

Sobre la necesidad de un postgrado en Ingeniería Matemática

Francisco Marcellán

Departamento de Matemáticas

Universidad Carlos III de Madrid

1. Presentación.

Las reflexiones que siguen a continuación son fruto de mi experiencia personal como docente e investigador en Escuelas de Ingeniería Industrial desde 1974. Mi vinculación a Departamentos de Matemáticas de dichas Escuelas en las Universidades de Zaragoza, Santiago (Vigo), Politécnica de Madrid y Carlos III (en este caso en el marco de una Escuela Politécnica Superior en la que se imparten también enseñanzas de Ingeniería de Telecomunicación e Informática tanto de ciclo corto como largo) así como una estancia reciente como profesor visitante en la School of Mathematics del Georgia Institute of Technology me ha proporcionado la oportunidad enriquecer mi visión acerca del papel que las Matemáticas y los profesionales que a ellas nos dedicamos, juegan en el seno de los centros dedicados a la formación de tecnólogos así como a la generación de conocimientos que posibiliten el desarrollo y transferencia de tecnología.

2. Las Matemáticas en los currícula de Ingeniería.

Las Matemáticas han constituido y constituyen un elemento clave en la formación básica de los estudiantes de Ingeniería, independientemente del hecho de su ubicación preferente en los primeros cursos de las titulaciones. Quizá este hecho ha contribuido a una visión tradicional de la misma como un filtro que permitía una selección de los mejores estudiantes pero que no facilitaba la integración total del aprendizaje en el marco de la titulación. Esta percepción por parte de los estudiantes ha generado una tendencia al ensimismamiento de los profesores de Matemáticas, agudizada en los últimos años por la descompensación entre el grado de conocimientos de los alumnos de secundaria (no olvidemos que recibimos estudiantes con los expedientes más cualificados en relación a las notas de corte) y los niveles que a nuestro juicio deberían satisfacer. No solo desde la perspectiva de conocimientos, sino de actitudes ante el proceso de aprendizaje (orientado a la recepción pasiva y, en todo caso, a la resolución de problemas más que a la curiosidad científica y al planteamiento de casos que obliguen a la toma de decisiones) de manera recurrente consideramos que los alumnos no responden al perfil ni a las expectativas que nos habíamos creado y de ahí se sigue un pesimismo sobre nuestro papel que debemos superar en el inmediato futuro. La cultura del esfuerzo en la adquisición de conocimientos en ciencia y tecnología se ha debilitado de manera importante en los últimos años en el sistema educativo español en sus diferentes niveles y en la percepción de los mismos por parte de la sociedad en su conjunto. Por otra parte, la estructura cuatrimestral de las enseñanzas tampoco ha contribuido a la maduración científica de los estudiantes de los primeros cursos dificultando la integración de las materias y su necesaria profundización.

Respecto al profesorado, la masiva incorporación de profesores en las escuelas técnicas a lo largo de los últimos veinte años no se ha visto compensada con planes de formación docente específica y con un apoyo real a las tareas docentes y de investigación tanto desde el punto de vista de reconocimiento como de movilidad tanto a nivel nacional como internacional. En ese sentido conviene señalar la mayor carga docente real en escuelas de Ingeniería, frente a otros centros superiores que han visto reducida su capacidad de atracción de estudiantes.

Las plantillas están muy consolidadas, lo que supone poca capacidad de contraste y renovación. Matemática Aplicada es el área de conocimiento más numerosa, de entre las seis áreas directamente vinculadas a nuestra disciplina. De los 3000 profesores permanentes vinculados a las universidades públicas españolas, de acuerdo con un informe sobre el profesorado funcionario elaborado por el Consejo de Coordinación Universitaria el pasado mes de mayo, están adscritos a este área un total de 1468 profesores permanentes (161 CU, 582 TU, 150 CEU y 575 TEU). En relación con este peso numérico, la Matemática Aplicada debería jugar un papel clave en el sistema universitario de nuestro país. El hecho de que la docencia de las matemáticas en las escuelas de Ingeniería esté adscrita prioritariamente a nuestro área de conocimiento presupone una oportunidad integradora extraordinaria, tanto por la amplitud de la formación de base del profesorado que la imparte como por el espectro de las materias abarcadas, a diferencia de lo que ocurre en otros centros en las que la compartimentación de las áreas de conocimiento implica una limitación notable. Otro aspecto a resaltar en relación con el profesorado de los departamentos de Matemáticas es la débil vinculación con las actividades de otros departamentos de las escuelas. La colaboración con ellos es básica no solo desde la perspectiva de una mayor comprensión mutua de nuestras necesidades científicas sino de cara de a una mejor percepción externa de nuestro trabajo. La tarea investigadora en los Departamentos de Matemáticas de las Escuelas no juega el papel central de nuestros homólogos en centros análogos en los países de referencia. Tanto en extensión como cualitativamente, las aportaciones y las políticas de desarrollo científico no constituyen elementos identificadores de nuestra actividad en el seno de las Escuelas y el grado de involucración en temas de investigación es relativamente débil frente a otras áreas de Matemáticas y al total nacional. A modo de ejemplo, un 36% del profesorado permanente de nuestro área tiene reconocidos los tramos mínimos de investigación para formar parte de los comités de habilitación frente a un 48,7%. También es débil la participación en programas de doctorado con un reconocimiento externo. Desde el punto de vista de formación de investigadores, de los 12 programas de doctorado en Matemáticas con mención de calidad sólo 4 tienen una vinculación explícita con departamentos de Matemáticas en Escuelas de Ingeniería.

