

Ubi sunt? (las matemáticas en la ingeniería de hoy)

En recuerdo del padre Dou



César Lanza

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Computer Science MSc

Resumen

Este artículo rememora la figura de uno de los últimos matemáticos eminentes que han aflorado dentro de la profesión de los ingenieros de Caminos, el padre Alberto Dou S.J. (1915-2009). Dou fue durante muchos años catedrático de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPM y también de la Facultad de Matemáticas de la UCM, cargos docentes que ejerció con dedicación ejemplar y supo además conciliar con otras responsabilidades de relevancia pública en el ámbito universitario. La ocasión que brinda el centenario del nacimiento del padre Dou sirve por otra parte para preguntarse por el papel que desempeñan hoy las matemáticas dentro de las profesiones técnicas y no sólo en los aspectos académicos ligados al ciclo universitario de formación de los ingenieros. ¿Dónde se encuentra hoy el conocimiento matemático en el mundo de la ingeniería y cómo se aplica en la práctica profesional?

Palabras clave

Matemáticas, física, ecuaciones diferenciales, invariantes algebraicos, informática, Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPM, Facultad de Matemáticas de la UCM, Real Academia de Ciencias, Compañía de Jesús

Abstract

This article pays homage to one of the last eminent mathematicians to have graced the civil engineering profession, Father Alberto Dou S.J (1915-2009). For many years Dou was a professor at both the Madrid Polytechnic University College of Civil Engineering and at the Department of Mathematics at the Complutense University of Madrid, exercising these positions with exemplary dedication and combining these with other posts of public relevance within the university. This centenary year of the birth of Father Dou serves to question the role currently played by mathematics within the technical professions and not purely with regards to the academic aspects associated with the university training of undergraduate engineers. We may then ask where mathematical knowledge may be found in the engineering world today and how this is applied in professional practice?

Keywords

Mathematics, physics, differential equations, algebraic invariants, IT, Madrid Polytechnic University College of Civil Engineering, Department of Mathematics at the Complutense University of Madrid, Royal Academy of Sciences, Society of Jesus

En diciembre de este año 2015 se habrá cumplido el centenario del nacimiento de Alberto Dou (1915-2009), ingeniero de Caminos, sacerdote jesuita y eximio matemático, que fue catedrático de la Escuela de Madrid y profesor activo de ese centro entre los años 1954 y 1975. En marzo de este último el padre Dou fue nombrado primer decano de la recién creada Facultad de Matemáticas de la universidad Complutense (hasta entonces Sección de Exactas dentro de la Facultad de Ciencias, de la cual también era catedrático) y poco después rector de la universidad de Deusto, obligaciones que unidas a otras posteriores le sustrajeron definitivamente del quehacer docente e investigador en nuestra Escuela. El padre Alberto Dou fue un personaje singular que destacó dentro de la pro-

fesión de los ingenieros de Caminos por su extraordinaria categoría científica, su valor probado como sabio, estudioso y docente de la matemática, y también por su calidad humanística, virtudes que él supo compaginar con una marcada vocación pastoral como miembro activo de la Compañía de Jesús.

Dentro de la matemática aplicada o “matemática del mundo”, Dou se distinguió especialmente por su dedicación a las ecuaciones diferenciales, convirtiéndose en una figura de renombre dentro de esa especialidad. Personaje longevo aparte de fecundo intelectualmente, el padre Dou habría cumplido cien años en estas fechas y no le faltó mucho para

ello, pues falleció apenas hace seis, en la primavera del año 2009. La relevancia académica de Dou puede tomarse como ejemplo aún reciente de la elevada misión, reconocida en la tradición de nuestra Escuela, que han venido desempeñando las matemáticas en la formación de los ingenieros de Caminos, prolongada en el caso de personas a quienes como él, siguiendo a Ortega en su Meditación de la técnica, “no basta con ser ingenieros”.

