

Título:
Graduado o Graduada en Matemáticas

Universidad:
Universidad Politécnica de Madrid



Enero 2021
Versión Filomena

Índice general

1. Descripción del título	1
1.1. Datos básicos	1
1.2. Universidad solicitante y Centro	1
1.3. Tipo de enseñanza	2
1.4. Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas	2
1.5. Créditos y su distribución	2
1.6. Criterios de matriculación y permanencia	2
1.7. Otra información	3
2. Justificación	5
2.1. Justificación del título propuesto	5
2.2. Procedimientos de consulta internos	8
2.3. Procedimientos de consulta externos	9
2.4. Referentes externos	10
2.5. Aspectos de coordinación docente y administrativa	11
3. Competencias	13
3.1. Competencias básicas	13
3.2. Competencias generales	13
3.3. Competencias transversales	14
3.4. Competencias específicas	15
4. Acceso y admisión de estudiantes	17
4.1. Sistemas de información, acogida y orientación	17
4.2. Requisitos de acceso y criterios de admisión	19
4.3. Apoyo y orientación de los estudiantes una vez matriculados	20
4.4. Transferencia y reconocimiento de créditos	21
5. Planificación de las enseñanzas	25
5.1. Descripción del Plan de Estudios	25
5.2. Coordinación de las enseñanzas	26
5.3. Actividades formativas y sistemas de evaluación	29
5.3.1. Modalidad docente	30
5.3.2. Actividades formativas y métodos docentes	31
5.3.3. Sistemas de evaluación	33
5.4. Descripción detallada de las materias	34

6. Personal académico y de administración y servicios	91
6.1. Profesorado disponible y necesario	91
6.1.1. Previsión de PDI necesario y adecuación de la disponibilidad existente	94
6.1.2. Capacitación e idoneidad del profesorado	96
6.2. Personal de Administración y Servicios	99
6.3. Mecanismos para asegurar la igualdad	99
7. Recursos materiales y servicios	101
7.1. Aulas	101
7.2. Laboratorios	102
7.3. Biblioteca y fondos documentales	102
7.4. Otros recursos y servicios	103
7.5. Colaboración con empresas	104
7.6. Movilidad internacional	105
8. Resultados previstos	107
8.1. Valores cuantitativos estimados	107
9. Sistema de garantía interno de calidad	109
9.1. Responsables del sistema de calidad	109
9.2. Evaluación y mejora de la calidad	110
9.3. Calidad de prácticas externas y programas de movilidad	112
9.4. Análisis de la inserción laboral de los titulados	112
9.5. Análisis de la satisfacción de los distintos colectivos	114
9.6. Extinción del título	115
9.7. Transparencia y rendición de cuentas	115
10. Calendario de implantación	117
A. Informes de evaluadores externos	119

Capítulo 1

Descripción del título

1.1. Datos básicos

Denominación

Graduado o Graduada en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid.

Listado de menciones

El título no tiene menciones.

1.2. Universidad solicitante y Centro responsable de las enseñanzas conducentes al Título, o en su caso, Departamento o Instituto

Universidad: Universidad Politécnica de Madrid (institución pública).

Centro responsable de las enseñanzas: El centro responsable del Plan de Estudios será la Escuela Politécnica de Enseñanza Superior (EPES), centro propio de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Sin embargo, el desarrollo de la docencia tendrá lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB), también centro propio de la misma universidad.

Departamentos participantes :

- Matemática Aplicada
- Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial
- Matemática Aplicada a la Ingeniería Industrial
- Matemática Aplicada a las Tecnologías de la Información y la Comunicación
- Matemática e Informática Aplicadas a la Ingenierías Civil y Naval

1.3. Tipo de enseñanza

El tipo de enseñanza será presencial, si bien la incorporación de las nuevas tecnologías de la información a la metodología docente permitirá una creciente implantación del uso de modalidades *b-learning* e incluso *e-learning* en el proceso de enseñanza-aprendizaje, para reforzar los procesos de innovación educativa.

1.4. Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas

Para los primeros cuatro cursos académicos se proponen los siguientes números de plazas de nuevo ingreso:

- Primer año académico: 50 alumnos.
- Segundo año académico: 50 alumnos.
- Tercer año académico: 50 alumnos.
- Cuarto año académico: 50 alumnos.

En la estimación de la cifra anterior se han tenido en cuenta los recursos humanos y materiales disponibles.

1.5. Créditos y su distribución

El título propuesto consta de 240 ECTS distribuidos en cuatro cursos de 60 ECTS cada uno y estos, a su vez, se componen de dos semestres de 30 ECTS cada uno. La tabla 1.1 muestra la distribución de los 240 ECTS en los diferentes módulos en que se estructura el Grado.

Módulo	Créditos
Materias básicas	60
Materias obligatorias	126
Materias optativas	42
Trabajo Fin de Grado	12
Total del grado	240

Tabla 1.1: Distribución de créditos del Grado en los diferentes módulos en que se divide.

1.6. Criterios de matriculación y permanencia

Los estudiantes a tiempo completo se matricularán de 30 créditos por semestre. Para aquellos alumnos con necesidades educativas especiales, se evaluará la necesidad de posibles adaptaciones curriculares, itinerarios o estudios alternativos, así como su matriculación parcial en el Grado.

La normativa de permanencia será la fijada por la Universidad Politécnica de Madrid para los títulos de grado disponible en:

www.upm.es/institucional/FuturosEstudiantes/NormativaLegislacion/Especificas/Grado.

1.7. Resto de información necesaria para la expedición del suplemento europeo al título de acuerdo con la normativa vigente

Rama de conocimiento: Ciencias

Lengua utilizada a lo largo del proceso formativo: La lengua más utilizada en el proceso de enseñanza-aprendizaje será el español (castellano), si bien está prevista la creciente utilización en dicho proceso del inglés para reforzar la adquisición por parte de los egresados de la competencia general “uso de lengua inglesa” y facilitar la movilidad. En este sentido la UPM adoptó el acuerdo de que todos los títulos de grado incluirán una asignatura obligatoria denominada “English for Professional and Academic Communication”, de 6 ECTS, a la que se podrá acceder después de acreditar el nivel B2 del *Common European Framework of Reference for Languages* establecido por el Consejo de Europa.

Código ISCED: 0541 (www.uis.unesco.org)

Capítulo 2

Justificación

2.1. Justificación del título propuesto, argumentando el interés académico, científico o profesional del mismo

En los últimos tiempos, las titulaciones de Matemáticas en España han contribuido a la sociedad mediante la formación de profesorado en las distintas etapas educativas, la consolidación de una importante comunidad científica e investigadora, reputada a nivel internacional, así como la participación en actividades industriales, económicas y sociales.

El **Libro Blanco del Título de Grado en Matemáticas**, del que están extractados algunos de estos párrafos, recoge que la investigación en matemáticas ha experimentado una notable progresión en los últimos tiempos, siendo en 2005 la tercera disciplina en porcentaje de artículos competitivos de España en el total mundial, en torno al 5 %.

Asimismo, el documento “La integración de los estudios de Matemáticas en España en el espacio europeo de educación superior”, elaborado por el Grupo CRUE de Matemáticas y publicado como suplemento a la Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española (RSME) en su volumen 6, número 2 de 2003, mostraba la necesidad de adecuar las titulaciones para contemplar perfiles profesionales aplicados, educativos y académicos.

Desde la publicación de estos documentos, la situación de las matemáticas en España ha evolucionado notablemente. Si hace algunos años la salida principal de los egresados en matemáticas era fundamentalmente la investigación y la docencia, en los últimos tiempos hemos visto cómo la demanda de titulados en matemáticas ha aumentado considerablemente en el sector privado, industrial y empresarial, hasta el punto de quedar desiertas numerosas plazas en oposiciones a profesorado de enseñanza secundaria.

El matemático ha pasado de ser sinónimo de profesor de matemáticas a ser reconocido como un profesional de las matemáticas apreciado y demandado en otros sectores por la comprensión y aplicación de modelos matemáticos a las más diversas situaciones del mundo empresarial, industrial y de las finanzas.

Más recientemente, el informe “**Impacto socioeconómico de la investigación y la tecnología matemáticas en España**”, publicado en 2019 por la **Red Estratégica en Matemáticas** (red de todos los nodos de relevancia en la investigación y transferencia matemática en España), estima que las actividades con intensidad matemática generaron un millón de ocupados en 2016, lo que representó el 6 % del empleo total de la economía española

(el 19,4 % sumando los efectos indirectos e inducidos).

