exigen en nuestras Escuelas especiales de Ingenieros y los que comprenden los programas de las Facultades de Ciencias». Octavio de Toledo respondió en la propia *ROP*²⁵ con un artículo titulado «Para terminar una discusión», en el que, aunque con ánimo conciliador, defendía los programas de la Facultad, así como la bibliografía utilizada, contraponiéndolos a los de la Escuela de Caminos, y concluyendo:

No me molesta que se critique mi programa, ni tengo la pretensión de creer sea perfecto, ni mucho menos lejos de eso, tengo sumo placer en escuchar cuantas advertencias se me hacen y que tienden a su mejoramiento; así que desde luego me pongo a disposición, no solo del Sr. Machimbarrena, sino de quien lo desee, para escuchar en científica conversación cuantas observaciones se me hagan; lo que he hecho es sencillamente aclarar conceptos no bien entendidos y rebatir observaciones que no estaban, a mi juicio, bien fundamentadas.

²² Véase su «Apunte biográfico» en M. SILVA SUÁREZ (ed.), vol. v, 2007b, p. 685.

²³ «En defensa de la Facultad de Ciencias, y en defensa propia», *ROP* (1900), pp. 211-212.

²⁴ «Enseñanza universitaria», *ROP* (1900), pp. 219-220.

²⁵ En el número 1.294, publicado en 19-VIII-1900, pp. 228-229.

La preocupación por la formación matemática de los ingenieros seguiría viva en la *ROP*, aunque ya no volverían a repetirse polémicas con la Facultad de Ciencias.

II

LAS MATEMÁTICAS COMO INDICADOR PARA DETERMINAR EL EQUILIBRIO ENTRE EL «TEORICISMO» Y EL «PRACTICISMO»: LOS INGENIEROS INDUSTRIALES

El siglo XIX ha visto la aparición de un nuevo tipo de técnico, quizás el más característico de la centuria: el ingeniero industrial. En el proceso de desvinculación de la formación técnica de los talleres y manufacturas, iniciado simbólicamente con la creación de la *École des Ponts et Chaussées* (1747), aparecerá en escena la *técnica científica académica*, la que se aprende en instituciones específicas de enseñanza. En lo que se refiere a las enseñanzas para la industria, en Europa este nuevo técnico será alumbrado por la parisina *École Centrale des Arts et Manufactures* (1829)²⁶. En España este técnico será creado por el Gobierno en 1850, con la intención de sustituir a los técnicos extranjeros y a los empíricos, carentes de educación formal²⁷.

Los ingenieros industriales se encontraron con graves dificultades durante las primeras décadas de su existencia, debido a ser una profesión libre sin atribuciones específicas. Su consolidación profesional se produjo en dura competencia con los técnicos empíricos o «rutinarios», con los técnicos extranjeros —a los que se calificará frecuentemente de «charlatanes que vienen con grandes títulos, muchas veces ficticios, y solo con algunas recetas»— e incluso con los arquitectos y los ingenieros de Caminos, de Minas y militares²⁸. Esta tensión y este desasosiego profesional obligarán a los ingenieros industriales a hacer una propaganda permanente de su capacidad profesional y de la amplitud y profundidad de sus conocimientos. Esta es probablemente una de las causas del interés suplementario que manifiestan por su propia formación.

²⁶ La *École Centrale*, fundada en 1829 por Pécelet, Dumas y Olivier, aspiraba a «hacer la competencia a la *École Polytechnique*, donde todo se hacía en Álgebra, desdeñando otros procedimientos que conducen más pronto a conocer los fundamentos teóricos que rigen el trabajo humano». Cita extraída del artículo «Nuestra carrera», *Boletín de la Asociación Nacional de Ingenieros Industriales*, n.º 22 (noviembre de 1893), pp. 673-681. Véase A. GRELON: «La naissance de l'enseignement supérieur industriel en France», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. 1, pp. 53-81.

²⁷ La ingeniería industrial ha sido tratada en tres capítulos del volumen V de esta colección: P. J. RAMÓN TEJELLO y M. SILVA SUÁREZ: «El Real Conservatorio de Artes (1824-1887), cuerpo facultativo y consultivo auxiliar en el ramo de la industria», pp. 235-294; J. M. CANO PAVÓN: «El Real Instituto Industrial de Madrid y las escuelas periféricas», pp. 295-350; G. LUSA: «La Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona», pp. 351-394.

²⁸ Véase M. SILVA SUÁREZ y G. LUSA MONFORTE, 2007, pp. 323-386.

En el momento de creación de la carrera aparece una «dialéctica» que dará lugar a una permanente tensión interna originada por dos mandatos opuestos: por un lado, hay que aplicar la ciencia a la industria, barriando de la escena a la «ciega rutina» y al «vano empirismo»²⁹, lo cual exige dotar a las enseñanzas industriales de un elevado nivel científico. Pero, por otro lado, hay que mantener el contacto con la técnica y la industria, evitando caer en el infecundo teoricismo de los «ingenieros de levita y corbatín»³⁰. Cuando a lo largo del más de siglo y medio de existencia de la profesión los profesores, los ingenieros y los fabricantes se interroguen acerca del estado de equilibrio de esas dos fuerzas opuestas, el «teoricismo» y el «practicismo», otorgarán precisamente a las matemáticas un papel primordial de indicador³¹. Aparecerá una «polémica de las matemáticas en la ingeniería» que planteará, entre otras, las siguientes cuestiones:

- ¿Cuáles y cuántas matemáticas? («matemáticas», a secas, frente a «matemáticas del ingeniero»).
- ¿Con qué carácter deben impartirse? («herramienta» frente a «disciplina mental»).
- ¿En qué lugar y momento? («antes del ingreso, en preparación privada o en la Facultad de Ciencias» o bien «dentro de la Escuela»).
- ¿Quién debe explicarlas? («matemáticos» o «ingenieros»).

En función de cómo se han respondido a estas cuestiones, hace más de treinta años³² que dividí la historia de la ingeniería industrial en tres períodos, el primero de los cuales —que va de 1850 a 1902— se caracterizaría por los siguientes rasgos:

- Influencia de las escuelas técnicas francesas (Polytechnique, para las Escuelas de cuerpo, y École Centrale para los ingenieros industriales): los *resultados* de la ciencia *se aplican* a la técnica y a la industria.
- Interconexión (no exenta de rivalidad) con la Facultad de Ciencias, al tener muchas veces que cursar obligatoriamente los futuros ingenieros algunas asignaturas de matemáticas en la Facultad.

²⁹ Preámbulo del Real Decreto de 20 de mayo de 1855, que establece el plan orgánico de los estudios de Ingeniería Industrial.

³⁰ A raíz de las discusiones Madrid-Barcelona acerca del otorgamiento del carácter superior a la Escuela Industrial Barcelonesa, la *Revista Industrial*, órgano de la Junta de Fábricas de Cataluña, dedicó varios artículos a analizar el estado de las enseñanzas industriales, y a criticar ferozmente el excesivo teoricismo e ignorancia práctica del profesorado del Real Instituto Industrial de Madrid. Ahí aparecen las expresiones «ingenieros de gabinete», «ingenieros de levita y corbatín» y otras semejantes. Véase G. LUSA, 1994b, pp. 61-80.

³¹ En apoyo de mi tesis, obsérvese que no están documentadas polémicas significativas acerca del carácter que deben tener las enseñanzas de Física, de Química o de Dibujo en las escuelas de ingeniería.

³² G. LUSA, 1975.

- La enseñanza de las matemáticas está en manos de matemáticos profesionales, o de ingenieros que son también matemáticos.
- Pluralidad de libros de texto, mayoritariamente franceses³³.

La época que aquí estamos considerando —el siglo XIX, en un sentido amplio—, está, pues, dominada por la influencia del modelo francés: las escuelas de ingenieros imparten unas enseñanzas de elevado nivel teórico, lo cual comporta asignar un papel fundamental, cualitativa y cuantitativamente hablando, a las matemáticas. Así parece corroborarlo el análisis de programas y textos que hemos efectuado en otros trabajos³⁴.

En relación con la importancia que se concedía a las matemáticas en la formación del ingeniero industrial e incluso en su caracterización, la primera referencia pública que hemos encontrado es de 1857, en una serie de artículos escritos por Cayetano Cornet y Mas en la *Revista Industrial*, órgano de la Junta de Fábricas (la gran patronal), cuando señala que sin Cálculo infinitesimal y Mecánica racional no se le dan al alumno de la enseñanza profesional «los elementos necesarios para calcular las máquinas e instrumentos que ha de construir y dirigir»³⁵, es decir, para desarrollar unas tareas fundamentales y características de la entonces nueva profesión. Significativamente, encontraremos otra mención a la pareja «Cálculo infinitesimal-Mecánica racional» como indicadores del alto nivel de las enseñanzas industriales en un artículo escrito por el ingeniero industrial José Serrat Bonastre al final del período que estamos considerando, en 1904³⁶, cuando criticando la elevación al nivel de ingeniería superior de las enseñanzas textiles que se impartían en la Escuela Industrial de Tarrasa señala que «la frontera que separa a los Ingenieros de los Peritos son las asignaturas de Cálculo infinitesimal y Mecánica racional». Y añadía que estas materias matemáticas debían estar bien articuladas con las asignaturas tecnológicas: «pero su estudio de poco ha de servir si después no queda tiempo para hacer aplicación de ellas». He aquí, pues, una mención al equilibrio buscado.

El hecho de que las matemáticas fuesen empleadas como instrumento de selección marcó sin duda a los ingenieros durante su vida profesional. La elevada formación adquirida en los primeros años de la carrera les imprimió una notable afición por las matemáticas³⁷. Es de destacar la aparición frecuente de artículos o notas breves

³³ En G. LUSA, 1975, pp. 469-490, figura la relación de todos los textos que fueron utilizados en las diversas asignaturas de matemáticas de la carrera entre 1851 y 1975.

³⁴ Ver G. LUSA, 1975, y G. LUSA, 1994a, pp. 263-282.

³⁵ «Escuelas Industriales», *Revista Industrial*, n.º 73 (28-V-1857), pp. 127-128.

³⁶ J. SERRAT: «Los Ingenieros de Industrias Textiles», *Revista Tecnológico-Industrial* (julio de 1904), pp. 169-177.

³⁷ En G. LUSA, 1975, pp. 495-514, figura una amplia relación de libros y artículos de matemáticas escritos por ingenieros industriales.

que se refieren a las matemáticas en las revistas técnicas de más amplia difusión en la época (la *Revista Industrial*, *La Gaceta Industrial*, *El Porvenir de la Industria* y la *Revista Tecnológico-Industrial*). Algunos son simple reproducción de notas aparecidas en revistas científicas extranjeras, o bien noticias de publicación y reseñas de libros de matemáticas, especialmente de los destinados a la preparación del ingreso en la Escuela. Otros se refieren a libros u opúsculos monográficos escritos por ingenieros industriales. Por supuesto, son numerosos los trabajos acerca de la aplicación de las matemáticas a la Mecánica y a las tecnologías. Pero lo más sorprendente es la abundancia de artículos relativos a problemas teóricos clásicos, como la cuadratura del círculo, la duplicación del cubo y la trisección del ángulo³⁸.

La multiplicación de revistas de carácter científico o técnico estimuló el interés y la imaginación de un público más amplio que el estrictamente académico o profesional. En ciertas ocasiones, algunos de los aficionados a las ciencias enviaban sus opiniones a las revistas, la mayor parte de las veces refiriéndose a los problemas clásicos que hemos mencionado, tratados con más osadía que rigor. Se originaron unas sonadas polémicas, en las que muchas veces fueron ingenieros industriales quienes rebatieron los errores formulados por los bienintencionados profanos³⁹.

Pero no es solo en la prensa donde los ingenieros industriales intervienen en polémicas relativas a las matemáticas. También la Academia de Ciencias de Barcelona, de la que forman parte en esa época unos cuantos ingenieros, será el escenario de discusiones igualmente apasionadas, en las que se suscitan discusiones de carácter filosófico que llegan a poner en cuestión la forma de articulación de las matemáticas con la ingeniería. Los debates de los académicos pondrán de manifiesto que las «verdades matemáticas» y las «verdades de la ingeniería» pueden llegar a ser contradictorias entre sí.