Las matemáticas forman parte sustantiva de las enseñanzas de la Escuelas Técnicas Superiores, especialmente durante los dos o tres primeros cursos, debido fundamentalmente a dos razones. Primero, su función irremplazable como instrumento pedagógico para la formación de la racionalidad técnica inherente a la ingeniería, especialmente en términos cuantitativos y espaciales. Y en segundo lugar, su necesidad para la comprensión de los conocimientos teóricos de las distintas ramas de la física. En relación con la primera cuestión puede mencionarse que el propio padre Dou, en un artículo publicado en la ROP en el año 1960, relacionaba el saber matemático con “el desarrollo de tres capacidades en los futuros ingenieros: la capacidad general para desenvolverse con soltura en el amplio mundo de la técnica; la capacidad para profundizar en el estudio de los problemas de la especialidad particular de cada uno; y finalmente, la capacidad para investigar y en su caso enseñar a otros”¹. En cuanto a la relación entre matemática y física, donde la primera de ellas juega desde tiempos de Newton el papel de una especie de lingua franca dentro del dominio de la segunda, ciertamente puede asegurarse que la cuestión ocupó un lugar preeminente en el pensamiento de Dou y prueba de ello es el título que eligió para el discurso que pronunciaba en Junio de 1963, al ser recibido como miembro numerario en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: “Relaciones entre las ecuaciones en derivadas parciales y la física”.

A lo largo de los siglos XIX y XX los mundos profesional y académico de la ingeniería han resultado ser buena fuente de matemáticos de categoría, en general aplicadores de esa ciencia a la resolución de problemas físicos de la técnica. En España, si nos atenemos a la lista histórica de ingenieros académicos de la RAC, situados bajo la rúbrica de “Ciencias Exactas”, aparte de nuestro padre Dou no pueden ignorarse figuras como las de Subercase, Cortázar, Otero, Saavedra, del Valle, Echegaray, Torres Quevedo, Terradas, Puig Adam, varios Torroja, Goded, Jiménez Salas, Liñán y muchos otros ingenieros que, aparte de profesionales renombrados han sido científicos de mérito. En este sentido cabe mencionar que



El padre Dou en su primer día como rector de la universidad de Deusto (septiembre de 1975)

cinco de los dieciocho presidentes de esa docta Corporación, desde su fundación en 1848, fuesen ingenieros de Caminos (Peña Boeuf, el último de ellos, cierra la nómina presidencial de los ingenieros en el año 1966). En otros países cercanos la lista de ingenieros-matemáticos es aún más larga y se encuentra formada por auténticos pesos pesados de esa ciencia, como puede comprobarse sin más que cruzar los montes Pirineos y recordar la impresionante relación de sabios y creadores que pueden encontrarse dentro de los polytechniciens franceses, desde Cauchy a Mandelbrot.

Pasaremos seguidamente a glosar algunos de los hechos más significativos de la vida de Dou en sus facetas de profesor, autoridad universitaria y sacerdote, para abordar más adelante ciertas consideraciones sobre el estado de la relación que hoy se da entre matemática e ingeniería, más allá del papel que cumple aquélla en el proceso formativo de los estudiantes de las Escuelas Técnicas Superiores.

Breve nota biográfica sobre Alberto Dou S.J. (1915-2009)

Los datos biográficos centrales de Alberto Dou pueden encontrarse en las necrológicas aparecidas tras su fallecimiento. Así, la Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española publicaba² en 2009, con ocasión del óbito, varios elogios de Dou provenientes de algunos discípulos con los que él mantuvo una relación científica más directa. Ildefonso Díaz, uno de los más distinguidos entre ellos, recuerda sus múltiples intereses científicos, que abarcaban las ecuaciones en derivadas parciales, la elasticidad, la lógica matemática, la filosofía de la ciencia y el pensamiento teológico. Todo ese repertorio de intereses intelectuales pone de manifiesto el espíritu multidisciplinar del padre Dou como matemático, pensador, historiador e ingeniero, añadiendo a lo anterior su inequívoca función pastoral como sacerdote jesuita. Nada extraño, si se tiene en cuenta que aparte de esta última condición, Dou atesoraba una formación vastísima pues era ingeniero de Caminos, matemático, licenciado en filosofía y también en teología.