Según el mismo informe, en términos de Valor Agregado Bruto (VAB), el impacto de las actividades con intensidad matemática se situó hasta el 10,1 % del total en 2016 (26,9 % del total añadiendo los efectos de arrastre), siendo las actividades más relevantes la informática, las actividades financieras, los servicios de telecomunicaciones y la rama de energía eléctrica y gasística.

Estos datos tienen aún muchas posibilidades de crecer, dado que son menores que en otros países europeos donde se ha realizado un estudio similar: en términos de empleo el impacto directo se sitúa entre el 10 y el 11 % del total, mientras que en VAB se encuentra entre el 13 y el 16 % del total, explicándose la diferencia por la estructura productiva española.

También se estima que si España aumentase la proporción de graduados STEM al mismo nivel de Francia, la productividad aumentaría un 2,2 % adicional.

Esta situación se ha trasladado a la demanda de plazas en los estudios universitarios de matemáticas, en especial en las universidades madrileñas, situándose algunos estudios en matemáticas entre los más demandados por la sociedad. Como muestra, aquí tenemos las notas de corte del último curso de los títulos de matemáticas y afines que se imparten en las universidades madrileñas:

- Universidad Politécnica de Madrid (UPM)
 - Grado en Matemáticas e Informática (11,989)
- Universidad Complutense de Madrid (UCM)
 - Grado en Matemáticas (12,174)
 - Grado en Matemáticas y Estadística (11,886)
 - Grado en Ingeniería Matemática (11,949)
 - Doble Grado en Economía, Matemáticas y Estadística (12,871)
 - Doble grado en Ingeniería Informática y Matemáticas (13,398)
 - Doble grado en Matemáticas y Física (13,775)
- Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
 - Grado en Matemáticas (12,571)
 - Doble Grado en Ingeniería Informática y en Matemáticas (13,200)
- Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)
 - Grado en Matemática Aplicada y Computación (12,260)
- Universidad Rey Juan Carlos (URJC)
 - Grado en Matemáticas (11,961)
 - Doble Grado en Economía y Matemáticas (12,356)
 - Doble Grado en Ingeniería del Software y Matemáticas (12,159)
 - Doble Grado en Ingeniería Informática y Matemáticas (12,940)

A pesar de la rica oferta de titulaciones en Matemáticas, las elevadísimas notas de corte en todas ellas son un indicio claro de que hay una importante demanda aún no cubierta, lo que justifica esta nueva oferta que, como se menciona en varios epígrafes de este memoria, es de 50 alumnos de nuevo ingreso en los cuatro primeros años, todos ellos adscritos a la Escuela Politécnica de Educación Superior (EPES), aunque la docencia tendrá lugar en los locales y con los medios que cederá la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB), más que suficientes para acoger y desarrollar toda la actividad del grado, como así se justifica en distintas partes de esta memoria; en particular en la sección 6.2 y en el capítulo 7. Por otro lado, el Grado en Matemáticas de la UPM no competiría necesariamente con los títulos de la misma denominación, ya que, por el propio carácter de la UPM, su acento en la modelización, la simulación y el análisis de datos le proporcionarían un marchamo propio que lo identificaría. Y tampoco entraría en conflicto con otros grados de la misma Universidad Politécnica de Madrid, pues ninguno de ellos es un grado exclusivamente de matemáticas. Además, estos grados de la Universidad Politécnica de Madrid también exhiben notas de corte en el acceso muy elevadas, lo que apoya la idea de que no habrá conflicto con estos grados a la vez que augura una buena nota de corte para el nuevo Grado en Matemáticas de la UPM.

Aunque la vocación de la Universidad Politécnica de Madrid ha sido históricamente ocuparse de las enseñanzas técnicas, lo que dio pie a su constitución en 1971 al agrupar las escuelas técnicas y universitarias de ingeniería enclavadas en la ciudad, la UPM cuenta con un nutrido grupo de expertos matemáticos. En concreto hay 225 profesores repartidos en cinco departamentos de Matemática Aplicada, además de otros grupos de profesorado en las áreas de Matemática Aplicada, Estadística e Investigación Operativa y Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial, los cuales, a la par de capacidad docente, aportan experiencia investigadora en las distintas áreas de matemáticas.

En estos tiempos en que los planes de estudio de las ingenierías tienden a recortar sus contenidos matemáticos, la existencia de un grado en matemáticas en el seno de la Universidad Politécnica de Madrid puede jugar un papel importante para paliar la disminución de este bagaje. Dado el carácter transversal de las matemáticas en una universidad politécnica, presente en todos sus centros, la creación de un grado en matemáticas se convierte en un hecho con potenciales beneficios, directos o indirectos, para todos los centros y todos los planes de estudio de la UPM. Las posibilidades de colaboración con proyectos de ingeniería y arquitectura, que no son novedad para los profesores de matemáticas de la UPM, se incrementan al contar con una fuente de estudiantes formados en matemáticas con especial acento en la modelización y la simulación. Se trata de unos estudiantes que, con toda seguridad, podrán acceder a muchos de los planes de estudio de máster que actualmente existen en la UPM. Recordemos, a este respecto, que el profesorado implicado en este nuevo plan de estudios se encuentra inmerso en todas las escuelas de ingeniería y arquitectura de la UPM, y por tanto conocen, si no participan directamente, todas estas posibles vías de colaboración.

2.2. Descripción de los procedimientos de consulta internos utilizados para la elaboración del plan de estudios

El proceso de gestación de esta propuesta arranca formalmente el 10 de junio de 2019 en la Conferencia de Directores de Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad Politécnica de Madrid, que agrupa a los cinco departamentos del área de Matemática Aplicada de dicha universidad, y está formada por:

- Alejandro Zarzo Altarejos (presidente de la Conferencia y director del Departamento de Matemática del Área Industrial).
- Carlos Guillén González (secretario de la Conferencia y secretario del Departamento de Matemáticas del Área Industrial).
- Fernando San José Martínez (director del Departamento de Matemática Aplicada).
- Álvaro Pérez Raposo (secretario del Departamento de Matemática Aplicada).
- Mariola Gómez López (directora del Departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial).
- Marta Cordero Gracia (secretaria del Departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial).
- Sagrario Lantarón Sánchez (directora del Departamento de Matemática e Informática Aplicadas a las Ingenierías Civil y Naval).
- Leonardo Fernández Jambrina (subdirector del Departamento de Matemática e Informática Aplicadas a las Ingenierías Civil y Naval).
- Francisco Ballesteros Olmo (director del Departamento de Matemática Aplicada a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones).

En dicha reunión (acta 11) se acuerda iniciar los trámites dentro de la UPM para recabar la aprobación de un grado en matemáticas, para lo cual se solicita una reunión con el Vicerrector de Estrategia Académica e Internacionalización.

Como consecuencia de dichas consultas con el equipo rectoral, la Conferencia aprueba el 25 de septiembre de 2019 la constitución de un equipo de trabajo, encargado de la elaboración del primer borrador de este documento (acta 13), formado por:

- Alejandro Zarzo Altarejos (Matemática del Área Industrial, presidente).
- Álvaro Pérez Raposo (Matemática Aplicada, secretario).
- Rodolfo Bermejo Bermejo (Matemática del Área Industrial).
- Marta Cordero Gracia (Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial).
- Leonardo Fernández Jambrina (Matemática e Informática Aplicadas a las Ingenierías Civil y Naval).
- Luis Miguel Pozo Coronado (Matemática Aplicada a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones).

Este grupo de trabajo inicia sus labores el 18 de noviembre de 2019 y entrega a la Conferencia de Directores de Departamento de Matemática Aplicada un primer borrador de planificación de las enseñanzas de matemáticas en la UPM el 16 de diciembre.

A partir de ese momento, tomando como punto de partida dicho borrador, se inicia un proceso de consultas y recogida de información y propuestas, con reuniones en todos los campus de la universidad, organizadas por materias.