Durante estos años finiseculares los matemáticos de la Academia ya están al tanto de las transformaciones que están afectando a los fundamentos de las matemáticas, aunque sea con el lógico retraso debido a su paso previo por las revistas y libros franceses. Las nuevas teorías suscitan intensos debates en el seno de nuestra comunidad científica. Uno de los más interesantes es el que tiene lugar a partir de 1893, relativo al infinito en la geometría, discusión que acaba convirtiéndose en una polémica acerca de la validez y del alcance de las geometrías no euclídeas. El detonador de la discusión lo constituye la memoria «El infinito matemático en la cadena cinemática cilíndrica» (1893), del académico Luis Canalda, profesor de la Escuela de Ingenieros. Canalda hace una exposición de los trabajos del ingeniero berlinés Ferdinand Reuleaux, que ha puesto sólidas bases a la Foronomía o Cinemática racional, estudiando las leyes de la formación de los mecanismos. El arquitecto y académico Josep Domènech Estapà, catedrático de Geodesia en la Facultad de Ciencias, le contesta airadamente en su

³⁸ Puede verse una selección de estos artículos en G. LUSA, 1994c, pp. 347-349.

³⁹ Véase una pequeña muestra de estas polémicas en S. GARMA y G. LUSA, 1995, pp. 523-564.

memoria «Absurdos geométricos que engendran ciertas interpretaciones del infinito matemático» (1894), reprochando «que se trate a los llamados infinitos matemáticos mediante las leyes de la cantidad finita».

Canalda prosigue publicando trabajos en la misma línea: seis meses después lee en la Academia «Aplicaciones de la Geometría cinemática. Transformación de la ecuación del círculo en la de la recta, cuando el radio adquiere una magnitud infinita, por medio del rombo de Peaucellier» (1894). Domènech le responde con su memoria «Los mecanismos no pueden oponerse a las verdades matemáticas», leída en la Academia en febrero de 1897, rebatiendo «las demostraciones mecánicas que han querido darse de algunos absurdos geométricos nacidos a propósito de la consideración del infinito matemático». Reitera sus principales argumentos en las conferencias «Justa interpretación que debe darse al cero y al infinito matemático», pronunciadas en el Salón Doctoral de la Universidad en marzo de 1898. Domènech quiere dar la «voz de alerta a los alumnos de las facultades de ciencias y escuelas especiales» para que no lleven muy lejos su entusiasmo por las nuevas geometrías, y sigan confiando en «la geometría euclidiana, que es la única que se halla conforme con la naturaleza del espacio que concebimos y de las formas que nuestra mente puede imaginar».

Canalda no entrará al trapo, y seguirá escribiendo durante bastantes años diversos trabajos de carácter geométrico-mecánico, como una nueva entrega de «Aplicaciones de la Geometría cinemática»: «El infinito matemático en la máquina de vapor de acción directa», «La hipérbola curva cerrada, o el infinito matemático en el mecanismo de manubrios antirrotativos».

Con la consolidación del cantorismo y de las geometrías no euclídeas, los universos matemáticos de la Escuela de Ingenieros Industriales y de la Facultad de Ciencias acentuarán su divergencia, pese a que ambos centros compartirán un mismo edificio hasta 1927. La identidad constitutiva matemáticas-ingeniería, procedente del Renacimiento y de la Ilustración, ha terminado por disolverse.

III

ALGUNOS DEBATES EN LA ARQUITECTURA Y EN OTROS CAMPOS DE LA INGENIERÍA

III.1. *En torno al papel de las matemáticas en la formación de los arquitectos*

Desde la época de la Antigüedad greco-romana hasta finales del siglo XVIII no existió una diferenciación clara entre las competencias específicas del arquitecto y las del ingeniero⁴⁰. En España, fueron los arquitectos quienes mantuvieron una mayor presencia y preponderancia social hasta la aparición, durante el tránsito del XVIII al XIX,

⁴⁰ A. BONET CORREA, S. LORENZO y F. MIRANDA, 1985, pp. 11-75.

de los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, que bien pronto se convirtieron en uno de los principales cuerpos de élite al servicio de la Administración. El Decreto de 10-X-1845 entregaba prácticamente la totalidad de las obras públicas a los ingenieros de Caminos, con lo que los arquitectos protestaron airadamente. Como resultas de la queja, el Gobierno promulgó la Orden de 25-XI-1846, que reconocía algunas competencias a los arquitectos (proyectos de fontanería y dirección de obras costeadas por particulares), orden que no gustó a ninguno de los dos colectivos de profesionales implicados. En las discusiones que se abrieron⁴¹, los ingenieros achacaban a los arquitectos su escasa competencia científica y técnica, calificando a su carrera como predominantemente «artística», mientras que los arquitectos aducían que su preparación científica era suficiente y su visión de la construcción mucho más completa. Aunque se trataba de dirimir competencias profesionales, en los escritos de unos y de otros aparecían frecuentemente, como arma arrojadiza, el cálculo infinitesimal, la mecánica racional y la hidráulica⁴².

Para acercar entre sí a ambos colectivos, en cuanto a formación, el Gobierno estableció por Decreto de 6-XI-1848 la Escuela Preparatoria para las especiales de Caminos, Canales y Puertos, de Minas y de Arquitectura⁴³. Como se sabe, su existencia fue breve (1848-1855) y además contribuyó a exacerbar las diferencias entre ingenieros y arquitectos, aireadas en las polémicas que unos y otros mantuvieron en las páginas de la *ROP*⁴⁴. Sin embargo —sostiene Prieto González—⁴⁵, «la Preparatoria supuso para los arquitectos una ocasión única de acortar distancias con los ingenieros en materia técnica, [...] ya que obligó a la Escuela de Arquitectura a reciclarse y adaptar su enseñanza al elevado nivel de conocimientos que los alumnos traían de aquella».

⁴¹ Por parte de los arquitectos intervinieron José Oriol y Bernadet (en el *Boletín Enciclopédico de Nobles Artes*) y el dúo Antonio de Zabaleta y Narciso Pascual y Colomer (en el mismo *Boletín* y en *El Herald*). Los ingenieros contendieron desde las páginas de *El Español*.

⁴² «La escuela de Arquitectura producirá todo lo que se quiera; pero lo que no podrá hacer ninguna escuela es que los señores Zabaleta y Colomer y la casi totalidad de los arquitectos actuales que jamás han saludado el cálculo diferencial, la mecánica racional, la hidráulica, etc., sepan estas ciencias. En ellas no basta el genio, el numen, la inspiración y otras cualidades expresadas por voces análogas. El hombre científico no nace, se hace; y es preciso para esto haberse dedicado a las ciencias en cierta edad, muchas horas todos los días y por espacio de muchos años». Del artículo (sin firma) «Arquitectura y obras públicas», *El Español*, 15-XII-1846, p. 3.

⁴³ Acerca de esta primera Escuela Preparatoria véase la «Presentación» que hace Manuel SILVA del volumen v de esta colección, pp. 36-42.

⁴⁴ En 1854 la *ROP* publicó artículos de los arquitectos José Oriol Bernadet y Eugenio de la Cámara, en discusión con la redacción de la revista. Ambos reivindicaban la calidad científica de la formación de los arquitectos, con menciones explícitas al Cálculo infinitesimal y a la Mecánica racional.

⁴⁵ J. M. PRIETO GONZÁLEZ: «La Escuela de Arquitectura de Madrid y el difícil reconocimiento de la capacitación técnica de los arquitectos decimonónicos», en M. SILVA SUÁREZ (ed.), vol. v, 2007b, pp. 193-197.

Volvieron a debatirse cuestiones relativas a la formación científica de los arquitectos, y en particular acerca de las matemáticas, en torno a 1875 y años siguientes, con ocasión de la reforma de las enseñanzas arquitectónicas impulsada por Francisco Jareño, que desde la dirección de la Escuela reforzó la enseñanza científico-técnica: «Es la Arquitectura, ante todo, ciencia y tecnicismo. Su dominio es la matemática»⁴⁶. Pero un cuarto de siglo más tarde, en 1901, el claustro de la Escuela de Arquitectura de Madrid proponía limitar los conocimientos científico-técnicos y convertir los estudios artísticos en primordiales para la carrera. De nuevo la polémica ciencia-arte, involucrando a la formación matemática, y esta vez el péndulo se iba hacia el otro lado...

III.2. *La formación matemática de los ingenieros de Montes*

También para los ingenieros de Montes, como para los industriales, existe una especie de «dialéctica original» con presencia de dos elementos antitéticos que estiran en sentidos opuestos: las ciencias naturales, por un lado, y las físico-matemáticas, por el otro, que forman el capital básico de la formación de los forestales. La importancia de unas y de otras en los programas de la Escuela no fue siempre la misma, y el deseado equilibrio fue rompiéndose en un sentido o en otro a lo largo de los años. Casals⁴⁷ señala que en cierto modo esa contradicción es el reflejo de la tensión que existe entre aprovechar y conservar los montes y también, a un nivel más general, entre ciencia aplicada y ciencia pura. Como veremos, al igual que ocurrió con los ingenieros industriales, las matemáticas servirían como indicador —o como espantajo— del estado de ese equilibrio⁴⁸.

Uno de los teóricos más prestigiosos de la ingeniería forestal, Joaquín María de Castellarnau⁴⁹, clamaría contra la matematización de la enseñanza de los forestales, y defendería su papel como naturalistas. En 1885 escribía⁵⁰:

El Álgebra superior y el Cálculo infinitesimal, la Geometría analítica y descriptiva (¡¡con sus aplicaciones a las sombras y a la perspectiva!!) y la Mecánica racional, que se exigen como asignaturas preparatorias, ¿para qué le sirven al alumno de la Escuela? Le sirven para estudiar la Topografía y la Geodesia (?), la Mecánica aplicada y la Construcción forestal (?), que son asignaturas puramente auxiliares, si bien necesarias, y que de ninguna manera revisten carácter de especialidad. [...] Lo que deseáramos es que la enseñanza que se dé en la Escuela tienda a hacer naturalistas, no porque creamos a las

⁴⁶ F. JAREÑO: «Importancia de la Arquitectura y sus relaciones con las demás Bellas Artes», *Revista de la Arquitectura Nacional y Extranjera* (1880), pp. 122-128 y 140-142.

⁴⁷ V. CASALS: «Saber es hacer. Origen y desarrollo de la ingeniería de montes y la profesión forestal», en M. Silva Suárez (ed.), vol. v, 2007b, pp. 395-447, esp. 403-409. Véase también V. CASALS: *Los ingenieros de montes en la España contemporánea (1848-1936)*, Barcelona, Ediciones del Serbal, 1996, pp. 31-63.

⁴⁸ El ingeniero de Montes Ignacio Pérez-Soba Díez del Corral, a quien agradezco su gentileza, me ha proporcionado las principales referencias que he utilizado para redactar este apartado.

⁴⁹ Véase su nota bibliográfica, redactada por V. Casals, en la p. 637 del volumen v de esta colección.

⁵⁰ J. M. de CASTELLARNAU: «La enseñanza de las ciencias naturales en la carrera de ingeniero de montes», *Revista de Montes*, IX (1885), pp. 131-137 y 161-169.

ciencias naturales superiores o inferiores a las exactas, sino porque son las idóneas para el Ingeniero de Montes. Tampoco pretendemos que se borren estas de los programas, ni mucho menos, y solo sí que se subordine lo secundario a lo principal y que haya equilibrio.

Castellarnau criticaba el hecho de que se hubiese roto ese equilibrio introduciendo demasiadas matemáticas, creyendo así que se prestigiaba a la carrera de Montes imitando a la Escuela de Caminos, lo cual condujo a «disminuir el estudio de ciencias naturales y aumentar el de las exactas». No era ese el camino que debía haberse seguido: «hubiera valido más adelantar en terreno propio y crearse una posición especial e independiente».

La creación de la Escuela General Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos (EGPIA) en 1886 estimuló también la pluma de los ingenieros de Montes. En 1890 José Secall⁵¹ criticaba el hecho de que las ciencias naturales estuviesen ausentes de las enseñanzas de la EGPIA, y no solo por su absoluta necesidad para los forestales, sino también como imprescindibles para la formación de los arquitectos y demás ingenieros. En cuanto al equilibrio entre las ciencias exactas y las naturales en la formación de los forestales, Secall se inclinaba por el predominio de las segundas:

En la preparación nuestra no debe admitirse equilibrio entre las ciencias exactas y las naturales, sino que debe caer del lado de las últimas. Las primeras, con la extensión que se estudian en la *preparatoria*, son carga inconveniente y pesada, porque desvían al forestal del camino que debe seguir, cuyo libro no debe ser otro que el de la naturaleza, en la cual se mira de muy distinta manera que en los libros de matemáticas.

Secall se quejaba de la EGPIA, porque desde su creación ninguno de los alumnos que de ella salían optaban por proseguir sus estudios en la Escuela de Montes, y porque además la formación impartida era inadecuada para los futuros forestales:

Su preparación actual viene sellada con el vicio de origen del excesivo intelectualismo de las ciencias exactas, con sus procedimientos de demostración y con su medio ambiente de estudio recluso.