Su apasionamiento vital y gran capacidad de trabajo le hicieron acreedor del premio extraordinario en los estudios de sus dos titulaciones académicas de naturaleza científico-técnica, la ingeniería y las ciencias matemáticas. Realizó su doctorado en esta última disciplina bajo la supervisión de Wilhelm Blaschke, profesor de la universidad de Hamburgo y una figura destacada en el campo de la geometría diferencial en aquellos años. Dou fue nombrado en 1954 para la cátedra de matemáticas en la Escuela de Caminos por cooptación de su claustro de profesores (procedimiento regular en las Escuelas de Ingeniería en aquella época) y en 1957 ganó por oposición, al parecer muy disputada, la de análisis matemático en la Facultad de Ciencias de la universidad de Madrid. En junio de 1963 fue recibido como miembro de número en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, pronunciando una disertación titulada, como se indicaba anteriormente, “Relaciones entre las ecuaciones en derivadas parciales y la física”.

A ello siguieron otras responsabilidades de aún mayor envergadura en las universidades de Deusto y de Comillas, debido a lo cual nuestro personaje pasó a partir del año 1975 a ser paulatinamente un grato recuerdo en la memoria de sus compañeros profesores de la Escuela de Caminos y seguramente de una buena parte de sus estudiantes, pero no ya una persona vinculada activamente al quehacer de nuestra alma mater. Le sucedió en la tarima de la inolvidable aula 4 Alfredo Mendizábal, otro buen matemático dentro de los ingenieros de Caminos catedráticos de aquellos años, estrecho colaborador de Dou y coautor de sus libros más conocidos.



Portada del discurso de recepción de Dou en la Real Academia de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales y contestación de Alfonso Peña (Junio de 1963)

Las notas o “apuntes” de sus clases en Caminos sirvieron de base a Dou para la preparación de los tres libros de mayor enjundia de los que fue autor: “Ecuaciones diferenciales”³, en colaboración con Alfredo Mendizábal y Antonio Valle; “Ecuaciones en derivadas parciales”⁴, con Alfredo Mendizábal; y “Ecuaciones en derivadas parciales y su resolución numérica”⁵, igualmente con Alfredo Mendizábal. Su faceta como profesor de la Escuela⁶ ha sido glosada por Emilio de la Rosa, alumno y doctorando suyo. Miguel de Guzmán, otro de sus discípulos y más tarde colega en la profesión docente de la matemática, calificaba la obra de Dou como rica y versátil, tal como era su propia personalidad. En el ámbito de sus quehaceres como científico, Dou abordó el ejercicio de la matemática con una vocación realmente multidisciplinar, como prueba la diversidad de temas sobre los que trabajó con intensidad y conocimiento, de los cuales queda constancia en sus muchas publicaciones. El padre Dou aportó su visión integradora y amplia como pensador e historiador, pero incisa en su condición de matemático e ingeniero.



Dou en un acto en el Aula Magna de la Facultad de Matemáticas de la UCM (junio de 1988)

En el campo de la ingeniería civil, aparte de su docencia en la Escuela, investigó especialmente en el campo de la elasticidad, aportando su sabiduría matemática a la formalización y resolución de intrincados problemas teóricos, y de ello dejó constancia en las páginas de esta misma Revista de Obras Públicas⁷, publicando en colaboración con José Manuel Antón Corrales. Dentro de esa rama de la física siguió la obra de Von Mises, de quien seguramente los lectores recordarán su conocido criterio sobre fallo elástico, relevante en el ámbito de la mecánica de la fractura.

La trayectoria del padre Dou como matemático comprende varias etapas, dentro de las cuales hay que mencionar una primera dedicada a la geometría diferencial (rama a la cual pertenece su tesis doctoral de 1952 sobre “cuadritejidos planos”, presentada en la universidad de Hamburgo) que duró casi hasta el año 1959. A partir de esa fecha su interés se fijó especialmente en la elasticidad, animado por su estancia en la universidad de Wisconsin-Madison, llegando casi hasta la conclusión de su desempeño docente en la Escuela de Caminos, quince años más tarde. De esta segunda etapa dejó redactados varios trabajos con el anteriormente citado Antón Corrales y un magnífico curso sobre elasticidad teórica, desarrollado en colaboración con Emilio de la Rosa, antiguo doble alumno suyo en la Escuela y en la Facultad,

más tarde colaborador en el primero de esos centros. Pero el tema que dentro de la matemática atrajo sus mejores esfuerzos y en el cual se dio a conocer ampliamente fue el de las ecuaciones en derivadas parciales, que ya constituían en el año 1963 el motivo central de su discurso en la Real de Ciencias. En ese campo estableció una relación estrecha con uno de los matemáticos internacionales renombrados de la época en esa especialidad, Jacques-Louis Lions, profesor en l'École Polytechnique y la Facultad de Ciencias de París. Un proyecto de investigación apoyado por la Fundación March entre 1974 y 1976, llevó a Dou hacia la teoría variacional o débil de solución de las EDP, que aplicó a problemas de la mecánica de fluidos.