El 27 de enero de 2020 el grupo de trabajo ultima el primer borrador de la memoria de verificación del grado y el 30 de enero de 2020 se reúne por primera vez un grupo

de trabajo ampliado, formado por representantes de las trece secciones departamentales y grupos docentes del área de Matemática Aplicada, que aprueba la estructura del módulo básico del grado y el reparto de créditos entre materias del mismo. Asimismo, se crean comisiones temáticas por materias para identificar los contenidos y resultados de aprendizaje del módulo básico. En su tercera reunión, el 4 de junio de 2020, el grupo de trabajo ampliado aprueba la estructura docente del grado y pide a las comisiones temáticas los contenidos y resultados de aprendizaje de las materias del grado.

En paralelo, la Conferencia de Directores de Departamento de Matemática Aplicada acuerda, en su reunión del día 3 de diciembre de 2019 (acta 16), la constitución de una comisión mixta Conferencia-Equipo Rectoral, formada por el Vicerrector de Estrategia Académica e Internacionalización (presidente), el Adjunto al Vicerrector de Estrategia Académica e Internacionalización (secretario), los cinco directores de los Departamentos de Matemática Aplicada, un representante del PAS de la Escuela Politécnica de Educación Superior (EPES) y un representante de alumnos, con la intención de actuar como Comisión de Ordenación Académica inicial hasta la implantación del grado.

2.3. Descripción de los procedimientos de consulta externos utilizados para la elaboración del plan de estudios

Se han mantenido contactos con varios miembros de la comunidad de matemática aplicada del país y la iniciativa en sus distintos estadios se ha ido poniendo en conocimiento de las principales sociedades científicas matemáticas españolas: La Real Sociedad Matemática Española (RSME) y la Sociedad Española de Matemática Aplicada (SEMA), a través de sus respectivos presidentes, Francisco Marcellán Español y Rosa Donat Benedito. Ambas sociedades son miembros del *International Council for Industrial and Applied Mathematics (ICIAM)*. Estos contactos se han concretado en la solicitud de la emisión de informe de evaluación externa a tres profesores de reconocido prestigio nacional e internacional en el ámbito de la matemática aplicada y una persona de relevancia en el mundo empresarial (no académico); a saber:

- Profesor D. Alfredo Bermúdez de Castro, Catedrático en el Departamento de Matemática Aplicada de la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Santiago de Compostela.
- Profesor D. José Bonet Solves, Catedrático en el Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Profesor D. Amadeu Delshams i Valdes, Catedrático en el Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- D^a. Macarena Estévez Muñoz, Socia en Deloitte encargada del Área de *Analytics & Cognitive*.

La respuesta de estas cuatro personas ha sido positiva y los cuatro informes emitidos se han incluido en este documento como apéndice **A**.

2.4. Referentes externos a la universidad proponente que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales o internacionales para títulos de similares características académicas

Para redactar esta memoria se han seguido fielmente las directrices del Libro Blanco del Título en lo referente a los contenidos recomendados para las materias. En la actualidad en España se imparten 26 grados en matemáticas y 8 grados que combinan matemáticas y otras áreas, todo ello en 30 universidades públicas y una privada. Hemos tomado como referencia varios de los grados en matemáticas, especialmente los de universidades politécnicas y los de universidades madrileñas, así como los grados en ingeniería matemática:

Grados en matemáticas:

- Grado en Matemáticas por la Universidad de Alicante.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Almería.
- Grado en Matemáticas por la Universidad Autónoma de Barcelona.
- **Grado en Matemáticas por la Universidad Autónoma de Madrid.**
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Barcelona.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Cádiz.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Cantabria.
- **Grado en Matemáticas por la Universidad Complutense de Madrid.**
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Extremadura.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Granada.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de las Islas Baleares.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de La Laguna.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de La Rioja.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Málaga.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Murcia.
- Grado en Matemáticas por la Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Oviedo.
- Grado en Matemáticas por la Universidad del País Vasco.
- **Grado en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Cataluña.**
- **Grado en Matemáticas por la Universidad Rey Juan Carlos.**
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Salamanca.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Santiago de Compostela.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Sevilla.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Valencia.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Valladolid.
- Grado en Matemáticas por la Universidad de Zaragoza.

Grados que combinan matemáticas con otra área:

- **Grado en Matemática Aplicada y Computación por la Universidad Carlos III de Madrid.**
- Grado en Matemática Computacional por la Universidad Jaime I.
- Grado en Matemática Computacional y Analítica de Datos por la Universidad Autónoma de Barcelona.

- Grado en Matemáticas y Estadística por la Universidad Complutense de Madrid.
- **Grado en Matemáticas e Informática por la Universidad Politécnica de Madrid.**
- **Grado en Ingeniería Matemática por la Universidad Complutense de Madrid.**
- Grado en Ingeniería Matemática en Ciencia de Datos por la Universidad Pompeu Fabra.
- Grado en Ingeniería en Matemática Aplicada al Análisis de Datos por la Universidad Europea de Madrid.

A nivel internacional, la propuesta tiene su equivalente en títulos similares de prestigio en universidades técnicas de referencia, tales como las que se mencionan a continuación, con las cuales existen contactos y está en proceso la firma de acuerdos de colaboración:

- **California Institute of Technology.**
- **École Polytechnique Fédérale de Lausanne.**
- **ETH Zürich.**
- **Georgia Tech.**
- **Massachusetts Institute of Technology.**
- **Technische Universität Berlin.**
- **Technische Universität München.**
- **Technische Universität Wien.**
- **Imperial College London.**
- **Technische Universiteit Delft.**
- **Instituto Superior Técnico de Lisboa.**
- **RWTH Aachen University.**
- **École Polytechnique.**
- **KTH Royal Institute of Technology.**

2.5. Aspectos de coordinación docente y administrativa

Como se explica en la sección Sección 1 y queda establecido en el capítulo 1 de esta memoria, el centro de impartición de la docencia responsable de la custodia de expedientes y de la gestión administrativa para los estudiantes del Grado en Matemáticas por la UPM es la Escuela Politécnica de Enseñanza Superior (EPES), mientras que el papel de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) es el de ceder a la EPES los espacios e instalaciones necesarios para la docencia del Grado y para la organización de actividades formativas (jornadas, reuniones técnicas, actividades culturales, etc.), así como laboratorios, biblioteca, recursos informáticos y secretaría administrativa que incluye la atención al alumnado (véase el capítulo 7 para una justificación adecuada de la disponibilidad de recursos de la ETSIAAB para su cesión a la EPES). Además, como se detalla en la sección 6.1, esta docencia será impartida por el profesorado de los cinco departamentos de matemática aplicada existentes en la UPM.

La coordinación que requiere esta estructura tiene dos ámbitos: el administrativo y el docente. La del primero se canaliza a través de la Secretaria de la ETSIAAB, en la que el alumnado podrá realizar todas las gestiones y trámites relacionados con sus estudios, con lo que no será necesario que se desplace fuera del centro donde se imparte la docencia para resolver asunto administrativo alguno (salvo aquellos para los que sea imprescindible acudir a las dependencias del Rectorado de la UPM). Los recursos

disponibles para realizar esta labor se estiman suficientes, como queda reflejado en el capítulo 7 de esta memoria.

La coordinación en el segundo ámbito está a cargo de la denominada Conferencia de Directores de Departamentos e Matemática Aplicada de la UPM, constituida en enero de 2015 y que desde su creación y junto a la EPES, viene siendo la piedra angular sobre la que se ha construido el Grado en Matemáticas por la UPM. Esta Conferencia está integrada por los cinco directores de los departamentos de matemática aplicada de la UPM y un subdirector o secretario por cada departamento y será la que garantice el buen funcionamiento coordinado de todas las actividades docentes del grado; en particular, se encargará de la selección del profesorado y de la asignación de la docencia que debe llegar para su aprobación a los consejos de los departamentos de matemática aplicada ya mencionados.

Capítulo 3

Competencias

3.1. Competencias básicas

Para las competencias básicas, la fuente de obligado cumplimiento es el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, modificado por el Real Decreto 861/2010, de 2 de julio en el que se definen cinco competencias básicas para los estudios de grado.

Listamos a continuación dichas competencias, cuyo objetivo es definir qué es un graduado universitario en España.