El reto del Espacio Europeo de Educación Superior supondrá una reducción de la presencia docente en el aula. Ello exigirá un replanteamiento del proceso de aprendizaje en los niveles de Grado que no excluirá de la clase magistral, pero que posibilitará un trabajo en tutoría focalizado en el aprendizaje y el esfuerzo permanente de los estudiantes midiéndose el mismo de manera diferente a como lo hemos hecho hasta la fecha. Asimismo, será conveniente que el postgrado juegue un papel innovador y que nuestra participación en el mismo permita recuperar nuestras señas de identidad. En el diseño de los futuros planes de estudio se debe recuperar la perspectiva global sobre el tipo de profesional que se quiere formar de manera que los procesos formativos se acomoden a las necesidades colectivas y no a los intereses de individuos o

Departamentos. De ahí el papel clave que deben jugar los egresados. No son las necesidades del mercado las que contribuirán a la renovación de los planes de estudio sino la información que recibimos de nuestros egresados y de los empleadores acerca de si nuestros procesos formativos han sido correctos.

Es muy recomendable la lectura del Proyecto CRUE (publicado por la Gaceta de la RSME, 2003) “La integración de los estudios de Matemáticas en España en el Espacio europeo de educación superior”, que es un excelente documento de trabajo con validez a largo plazo, que se puede utilizar para los proyectos que llevéis a cabo, que deberían hacerse respetando en todo caso la identidad de Universidad Politécnica. Algunas de las ideas que describiré a continuación han sido motivadas por este trabajo colectivo en el que se han involucrado responsables de facultades y Departamentos de Matemáticas de las Universidades Públicas españolas.

3. Experiencias.

En los últimos diez años se han llevado a cabo numerosas experiencias en la configuración y oferta de estudios de Matemáticas adaptados a las nuevas realidades. Como ejemplo, cabe resaltar la existencia de dobles titulaciones, orientadas a las matemáticas y las tecnologías de información y telecomunicaciones, como las que se han implantado en la Politécnica de Cataluña, en la Universidad de la Rioja o en la Autónoma de Madrid con bastante éxito desde el punto de vista tanto cualitativo como cuantitativo. Por ejemplo en la Universidad de La Rioja se impartía una licenciatura de Matemáticas con muy pocos estudiantes que consiguió incrementar considerablemente el número de alumnos al implantar la doble titulación de Informática y Matemáticas con un objetivo claro más allá de la supervivencia de la titulación en matemáticas, basado en una integración armónica de ambas formaciones.

También se puede optar por títulos propios. La Universidad Politécnica de Cataluña tiene una titulación de Matemática (aplicada) que es la de mayor nota de corte de dicha Universidad.

Por otra parte hay opciones de postgrado, como el master de Ingeniería Matemática de la Universidad Complutense de Madrid, del que nos hablará posteriormente el Profesor Doctor Juan Tejada, decano de la facultad de Matemáticas de dicha Universidad.