Es cierto que a partir del año 1975 su actividad investigadora y también la docente (como demuestra su salida de la Escuela de Caminos, precisamente el mismo año en que el autor de estas notas iniciaba el tercer curso, y por tanto hubiera sido alumno suyo) se vieron afectadas por el desempeño de responsabilidades de alto nivel en el mundo universitario. Primero, el decanato de la Facultad de Matemáticas de la Complutense, tras ello el rectorado en Deusto y algo más tarde en el ICAI, hasta regresar a su tierra natal tras su jubilación en 1984, donde aún mantuvo una fructífera y muy apreciada relación con el mundo académico como emérito.

Aparte de mantenerse en activo en sus afanes científicos como matemático, Alberto Dou se dedicó a partir del año 1981 con fruición y profundidad a los temas humanísticos que se relacionaban más directamente con sus preocupaciones intelectuales y filosóficas, destacando entre ellos “la verdad” (su libro azul de derivadas parciales⁸ exhibía como dedicatoria la frase “En filial testimonio del que es la Verdad”) y el conocimiento artificial, es decir la lógica y la inteligencia en el sentido computacional de Turing. La importancia que le daba al estudio de la evolución del conocimiento científico a lo largo de la historia de la humanidad y de las relaciones entre ciencia y técnica, así como su articulación e impacto en la sociedad, le llevaron a promover la creación de una asociación interdisciplinar: ASINJA (Asociación Interdisciplinar José de Acosta). Activa de manera informal desde 1974 y con entidad legal a partir de 1984, esta asociación se reúne anualmente en el ICAI, habiendo celebrado sus últimas jornadas en Septiembre de 2014. Su finalidad principal es perpetuar un espíritu de reflexión abierto e integrador en torno la ciencia, la técnica y sus implicaciones sociales, en consonancia con el propio estilo humano del padre Dou.



Alberto Dou, ya jubilado (septiembre de 1988)

Sus inquietudes y trabajos a partir de los años ochenta se fueron centrando progresivamente en esos aspectos filosóficos e históricos de su obra, temas en los que se mantuvo fértil casi hasta el fallecimiento, sucedido en abril del año 2009. El padre Dou nunca separó su faceta científica de la profesión explícita de su fe, declarando que en su caso personal los valores religiosos y matemáticos convergían en un único humanismo. Una frase suya que solía citar, y según parece con gusto, así lo refleja: “Del púlpito a la tarima no hay solución de continuidad”. El sentido en que debe entenderse esa afirmación, según él mismo explicaba, es que desde ambas posiciones se comparte una visión única del cosmos y la vida.

Algunas consideraciones sobre matemáticas e ingeniería

Es de justicia reconocer al genio de Newton la primera e irreversible matematización del pensamiento físico. Feynman, una de las mentes más brillantes del siglo pasado dentro de las ciencias físicas, afirmaba acerca de ese hecho lo siguiente: “*The strange thing about physics is that for the fundamental laws we need mathematics*”⁹. En el sentido inverso de la relación interdisciplinar, el gran matemático Richard Courant reconocía a su vez en el prefacio a la primera edición en inglés de una de las obras de referencia ineludible sobre el tema¹⁰, que “*Since the seventeenth century, physical intuition has served*

as a vital resource for mathematical problems and methods”. Henri Poincaré, uno de los grandes creadores y modernizadores de la matemática del siglo XX, ingeniero politécnico en este caso au Corp des Mines, escribió¹¹ que “*La physique mathématique et l’analyse pure ne son pas seulement puissances limitrophes, elles se pénètrent mutuellement et leur esprit est le même*”.