Un año más tarde, en un artículo que resumía el estudio que había elaborado por encargo del cuerpo de Ingenieros de Montes para analizar el estado de la Escuela forestal⁵², Secall insistía en sus críticas a la EGPIA, a la que por sus excesivas enseñanzas matemáticas calificaba de «Escuela Preparatoria para la de Caminos»⁵³: además de

⁵¹ J. SECALL: «Las Ciencias Naturales en la Escuela general preparatoria», *Revista de Montes* (1890), pp. 28-32. José Secall Inda fue profesor de la Escuela de Montes de El Escorial y director de la *Revista de Montes*.

⁵² J. SECALL: «La Escuela de Ingenieros de Montes», *Revista de Montes* (1891), pp. 145-150, 179-186, 201-210 y 228-234.

⁵³ Los estudiantes que salían de la EGPIA elegían mayoritariamente la Escuela de Caminos, no solo por su mayor prestigio, sino porque además era el cuerpo en el que existían más plazas. El cuerpo de Caminos (en 1886) estaba formado por 265 ingenieros, el de Minas (en 1887) por 197, el de Montes (en 1886) por 173 y el de Agrónomos (en 1888) por 151.

bloquear en la práctica la entrada de alumnos en la Escuela de Montes, en caso de que hubieran venido «adolecerían de graves defectos en sus estudios y tendencias, muy difíciles de extirpar». En cuanto a los que proclamaban «la necesidad de las matemáticas superiores en nuestra profesión», les respondía:

El Ingeniero de Montes no necesita más conocimiento que el de la Aritmética, Álgebra elemental, Geometría, Trigonometría, elementos de Geometría analítica y Geometría descriptiva. Con estos conocimientos bien fundamentados y demostrados en exámenes rigurosísimos quedan completamente satisfechas las necesidades en ciencias exactas del forestal.

Para justificar estas afirmaciones, Secall pasaba revista a los planes de estudio de las escuelas forestales más prestigiosas de Europa (las de Nancy, Eberswald, Aschaffenburg, Viena), poniendo especial atención en el contenido de las enseñanzas matemáticas, y concluía rotundamente:

Los argumentos de razón como los de autoridad llevarán siempre al que estudie la cuestión no perturbado el entendimiento con prejuicios a proclamar que los conocimientos que hoy se exigen en ciencias exactas para nuestra carrera rayan, por su gran extensión en cantidad y calidad, en lo ridículo.

En definitiva, a pesar de que en los exámenes de ingreso aparecían asignaturas de contenido matemático, esto se hacía para seguir la corriente a la tónica dominante en el conjunto de las ingenierías. Pero la opinión mayoritaria, entre el profesorado y los profesionales del ramo, era que las matemáticas debían limitarse a lo estrictamente necesario para las (reducidas) necesidades de la carrera forestal, debiendo ponerse el énfasis en los contenidos más propios de la especialidad, es decir, en las ciencias naturales.

Añadamos finalmente una observación sobre una ingeniería próxima a la de Montes, la de Agrónomos⁵⁴. La formación científica básica varió mucho a lo largo del tiempo, como resultado de los vaivenes legislativos y de las discusiones entre los profesionales del ramo acerca de la relación entre la formación científica y la de carácter práctico⁵⁵. El período en el que la formación científica de los aspirantes fue más amplia correspondió al de vigencia de la EGPIA. Pero no hemos sido capaces de encontrar rastros de polémicas específicas en torno a la formación matemática de los ingenieros agrónomos.

⁵⁴ La más joven de las ingenierías decimonónicas fue creada en 1855 (Escuela Central de Agricultura); el cuerpo aparece de facto en 1879, aunque no se reglamentó hasta 1887. Véase Jordi CARTAÑA: «Ingeniería agronómica y modernización agrícola», en M. Silva Suárez (ed.), vol. v, 2007b, pp. 449-505.

⁵⁵ Uno de los padres intelectuales de la enseñanza agronómica, Mariano Miguel de Reinoso, era partidario de que los profesores de la Escuela de Agricultura tuviesen una sólida formación científica. Véase M. M. REINOSO: «Sobre enseñanza agrícola profesional. Informe elevado al Excmo. Sr. Ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas», *Boletín Oficial del Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas* (1850-1851).

III.3. *Ingeniería de Minas: escasos pronunciamientos sobre política educativa*

El cuerpo de ingeniería de Minas, creado como tal en 1833, ejerció una gran influencia sobre la política de los Gobiernos de España, especialmente perceptible en un siglo que fue testigo de la desamortización del subsuelo. Los ingenieros se pronunciaron e intervinieron decisivamente en las discusiones parlamentarias sobre las diversas leyes de Minas vigentes a lo largo del siglo XIX. Las numerosas páginas de sus sucesivos órganos de expresión y presión⁵⁶ nos muestran hoy la persistencia (y el éxito) de su actividad política.

Sin embargo, la constante y exitosa intervención de este colectivo de ingenieros en la política minera (e industrial) del país contrasta con la escasa atención que dedicaron a la política educativa de los Gobiernos en relación con la enseñanza de la ingeniería. Es cierto que en los *Anales de Minas* y en la *Revista Minera* hay bastantes páginas dedicadas a aspectos de detalle de la enseñanza en las diversas escuelas mineras, tanto a la Escuela de Ingenieros de Madrid como a las Escuelas de Capataces de Almadén, de Mieres, de Linares y de Cartagena. Pero —y sobre todo en contraste con la intensa contestación de los ingenieros de Caminos a las iniciativas gubernamentales más polémicas en materia de organización de las enseñanzas de ingeniería⁵⁷, que hemos examinado en el apartado dedicado a los ingenieros de Caminos— los de Minas se limitaron a reproducir, sin comentarios, algunos pronunciamientos de sus colegas de Caminos que habían aparecido en la *Revista de Obras Públicas*. Esto ocurrió, por ejemplo, en 1866, cuando la *Revista Minera*⁵⁸ reproduce sin comentario alguno el artículo «Sobre la reforma de la Facultad de Ciencias y de las Escuelas especiales», atribuido a Echegaray, aparecido en la *ROP* el mes anterior⁵⁹. Y también en 1868, cuando la *Revista Minera* reproduce también sin comentarios un fragmento de un artículo de la *ROP* criticando las medidas de Orovio para meter en cintura a las escuelas de ingenieros⁶⁰.

El mayor despliegue informativo que hemos encontrado en la *Revista Minera* dedicado a un acontecimiento de política educativa tiene lugar después de la *Gloriosa*, a la que por cierto la redacción de la revista no dedica comentario alguno, también en contraste con el alborozo con el que la *ROP* recibe este acontecimiento político⁶¹. La *Revista Minera* publica sin comentarlo uno de los decretos conocidos como «de

⁵⁶ *Anales de Minas* (1838-1846) y *Revista Minera* (1850-1936), principalmente. Ambas están digitalizadas en la web del Instituto Geológico y Minero de España (<<http://www.igme.es>>).

⁵⁷ Me refiero a la creación (1848) y cierre (1855) de la primera Preparatoria, a la obligatoriedad de cursar las asignaturas de carácter científico en la Facultad de Ciencias (1858 y 1866) y a la creación y desaparición de la EGPIA (1886-1892).

⁵⁸ T. XVII, n.º 397 (15-XII-1866), pp. 705-715.

⁵⁹ T. XIV, n.º 22 (15-XI-1866), pp. 261-265.

⁶⁰ «Reforma en la facultad de ciencias», *Revista Minera* (1868), p. 185.

⁶¹ «Los redactores de la *ROP* se adhieren plenamente a la revolución que acaba de triunfar en España; y hacer esta declaración es manifestarse fieles a las tradiciones liberales del Cuerpo de Ingenieros de Caminos», *ROP*, t. VI, n.º 20 (15-X-1868), p. 233.

libertad de enseñanza», que sobre educación promulga el Gobierno provisional en 23-X-1868, derogando la legislación reaccionaria de Orovio. Pocas páginas después reproduce un conjunto de artículos publicados en otros periódicos, con los que — suponemos— la redacción de la *Revista Minera* está de acuerdo⁶².

Por todo ello no debe extrañar que no hayamos sido capaces de encontrar, tras escudriñar los miles de páginas de las revistas mineras, testimonios significativos de discusiones acerca de la formación matemática de los ingenieros de Minas, más allá del seguidismo poco locuaz practicado en relación con los pronunciamientos de sus colegas de Caminos. Mencionemos, únicamente, algunos comentarios menores, como el que aparece en la sección «Variedades» [una especie de cajón de sastre] del número de la *Revista Minera* publicado en 1-X-1854⁶³, en el que además de pedir la supresión de la Escuela preparatoria se hacen algunas consideraciones interesantes acerca de la caracterización de la formación básica de los ingenieros de Minas, relacionándola con la de Caminos:

No podemos menos de llamar la atención de nuestros lectores, y especialmente la del entendido señor ministro de Fomento, acerca del artículo inserto en el número 18 de la *Revista de Obras Públicas* pidiendo la inmediata supresión de la Escuela preparatoria. Profundamente convencidos de la solidez de cuantos argumentos se exponen para combatirla, y habiendo visto prácticamente que con ella es inminente la ruina de nuestra Escuela especial de minas, cuyas cátedras han permanecido casi desiertas desde la creación de aquella, unimos nuestros deseos a los manifestados por tan estimable colega, a fin de que suprimiéndose dicha preparatoria se reforma el reglamento de la enseñanza en la Escuela de minas, aumentando a cinco años su duración para comprender en los primeros la geometría descriptiva, la mecánica general y los cálculos, aunque con extensión mucho menor que en la de caminos, cuyos estudios especiales giran después sobre la aplicación de las ciencias matemáticas, mientras que los de minas se desarrollan sobre la base de las ciencias químicas y naturales.

Pero en relación con este asunto no había unanimidad entre los ingenieros de Minas. En el número de 15-XI-1854⁶⁴ un suscriptor se manifestaba contra el pronunciamiento de la *Revista Minera* en favor de la supresión de la Preparatoria, abogando en cambio por su mantenimiento y conversión en algo parecido a la Politécnica de París. La carta venía precedida de un comentario de la redacción de la revista, matizando la oposición a la Preparatoria expresada en el número anterior:

⁶² Son estos artículos «Escuelas especiales» (*La Nación*) y «Los cuerpos facultativos civiles» (*La Opinión*). También se reproduce la carta enviada a la redacción por Anselmo Tirado [ingeniero jefe de Minas], contestando a un artículo publicado en *El Imparcial*, titulado «La libertad de enseñanza y las escuelas especiales». En estos textos se defiende que la existencia de las Escuelas especiales y la persistencia de los cuerpos facultativos son compatibles con la declaración de la «libertad de enseñanza». Todo este dossier, en la *Revista Minera*, t. XIX, n.º 443 (15-XI-1868), pp. 685-692 (el decreto) y 703-715 (los artículos y la carta).

⁶³ T. v, pp. 610-611.

⁶⁴ T. v, pp. 705-707.

En el caso de tener que manifestar terminantemente nuestra opinión, diremos que consideramos menos oportuna la supresión de la Escuela Preparatoria, a lo menos para las carreras de minas y caminos, que el que reciba modificaciones dando mayor extensión al programa de sus estudios: a ningún alumno de minas le sobrará nada de lo que hoy día se enseña en aquella Escuela con relación a las ciencias exactas, y por el contrario le falta bastante que aprender, con respecto a las ciencias físico-matemáticas y química.

En definitiva, los ingenieros de Minas gastaron sus mejores pólvoras en cuestiones de estricta política minera.

III.4. *Las matemáticas y los telegrafistas*

Aunque la ingeniería de Telecomunicación no sería creada hasta el siglo xx, su antecedente inmediato —el Cuerpo de Telégrafos— es de mediados del siglo xix⁶⁵. También en este ámbito de profesionales se produjeron algunas reflexiones o discusiones relativas a las matemáticas⁶⁶.

En *La Semana Telegráfico-Postal*, revista en la que exponían sus problemas y expresaban sus anhelos sobre todo los telegrafistas subalternos facultativos, Eduardo de la Cuesta⁶⁷ se hacía eco de las quejas de los telegrafistas ante la cantidad de conocimientos que debían poseer para ingresar en el cuerpo: «se admiran de que para ser telegrafista y obtener cinco mil reales escasos de sueldo y probabilidad de que este no mejore en muchos años, se necesita sufrir un examen poco menos difícil que para ingresar en cualquier otro cuerpo facultativo de más porvenir y descanso». De la Cuesta criticaba el desarrollo artificial de algunas teorías:

Es indudable que en este siglo se han hecho grandes adelantos en las ciencias; pero no es menos cierto que las teorías se han extendido demasiado sobre corolarios de poca importancia, pecando ya en difusas. [...] Hay hoy en día mucha ciencia, pero también mucha insustancialidad; se discurre mucho, pero se charla más.