CB1: Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

CB2: Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CB3: Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

CB4: Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

CB5: Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

3.2. Competencias generales

Como competencias generales adoptamos los objetivos generales definidos en el Libro Blanco del Título de Grado en Matemáticas (ANECA, 2005) y los adaptamos para convertirlos en las competencias que definen qué es un graduado en matemáticas, es decir, un titulado con la capacidad de:

- CG1:** Identificar la naturaleza, métodos y fines de los distintos campos de la Matemática y asociarlos con cierta perspectiva histórica de su desarrollo.
- CG2:** Reconocer la presencia de la Matemática subyacente en la Naturaleza, en la Ciencia, en la Tecnología y en el Arte. Reconocer a la Matemática como parte integrante de la Educación y la Cultura.
- CG3:** Utilizar las capacidades analíticas y de abstracción, la intuición y el pensamiento lógico y riguroso desarrolladas a través del estudio de la Matemática en contextos tanto matemáticos como no matemáticos.
- CG4:** Utilizar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la definición y planteamiento de problemas y en la búsqueda de sus soluciones tanto en contextos académicos como profesionales.
- CG5:** Sintetizar conocimientos y habilidades adquiridas en diferentes materias del plan de estudios para enfocarlas en posteriores estudios especializados, tanto en una disciplina matemática como en cualquiera de las ciencias que requieran buenos fundamentos matemáticos.

3.3. Competencias transversales

Con respecto a las competencias transversales, la fuente principal la constituye el conjunto de competencias definidas por la Universidad Politécnica de Madrid para todos sus estudios de grado, en su documento titulado “Nuevas titulaciones de Grado y Máster aprobadas, y su adscripción a los Centros de la Universidad, al amparo del R.D. 1393/2007 de ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales y Requisitos y recomendaciones para la implantación de Planes de Estudio en la Universidad Politécnica de Madrid” (Texto refundido de los acuerdos del Consejo de Gobierno: reuniones de 26 de junio, 10 y 24 de julio de 2008).

Las competencias transversales del Grado en Matemáticas son las que recogemos a continuación, y definen qué caracteriza a un graduado de la Universidad Politécnica de Madrid, es decir, un titulado con la capacidad de:

- CT1:** Trabajar dentro de un equipo, en entornos interdisciplinares y complejos, negociando y resolviendo conflictos, diseñando soluciones eficientes, fiables, robustas y responsables.
- CT2:** Organizar y planificar tareas y proyectos, identificando objetivos, prioridades, plazos, recursos y riesgos, y controlando los procesos establecidos.
- CT3:** Asumir el liderazgo para dirigir y gestionar equipos o proyectos, generando confianza y compromiso en el grupo de colaboradores.
- CT4:** Mostrar capacidad para innovar y encontrar soluciones creativas en situaciones complejas o de incertidumbre.
- CT5:** Trabajar en un contexto internacional, comunicándose en lengua inglesa y adaptándose a las condiciones del entorno.

CT6: Identificar y utilizar las tecnologías de la información y las comunicaciones más adecuadas en el campo de las Matemáticas.

CT7: Analizar los impactos sociales, ambientales y económicos de investigaciones y proyectos, de forma responsable y comprometida con la búsqueda de soluciones a los retos de un desarrollo sostenible.

CT8: Mostrar capacidad para comunicar ideas, problemas y soluciones, tanto a público especializado como no especializado, de manera oral y escrita.

Las competencias básicas quedan totalmente cubiertas a través de las generales y las transversales como se comprueba en la tabla 3.1 donde se cruzan estos dos tipos con aquellas. De este modo, en lo sucesivo no se hace referencia a las competencias básicas, al considerarlas incluidas en las otras.

	CB1	CB2	CB3	CB4	CB5
CG1	•				
CG2			•	•	
CG3	•	•	•		
CG4	•	•	•	•	
CG5					•
CT1				•	
CT2		•			•
CT3				•	
CT4		•			
CT5				•	
CT6	•		•		
CT7			•		
CT8				•	

Tabla 3.1: Compensación de competencias básicas con las competencias generales y transversales del Grado

3.4. Competencias específicas

Para elaborar la lista de las competencias específicas del Grado en Matemáticas, se ha usado, sobre todo, la referencia del Libro Blanco del Título de Grado en Matemáticas (ANECA, 2005). Se proponen las siguientes, que afinan con más detalle qué significa ser graduado en matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid, es decir, un titulado con la capacidad de:

CE1: Comprender y utilizar el lenguaje matemático. Adquirir la capacidad para enunciar propiedades en distintos campos de la Matemática, para construir argumentaciones, elaborar cálculos y para transmitir los conocimientos matemáticos adquiridos.

CE2: Conocer y comprender demostraciones rigurosas de los principales teoremas de cada área de la Matemática y extraer de ellos corolarios mediante la particularización a casos concretos.

- CE3:** Asimilar la definición de un nuevo objeto matemático, en términos de otros ya conocidos, y ser capaz de utilizar este objeto en diferentes contextos.
- CE4:** Abstractar las propiedades estructurales de objetos matemáticos, de la realidad observada o de otros ámbitos distinguiéndolas de aquellas puramente ocasionales.
- CE5:** Comprobar con demostraciones hipótesis sobre un objeto matemático o refutarlas con contraejemplos, así como identificar errores en razonamientos incorrectos.
- CE6:** Proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de sistemas reales, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, explicitando las características del sistema recogidas en el modelo y las no consideradas en el mismo.
- CE7:** Resolver problemas de Matemáticas, mediante habilidades de cálculo básico y tecnologías de computación, planificando su resolución en función de las herramientas de que se disponga y de las restricciones de tiempo y recursos.
- CE8:** Utilizar aplicaciones informáticas de análisis estadístico, cálculo numérico y simbólico, visualización gráfica, optimización u otras para experimentar en Matemáticas, buscar soluciones y resolver modelos matemáticos de sistemas reales.
- CE9:** Desarrollar programas que ejecuten algoritmos de resolución de modelos matemáticos o aproximación numérica a la solución utilizando para cada caso el entorno computacional adecuado.
- CE10:** Utilizar herramientas de búsqueda de recursos bibliográficos en Matemáticas.
- CE11:** Realizar individualmente y presentar y defender ante un tribunal universitario un proyecto en el ámbito de las Matemáticas, en el que se sinteticen e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas.

Capítulo 4

Acceso y admisión de estudiantes

En las siguientes secciones se recoge toda la información relacionada con el acceso y admisión de estudiantes en el Grado en Matemáticas de la Universidad Politécnica de Madrid. No obstante, cabe mencionar que siempre se procederá de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 412/2014, de 6 de junio, por el que se establece la normativa básica de los procedimientos de admisión a las enseñanzas universitarias oficial es de grado, así como por lo dispuesto en la Normativa de Acceso y Matriculación de la UPM (www.upm.es).

4.1. Sistemas de información, acogida y orientación de los estudiantes de nuevo ingreso antes de la matriculación

Sistemas de información previa a la matriculación

Para la difusión de la información previa a la matriculación se dispone de los siguientes canales:

- Servidor web de la universidad, con información acerca de estudios y titulaciones, incluyendo vías de acceso y admisión. Consúltese www.upm.es.
- Servidor web del centro responsable del título, una vez esté disponible, con toda la información acerca del perfil de ingreso, del plan de estudios y su organización (departamentos, planificación docente completa, guías de aprendizaje, etc.), así como de los programas de apoyo y orientación al estudiante, servicios y normativa. Habrá también un epígrafe propio para la Delegación de Alumnos.
- Edición de folletos informativos para su difusión en centros de enseñanza secundaria y ferias de orientación universitaria (AULA, UNITOUR, etc.).
- Presencia de profesorado y alumnos del centro en ferias de orientación universitaria (AULA, UNITOUR, etc.).
- Visitas a centros de enseñanza secundaria, dentro de la campaña de visitas de la Universidad Politécnica de Madrid.

- Olimpiadas matemáticas y físicas (fases regional y nacional) en las que los alumnos de bachillerato compiten para demostrar sus habilidades en matemáticas, física y tecnología.