La función de las matemáticas dentro de las ciencias físicas está clara, como vieron todos los anteriores y desde luego el padre Dou entre otros científicos preclaros. No deja de ser curiosa en este sentido la coincidencia temporal del nacimiento de Dou (1915) con la aparición dentro de la física matemática del teorema de Noether. Emmy Noether (1882-1935) es una figura renombrada principalmente por sus desarrollos en el campo del álgebra abstracta, pero también colateralmente por un importantísimo teorema sobre invariantes (simetrías, en este caso) en el cálculo de variaciones, un hallazgo esclarecedor de la complejidad matemática que subyace a las leyes de conservación de la física. Para darnos una idea de la talla de Noether bastará saber que Weyl, Dieudonné o el propio Einstein la encumbraron por derecho propio al Olimpo de esa ciencia en proximidad relativa a figuras como Hilbert o Klein, en un contexto académico en que ni siquiera era posible a una mujer como ella acceder en propiedad a un puesto docente universitario. El teorema de Noether tuvo una importancia seminal para el desarrollo de la física teórica a lo largo del siglo pasado (resolvió el problema de la conservación local de la energía dentro de la teoría general de la relatividad) y no resulta extemporáneo mencionarlo en estas líneas, aunque sea de paso y aprovechando la coincidencia del centenario con Dou.

Pues bien, en vista de la influencia recíproca y el apoyo que se otorgan la física y la matemática, habría que preguntarse si sucede algo semejante entre la ingeniería y la segunda de las ciencias anteriores. Una cuestión que se plantea, por ejemplo, es saber si más allá de la investigación o las actividades académicas que se desarrollan en las universidades, es decir cuando entendemos por ingeniería la práctica profesional que los titulados llevan a cabo en su trabajo habitual, se utilizan mucho o poco los conocimientos matemáticos adquiridos en la Escuela. ¿Sirve esa parte de la educación para algo más concreto que disponer de una cultura y habilidad general en la materia? ¿Es el uso de las llamadas “ciencias de la ingeniería”, y entre ellas las matemáticas, algo hoy fundamental o ancilar para la realización de las actividades ordinarias que llevan a

cabo los ingenieros? ¿Usa mucho o poco las matemáticas el profesional que proyecta, construye o gestiona, y en su caso qué partes o ramas concretas de esa ciencia y de qué manera? En la medida que pudiera ser indicativo al respecto, sépase que el número total de artículos referidos explícitamente con la palabra clave “matemáticas” en la ROP es de 70, sobre un total de 19.528 publicados a lo largo de sus 162 años de existencia, y aproximándose asintóticamente a cero en los últimos 20 (4 artículos).

El papel real de las matemáticas en la ingeniería no debería ser objeto de simplificación, aunque desde luego es probable que el asunto no preocupe mucho al practicante, pues no se conocen en España estudios recientes que arrojen datos empíricos fehacientes sobre el tema ni tampoco manifestaciones representativas a este respecto por parte de personas de renombre dentro de la profesión (más allá del mundo académico o la investigación). Es cierto que el campo de actuación de los ingenieros es ahora tan amplio que incluso abarca actividades con poca relación directa con las ciencias físico-matemáticas, lo cual en buena medida reduce el interés de la cuestión. Por otra parte, y esto es importante, la praxis actual de la ingeniería en sus facetas técnicas se encuentra mediatizada por un sinnúmero de programas y aplicaciones informáticas que actúan como una especie de caja negra entre persona y problema a resolver, sea este de análisis, cálculo, diseño, etc. Los omnipresentes medios informáticos hacen en gran parte opaca a sus usuarios la complejidad de los métodos científicos subyacentes en los programas de aplicación, siendo ello particularmente cierto en relación con los conocimientos matemáticos embebidos en el software de esos sistemas.

Un hecho incontrovertible y de relevancia para la ingeniería en el sentido anterior lo constituye el desarrollo extenso e intensivo de los métodos de modelización discreta (elementos finitos y técnicas análogas), aplicables a una amplísima variedad de los fenómenos que se dan en la práctica totalidad de los dominios científico-técnicos que afrontan los ingenieros. La mayoría de los problemas formalizables a través de ecuaciones diferenciales ordinarias o en derivadas parciales (y no son precisamente pocos) entran en el campo de aplicación de los métodos numéricos, que han encontrado un gigantesco multiplicador en el computador digital. Por otra parte, la penetración de la algoritmia en el mundo de la geometría, el diseño y la manipulación de formas en 2 y 3D, añaden al computador la capacidad de dejar “ver” anticipadamente al ingeniero el