Y pasaba a concretar su crítica en las enseñanzas de las matemáticas para telegrafistas:

Naturalmente, esto se extiende a todas las carreras, y así vemos que si antes, y concretándonos a las matemáticas, bastaba estudiar las teorías principales, de verdadera aplicación y fundamento para comprender y poseer bien las matemáticas mixtas, ahora es necesario gastar el tiempo y la paciencia en aprender otras que, por curiosas que sean, no son verdaderamente indispensables. [...] El que sigue una carrera determinada debe tomar de las matemáticas puras la parte indispensable para perfeccionarse en las mixtas, que han de ser la ocupación de su vida.

⁶⁵ S. OLIVÉ ROIG y J. SÁNCHEZ MIÑANA: «De las torres ópticas al teléfono: el desarrollo de las telecomunicaciones y el Cuerpo de Telégrafos», en M. Silva Suárez (ed.), vol. v, 2007b, pp. 551-608.

⁶⁶ Agradezco a Jesús Sánchez Miñana que me haya proporcionado las pistas para redactar las líneas que siguen.

⁶⁷ E. DE LA CUESTA: «Conocimientos que deben poseer los funcionarios del Cuerpo de Telégrafos», *La Semana Telegráfico-Postal* (1869), pp. 147-148, 159-161 y 165-167.

¿Cuál era, a su entender, la formación matemática más adecuada para un telegrafista?

Ahora bien; para ser un buen telegrafista, ¿se necesita poseer perfectamente las matemáticas puras? A la pregunta contestamos que bastaba que el examen versara sobre los elementos más necesarios de la aritmética, álgebra, geometría y trigonometría rectilínea y resolución de todos los cálculos aritméticos y algebraicos, hasta las ecuaciones de segundo grado inclusive, comprendiendo también los referentes a progresiones y logaritmos, y dando siempre la razón que hubiera para resolver los cálculos de este o del otro modo.

Los telegrafistas y los ingenieros industriales entraron en colisión a raíz de la creación de la Escuela de Ingenieros Electricistas de Ultramar (Real Decreto 3-I-1890). Los telegrafistas habían reclamado durante mucho tiempo la creación de una Escuela especial a semejanza de las ingenierías civiles⁶⁸, que cuajó cuando el político liberal Eduardo Vincenti Reguera, antiguo telegrafista, ocupaba la Dirección General de Administración y Fomento del Ministerio de Ultramar. La Escuela, cuyas enseñanzas debían durar dos años, fue diseñada minuciosamente por una comisión integrada por prestigiosos telegrafistas, entre los cuales se encontraban Antonino Suárez Saavedra y José Casas Barbosa⁶⁹. El «Dictamen de la Comisión para organizar la Escuela de Ingenieros Electricistas de Ultramar»⁷⁰, que establecía las líneas maestras del plan de estudios, contenía unas orientaciones relativas a las matemáticas, que seguían la tónica de la época, al separar nítidamente los papeles del científico y del ingeniero:

Nuestro criterio en este punto, inspirándose parcialmente en prácticas que vemos establecidas con gran fruto en el extranjero, es el de reducir a términos prudentes la iniciación científica en lo relativo a la enseñanza del análisis matemático, temerosos de consagrar a una estéril gimnasia intelectual el tiempo que el alumno puede dedicar con fruto a las materias de aplicación y a las prácticas asiduas, complejas y reiteradas que la misión del Ingeniero, que no es precisamente la del sabio, requiere.

A pesar del alborozo con el que los telegrafistas acogieron la creación de la Escuela de Electricistas⁷¹, esta no llegaría a ver la luz. En febrero de 1890 la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona protestaba contra la creación de la Escuela, pues «cercenaba las ya menguadas atribuciones que al Ingeniero Industrial se conceden, favoreciendo con marcado exclusivismo al Cuerpo Facultativo de Telégrafos»⁷². El turno de

⁶⁸ OLIVÉ ROIG y SÁNCHEZ MIÑANA, *op. cit.*, pp. 603-605.

⁶⁹ Véanse sus «Apuntes biográficos», redactados por Olivé Roig y Sánchez Miñana, en el volumen v de esta colección, pp. 707-708 y 635-636, respectivamente.

⁷⁰ Publicado en la *Revista de Telégrafos* (16-V-1890), pp. 153-157.

⁷¹ La *Revista de Telégrafos* dedicó varios números a saludar la creación de la Escuela (n.ºs 228 a 236, enero a mayo de 1890).

⁷² «Exposición dirigida a los ministerios de Ultramar y de Fomento, con motivo del Real decreto de 3 de Enero próximo pasado», *Revista Tecnológico-Industrial* (febrero de 1890), pp. 25-28.

partidos de la Restauración acabó con la discusión: en julio de 1890 cayó el Gobierno de Sagasta. Su sucesor (Cánovas) no volvería a hablar de la Escuela de Electricistas.

IV

NUEVO SIGLO: DEBATE UNIVERSAL ACERCA DE LA FORMACIÓN MATEMÁTICA DEL INGENIERO

Durante los decenios anteriores al cambio de siglo se produjeron importantes cambios políticos, sociales y militares, que trastocaron la correlación de fuerzas entre las potencias mundiales: unificación alemana, guerra franco-prusiana, guerra entre España y Estados Unidos... En las naciones que han sido derrotadas se generaliza la idea de que el resultado de la contienda no es tanto consecuencia de la debilidad militar como de otros factores más profundos. Y entre ellos se señala, con rara unanimidad, a la educación, y más en concreto a la educación técnica. Por ello se abre un debate prácticamente universal en torno a la educación técnica, que afecta ineluctablemente al papel que desempeñan las matemáticas en la formación de los ingenieros.

La preocupación por la formación matemática está presidida por la proclama de Alois Riedler («¡Basta de matemáticas!»):

Es preciso romper con el espíritu unilateral de la Universidad, que se ha adueñado de las Escuelas y prescinde de la realidad de las cosas. La Mecánica, la Física, la Termodinámica... se convierten en simples ejercicios matemáticos, falseando su propia naturaleza: los alumnos superan las dificultades del procedimiento matemático, pero no llegan a la entraña de las cosas, a conocer y dominar los fundamentos de estas ramas científicas⁷³.

Alois Riedler (1850-1936), profesor de construcción de máquinas en la Technische Hochschulen de Berlín, había visitado en 1893 la Exposición Universal de Chicago, habiendo quedado impresionado por el brillante papel que tenían los laboratorios en la educación técnica americana. Por ello clamaba contra el enfoque teórico y matemático en los cursos de ingeniería mecánica en Alemania, propugnando un mayor entrelazamiento entre los aspectos teóricos y los prácticos. Sus ideas influyeron decisivamente en la reorientación de la educación de los ingenieros alemanes⁷⁴.

⁷³ A. RIEDLER: «Zur Frage der Ingenieurereziehung», *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure*, 39, Berlín (1895), pp. 951-959. Citado por J. G. Álvarez Ude en «La Matemática del Ingeniero», conferencia pronunciada en la Escuela de Ingenieros de Caminos en 5-V-1926.

⁷⁴ Riedler aplicaba la terminología darwiniana al hablar de «struggle for survival»: Alemania no está tan bien dotada de recursos naturales como sus competidores, así que está obligada a sobrepasarlos en destreza tecnológica. De este modo la educación fue considerada en Alemania como un importante factor de producción. Acerca de la educación de los ingenieros alemanes durante el período que estamos considerando véanse H.-J. BRAUN, 1986; W. WEBER, 1986, y W. KÖNIG, 1986; para las matemáticas véanse E. KNOBLOCH, 1989, y G. SCHUBRING, 1989.

Los debates más interesantes se producen con ocasión de encuentros y congresos internacionales. Uno de los más influyentes se produjo durante el encuentro de Glasgow (1901) de la British Association of Mathematics⁷⁵, que consagró el llamado «método de laboratorio» del profesor John Perry, que básicamente consistía en lo siguiente: el estudiante debe adquirir el conocimiento de cosas concretas, antes de exigirle que razona acerca de ellas; los alumnos deben ejercitarse en el cálculo numérico, omitiendo dificultades filosóficas que solo existen en la imaginación del profesor; los cálculos numéricos deben ser interpretados como aplicación de alguna fórmula; las ecuaciones deben manejarse como gráficas de funciones; deben suprimirse las demostraciones por razonamiento abstracto; la Geometría filosófica debe ser sustituida por la simple manipulación aritmética; deben eliminarse las excrecencias de la geometría del triángulo; la Geometría analítica queda subsumida en el manejo del papel cuadriculado.

Mi método —concluye Perry— se adapta bien a las facultades de los estudiantes de condiciones medias. El método ortodoxo se adapta bien solamente a los modos de pensar de los antiguos filósofos.⁷⁶

Los sucesivos congresos internacionales de la Enseñanza Matemática (Milán, 1911, y París, 1914) así como los congresos internacionales de Matemáticas (Roma⁷⁷, 1908; Cambridge⁷⁸, 1912, y Estocolmo, 1916) parecen confirmar las ideas de Perry relativas a la educación matemática del ingeniero.

⁷⁵ Las ponencias y debates de este encuentro fueron editadas un año después por John Perry. Véase J. PERRY: *Discussion on the Teaching of Mathematics. British Association – Meeting at Glasgow, 1901*, Belfast, Macmillan, 1902.

⁷⁶ Se refiere al estudio de las matemáticas a través de las obras de Euclides, práctica común en la Inglaterra de la época.

⁷⁷ M. D'OCAGNE: «Las matemáticas del ingeniero», *ROP* (1909), pp. 87-89, resumía los debates celebrados en el congreso de Roma sobre dicho asunto. Maurice d'Ocagne, profesor de la École Nationale des Ponts et Chaussées y de la Polytechnique, alcanzó celebridad durante estos años por haber creado la nomografía, que permitía resolver gráficamente problemas matemáticos y técnicos.

⁷⁸ Cecilio Jiménez Rueda, catedrático de la Universidad Central, coordinó un informe (*L'Enseignement des mathématiques en Espagne. Mémoires présentées au Congrès de Cambridge*, Madrid, 1912) que presenta un panorama amplio (aunque los trabajos son muy desiguales) de la situación de las matemáticas en la Universidad y en las Escuelas de Ingenieros. M. HORMIGÓN: «El affaire Cambridge: nuevos datos sobre las matemáticas en España en el primer tercio del siglo XX», en *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas* (separata), Murcia / Barcelona, 1989-1991, ha estudiado la actitud mezquina de determinados catedráticos de la Universidad Central, que hegemonizaron su presencia en la delegación española, en detrimento de Zoel García de Galdeano, catedrático de Zaragoza, probablemente el matemático español más interesante de su época.

IV.1. *Artículos en la ROP y conferencias en el Instituto de Ingenieros Civiles*

Nuestro país no es ajeno a los debates y reflexiones que en los congresos internacionales se suscitan sobre estas cuestiones. Los ingenieros de Caminos son quienes nos han dejado mayor testimonio a través de la *ROP* y de ciclos de conferencias celebradas en el Instituto de Ingenieros Civiles.

A lo largo de 1913 la *ROP* publicó un interesante y extenso artículo, «Principios de la moderna pedagogía matemática»⁷⁹, escrito por una de las personas más influyentes en estas cuestiones, Luis Gaztelu Maritorena, marqués de Echandía, ingeniero de Caminos que había sido profesor de Cálculo infinitesimal en la EGPIA antes de pasar a la Escuela de Caminos, de la que sería catedrático de Puentes y director. Gaztelu pasa revista al estado de la enseñanza de las matemáticas en los países más importantes, en los diversos niveles, desde el más elemental hasta el de la ingeniería. Gaztelu insiste en que sin una buena formación elemental no es posible que exista una buena enseñanza superior⁸⁰. Por eso dedica una de sus entregas a presentar profusamente el método de laboratorio de Perry, del cual se manifiesta profundo admirador. La serie concluye con un estudio especial de la situación en España, y muy particularmente de lo que se refiere a la enseñanza en la Escuela de Caminos, empezando con las academias preparatorias para el ingreso, con las que se muestra muy severo. Critica Gaztelu el defecto de partida de estos centros, cuyo objetivo no es la instrucción del alumno, sino conseguir buenos resultados en los exámenes. Y prosigue reprobando la composición de su profesorado —jóvenes ingenieros e incluso estudiantes de últimos cursos—, carentes de preparación pedagógica⁸¹.