Procedimientos y actividades de acogida y orientación de estudiantes de nuevo ingreso

El procedimiento de acogida y orientación para los alumnos de nuevo ingreso comienza con su admisión en el centro y consta de las siguientes acciones:

- Acto de bienvenida, con el fin de orientar acerca de la estructura del plan de estudios, sobre la estructura organizativa del centro, así como para dar a conocer las acciones de orientación y acogida que tienen a su disposición los alumnos. En este acto de bienvenida se programa una visita guiada a las instalaciones del centro en la que profesores y alumnos voluntarios de cursos superiores actúan como guías. La difusión de este acto se realizará a través de la carta de admisión remitida a los alumnos por la Universidad Politécnica de Madrid y a través del servidor web del centro.
- Proyecto Mentor que se basa en la “tutoría por iguales”. Alumnos seleccionados de los dos últimos cursos ejercen de mentores de grupos de estudiantes de nuevo ingreso para facilitarles orientación en tres aspectos: académico, social y administrativo. El proceso está organizado en torno a reuniones periódicas durante el primer semestre y está supervisado por profesores tutores que orientan a los mentores en su labor. La difusión del Proyecto Mentor se realiza por medio de carteles específicos y a través de la página principal del servidor web del centro. En los primeros años de implantación del grado esta labor la realizarán los propios profesores tutores
- Programa de mentores internacionales dirigido a la orientación y acogida de estudiantes extranjeros. Alumnos voluntarios ejercen de mentores para los estudiantes extranjeros, incidiendo en los aspectos de diferencias culturales, alojamiento y funcionamiento del centro.

Perfil de ingreso

No se exige ninguna formación previa específica para el ingreso en el Grado en Matemáticas adicional a los requisitos incluidos en la modalidad de acceso estándar. No obstante, el perfil de ingreso recomendado corresponde a un egresado del bachillerato de la modalidad científico-técnica con conocimientos adecuados de matemáticas y física.

Por otra parte, cualidades tales como sentir especial inclinación hacia el razonamiento lógico, gusto y destreza para resolver problemas tanto de naturaleza lógica como de cálculo, un elevado grado de experimentación y aprendizaje autónomo, una rapidez mental y capacidad de síntesis son adecuadas como perfil personal del estudiante de este título de grado.

Además, dado el carácter eminentemente aplicado del Grado en Matemáticas de la UPM, el estudiante precisa disponer de capacidad creativa y ser innovador. Ha de tener habilidad para relacionar la teoría con la práctica y poseer visión espacial. En definitiva, es conveniente tener una personalidad dinámica, con curiosidad y capacidad para integrar múltiples elementos y factores en un fin determinado.

4.2. Requisitos de acceso y criterios de admisión

De acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 412/2014, de 6 de junio, por el que se establece la normativa básica de los procedimientos de admisión a las enseñanzas universitarias oficiales de grado, podrán acceder a los estudios universitarios oficiales de grado en las universidades españolas, los estudiantes que reúnan alguno de los siguientes requisitos:

- a. Estudiantes en posesión del título de Bachiller del Sistema Educativo Español o de otro declarado equivalente.
- b. Estudiantes en posesión del título de Bachillerato Europeo o del diploma de Bachillerato Internacional.
- c. Estudiantes en posesión de títulos, diplomas o estudios de Bachillerato o Bachiller procedentes de sistemas educativos de estados miembros de la Unión Europea o de otros estados con los que se hayan suscrito acuerdos internacionales aplicables a este respecto, en régimen de reciprocidad.
- d. Estudiantes en posesión de títulos, diplomas o estudios homologados al título de Bachiller del Sistema Educativo Español, obtenidos o realizados en sistemas educativos de estados que no sean miembros de la Unión Europea con los que no se hayan suscrito acuerdos internacionales para el reconocimiento del título de Bachiller en régimen de reciprocidad, sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 4¹.
- e. Estudiantes en posesión de los títulos oficiales de Técnico Superior de Formación Profesional, de Técnico Superior de Artes Plásticas y Diseño o de Técnico Deportivo Superior perteneciente al Sistema Educativo Español, o de títulos, diplomas o estudios declarados equivalentes u homologados a dichos títulos, sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 4¹.
- f. Estudiantes en posesión de títulos, diplomas o estudios, diferentes de los equivalentes a los títulos de Bachiller, Técnico Superior de Formación Profesional, Técnico Superior de Artes Plásticas y Diseño, o de Técnico Deportivo Superior del Sistema Educativo Español, obtenidos o realizados en un estado miembro de la Unión Europea o en otros estados con los que se hayan suscrito acuerdos internacionales aplicables a este respecto, en régimen de reciprocidad, cuando dichos estudiantes cumplan los requisitos académicos exigidos en dicho estado miembro para acceder a sus Universidades.
- g. Personas mayores de veinticinco años que superen la prueba de acceso establecida en este real decreto.
- h. Personas mayores de cuarenta años con experiencia laboral o profesional en relación con una enseñanza.

¹**Artículo 4.** En todos aquellos supuestos en los que se exija la homologación de cualquier título, diploma o estudio obtenido o realizado en sistemas educativos extranjeros para el acceso a la universidad, las Universidades podrán admitir con carácter condicional a los estudiantes que acrediten haber presentado la correspondiente solicitud de la homologación mientras se resuelve el procedimiento para dicha homologación.

- i. Personas mayores de cuarenta y cinco años que superen la prueba de acceso establecida en este real decreto.
- j. Estudiantes en posesión de un título universitario oficial de grado, máster o título equivalente.
- k. Estudiantes en posesión de un título universitario oficial de diplomado universitario, arquitecto técnico, ingeniero técnico, licenciado, arquitecto, ingeniero, correspondientes a la anterior ordenación de las enseñanzas universitarias o título equivalente.
- l. Estudiantes que hayan cursado estudios universitarios parciales extranjeros o españoles, o que habiendo finalizado los estudios universitarios extranjeros no hayan obtenido su homologación en España y deseen continuar estudios en una universidad española. En este supuesto, será requisito indispensable que la universidad correspondiente les haya reconocido al menos 30 créditos ECTS.
- m. Estudiantes que estuvieran en condiciones de acceder a la universidad según ordenaciones del Sistema Educativo Español anteriores a la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre.

Cumplido alguno de los requisitos anteriores, la admisión se realizará según lo dispuesto en la Normativa de Acceso y Matriculación de la UPM (www.upm.es). No se contemplan condiciones ni pruebas de acceso especiales.

4.3. Apoyo y orientación de los estudiantes una vez matriculados

Una vez el estudiante de nuevo ingreso formaliza su matrícula en la Universidad Politécnica de Madrid, tiene acceso a las aulas virtuales de las asignaturas que cursa durante el semestre. En ellas se encuentra todo el material y documentación de referencia de cada una de las asignaturas de las que se ha matriculado, es decir, todos los recursos para el aprendizaje. Los estudiantes encuentran en los materiales y recursos didácticos los contenidos que contribuyen, juntamente con la realización de las actividades que han sido planificadas desde el inicio del semestre, a la obtención de los conocimientos, las competencias y los resultados de aprendizaje previstos en las asignaturas. Los materiales pueden presentarse en diferentes formatos: papel, web, vídeo, multimedia, etc. en función de la metodología y del tipo de contenido que se plantee.

Igualmente los estudiantes pueden disponer de otros recursos a través de la biblioteca virtual que ofrece los servicios de consulta, préstamo, servicio de documentos electrónicos y servicio de información a medida. La biblioteca virtual también ofrece formación a los usuarios para facilitar el uso de los servicios.

Además, se pone a disposición de los estudiantes del Grado en Matemáticas un sistema integral de acogida, apoyo y orientación que se inicia cuando el estudiante formaliza su matrícula y se extiende hasta las acciones de orientación académica, postgrado e inserción laboral en el último semestre de la carrera. Para ello, se dispone de los siguientes procedimientos de apoyo y orientación:

- Sesiones específicas informativas sobre itinerarios de movilidad para los alumnos, especialmente las relativas a la movilidad internacional. El órgano responsable es la Oficina Internacional, la cual ofrece orientación y apoyo administrativo a los estudiantes que participen o deseen optar a programas de movilidad.
- Foro de empleo anual organizado de forma conjunta con las empresas del sector para ofrecer orientación laboral a los alumnos. El órgano responsable es la Delegación de Alumnos en colaboración con la Oficina de Relaciones Externas (OREX). Este centro ofrece orientación y apoyo informativo a los alumnos que deseen realizar prácticas en empresas y optar a becas, o bien optar a contratos de trabajo una vez finalizados los estudios.
- Programas de formación en lenguas extranjeras para estudiantes que quieran optar a programas de movilidad internacional, ofrecidos por el Programa de Lenguas para la Internacionalización (PROLINTER) del Vicerrectorado de Relaciones Internacionales de la UPM.
- Programas de formación en lengua española para estudiantes de movilidad internacional durante su estancia en el centro, ofrecidos por el Programa de Lenguas para la Internacionalización (PROLINTER) del Vicerrectorado de Relaciones Internacionales de la UPM.
- Cuenta de correo electrónico UPM. La forma de activación estará disponible en el servidor web de la universidad.
- Información sobre becas y ayudas al estudio, a través del Vicerrectorado de Alumnos y de los servidores web de la universidad y el centro.
- Servicio de atención psicológica al alumno ofrecido por la Universidad Politécnica de Madrid.