El padre Dou con uno de sus discípulos, el matemático Miguel de Guzmán (diciembre de 2003)

resultado de lo que está estudiando o creando, mediante representaciones o simulaciones que pueden alcanzar un nivel de resolución pasmoso. Si añadimos a ello las aportaciones desde el campo de la inteligencia artificial en términos de computación simbólica y representación informática del conocimiento, las capacidades matemáticas disponibles a través de la informática aumentan casi tanto como permite la aún asombrosa evolución de la arquitectura y tecnología de microprocesadores. Ello permite suponer que una parte importante del saber matemático (y también del físico) que usan hoy los ingenieros se encuentra encapsulado en esas extensiones de su propia capacidad, tanto o más que en el seno del propio intelecto de las personas que los utilizan.

Ese hecho supone una ruptura, una especie de “corte epistemológico” si se nos permite echar mano de la filosofía del conocimiento, en relación con épocas anteriores a la eclosión de las tecnologías digitales, frontera que puede establecerse en torno al año 1980. John Argyris, uno de los creadores del MEF, intuyó ya en 1965 el fuerte impacto que provocaría la informática en las ciencias de la ingeniería y anunció un importante cambio de paradigma en la propia base de conocimientos que usan los ingenieros: “*the computer shapes the theory*”¹², dijo Argyris, aunque no muchos de ellos estuvieron entonces de acuerdo. Las transformaciones del método que se iniciaron hace ya más de tres décadas nos llevan a pensar

que no es ociosa, ni tampoco retórica, la pregunta que plantea el título de este artículo: ¿En qué lugares de la ingeniería se encuentran hoy, con un nivel científico significativo, las matemáticas?

Aparte de la respuesta individual que cada uno pueda ofrecer en función de su propia experiencia, a nivel agregado quizá se puedan hallar algunas pistas interesantes si se amplía la búsqueda de las matemáticas dentro de la ingeniería más allá de lo que es simplemente la praxis profesional ordinaria, y procuramos adentrarnos en temas menos corrientes y con mayor enjundia técnica o densidad teórica, invirtiendo además la dirección de la pregunta. Se trataría de ver qué áreas de la ingeniería se encuentran actualmente en el punto de mira de las distintas especialidades de la matemática aplicada o “matemática del mundo”, usando el término habitual en el entorno del padre Dou. Acudiremos para ello a una fuente autorizada dentro del contexto profesional de esa ciencia, la SIAM - Society for Industrial and Applied Mathematics, asociación creada en el año 1952 y que reúne entre sus miembros a 13.000 individuos, en parte ingenieros, y también a un número respetable de corporaciones industriales. La SIAM se encuentra organizada a través de 21 grupos de actividad, una parte de los cuales tienen como objeto los métodos y áreas específicas de aplicación relacionadas en sentido amplio con el mundo de la ingeniería. Enumerar todas ellas rebasa la intención de este artículo, pero puede señalarse que las especialidades de la ingeniería que reúnen mayor número de ocurrencias en el conjunto de los grupos de actividad de la SIAM son los siguientes: ciencias y técnicas de la computación (en sentido amplio); automática e ingeniería de control; mecánica de fluidos; ingeniería financiera; diseño geométrico; geociencias; ciencia de materiales; optimización; y análisis de riesgos. Aunque se trata de una simplificación no muy rigurosa y por tanto objetable, la lista anterior permite hacernos una idea de los campos del conocimiento técnico que ofrecen hoy día mayor atractivo para las matemáticas.

Completaremos brevemente esa visión del hoy y aquí, tratando de pensar además en el mañana e intuir hacia dónde se dirige el vínculo de las matemáticas con la ingeniería observando además las tendencias de los departamentos de matemáticas de algunas de las universidades politécnicas de mayor renombre. Como ejemplo consideraremos, dentro de Europa, la X-Polytechnique de París y el ETH de Zürich, y en los EE. UU., el MIT y Caltech. En esas

cuatro excelentes universidades el foco de la matemática aplicada parece estar situado actualmente en áreas y temas en buena medida coincidentes con los de la SIAM, aunque buscando especialidades más estrechas dentro de los correspondientes campos de conocimientos. Así, por ejemplo, dentro de la ciencia de materiales la aplicación de las matemáticas se dirige preferentemente hacia la nanoescala, la materia blanda y los biotejidos. En las ciencias computacionales, son la inteligencia artificial y la síntesis digital del conocimiento a partir del análisis de datos masivos las disciplinas que más llaman la atención. Dentro de la mecánica, los sistemas dinámicos y la ciencia de la complejidad. Y cómo no, aparece en todas ellas el campo emergente de los biosistemas como ámbito nuevo de actuación de la ingeniería, aparte de un buen número de aplicaciones de las matemáticas a la economía, desde la modelización estocástica de las fluctuaciones financieras hasta la teoría de juegos y el análisis de los procesos de competencia en los mercados.