En cuanto a las enseñanzas en la Escuela de Caminos, Gaztelu señala las diferencias existentes con las escuelas inglesas, en las que los tres grandes bloques de materias —las matemáticas puras, los estudios científicos (físicos, químicos y mecánicos) y las aplicaciones a la ingeniería— están entremezclados y se imparten simultáneamente. En España, por el contrario, esos tres bloques aparecen sucesivamente, siendo sobre todo muy marcada la separación entre las matemáticas puras y los otros dos bloques. Y esto para Gaztelu es desastroso:

Las Matemáticas puras se hallan en la base de los estudios de la Escuela, completamente aisladas e independientes de las demás materias, hasta tal punto que a primera vista parece imposible que, al estudiarlas, se puedan hacer los ejercicios de aplicación

⁷⁹ L. GAZTELU: «Principios de la moderna pedagogía de las matemáticas», *ROP* (1913), pp. 145-149, 193-197, 223-224, 234-237, 253-258, 303-306 y 320-322. Puede verse una breve biografía de Gaztelu en la necrológica que le dedicó la *ROP* en febrero de 1927, pp. 61-62.

⁸⁰ «Es inútil pretender que alcancen los estudios superiores un estado floreciente, mientras no se corrijan los defectos de la enseñanza elemental. Hay que reconstruir el edificio empezando por el cimiento, y mientras no se mejore la enseñanza elemental, en el árido campo de la Matemática española se seguirán cosechando los mismos menguados frutos que hasta ahora». GAZTELU, 1913, p. 305.

⁸¹ Gaztelu recuerda que oyó decir a un profesor inglés durante el Congreso de Cambridge que «los profesores de matemáticas elementales debían ser siempre viejos».

a la Física y a la Mecánica, que con tanta razón se recomiendan. En la segunda etapa ya aparece alguna simultaneidad entre las materias científicas y los estudios generales de Ingeniería. Las especialidades se encuentran acumuladas en los dos últimos años, y al llegar a esta última fase, resulta que, en varios años, no se han hecho otros estudios matemáticos que las aplicaciones accidentales.

[...] Nuestros alumnos invierten tres años, y a veces cuatro, en la contemplación de puras abstracciones, sin vislumbrar su finalidad, e ignorando por completo la naturaleza de las ocupaciones profesionales a que se han de dedicar en lo porvenir. De esto solo se dan cuenta imperfectamente en los últimos años, de suerte que no pueden averiguar si han acertado o errado su vocación, sino cuando la cosa ya no tiene remedio.

Consciente, sin embargo, de no poder plantear cambios revolucionarios, Gaztelu sugiere una serie de medidas que son compatibles con el hecho de que las matemáticas del ingeniero sigan estudiándose antes del ingreso y en el curso preparatorio, y que se refieren a la Geometría descriptiva, al Cálculo infinitesimal y a los estudios matemáticos exigidos para el preparatorio.

La Geometría descriptiva, nos dice Gaztelu, ha sido considerada como piedra de toque para entrar en la Escuela, puesto que se la considera como «el lenguaje del ingeniero». Pero un lenguaje puede enseñarse de diversas maneras: «en vez de dedicarse a resolver problemas geométricos complicados y artificiales, el futuro ingeniero debe utilizar esa materia para dibujar plantas, alzados y cortes de edificios, obras metálicas, de fábrica, de hormigón armado, máquinas de todas clases, grúas, andamios, etc. Esta clase de ejercicios tiene la ventaja de sacar al alumno de sus constantes abstracciones, poniéndole en contacto con la realidad, y de darle una idea más aproximada de sus futuras ocupaciones». En cuanto al Cálculo infinitesimal, cuyo programa juzga desmesurado, propone dedicarse a su parte más elemental, y sustituir los ejercicios abstractos por otros que involucren conocimientos sencillos de Física y de Mecánica: centros de gravedad, momentos de inercia, ecuaciones del movimiento de un punto, deformación de la fibra neutra de una viga sometida a flexión, etc.

También el Instituto de Ingenieros Civiles (IIC, en lo sucesivo) fue sensible a la preocupación por la formación matemática del ingeniero. En 1913 se pronunciaron varias conferencias sobre el tema, entre ellas la de Vicente Machimbarrena («La enseñanza memorista», 3-IV-1913) y la de Leonardo Torres Quevedo («La enseñanza de la ingeniería en España», 15-XI-1913). Al año siguiente el IIC creó, impulsada por Torres Quevedo, una Comisión Permanente de la Enseñanza, y organizó otra serie de conferencias sobre esta misma cuestión, las más importantes de las cuales fueron las pronunciadas por dos profesores de la Escuela de Caminos, Luis Gaztelu y Vicente Machimbarrena.

IV.1.1. Gaztelu: las matemáticas para aprender a mandar

La conferencia que pronunció Luis Gaztelu el 12-II-1914 se titulaba «Las Matemáticas del Ingeniero y su enseñanza», y apareció publicada en la *ROP* a la semana siguiente⁸².

⁸² L. GAZTELU: «Las Matemáticas del Ingeniero y su enseñanza», *ROP* (1914), pp. 91-97.

Por los contenidos y métodos que propone, así como por sus pronunciamientos explícitos, es, a mi juicio, uno de los textos más interesantes que se han escrito en España acerca del papel instrumental, profesional, ideológico y social que desempeñan las matemáticas en la formación de los ingenieros. La conferencia estaba organizada en colaboración con la Sociedad Matemática Española, de la que Gaztelu era vicepresidente. En la primera parte de su exposición se ocupa de la pedagogía matemática, declarando su adhesión a las ideas de Felix Klein, que acababa de ser elegido presidente de la Comisión internacional permanente de la enseñanza matemática⁸³. Después se propone «estudiar detenidamente cuál es la intervención de las matemáticas en los trabajos habituales de la práctica de la ingeniería en sus diversas especialidades para poder deducir qué matemáticas necesita el ingeniero, qué extensión proporcional conviene dar a cada una de las diversas ramas, y cómo se deben enseñar esas matemáticas».

Por supuesto, dice Gaztelu, que la matemática elemental, el Cálculo infinitesimal y la parte elemental de la Geometría descriptiva son imprescindibles para el ingeniero. Pero a veces los trabajos técnicos le conducen a problemas de carácter mucho más elevado:

Necesita conocimientos matemáticos suficientes para poder seguir el desarrollo de las aplicaciones científicas de su especialidad. Si a los Ingenieros que hicimos nuestros estudios hace treinta o treinta y cinco años nos hubieran limitado la instrucción matemática a lo estrictamente necesario para la práctica ordinaria de la profesión en aquella época, hoy nos encontraríamos en situación muy difícil y comprometida ante una multitud de problemas técnicos nuevos en cuya resolución tenemos que intervenir diariamente, por ejemplo los relativos a la electrotecnia. Y este daño sería mucho más sensible aun para los actuales alumnos dentro de muy pocos años, porque el movimiento de avance es visiblemente acelerado.

A continuación hace Gaztelu un elogio del espíritu matemático, y de la necesidad de dominar el lenguaje simbólico, sobre todo para una profesión como la del ingeniero, una de cuyas funciones más importantes es mandar y dirigir:

El ingeniero debe hallarse penetrado del espíritu matemático, que constituye el fondo de todos los trabajos técnicos de la ingeniería propiamente dicha. [...] Las matemáticas constituyen una preparación admirable para el uso de símbolos. En toda clase de negocios el desempeño de los cargos más elevados requiere el empleo de símbolos, mientras que los más humildes y menos retribuidos son los que obligan a manejar directamente los objetos reales. Así, el Director de una gran Compañía de ferrocarriles rige las actividades de millares de personas encerrado en su despacho y haciendo uso de símbolos, mientras los mozos de estación trabajan directamente con los objetos materiales, empujando los vagones. El capitalista archimillonario maneja todos sus

⁸³ En los años siguientes se popularizarían en España las ideas de Klein gracias a la traducción de su *Matemática elemental desde un punto de vista superior*, traducida por Roberto Araujo, y publicada en la Biblioteca Matemática que dirigía Julio Rey Pastor. Véase J. G. KÖNIG: «Influencia de Felix Klein en la cultura matemática de Alemania», *Revista Matemática Hispano-Americana* (1927), pp. 144-147.

fondos y dirige sus negocios por medio de símbolos, y solo sus servidores de orden ínfimo son los encargados de llevar y traer materialmente los sacos de plata o de calderilla.

Y prosigue con unas palabras que constituyen una declaración bien clara acerca de cuál es el papel ideológico y social de las matemáticas para el elitista grupo de ingenieros:

Y así puede observarse que tanto mayor es la necesidad del empleo de símbolos, cuanto mayor es la importancia del cargo y la amplitud e importancia de los negocios encomendados a quien lo desempeña. El estudio de las matemáticas habitúa a razonar constantemente con símbolos, y a pasar y repasar frecuentemente de los símbolos a su significación y viceversa; posee, por consiguiente, un alto valor educativo muy apropiado como preparación para una multitud de ocupaciones de carácter elevado y muy singularmente para la ingeniería.

Después de pasar revista a las principales opiniones que se manifestaron en el Congreso Internacional de la Enseñanza Matemática (Milán, 1911), Gaztelu presenta sus propias ideas acerca del contenido matemático de la formación del ingeniero: matemáticas elementales (Aritmética, Álgebra, Geometría, Trigonometría), que «se han de poseer a la perfección», pero... «deben suprimirse las *excrecencias*, que no le hacen falta al ingeniero... ni a nadie». Y aquí Gaztelu se refiere «a esa parte del Álgebra que impropiamente se ha llamado superior, la teoría general de las ecuaciones a la que se ha dado una extensión desmedida que nada justifica»⁸⁴. Obsérvese que aquí Gaztelu está cargando contra la parte de los programas de la que más orgullosos estaban los profesores de la generación de Echegaray, de la que más presumían en sus discusiones con la Facultad de Ciencias. Combate también Gaztelu el argumento de que «las innumerables reglas particulares minuciosas y los enojosos y áridos cálculos» suponen una «gimnasia intelectual muy útil», manifestando que «dentro del campo del Análisis hay ramas que pueden proporcionar al Ingeniero una gimnasia mucho mejor adaptada a sus necesidades». También es partidario Gaztelu de recortar la Geometría analítica —«basta conocer y manejar bien los sistemas de coordenadas cartesianas y polares»— y la Geometría descriptiva, el denominado «lenguaje del ingeniero», que era la auténtica pesadilla de quienes se preparaban para el ingreso en la Escuela, asignatura que Gaztelu sugiere «aplicar sobre todo a la representación de los objetos propios de la Ingeniería». Incluso el Cálculo infinitesimal, «que es para el Ingeniero el estudio más importante de las diversas ramas de matemáticas puras», debe reducirse, aunque sin descuidar la adquisición de sus fundamentos:

⁸⁴ Se habían llegado a publicar libros monográficos acerca de esta parte de las matemáticas, por ejemplo el que con el título de *Teoría general de ecuaciones* escribió FRANCISCO VERA en 1908-1909, destinado a la preparación para el ingreso en la Escuela de Arquitectura de Madrid (por lo tanto, nivel más bajo que para Caminos), redactado a partir del *Cours d'Algèbre Supérieure* de COMBEROUSSE, del *Tratato d'Algebra* de RUBINI, de la *Teoria delle equazione* de PINCHERLE, etc.

No basta ya que el alumno se ejercite y adquiera la práctica de los cálculos, sino que importa mucho que adquiera ideas muy claras de los fundamentos, no debiéndose omitir los desarrollos teóricos necesarios para conseguirlo, porque también esto es indispensable para comprender y aplicar bien la mecánica, que es el fin principal. Esta es la ocasión oportuna para que haga la gimnasia intelectual matemática de que antes hablábamos, y esta le aprovechará mucho más que el estudio y los ejercicios de resolución de ecuaciones.

Dedica Gaztelu la tercera y última parte de su conferencia a estudiar cómo se deben enseñar las partes de las matemáticas que ha determinado como necesarias para la formación del ingeniero. Critica duramente el estudio memorístico de los libros de texto, así como el hábito de «dar y tomar la lección», en el que «están trocados los papeles del maestro y del discípulo». Gaztelu se pronuncia a favor de asignar un lugar preferente a los ejercicios prácticos y problemas de aplicación, y del «empleo combinado del método heurístico con el método de laboratorio», para acabar con la enseñanza puramente pasiva. Por *método heurístico* entiende Gaztelu «guiar al alumno para que vaya descubriendo por sí mismo las verdades que se le quieren demostrar»; el *método de laboratorio* consiste en «la ejecución de ejercicios bien organizada, graduando sus dificultades y eligiéndolos con sano criterio».