Respecto al doctorado, me voy a centrar en un trabajo en el que intervine desde sus comienzos como una apuesta del grupo de profesores que iniciamos nuestra actividad en una universidad de nueva creación como fue la Universidad Carlos III de Madrid. El doctorado de Ingeniería Matemática, iniciado en el curso 1993-94, fue un proyecto colectivo en el que se involucraron no solo los profesores que impartíamos la docencia de Matemáticas (estructurados en el seno de un Departamento de Ingeniería hasta Marzo de 1995) sino también profesores de los diferentes grupos de ingeniería que estaban incorporándose a nuestra Universidad así como pudimos contar con la colaboración de profesores de los departamentos de Mecánica de Fluidos y Matemáticas de la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid. Las posibilidades que se brindaban de cara al crecimiento del futuro Departamento de Matemáticas fueron un importante elemento de atracción de futuros doctorandos.

El Programa se nucleó en torno a cuatro grandes bloques temáticos: Mecánica de fluidos, Estadística industrial, Simulación numérica y un cuarto bloque de Teoría de la señal que acabó convirtiéndose en Fundamentos Matemáticos de Ingeniería, una vez que se inició, posteriormente, un Programa de Doctorado en Tecnología de las Comunicaciones. Junto a los contenidos novedosos del programa, la presencia de profesores de universidades extranjeras contribuyó a un importante número de solicitudes y a un reconocimiento con menciones de calidad por parte del Ministerio competente (en sus diferentes denominaciones desde 1993).

Se ha formado a un buen número de doctores pero su principal mérito tal vez sea haber abierto el debate sobre la creación de doctorados no exclusivamente dirigidos a la investigación matemática que se desarrolla en la propia universidad. La mayoría de los doctores formados no se han incorporado a los departamentos de la Universidad Carlos III sino que se han desplazado a otras universidades españolas o extranjeras. Asimismo, varios doctores formados en el programa de Ingeniería Matemática se han vinculado a grupos de I+D+i en empresas poniendo de manifiesto la utilidad de la formación doctoral más allá del estricto marco de la Universidad.

Por mi parte el interés por la Ingeniería Matemática nació a raíz de mi participación como coordinador de un programa Erasmus a comienzos de los años noventa. En la red a la que se incorporó mi Universidad figuraban, entre otras, la Universidad de Kaiserslautern, la Universidad Técnica de Graz, la Universidad de Limerick y el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA) de Rouen. En este último, se imparte un segundo ciclo denominado Génie Mathématique. Este programa nació como consecuencia de la redefinición del papel del Departamento de Matemáticas en un centro dedicado básicamente a la formación de ingenieros y del que surge una propuesta que incluía básicamente Cálculo Científico, Teoría de Control y Aplicaciones en Mecánica de Fluidos. Cuando conocí ese programa, observé que en los comienzos de los años noventa, los estudiantes tenían cada uno un terminal de ordenador para su aprendizaje en simulación numérica, que hacían prácticas en empresas y que la procedencia científica de los estudiantes era, prioritariamente, de dominios no exclusivamente matemáticos.

4. Algunas propuestas.

Los borradores de Decretos de Grado y Postgrado que manejamos a fecha de hoy de cara a la adecuación al Espacio Europeo de Educación Superior ofrece la posibilidad de diseño de programas de postgrado de estructura muy flexible frente a la necesaria rigidez de las titulaciones de grado. En este sentido, en el documento antes citado se proponen tres posibles opciones de máster, continuación natural de los estudios de grado en Matemáticas, independientemente del hecho de que puedan acceder a los mismos estudiantes de otras titulaciones de grado, hecho que en mi opinión, constituiría un valor añadido al máster.

- A) Matemáticas de la Ingeniería
- B) Matemáticas de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones
- C) Matemáticas de la Industria.

Para la primera propuesta el perfil trata de dar una formación especializada en la modelización matemática y la simulación numérica para científicos e ingenieros destinados a trabajar en empresas de alta tecnología y equipos de I+D+I en Industria o en Ingeniería. Vamos a definir en líneas generales sus objetivos, las destrezas que han de conseguir los estudiantes y los contenidos que se proponen:

Los objetivos son el estudio de los modelos de la mecánica de medios continuos, desde su motivación física y su correcta formulación matemática hasta la resolución numérica de cara a la simulación en ordenador de dispositivos y procesos de la ingeniería. Por otra parte, profundizar en los conocimientos en ecuaciones en derivadas parciales, métodos numéricos e informática que permitan el planteamiento y la búsqueda de soluciones en problemas de contexto industrial. Finalmente, adquirir una formación especializada en cálculo científico y simulación numérica en Física e Ingeniería que permitan la inserción en los grupos de I+D+i de los sectores industriales mencionados.