David Hilbert (1862-1943), posiblemente el matemático de mayor estatura científica en la transición de los siglos XIX a XX



Emmy Noether (1882-1935), a quien se debe el importante teorema sobre invariantes algebraicos en los problemas variacionales, que contribuyó a fundamentar desde el punto de vista matemático las leyes de conservación de la física

Finalmente, como simple muestra acerca de qué matemáticas (especialidades, métodos, etc.) estamos hablando, iremos en sentido inverso desde la técnica hacia el ámbito de esa ciencia, limitándonos a una disciplina concreta y bien conocida por los ingenieros de Caminos: la mecánica clásica. La consulta de dos referencias de primer orden dentro de la bibliografía de referencia en la materia¹³ permite hacernos una idea sobre las ramas de las matemáticas que están presentes hoy en la conceptualización de esta parte troncal de la ingeniería. Algunas de ellas, aparte por supuesto de las ubicuas EDO y EDP, serían las siguientes: cálculo de variaciones; geometría simpléctica; variedades diferenciables; álgebra de Lie; teoría de las perturbaciones; topología algebraica; geometría riemanniana y otras especialidades de similar altura matemática. Visto lo anterior, bien se puede valorar la vehemencia con que Dou avisaba en el año 1963 a sus colegas académicos, en el discurso de su recepción en la RAC, acerca de la no-trivialidad o si se quiere positivamente, la profundidad científica que puede encontrarse en la base de conocimientos que fundamentan los actos de la ingeniería. Y por mi parte, como el mismo padre Dou dijo al terminar aquel acto, he dicho (modestamente en esta ocasión, claro). **ROP**

Notas

(1) Dou Mas de Xexás, A. "Las matemáticas de Selectivo e Iniciación", Revista de Obras Públicas, nº 2944, Agosto 1960.

(2) Véase La Gaceta de la RSME, Vol 12 (2009), Núm. 2.

(3) Dou, A. Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, Madrid, Ed. Dossat, 1969.

(4) Dou, A. Ecuaciones en Derivadas Parciales, Madrid, Ed. Dossat, 1970.

(5) Dou, A. y Mendizábal, A. Ecuaciones en Derivadas Parciales y su resolución numérica, Madrid, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1973.

(6) Rosa, E. de la. "Aspectos de la obra de Alberto Dou como ingeniero de Caminos", en Actas de la Reunión Matemática en honor de A. Dou, Madrid, universidad Complutense, 1989.

(7) Dou Mas de Xexás, A. y Anón Corrales, J.A. "Introducción al estudio tensorial de la Elasticidad y su aplicación a láminas", Revista de Obras Públicas, nº 3033, Enero 1968.

(8) Véase la referencia de la nota 4.

(9) Feynman, R. The Character of Physical Law, Cambridge – Massachusetts, The MIT Press, 1965.

(10) Courant, R. y Hilbert, D. Methods of Mathematical Physics – Weinheim, Wiley –VCH Verlag, 1989.

(11) Poincaré, H. La valeur de la science. Paris, Flammarion, 1970.

(12) El brillante ensayo de Argyris que lleva ese mismo título se publicó hace cincuenta años en la revista Journal of the Royal Aeronautical Society (vol. 65, 1965). John Argyris (1913-2004), profesor de la universidad de Stuttgart y del Imperial College de Londres, fue uno de los creadores del MEF junto con Oleg Zienkiewicz y Ray Clough.

(13) Se han consultado en concreto los dos libros siguientes: Mathematical Methods of Classical Mechanics, de V.I. Arnold, Springer 1978; y Foundations of Mechanics, de R. Abraham y J.E. Marsden, AMS Chelsea, 1978.