Gaztelu finalizaba su conferencia llamando a «reconstruir los cimientos de nuestra enseñanza científico-técnica», para lo cual lo más urgente era mejorar la enseñanza elemental, «porque cuando la enseñanza elemental es defectuosa no se libra nadie del naufragio». Para ello instaba a la Sociedad Matemática Española y al Instituto de Ingenieros Civiles para ponerse de acuerdo en la divulgación y promoción en nuestro país de los nuevos métodos de enseñanza que ya estaban dando sus frutos en Inglaterra y los Estados Unidos.

Ese mismo año 1914 la Sociedad Matemática Española encargaba a Gaztelu la traducción y anotación de *Practical Mathematics*⁸⁵. En el prólogo —que sería publicado íntegramente al año siguiente en la *ROP*—⁸⁶ Gaztelu se manifestaba como firme seguidor del paladín del método de laboratorio, el «ilustre profesor John Perry, propagandista entusiasta de la reforma y vulgarización de la enseñanza matemática elemental y de la que tiene por objeto la preparación para las aplicaciones a las profesiones técnicas»⁸⁷. La aparición del libro vino seguida de una campaña conjunta de su

⁸⁵ J. PERRY, 1914. Menos difundido, ya que no se tradujo, es su *Calculus for Engineers* (1897), del cual hemos visto un ejemplar en la Biblioteca de la Escuela de Ingeniería Industrial de Barcelona. También ejerció una influencia notable en esta época un libro que sigue la línea de Perry: C. A. LAISANT: *Iniciación matemática*, París, Librería de la Vda. de C. Bouret, 1917.

⁸⁶ «Matemáticas Prácticas de John Perry. Traducido del inglés y anotado por D. Luis Gaztelu», *ROP* (1915), pp. 149-151 y 163-168.

⁸⁷ L. GAZTELU: «Prólogo del traductor», de Perry, 1914, pp. 5-12.

difusión por parte de las dos entidades involucradas en su publicación, la Sociedad Matemática Española y el Instituto de Ingenieros Civiles⁸⁸.

IV.1.2. Machimbarrena: «¡Basta de matemáticas!»

La más sonada de las conferencias del ciclo, la que alcanzó más repercusión por su carácter provocativo, fue la pronunciada en 4-V-1914 por Vicente Machimbarrena, titulada nada menos que «¡Basta de Matemáticas!»⁸⁹.

Comenzaba Machimbarrena su discurso señalando las preguntas a las que debía responderse:

- ¿Cuál es el papel que debe hacer la Matemática en los estudios de las ciencias que interesan al Ingeniero?
- ¿Hasta qué punto y en qué medida deben recurrir los Ingenieros en la práctica de su arte al uso de la Matemática?
- De las diversas ramas de esta ciencia, ¿cuál es la que más se ajusta al espíritu y necesidades del Ingeniero?
- ¿En qué forma y con arreglo a qué métodos debe darse preferentemente esta enseñanza matemática?
- ¿Cuál es el momento oportuno en que los alumnos de nuestras Escuelas deben adquirir los conocimientos matemáticos?
- ¿En qué proporción armónica deben contribuir los estudios matemáticos a la cultura general del Ingeniero para conseguir el más perfecto equilibrio de sus facultades aplicadas al ejercicio de la profesión, partiendo del supuesto, ya universalmente admitido, de que dicha cultura debe ser no solo científica, sino también artística, social, etc.?

El autor creía tener «cierto derecho de prioridad en el planteamiento del problema», pues cuatro años antes, en otra conferencia relacionada con la formación del ingeniero, había ya criticado «el predominio excesivo que tienen las ciencias matemáticas en la cultura que se imparte en las Escuelas», y en la que había resumido muy bien su posición al respecto:

Hay que convencerse de que las abstracciones matemáticas llevadas a la exageración secan otras fuentes e iniciativas más fecundas en las aptitudes del Ingeniero, por lo cual conviene reducirlas a sus justos límites, pues para él esta ciencia es un instrumento de utilidad práctica, que solo con tal objeto debe conocer y estudiar.

⁸⁸ En el acta de la reunión de la Sociedad Matemática Española de 2-IV-1914 figura la nota titulada «Obra nueva», que dice así: «La Sociedad Matemática Española pone en conocimiento de sus miembros y público en general que se halla á la venta la tercera de las obras editadas por la misma: *Matemáticas prácticas*, por John Perry, traducción del inglés por D. Luis Gaztelu, Marqués de Echandía. Esta es la segunda de las obras de la serie de obras elementales que la Sociedad Matemática Española inició con el Cálculo infinitesimal al alcance de todos y que se propone continuar; está especialmente dedicada á los que desempeñen profesiones técnicas, y esperamos que la acogida que el público español le dispense secunde el éxito alcanzado por este libro en Inglaterra y en los Estados Unidos. El precio de cada ejemplar (308 páginas en 8.º mayor, con 51 figuras) es de 4,50 pesetas para los miembros de la Sociedad Matemática Española y 6 pesetas para el público».

⁸⁹ El Instituto de Ingenieros Civiles publicó la conferencia, en forma de folleto de 20 páginas, ese mismo año 1914.

La frase vulgar de *basta de matemáticas* es todo un programa pedagógico de actualidad en el estudio de la ingeniería.

Planteadas así las cosas, Machimbarrena expone «algunas consideraciones de carácter marcadamente filosófico acerca de la ciencia matemática», presentando a dos estereotipos de matemáticos, los *lógicos* y los *intuitivos*, dedicados preferentemente los unos al Análisis y los otros a la Geometría. El autor se pronuncia muy claramente por que los ingenieros estén mucho más cerca de los intuitivos o geómetras, porque, «aunque no definen los conceptos con tanto rigor como los exclusivamente lógicos, los resultados a los que llegan tienen una exactitud suficiente para las aplicaciones prácticas», poniendo en acción «los sentidos corporales y la imaginación al tiempo que la inteligencia». Los geómetras *ven en el espacio*, se forjan en su imaginación visiones claras y reales del conjunto de las cosas, y en cambio se pierden pronto entre el rimero de fórmulas de largos y laboriosos cálculos. El rigor matemático solo se alcanza a expensas del contacto íntimo con la realidad tangible. Es cierto que por el camino del rigor la matemática se purifica, pero al mismo tiempo pierde en objetividad, y al perder los lazos que la unen con la impura realidad «toma la matemática un carácter sutil, no exento de peligros». Surge de este modo un antagonismo entre los idealistas matemáticos «y los que quieren a toda costa sacar a esta ciencia jugo práctico». Así, los idealistas, «totalmente emancipados de la realidad, se lanzan en el campo de las abstracciones a regiones ultraterrenales, cayendo en una especie de *misticismo matemático*».

Después pasa el autor a analizar «el concepto general que merecen las ciencias cuyo estudio interesa al Ingeniero»:

El factor común que caracteriza a los trabajos que realiza el Ingeniero en su profesión es el de la utilidad material inmediata. Las obras que por el momento no sean útiles, o que su utilidad inmediata sea puramente moral, caen fuera de la órbita del Ingeniero: los conocimientos científicos que le interesan serán exclusivamente los que tengan aplicaciones prácticas. El origen y la razón de ser de todas las ciencias que el hombre estudia se hallan en las necesidades de su vida; la ciencia que no se nutra con la savia vital de la naturaleza languidece y acaba por morir.

Y de las ciencias en general pasa Machimbarrena a las matemáticas:

La mayor parte de las matemáticas superiores abstractas, por carecer de aplicaciones prácticas, deben desaparecer del cuadro de estudios del Ingeniero, no solo por inútiles a este, sino casi por perjudiciales.

Pero que no se diga que «el estudio de las matemáticas constituye la mejor disciplina del entendimiento, su más saludable gimnasia», porque con ello se corre el peligro de que «con el abuso sobrevenga un desarrollo unilateral monstruoso, con raquitismo acentuado en otras facultades tan interesantes como esta para el Ingeniero»:

El Ingeniero, que en la vida social moderna es ante todo y sobre todo un hombre de acción, necesita una amplia y sólida cultura, mediante la cual tenga despierta, no solo la inteligencia, sino también la imaginación, la sensibilidad y los sentidos corporales, para recoger con rápida intuición y gran intensidad las impresiones de la realidad viva.

Es evidente —prosigue— que para lograr esto el ingeniero necesita poseer sólidos conocimientos matemáticos como base fundamental de su cultura, «estudiados con marcado acento geométrico, dando importancia especial a las representaciones gráficas». Pero esto no basta, es necesaria —diríamos hoy— una *formación integral*:

La inteligencia, y algo la imaginación, se ponen en juego en los estudios geométricos; pero deben ejercitarse también, al mismo tiempo que se desarrolla la sensibilidad, con estudios históricos, geográficos, sociales y artísticos, convenientemente especializados. Los primeros, en la historia de las ciencias y de las artes constructivas; los geográficos, con el examen y descripción de mapas y gráficos que fijen las zonas industriales, agrícolas, mineras, de obras públicas, geológicas, etc.; los sociales, con el estudio de la misión que corresponde al Ingeniero en los arduos problemas que actualmente se ventilan en las relaciones mutuas entre el capital y el trabajo, y los artísticos, con aplicación principal al dibujo necesario para la ejecución fácil de los proyectos, y al estudio de los múltiples estilos de las obras constructivas. Estos conocimientos de cultura general se deberán ir distribuyendo en todos los cursos de la carrera, para que al simultanearse con los especiales de la profesión, se obtenga un equilibrio armónico de facultades, sin nocivos desarrollos unilaterales.

Este mismo planteamiento lo aplica Machimbarrena a los conocimientos matemáticos. Al principio deberán darse tan solo los elementales, dejando los de orden superior para cuando lo requieran los estudios sucesivos.

El artículo prosigue con una especie de recapitulación en la que el autor vuelve a las preguntas planteadas al comienzo, para expresar su posición ante las mismas, que son las que ha ido desgranando a lo largo de su discurso. Machimbarrena señala el peligro que suponen los profesores que se especializan en matemáticas, que tienden instintivamente —seguramente con la mejor de las intenciones— «a no querer prescindir de los refinamientos propios con que se estudian actualmente las matemáticas superiores, y descuidan y hasta desprecian el lado práctico y utilitario, único que al Ingeniero interesa». Para remediarlo aconseja Machimbarrena implantar sistemas de enseñanza de las matemáticas «análogos a los ideados en Inglaterra por el profesor Perry», aludiendo a la memoria publicada el año anterior por Luis Gaztelu y a la conferencia que este había pronunciado en el mismo IIC unas cuantas semanas antes. El texto se cierra con una frase que el autor recoge de Henri Poincaré: «La lógica no basta, la ciencia de la demostración no es toda la ciencia y la intuición debe conservar su papel como complemento, mejor dicho, como contrapeso o como contraveneno de la lógica». Ello le permite insistir en su provocador mensaje:

En España la enseñanza de la ingeniería se encuentra desviada y hasta falseada por el abuso que en ella se hace de la Matemática, que nos tiene verdaderamente intoxicados, y por eso insisto en decir: «Basta de matemáticas».

IV.2. La polémica de José Serrat Bonastre con José de Igual (1908)

También en el ámbito de la ingeniería industrial se producen algunas polémicas sonadas. Vamos a analizar una de ellas, porque representa de modo paradigmático las dos posturas que tensan el equilibrio entre teoricismos y practicismo.

A principios de 1908 el ingeniero industrial José de Igual Martínez⁹⁰ escribe en *Ingeniería*⁹¹ un artículo titulado «Evolución de los estudios científicos. Su desarrollo en España», que desencadenará una intensa discusión con José Serrat Bonastre⁹². Comienza Igual preocupándose por la relación entre las matemáticas y los desarrollos de la ingeniería:

Interesa a los ingenieros especialmente revisar la parte histórica de nuestros conocimientos, para comprobar si nuestros estudios matemáticos son herramientas necesarias recogidas del terreno especulativo por las necesidades de nuestra vida, o son, por el contrario, el espíritu de una realidad idealizada que ha fecundado el terreno de las aplicaciones prácticas. [...] Y esto nos interesa porque ha llegado el momento de una revisión en el orden de nuestras enseñanzas.