4.4. Sistemas de transferencia y reconocimiento de créditos

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo sexto del R.D. 1393/2007, de 29 de octubre, y modificado por el R.D. 861/2010, de 2 de julio, la Universidad Politécnica de Madrid ha elaborado su Normativa de Reconocimiento y Transferencia de Créditos, aprobada por su Consejo de Gobierno en la reunión del 31 de enero de 2013. Esta normativa, accesible en www.upm.es/FuturosEstudiantes/Ingresar/Reconocimiento, regirá las correspondientes solicitudes en la titulación de Graduado/a en Matemáticas por la UPM.

La normativa contiene las definiciones de los términos reconocimiento y transferencia de créditos que modifican sustancialmente los conceptos que hasta ahora se venían empleando (convalidación, adaptación, etc.).

Los créditos obtenidos por el estudiante en enseñanzas oficiales de educación superior mediante el reconocimiento y la transferencia de créditos serán incluidos en su expediente académico y reflejados en el Suplemento Europeo al Título.

También se señala que la experiencia laboral y profesional acreditada podrá ser reconocida en forma de créditos que computarán a efectos de la obtención de un título

oficial, siempre que dicha experiencia esté relacionada con las competencias inherentes a dicho título. La disposición adicional primera de la Ley Orgánica 4/2011, de 11 de marzo, complementaria de la Ley de Economía Sostenible, contempla las convalidaciones entre los títulos de técnico superior, o equivalente a efectos académicos, y las enseñanzas universitarias de grado; y de tales posibilidades en orden inverso, desarrollándose todo ello en el Real Decreto 1618/2011, de 14 de noviembre, por el que se establece el régimen de reconocimiento de estudios entre las diferentes enseñanzas que constituyen la educación superior.

La Universidad Politécnica de Madrid, cumpliendo el mandato del legislador, aprobó en Consejo de Gobierno con fecha 26 de febrero de 2009 la primera Normativa de Reconocimiento y Transferencia de Créditos. La implantación de dicha normativa, así como la experiencia adquirida en su aplicación, hicieron necesaria la elaboración de la nueva arriba mencionada optando, como en la anterior, por un sistema de literalidad pura. Es decir, en el expediente del estudiante se hará constar de manera literal el nombre de la asignatura, curso, número de créditos, tipo de asignatura (básica, obligatoria, optativa) y calificación alcanzada en la titulación en que los hubiera superado, con indicación de dicha titulación, así como del centro y universidad de procedencia.

En ella se incluye el reconocimiento académico de hasta 6 créditos por la participación de los estudiantes en otras actividades universitarias, tal y como establece el Real Decreto 861/2010. La normativa establece la constitución de la Comisión de Reconocimiento y Transferencia de Créditos Europeos, la cual estará formada por el Vicerrector competente en materia de estudiantes que la presidirá, el Vicerrector competente en materia de Ordenación Académica en los estudios oficiales de grado, el Vicerrector competente en materia de Posgrado y Doctorado, tres directores o decanos de escuelas o facultades de la Universidad Politécnica de Madrid, elegidos por y entre ellos, un estudiante propuesto por la Delegación de Alumnos de la Universidad Politécnica de Madrid y el Secretario General, que realizará, a su vez, las labores de secretario de la comisión. El presidente podrá invitar a las sesiones de la comisión a los jefes de estudio de las titulaciones afectadas, así como aquellas personas de la UPM que sean de interés para los temas a tratar en dichas sesiones, los cuales asistirán a la reunión con voz pero sin voto.

Esta comisión será la encargada de dar respuesta a las solicitudes de reconocimiento y transferencia de créditos, así como de las propuestas de complementos formativos. Para ello, de forma más concreta, se encarga a esta comisión:

- Implantar, mantener y desarrollar las bases de datos que permitan resolver de forma ágil las solicitudes que tuvieran precedentes iguales.
- Solicitar, a través de las correspondientes direcciones o decanatos, informe de las comisiones de ordenación académica de aquellas solicitudes de reconocimiento de créditos que no cuenten con precedentes iguales resueltos anteriormente.
- Elaborar y acordar las resoluciones de reconocimiento y transferencia de créditos, que serán firmadas por el Rector de la Universidad o, si este así lo delega, por el Presidente de la Comisión de Reconocimiento y Transferencia de Créditos.
- Proponer al Consejo de Dirección de la Universidad cuantas medidas ayuden a informar a los estudiantes sobre el proceso de reconocimiento de créditos que pudieran surgir en los procesos de reconocimiento y transferencia de créditos.

El Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid establecerá los periodos de presentación de solicitudes para el reconocimiento y transferencia de créditos, así como el calendario para la resolución de los mismos y su posterior comunicación a las personas interesadas. En cualquier caso, las solicitudes deberán resolverse en un plazo inferior a 3 meses desde la finalización del periodo de presentación de solicitudes.

Capítulo 5

Planificación de las enseñanzas

5.1. Descripción del Plan de Estudios

Este plan de estudios busca proporcionar a los estudiantes una sólida formación en matemáticas cuyo contenido sea un compromiso entre los fundamentos clásicos y las tendencias actuales, y que las habilidades que potencie sean también un compromiso entre el razonamiento abstracto y la aplicación de modelos a sistemas reales. Por ello incluye materias indispensables, de contenido clásico, como son las de análisis matemático, álgebra y geometría, topología y geometría diferencial, ecuaciones diferenciales, probabilidad y estadística; pero también otras de contenido más reciente como métodos numéricos, matemática discreta, programación matemática; o incluso líneas de investigación actuales como las que se describen en algunas de las materias del módulo optativo. Atención especial merece la materia de modelización y simulación, que en este plan goza de una posición significativa. Sin embargo, a pesar de su variedad, todas las materias, debido al tipo de actividades formativas, sistemas de evaluación y la propia experiencia docente de los profesores de la Universidad Politécnica de Madrid, tendrán en cuenta las aplicaciones, sin abandonar por ello el rigor imprescindible en una titulación de matemáticas. Todo ello en el marco que establece el Libro Blanco del Grado en Matemáticas de la ANECA (2005).

El plan de estudios consta de 240 créditos. Temporalmente se reparten en 8 semestres durante cuatro años, a razón de 30 créditos por semestre. Estructuralmente se reparten en los siguientes módulos:

- Módulo de materias básicas: 60 créditos
- Módulo de materias obligatorias: 126 créditos
- Módulo de materias optativas: 42 créditos
- Trabajo de Fin de Grado: 12 créditos

Dado que la formación básica es objeto de reconocimiento, según el R.D. 861/2010, de al menos 36 créditos entre títulos de la misma rama del conocimiento, el módulo de materias básicas ha sido diseñado teniendo en cuenta su compatibilidad con los módulos básicos de otros planes de estudio similares. Sus materias han sido detalladas en asignaturas siguiendo las directrices del R.D. 1393/2007. En total se ha dividido en dos

materias que, a su vez, dan lugar a ocho asignaturas, todas ellas en los primeros dos semestres de la titulación. En conjunto definen los contenidos básicos sobre los que edificar el resto del aprendizaje del Plan de Estudios.

El módulo de materias obligatorias se ha dividido en once materias, que ocupan la parte central de la distribución temporal. Diez de estas materias forman el núcleo matemático del Plan de Estudios. Merece la pena destacar la carga otorgada a la materia de Modelización y Simulación que, junto con la asignatura básica del mismo nombre, consta de 18 créditos repartidos uniformemente en los semestres 2º, 4º y 6º. Por último, la materia de Inglés se incluye como requisito de todo título de la Universidad Politécnica de Madrid, y se accede a ella tras acreditar el nivel B2 del *Common European Framework of Reference for Languages* establecido por el Consejo de Europa.