Las destrezas que se persiguen son:

- 1.- Conocer a fondo la motivación física y el planteamiento matemático de los modelos de la mecánica de medios continuos: elasticidad, fluidos, transferencia de calor, electromagnetismo, reacciones químicas.
- 2.- Ser capaz de plantear matemáticamente problemas industriales o de diseño pre-industrial de cierta complejidad en los campos anteriormente señalados identificando o ideando métodos aproximación y de resolución numérica mediante ordenador.
- 3.- Conocer las herramientas informáticas, de programación y diseño y análisis asistido por ordenador (CAD/CAE) de cara a contrastar dichos métodos, llevar a cabo la visualización gráfica, interpretar los resultados, validar los modelos y métodos, obtener conclusiones sobre la validez del modelo y el posible control del proceso que ayude a la toma de decisiones.

Los contenidos incluyen: Modelización matemática de procesos industriales, Integración numérica de Ecuaciones en derivadas parciales, métodos numéricos avanzados, Ingeniería del software, Calculo científico. Paquetes comerciales de simulación en Ingeniería. Todo ello, debería concluir con un Proyecto fin de máster que contemplara la simulación numérica de un dispositivo o un proceso industrial.

Como contenidos optativos se deberían ofrecer, entre otros y sin ser exhaustivos, bases de datos y redes de comunicación, cálculo vectorial y paralelo, sistemas expertos, criptografía y seguridad computacional, procesado de imágenes, gráficos por ordenador, teoría de la señal, control óptimo etc.

Son ideas que se pueden llevar a cabo en vuestro entorno porque tenéis las herramientas y los conocimientos necesarios para ello.

De modo análogo se podrían detallar las otras dos propuestas, pero no quiero extenderme y sugiero acudáis a la referencia citada para una mayor información

Hay que abrir la imaginación para no permanecer al margen de un mundo que paradójicamente usa las matemáticas de manera permanente y en el que el trabajo cooperativo es siempre bienvenido. Se trata de no quedarse en un estudio matemático en sí mismo, sino buscando el contraste con los usuarios de la Matemática que se configura

en el proyecto de máster de manera que permita contrastar la formación con las demandas reales. Además, considero necesario plasmar estas propuestas en proyectos inter-universitarios de manera que se aprovechen las sinergias en conocimientos y complementariedad. La idea ampliamente extendida de un máster exclusivo de un centro de una universidad se ve superada en el diseño de la convergencia europea por el trabajo y las propuestas en red.

Por otra parte, los estudios de máster, tanto de perfil profesional como de iniciación a la investigación, tienen una continuación, si no natural pero sí complementaria en el título de Doctor. Con la previsible desaparición de los programas de doctorado reglados tradicionales destinados a una formación de carácter genérico, y de valor prioritariamente académico, que en una primera fase daba lugar al Diploma de Estudios Avanzados (DEA), en el nuevo marco de titulaciones se enfatizará en la incorporación de los estudiantes a grupos de investigación con una planificación del desarrollo de la formación investigadora junto a los requisitos necesarios tanto desde el punto de vista metodológico como de contenidos y habilidades.

Afortunadamente nos encontramos con un punto de partida diferente del que existía en los años 70 y nuestra experiencia en la colaboración científica a nivel internacional posibilita un proceso mucho más coherente.

5. Conclusiones

Como conclusiones fundamentales quiero resaltar, en primer lugar, el valor de estas jornadas como punto de encuentro de personas preocupadas por el papel de la Matemática como ciencia en la UPM, no solo por su carácter instrumental vinculado a programas de estudios (titulaciones) sino porque se le reconozca su identidad y su contribución al desarrollo de la misión de una Universidad Politécnica, que en mi opinión, va más allá de la tarea docente habitual como servicio en la formación de los ingenieros.

En segundo lugar, la importancia del aprendizaje colectivo de cara a proponer proyectos piloto e intercambiar experiencias, en particular, en el marco de la convergencia europea. Es importante poner en práctica iniciativas de un aprendizaje más dinámico de las Matemáticas y conocer qué se hace en otras Universidades de un perfil similar, tanto a nivel nacional como internacional.

Finalmente, considero que la Universidad debe transmitir de una manera explícita qué esfuerzo supone para los profesores (no solo desde el punto de vista de la metodología del aprendizaje, sino de su seguimiento y evaluación) la integración en el Espacio Europeo de Educación Superior. Pero también los departamentos y los profesores tienen que saber que su compromiso con la Universidad es clave en estos momentos.