Prosigue Igual criticando

los planes antiguos con sus viejos métodos de enseñanza, en los que dominaba el criterio clásico razonador, rehacio [sic] a dejarse suplantado por los métodos experimentales modernos que llevan el espíritu de observación hasta las investigaciones que antes parecían más especulativas y teóricas. Nuestros ingenieros salen con estudios prácticos deficientísimos, y en cambio recargados con exceso de teorías y desarrollos matemáticos. Las Matemáticas deberían ser las suficientes, y nada más, para la coordinación y proporción de las aplicaciones prácticas. El exceso de desarrollos matemáticos separa la atención de la realidad, porque dejándose llevar la imaginación por divagaciones teóricas rara vez en las diversas etapas del razonamiento coincide el resultado teórico con la experiencia, y hemos de acudir forzosamente a cifras correctivas. El cálculo ha de partir inmediatamente del hecho, y cada vez que se aleja o entran nuevos hechos, hay que confrontar y comprobar los resultados, para que la generalización y el cálculo no nos separen de la realidad y nos lleven a divagaciones irrealizables.

Después de estas afirmaciones, Igual «emprende un bosquejo histórico», para demostrar que

no han sido los tiempos más progresivos aquellos en que la especulación de los estudios alcanzó mayores proporciones, y sí lo han sido aquellos en que la observación de la realidad produjo sus maravillosos resultados.

⁹⁰ José de Igual Martínez (1875-1916), titulado por la Escuela de Barcelona en 1902, fue profesor de la Escuela Central de Artes Industriales de Madrid, presidente de la Asociación de Ingenieros Industriales y del Instituto de Ingenieros Civiles. También se dedicó a la política, siendo diputado al Congreso por el Partido Conservador entre 1907 y 1915.

⁹¹ *Ingeniería*, n.º 103 (10-II-1908), pp. 37-39; n.º 104 (20-II-1908), pp. 49-51; n.º 106 (10-III-1908), pp. 73-75.

⁹² José Serrat Bonastre (1869-1946), que fue profesor de la Escuela de Ingenieros Industriales de Bilbao, presidente de la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona y de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, desarrolló una intensa carrera profesional como «ingeniero calculador» y director técnico de La Maquinista Terrestre y Marítima. Véase E. FREIXA: «Josep Serrat i Bonastre. Una víctima de la manca de productivitat», en *Quatre enginyers per a la història*, Barcelona, Associació i Col·legi d'Enginyers Industrials, 1990, pp. 146-197.

El «bosquejo» va de la ciencia griega al Renacimiento, pasando levemente por el «infecundo proceso de la Edad Media». Igual se detiene largamente en la figura de Francis Bacon, de quien nos recuerda de pasada su opinión acerca de las matemáticas:

La ciencia matemática es sierva de la filosofía natural; fuerza es que permanezca en su lugar y no tenga la osadía de colocarse donde su señora.

En el proceso de creación de la ciencia y de la industria modernas «poco o nada se debe a las altas matemáticas», prosigue Igual:

El trabajo, la observación y la experiencia van a fuerza de tanteos labrando los cimientos de nuestro actual bienestar; los inventores no son sabios en el estricto sentido de la palabra; son generalmente obreros inteligentes que no necesitan fijar su atención en los profundos misterios de la filosofía.

Termina Igual su «bosquejo histórico», y recoge unas palabras de José Tous⁹³, profesor de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona, en las que afirma:

Los desarrollos matemáticos excesivos solo consiguen derivar la atención del verdadero problema; los hechos más sencillos pueden hacerse perder de vista bajo un cúmulo de tropiezos matemáticos; por ello en aquellas naciones que no tienen o han podido sacudir la tradición filosófica, como los Estados Unidos o Inglaterra, han progresado tanto y tan rápidamente las artes mecánicas, mientras que es en la infecunda rutina de los estudios memoristas y razonadores donde reside la causa de la inferioridad de nuestros Ingenieros.

Y afirma después Igual (el énfasis es mío):

Demostrarlo todo y fundamentar cada punto; he aquí la obsesión clásica que nos invade y nos abarrota la memoria de demostraciones intrincadas, en las que se acude, con tal de llegar al (l. q. q. d.), a las más alambicadas combinaciones, quitando y poniendo términos, introduciendo relaciones, agarrándose al cálculo infinitesimal como panacea demostrativa al estilo de los desacreditados silogismos de antaño; y al final la pícarra realidad acaba diciéndonos que aquello es inútil para las aplicaciones prácticas, y que solo como ejercicio intelectual procede recomendárselo a los sabios de gabinete. ¿Debe el Ingeniero abandonarse a esa manía razonadora a expensas del ejercicio práctico de la carrera? ¿Sería lícito privar a un negociante del cálculo de intereses y amortizaciones porque no sabe la teoría analítica de los logaritmos, o a un cocinero del uso del combustible porque ignora la teoría de la combustión? [...] *En España necesitamos menos sabios y más practicones, menos cálculo diferencial y más aritmética y geometría.* [Por eso fue un gran error que] al crear los estudios de ingeniería se adaptasen al método discursivo y memorista, y que el prestigio de las Escuelas se fundase en la dificultad del ingreso por el conocimiento extensivo de las altas matemáticas.

Acto seguido, Igual pasa a criticar la enseñanza que recibió en la Escuela de Barcelona:

⁹³ J. Tous: «Influencia de la Mecánica en el progreso industrial y sentido que ha de tener su enseñanza», *Revista Tecnológico-Industrial* (abril-mayo de 1905) (es su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona).

Este afán de cultivar las altas especulaciones matemáticas llega al extremo ridículo que tenía lugar en la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona, donde se exigía para el ingreso como primera geometría la Analítica, prescindiendo de la geometría elemental o general, ingresando los alumnos sin saber resolver el área de un polígono ni el trazado de una perpendicular. Se ingresaba después del árido período de la preparación a matemática seca, abismo en que caíamos y nos levantábamos, llena nuestra imaginación de series, desarrollos, integrales, momentos, cantidades imaginarias e inconmensurables, curvas, proyecciones, raíces y demás artículos preparatorios cuya aplicación era por entonces un enigma y muchos de ellos siguen siéndolo todavía. Dentro de la Escuela, si bien es verdad que el carácter de las asignaturas cambiaba, lo cierto es que continuaba el mismo criterio razonador y memorista, alejado de la realidad y la experiencia.

El artículo finalizaba denunciando que «se obtenía el título de Ingeniero mecánico sin haber estudiado turbinas, ni máquinas de gas... ni máquinas de vapor!».

Lamentablemente, gran parte del artículo de respuesta de Serrat, titulado «La enseñanza en la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona»⁹⁴, está dedicada a rebatir la provocadora afirmación de que «los alumnos que ingresaban no sabían trazar perpendiculares» y a demostrar que en la Escuela de Barcelona sí que se estudiaba la máquina de vapor. Menos afortunada aún es la incursión de Serrat en el terreno de la anécdota chismosa, al sugerir que el ataque de Igual a la Escuela

produce la impresión de un inconsciente desahogo contra pasados sinsabores, resultado de ciertos disgustos que en nada merman el prestigio del joven diputado, pero que constituyen la única explicación satisfactoria del estado de ánimo de un compañero que se ensaña contra la enseñanza que se daba en la Escuela de la que ha salido⁹⁵.

Lo más interesante para nosotros de la respuesta de Serrat son los breves párrafos en que responde a la pregunta de Igual acerca de la utilidad de las series, integrales, etc.

Al leer este párrafo llegaríamos a dudar si realmente su autor se honra con el título de Ingeniero. Porque eso de considerar como un enigma la aplicación de *curvas*, *proyecciones* y *momentos*, que en la práctica de nuestra carrera nos salen al paso constantemente, y aun de las mismas series e integrales, es tan absurdo como si un farmacéutico se preguntara para qué sirve la nomenclatura química. Pues bien, en diez y siete años que llevamos de ejercicio práctico en talleres de construcción mecánica podemos afirmar que las curvas, momentos y proyecciones han sido nuestro pan diario, y que muy a menudo hemos tenido que recurrir a series e integrales. De no hacerlo así, ¿sabría decirme el señor de Igual cómo hallaría el momento de inercia de una sección de contorno mixtilíneo con porciones hiperbólicas o parabólicas, como se presentan al estudiar las condiciones de estabilidad de buques o grúas flotantes? ¿Cómo puede estudiarse un caso de

⁹⁴ Publicado en *Ingeniería* (1908), pp. 150-152, y en el *Boletín Industrial*, n.º 5 (mayo de 1908), pp. 66-69. La *Revista Tecnológico-Industrial* publicó una breve nota alusiva, renunciando a su publicación «ya que todos sus lectores recibían también el *Boletín Industrial* de Madrid».

⁹⁵ Serrat da a entender que Igual tuvo problemas para aprobar determinadas asignaturas. Igual contestará airado y orgulloso: «caí, tengo cierta satisfacción en decirlo, donde debí caer».

flexión con empotramiento y con cargas en posiciones no estudiadas en los formularios corrientes? El estudio sobre puentes en curva que publicamos⁹⁶ en 1906, ¿cómo podría llevarse a cabo sin recurrir al cálculo integral, y cómo podría comprobarse la exactitud del método aproximado sin recurrir a desarrollos en serie? Y, sin embargo, el trabajo original que nos sirvió de guía no era una Memoria académica, sino los cálculos justificativos de un puente del ferrocarril directo de Madrid a Barcelona.

La polémica continuó durante algún tiempo⁹⁷, siendo zanjada con firmeza por los directores respectivos de las revistas involucradas, que sin duda temían el envilecimiento del debate.

IV.3. Cierre con siete llaves al sepulcro de la Polytechnique: el discurso de André Pelletan

Como vemos, en Barcelona los ingenieros industriales también reflexionan acerca de las reformas que el nuevo siglo exige en la formación técnica. La *Revista Tecnológico-Industrial*, órgano de la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona, publica entre 1902 y 1910 un conjunto de artículos que se interesan por las enseñanzas técnicas en los países más desarrollados, con ánimo de aplicar lo mejor de cada país a la necesaria y entonces previsible reforma de nuestras enseñanzas⁹⁸. Los autores —la mayor parte de ellos profesores de la Escuela— se mostraban especialmente interesados por los modelos alemán, inglés y estadounidense⁹⁹. En enero de 1908 aparece «Desarrollo de la Enseñanza Técnica Superior en Alemania», extracto del Informe presentado al Ministerio de Instrucción Pública tras su viaje de ampliación de estudios al extranjero por Álvaro Llatas, catedrático de la Escuela de Ingenieros de Barcelona, que explicaba así la evolución de las escuelas técnicas alemanas, desde una enseñanza muy teórica de tipo universitario hacia la construcción de una auténtica ciencia del ingeniero¹⁰⁰. Sus palabras son muy interesantes, porque describen claramente el tránsito del modelo francés (École Polytechnique) al modelo alemán (Hochschule):

Al empezar, durante el primer tercio del siglo XIX, la enseñanza se componía de conocimientos matemáticos de las universidades y estudios rudimentarios tecnológicos tomados de la práctica de entonces, completamente en el dominio del empirismo. Pronto llegaron a formar una ciencia técnica propia que trató de apartar el empirismo

⁹⁶ «Cálculo de las vigas principales de los puentes de ferrocarril», memoria técnica de Serrat publicada en la *Revista Tecnológico-Industrial* (1906), pp. 1-19.

⁹⁷ *Ingeniería* (1908), pp. 161-164 y 174-175; *Boletín Industrial* (1908), pp. 83-90.

⁹⁸ Con ello se abría un período de discusión acerca de las características deseables tanto de los centros de enseñanza como de sus planes de estudio y de la relación entre los diversos niveles de las enseñanzas técnicas. Las Escuelas de Ingenieros Industriales verán reformados sus planes de estudio en 1902 y en 1907, pero el debate en las Escuelas y en las Asociaciones de Ingenieros seguirá durante mucho tiempo, pues las reformas se juzgan insuficientes e insatisfactorias.

⁹⁹ Véase G. LUSA, 1994c.

¹⁰⁰ *Revista Tecnológico-Industrial* (1908), pp. 1-32.

de la enseñanza. Al transformarse las escuelas en superiores, a mediados del siglo XIX, se despertó en ellas un celo científico que condujo a dar a la enseñanza un carácter poco adecuado, al darse a la abstracción y a la deducción una excesiva importancia. Esto llevó a un aislamiento con la práctica. Pero algunos profesores que estaban en íntima relación con la práctica industrial, después de alguna resistencia por parte de quienes solamente teorizaban, consiguieron restablecer la enseñanza sobre bases que respondieran a las exigencias de la industria, ampliando la enseñanza constructiva, creando laboratorios y adoptando un personal que poseía a un tiempo conocimientos científicos y prácticos. Se han reducido desde entonces las lecciones orales, dando lugar preferente a la enseñanza de proyectos y prácticas de laboratorio. Así pudieron formarse ingenieros capaces de sostener con éxito la competencia con el extranjero.