El módulo de materias optativas se ha dividido en cinco materias, entre las cuales los estudiantes pueden elegir sus 42 créditos optativos sin restricciones generales, solo aquellas que, en su caso, pueda establecer alguna asignatura en particular. En las fichas que describen estas materias se ha indicado en cada una el máximo posible de 42 créditos, sin pretender indicar con ello obligatoriedad de elegir toda la optatividad en la misma materia ni tampoco que todas las materias vayan a presentar una oferta de esa cantidad de créditos. Además, este módulo también recoge, en su caso, los créditos obtenidos por los alumnos por medio de prácticas académicas externas, con un máximo de 12, o por reconocimiento de créditos por participación en actividades universitarias culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación, con un máximo de 6.

En referencia a las prácticas académicas externas hay que señalar la fuente de estas prácticas, que está en cada una de las trece escuelas de la Universidad Politécnica de Madrid en las que se ubican los departamentos de matemática aplicada, y en los respectivos convenios con empresas de su sector que cada una de ellas tiene suscritos y en funcionamiento.

Por último, el Trabajo Fin de Grado se ha definido con una carga de 12 créditos a realizar en el último semestre.

La tabla 5.1 muestra el desglose de cada módulo en materias, así como la distribución temporal de los créditos de cada una. En el caso de las materias básicas también se ha detallado su desglose en asignaturas.

En la sección 5.4 de este capítulo se describe cada materia con detalle, incluyendo las competencias del plan de estudios que aborda pero, para asegurar que todas las competencias son adecuadamente trabajadas, en la tabla 5.2 se muestra la relación inversa: las materias que tratan cada competencia.

5.2. Coordinación de las enseñanzas

Para la coordinación de las enseñanzas se establecen tres categorías:

- **Comisión de Ordenación Académica del Grado de Matemáticas:** regulada por el artículo 97 de los Estatutos de la Universidad Politécnica de Madrid, es la máxima categoría para la coordinación del título y, por tanto, vela por la coordinación global del mismo. Para ello se apoyará en las otras comisiones que a continuación se describen.

Módulo	Materia	Asignaturas básicas	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Total materias	Total módulos
Básicas	Matemáticas	Fundamentos de matemáticas	7,5								52,5	60
		Cálculo en una variable	7,5									
		Álgebra lineal	7,5									
		Cálculo en varias variables		9								
		Geometría I		7,5								
		Cálculo numérico I		7,5								
		Modelización y simulación I		6								
Informática	Programación	7,5								7,5		
Obligatorias	Geometría						6				6	126
	Análisis real y complejo			6	6	6	6				18	
	Ecuaciones diferenciales			6		6	6				18	
	Topología y geometría diferencial			6		6	6				12	
	Estructuras algebraicas				6	6	6				12	
	Probabilidad y estadística				6	6	6				18	
	Métodos numéricos					6					6	
	Matemática discreta e investigación operativa			6			6				12	
	Modelización y simulación				6	6	6				12	
	Física				6						6	
	Inglés								6		6	
	Optativas	Ingeniería matemática										
Matemática de la complejidad y análisis de datos												
Álgebra, geometría y topología y sus aplicaciones									24	18		
Enseñanza de las matemáticas												
Matemática fundamental avanzada												
Prácticas externas												
Reconocimiento de créditos												
TFG										12	12	
Totales por semestre			30	30	30	30	30	30	30	30		240

Tabla 5.1: Desglose del Plan de Estudios en módulos y materias y, en el caso de las materias básicas, también en asignaturas, así como su distribución por semestres, en los que se indican los créditos.

Tipo	Competencia	Materias
Generales	CG1	Todas excepto física, inglés y enseñanza de las matemáticas
	CG2	Geometría, ecuaciones diferenciales, topología y geometría diferencial, probabilidad y estadística, matemática discreta e investigación operativa, modelización y simulación, física, ingeniería matemática, matemática de la complejidad y análisis de datos, enseñanza de las matemáticas
	CG3	Todas excepto física, inglés y enseñanza de las matemáticas
	CG4	Todas excepto física e inglés
	CG5	Todas
Transversales	CT1	Modelización y simulación
	CT2	Análisis real y complejo
	CT3	Modelización y simulación
	CT4	Ecuaciones diferenciales
	CT5	Inglés
	CT6	Informática, métodos numéricos, probabilidad y estadística
	CT7	Probabilidad y estadística
	CT8	Matemática discreta e investigación operativa
Específicas	CE1	Todas excepto física, informática e inglés
	CE2	Todas excepto física, informática, inglés, modelización y simulación
	CE3	Todas excepto física, informática e inglés
	CE4	Todas excepto física, informática e inglés
	CE5	Todas excepto física, informática e inglés
	CE6	Física, modelización y simulación
	CE7	Todas excepto física, informática e inglés
	CE8	Probabilidad y estadística, métodos numéricos, matemática discreta e investigación operativa, modelización y simulación, matemática aplicada e industrial, matemática de la complejidad y análisis de datos
	CE9	Informática, métodos numéricos, modelización y simulación
	CE10	TFG
	CE11	TFG

Tabla 5.2: Relación de materias que cubren cada competencia.

- Comisiones de semestre:** Una comisión por cada semestre, formada por los coordinadores de las asignaturas que se imparten en dicho semestre. Su función es asegurar la coordinación de estas asignaturas que, previsiblemente, compartirán gran parte de los estudiantes, en cuestiones de utilización de recursos y de carga de trabajo de los alumnos.

- **Comisiones de materias:** Se define una comisión por cada materia de los módulos obligatorio y optativo, formada por los coordinadores de las asignaturas que la conforman y de las asignaturas del módulo básico que sean afines a dicha materia. Su función es la coordinación vertical de las asignaturas, especialmente en sus contenidos. Las comisiones de materias son:
 - Álgebra lineal y geometría: que incluye las asignaturas básicas de Álgebra lineal y Geometría I, así como la materia Geometría.
 - Análisis real y complejo: que también incluye las asignaturas básicas de Cálculo en una variable y Cálculo en varias variables.
 - Ecuaciones diferenciales
 - Topología y geometría diferencial
 - Estructuras algebraicas
 - Probabilidad y estadística
 - Métodos numéricos: que incluye las asignaturas básicas de Programación y Cálculo numérico I.
 - Matemática discreta e investigación operativa: que incluye la asignatura básica de Fundamentos de Matemáticas.
 - Modelización y simulación: que incluye la asignatura básica de Modelización y simulación I y se une a la materia de Física.
 - Ingeniería matemática
 - Matemática de la complejidad y análisis de datos
 - Álgebra, geometría y topología y sus aplicaciones
 - Enseñanza de las matemáticas
 - Matemática fundamental avanzada

No está incluida en estas comisiones la materia de Inglés, que no tiene necesidad de coordinación con ninguna materia en particular sino de manera conjunta con todas.

Por último, la coordinación global del grado, en manos de la Comisión de Ordenación Académica, deberá trabajar en paralelo con la Unidad de Calidad mencionada en el capítulo 9 de esta memoria que, entre otras cosas, describe el sistema de coordinación de las enseñanzas.

5.3. Actividades formativas y sistemas de evaluación

Las actividades formativas son aquellas que el profesor propone a los alumnos y mediante las cuales estos adquieren los contenidos y las habilidades de cada asignatura, es decir, aprenden. Los sistemas de evaluación son las herramientas de que disponen los profesores para valorar el grado en que dicho aprendizaje se ha producido.

Para diseñar actividades formativas y para valorar el aprendizaje producido es necesario recordar que el aprendizaje tiene lugar en varios grados, que la conocida taxonomía de Bloom concreta en seis niveles. Brevemente, para posterior referencia, se describen a continuación estos seis niveles. Los tres primeros, considerados básicos, son:

- a. **Nivel de memorización:** Consiste en la simple memorización de contenidos de una materia, por ejemplo el enunciado de un teorema o la secuencia de pasos de un algoritmo.
- b. **Nivel de comprensión:** El siguiente paso tras la memorización es la comprensión de los conceptos involucrados, las relaciones entre ellos o el alcance de los resultados.
- c. **Nivel de aplicación:** El aprendizaje llega al nivel de aplicación si permite utilizar un concepto o un procedimiento en ejercicios distintos, aunque similares, a los resueltos por el profesor.