En 1909 se publica «La enseñanza técnica superior en los Estados Unidos»¹⁰¹, extracto realizado por el profesor Cayetano Cornet Palau de un artículo de R. MacLaurin, rector del Massachusetts Institute of Technology, publicado en la *Revue Scientifique* (16-I-1909). Sorprendentemente, en relación con el tono general de las opiniones de los articulistas, tanto el autor como su cronista hacen una «defensa de la teoría»:

Es necesario abandonar el camino de la rutina y adquirir sólidos conocimientos científicos. Las escuelas deben consagrar todas sus fuerzas a la enseñanza de los principios fundamentales. En las escuelas de más reputación se han hecho esfuerzos para no sacrificar la parte teórica a la práctica y viceversa. Aunque hay partidarios de un sistema de pura práctica, las personas más competentes observan que el hombre que ha recibido una fuerte instrucción teórica puede vencer sin gran esfuerzo a un rival que haya recibido una instrucción puramente práctica, ya que la altura de miras le permite resolver mejor los nuevos problemas que inevitablemente se presentan, a consecuencia del rápido progreso de la ciencia y de la industria.

Es, de nuevo, una muestra de la persistencia de esa «dialéctica» originaria de la que hemos hablado, de esa tensión permanente entre los dos mandatos, el «teoricista» y el «practicista». Pero a pesar de esto, la opinión mayoritaria de los estudiosos estaba en contra del viejo modelo teoricista, que había deslumbrado al mundo durante el siglo XIX, y que tan bien encarnaba la Polytechnique.

El testimonio más significativo del cambio de modelo educativo que se estaba produciendo durante estos años en las escuelas de ingenieros de todo el mundo nos vino precisamente de Francia, de André Pelletan, subdirector de la Escuela de Minas de París. Pelletan había sido comisionado en 1906 por el Ministerio de Obras Públicas francés para estudiar los laboratorios de las escuelas alemanas, publicando las impresiones de su viaje en la *Revue de Métallurgie* (1906). En 1910 apareció en la *Revista Tecnológico-Industrial* el artículo «La formación de los Ingenieros en Francia y en el extranjero»¹⁰², resumen de la conferencia del mismo título pronunciada por Pelletan en la Sorbona. Durante las décadas siguientes las palabras de Pelletan ejer-

¹⁰¹ *Revista Tecnológico-Industrial* (1909), pp. 73-78.

¹⁰² *Revista Tecnológico-Industrial* (1910), pp. 287-301.

cerían una notable influencia sobre las personas preocupadas por la formación de los ingenieros¹⁰³.

Pelletan comienza constatando la decadencia francesa en el terreno industrial, cuya causa reside a su juicio en la insuficiencia de su enseñanza técnica. Al pasar luego revista a los métodos de formación de ingenieros en Alemania y en Estados Unidos hace notar que en estos países la instrucción matemática está completamente dirigida a la práctica, excluyéndose de ella toda teoría puramente especulativa, e incluso «no preguntando sobre la teoría», concentrándose en los problemas y en las aplicaciones prácticas.

Examina Pelletan el estado de la enseñanza en Francia, criticando severamente el sistema de ingreso en la Polytechnique: el aspirante, después del bachillerato, entra en una clase de matemáticas especiales. Al final del año se presenta, por pura fórmula, al examen y es rechazado en un 95 % de los casos, con lo que hay que repetir muchas veces los estudios para poder ingresar. Esto sirve para hacer perder al alumno el gusto por la ciencia, y

hace penetrar las matemáticas en los cerebros más rebeldes como entra el clavo en la madera más dura a fuerza de martillazos. Los más veteranos acaban por derrotar a los más jóvenes, aun a los más inteligentes. La selección se efectúa por antigüedad, y el nivel desciende. La mayor parte de estudios son del dominio de la especulación pura, sin utilidad real alguna. Los asuntos más sencillos y más claros dan lugar a un análisis refinado: no son más que abstracciones quintaesenciadas por lo que la metafísica tiene de más sutil. Toda la enseñanza está falseada por la idea de preparación para el examen. La importancia de una pregunta no es su importancia real, educadora, científica o práctica, sino su importancia en el examen. Cada examinador forja para su uso personal cierto número de pequeños acertijos que presenta eternamente a los candidatos y que no tienen más valor científico que los jeroglíficos y rompecabezas que figuran en la última página de ciertos periódicos.

¿Y qué les espera a los candidatos triunfantes cuando llegan a la Politécnica?

Una enseñanza enciclopédica de Facultad de Ciencias —se responde Pelletan— mezclada con arte militar y con restos de la instrucción técnica de la Escuela de Obras Públicas, conservada piadosamente hasta nuestros días, lo que explica la rareza e incoherencia de los programas. Los sistemas de enseñanza son los del siglo XVIII. Se enseñan las matemáticas superiores sin aplicarlas, con lo que después de cinco años de cálculo diferencial e integral nuestros jóvenes son incapaces de resolver un problema corriente.

¹⁰³ Esta conferencia fue frecuentemente citada en los artículos que sobre la cuestión de la reforma de las enseñanzas técnicas continuaron apareciendo en los años siguientes. Todavía habla de ella José Serrat Bonastre en «La reforma de la enseñanza técnica y las conferencias del Instituto de Ingenieros Civiles», *Revista Tecnológico-Industrial* (marzo de 1914), pp. 42-67. La referencia a Pelletan más avanzada cronológicamente que tengo localizada es la que hace Paulino Castells en su memoria «La preparación matemática en la carrera de ingeniero», leída en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona el 15 de enero de 1932.

Y concluye duramente Pelletan:

La École Polytechnique no es hija de la Revolución, sino del 18 de Brumario¹⁰⁴. Es una aberración haber establecido la confusión entre la enseñanza técnica y la enseñanza de las ciencias puras, haber colocado una facultad de ciencias bajo la autoridad militar y querer formar jóvenes sabios como se educan los sargentos en la escuela del regimiento. ¿Cómo puede aún creerse que l'École Polytechnique es la primera del mundo y que el universo nos la envidia?

¿Qué hacer con la Polytechnique?, se pregunta Pelletan a la hora de hacer sus propuestas de futuro.

Hay que hacer una gran escuela al estilo de los alemanes o americanos, abierta a todos, donde se entre por un simple examen en vez de un concurso. La duración de los estudios sería de cuatro años con especialización, y después para los que quieran seguir los estudios superiores habría una Politécnica, pero distinta de la actual.

Y termina de forma optimista:

Tenemos una población joven, ardiente e infatigable que se precipita al asalto de la ciencia. ¿Por qué tenemos una industria mediocre y una mala instrucción técnica? Nuestro gran enemigo es la rutina y la falta de método. Pisoteemos los prejuicios, los dogmas intransigentes y el detestable espíritu de cuerpo. Solo a este precio seremos vencedores.

El Primer Congreso Nacional de Ingeniería, celebrado en Madrid en 1919, sancionaría definitivamente el giro hacia las matemáticas específicas del ingeniero, manifestando su seguimiento del programa de John Perry¹⁰⁵:

Las matemáticas superiores deben ser para el ingeniero «un útil de trabajo, ahorrador de tiempo y de pensamiento». La enseñanza de las matemáticas debe pues limitarse a cubrir esa finalidad; en cuanto a su aspecto formativo, uno de sus principales objetivos es el desarrollo de la intuición, imprescindible para que el ingeniero perciba simultáneamente las relaciones entre el mundo real y las abstracciones de la ciencia.

Pero eso es ya otra historia...

BIBLIOGRAFÍA

BRAUN, Hans-Joachim: «Technological education and technological style in german mechanical engineering, 1850-1914», en M. Kranzberg (ed.), 1986, pp. 33-40.

¹⁰⁴ El 18 de brumario del año VIII de la República (9-XI-1799) el general Napoleón Bonaparte dio un golpe de Estado contra el Directorio. Con ello se cierra el decenio de la Revolución francesa, y se abre camino al Imperio napoleónico.

¹⁰⁵ M. GÓMEZ CASTAÑO: «Bases para la reforma de la Enseñanza Técnica Superior», Primer Congreso Nacional de Ingeniería, Madrid, 1919.

- GARMA, Santiago, y Guillermo LUSA: «Laur Clariana i Ricart (1846-1916). L'assimilació de la matemàtica del segle XIX», en J. M. Camarasa y A. Roca (dirs.): *Ciència i tècnica als Països Catalans. Una aproximació biogràfica*, Barcelona, Fundació Catalana per a la Recerca, 1995, pp. 523-564.
- GARRABOU, Ramón: *Enginyers industrials, modernització econòmica i burgesia a Catalunya*, Barcelona, L'Avenç, 1982.
- KNOBLOCH, Eberhard: «Mathematics at the Berlin Technische Hochschule/Technische Universität. Social, institutional and scientific aspects», en *The History of Modern Mathematics*, Boston, Academic Press, 1989, vol. II, pp. 250-284.
- KÖNIG, Wolfgang: «Science and practice: key categories for the professionalization of german engineers», en M. Kranzberg (ed.), 1986, pp. 41-47.
- KRANZBERG, Melvin (ed.): *Technological Education-Technological Style*, San Francisco, San Francisco Press, 1986.
- LECLERC, Max: *La formation des ingénieurs à l'étranger et en France*, París, Armand Colin, 1917.
- LUSA, Guillermo: *Las Matemáticas y la Ingeniería Industrial 1850-1975*, tesis doctoral, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 1975.
- «Evolución histórica de la enseñanza de las Matemáticas en las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros Industriales», en *Reunión de Departamentos de Matemáticas de Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros Industriales*, Universidad de Santiago, 1982, pp. 1-93.
 - «Las Matemáticas en la Ingeniería: el Cálculo infinitesimal durante la segunda mitad del siglo XIX», en J. M. Camarasa *et al.* (coords.): *I Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona / Mahón, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 1994a, pp. 263-282.
 - «Industrialización y educación: los Ingenieros Industriales (Barcelona, 1851-1886)», en R. Enrich *et al.* (eds.): *Tècnica i societat en el món contemporani*, Sabadell, Museu d'Història, 1994b, pp. 61-80.
 - «Contra los titanes de la rutina. La cuestión de la formación matemática de los ingenieros industriales (Barcelona, 1851-1910)», en S. Garma, D. Flament y V. Navarro (eds.): *Contra los titanes de la rutina*, Madrid, Comunidad de Madrid / CSIC, 1994c, pp. 335-365.
 - «La Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona», en M. Silva Suárez (ed.): *Técnica e ingeniería en España*, vol. v: *El Ochocientos. Profesiones e instituciones civiles*, Zaragoza, Real Academia de Ingeniería / Institución «Fernando el Católico» / Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007b, pp. 351-394.
- PERRY, John: *Matemáticas prácticas*, traducido y anotado por L. Gaztelu, Madrid, For-tanet, 1914.
- PESET, José Luis, Santiago GARMA y Juan Sisínio PÉREZ GARZÓN: *Ciencias y enseñanza en la revolución burguesa*, Madrid, Siglo XXI, 1978.
- PESET, Mariano, y José Luis PESET: *La Universidad española (siglos XVIII y XIX)*, Madrid, Taurus, 1974.

- SCHUBRING, Gert: «Pure and applied mathematics in divergent institutional settings in Germany: the role and impact of Felix Klein», en *The History of Modern Mathematics*, Boston, Academic Press, 1989, vol. II, pp. 171-211.
- SILVA SUÁREZ, Manuel (ed.): *El Siglo de las Luces: de la ingeniería a la nueva navegación*, vol. II de *Técnica e ingeniería en España*, Zaragoza, Real Academia de Ingeniería / Institución «Fernando el Católico» / Prensas Universitarias de Zaragoza, 2005.
- (ed.): *El Ochocientos. Pensamiento, profesiones y sociedad*, vol. IV de *Técnica e Ingeniería en España*, Zaragoza, Real Academia de Ingeniería / Institución «Fernando el Católico» / Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007a.
- (ed.): *El Ochocientos. Profesiones e instituciones civiles*, vol. V de *Técnica e ingeniería en España*, Zaragoza, Real Academia de Ingeniería / Institución «Fernando el Católico» / Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007b.
- y Guillermo LUSA: «Cuerpos facultativos del Estado *versus* profesión liberal: la singularidad de la ingeniería industrial», en M. Silva Suárez (ed.): vol. IV, 2007a, pp. 323-386.
- WEBER, Wolfhard: «German “Technologie” versus french “Polytechnique” in Germany, 1780-1830», en M. Kranzberg (ed.), 1986, pp. 20-25.