Los tres últimos se consideran niveles elevados de aprendizaje:

- d. **Nivel de análisis:** En este nivel los alumnos son capaces de estudiar un problema complejo de la materia y descomponerlo en partes más sencillas cuya solución es abordable. El paso del nivel de aplicación al de análisis se puede reflejar, por ejemplo, en el paso de la resolución de ejercicios al planteamiento y resolución de problemas.
- e. **Nivel de síntesis:** Se alcanza el nivel de síntesis cuando se es capaz de realizar el proceso inverso al anterior, es decir, recomponer una imagen global de un problema a partir de piezas aparentemente inconexas.
- f. **Nivel de evaluación:** El nivel más elevado permite la evaluación de trabajos sobre la materia con la capacidad de distinguir lo correcto de lo incorrecto y proponer alternativas a esto último.

Cada nivel se construye sobre el anterior, por lo cual el aprendizaje debe proceder ordenadamente y paso a paso. Los resultados de aprendizaje de cada materia (en las fichas de la sección 5.4) indican los niveles de aprendizaje esperados, los más altos en todas las materias, y serán más concretos cuando se detallen en las asignaturas.

Las actividades formativas propuestas a continuación, que también se concretarán en las asignaturas del plan de estudios, buscan lograr que los alumnos alcancen dichos niveles de aprendizaje en todas y cada una de las materias. Por su parte, los sistemas de evaluación deberán ser capaces de medir el nivel alcanzado.

5.3.1. Modalidad docente

Siguiendo las recomendaciones de la Comisión Asesora para la Reforma de Planes de Estudios de la UPM, en el marco del Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (ECTS), consideraremos que un crédito equivale a 27 horas de trabajo del alumno.

La modalidad de este plan de estudios es presencial, y ello se traduce en que, de las 27 horas antedichas, la presencialidad de los alumnos se encontrará entre las 8 y las 12 horas por crédito, variando de unas asignaturas a otras en función del carácter más teórico o más práctico de las actividades formativas que integren cada una.

En las fichas de materias la presencialidad se repartirá, a modo orientativo, entre horas de clase teórica (es decir, en aula normal), horas de clase práctica (es decir, en laboratorio, como por ejemplo las aulas informáticas) y horas dedicadas a actividades

de evaluación. Las horas no presenciales corresponden a las de trabajo autónomo del alumno.

A modo de ejemplo, en materias o asignaturas con poca carga práctica y con mucha carga práctica, el reparto de 12 horas presenciales de un crédito será aproximadamente el reflejado en la tabla 5.3.

Tipo materia	Horas por crédito				Total
	Clase	Prácticas	Evaluación	Trabajo autónomo	
Poca carga práctica	9	2	1	15	27
Mucha carga práctica	5	6	1	15	27

Tabla 5.3: Distribución orientativa de las horas por crédito de trabajo del alumno entre actividades presenciales (12 h) y no presenciales (15 h).

5.3.2. Actividades formativas y métodos docentes

Las actividades formativas y los métodos docentes deben ser variadas, no solo en el Plan de Estudios, sino dentro de cada materia, ya que ninguno por sí solo es suficiente para producir un aprendizaje de alto nivel debido a dos razones fundamentales. Por un lado, los diferentes niveles de aprendizaje necesitan de diferentes actividades formativas o métodos docentes para ser alcanzados. Por otro, distintos estudiantes tienen, a su vez, distintos estilos de aprendizaje, con lo cual la variedad de actividades ayuda a que todos los estudiantes puedan sacar un alto provecho de la actividad docente.

A pesar de la variedad de actividades contempladas, hay dos ideas que deben permear a todas ellas. Por un lado la orientación práctica, hacia la resolución de problemas tanto de las matemáticas como fuera de ellas, sacando partido para ello del bagaje de los docentes de la Universidad Politécnica de Madrid. Por otro el uso del ordenador como herramienta de exploración, de búsqueda de soluciones, de cálculo y de presentación de resultados. A este respecto, en el ámbito matemático hay una buena colección de *software* libre que permite un uso continuado a lo largo de las materias rentabilizando así el aprendizaje de cada herramienta informática en particular.

Se considerarán, sin perjuicio de otras que se puedan proponer, las siguientes actividades formativas (AF):

AF1, lección magistral y clase de ejercicios: La docencia de las matemáticas suele mezclar estas dos actividades.

En la lección magistral el profesor presenta conceptos, desarrolla contenidos y resuelve ejercicios. Transmite contenidos a grandes grupos de estudiantes pero la participación de estos es escasa. Permite alcanzar los niveles 1 y 2 del aprendizaje.

El aprendizaje de las matemáticas pasa necesariamente por la resolución de ejercicios. En la clase de ejercicios los alumnos resuelven y presentan ejercicios. La resolución puede ser en clase, con la guía del profesor, o fuera de ella, individualmente o en grupos, y permite alcanzar el nivel 3 del aprendizaje. Si se proponen problemas o proyectos entonces la actividad permite alcanzar los niveles 4 y 5 de aprendizaje ya que un problema o un proyecto hay que desglosarlo en partes o en fases, y la respuesta final procede de la síntesis de varias aportaciones, especialmente si se ha resuelto en equipo.

AF2, clase práctica y seminario o taller: Clase práctica se refiere a las clases con uso intensivo de ordenadores por parte de los alumnos para la resolución de ejercicios. Casi todas las materias presentan ejercicios que, por su tamaño, necesitan del uso de programas informáticos adecuados para manejar los datos, indagar, buscar y calcular soluciones o aplicar procedimientos. Estas clases se deben impartir en grupos reducidos de modo que el profesor pueda prestar suficiente atención a cada estudiante. Permite alcanzar el nivel 3 de aprendizaje dentro de las competencias de uso de tecnología (CT6, CE8 y CE9).

En el seminario o taller se trata en profundidad, de manera breve pero intensa, algún tema relacionado con la materia, posiblemente fuera del horario habitual de clases regladas.

La clase práctica y el seminario requieren de recursos adicionales y un tamaño de grupo apropiado, por lo cual se separa de las clases magistrales o de ejercicios en las fichas de materias.

AF3, actividad de evaluación (exámenes y otras pruebas): Aunque su objetivo principal es obtener indicadores sobre el grado de aprendizaje de los estudiantes, toda actividad de evaluación es también formativa, especialmente si es seguida de una pronta retroalimentación y discusión. Más aún, algunas pruebas pueden someterse a la evaluación de los propios estudiantes, lo que permite asomarse al más alto nivel de aprendizaje de la materia.

AF4, estudio autónomo y tutoría académica: El estudio autónomo puede ser individual o en grupo y recoge el realizado fuera del horario reglado de clases. La tutoría académica es una actividad formativa basada en una interacción personalizada de profesor y estudiante o grupo reducido de estudiantes, y que permite al profesor orientar a cada estudiante de manera ajustada a sus circunstancias.

Debido a que la tutoría académica no implica la presencia de todos los estudiantes, sino solo de aquellos que la solicitan, las horas dedicadas se contabilizarán en las fichas de materias junto con el estudio autónomo. Esta actividad formativa constituye la actividad no presencial, a diferencia de las anteriores, que son presenciales.

Las anteriores actividades formativas pueden desarrollarse con una variedad de métodos docentes (MD), algunos de ellos con nombre propio. Ciertas materias se pueden beneficiar especialmente de alguno de estos métodos o de varios de ellos. Destacamos los siguientes aunque la lista no es, ni mucho menos, exhaustiva:

MD1, clase magistral participativa: hace alusión a la creación de grupos informales y efímeros de aprendizaje cooperativo para dar respuesta sobre la marcha a cuestiones planteadas *in situ* por el docente.

MD2, aprendizaje por indagación: se basa en la idea de adquirir conocimientos y destrezas a partir del planteamiento de preguntas y problemas. Este método, a la manera socrática, confronta al alumno con su propia ignorancia y le conmina a salir de ella a través de la indagación. Él construye el conocimiento y no se le da construido; se traspassa la responsabilidad de encontrar las fronteras de su conocimiento al alumno así como el compromiso de superarlas. De esta manera, el aprendizaje es más profundo e intenso.

- MD3, aprendizaje basado en problemas:** se trata de enfrentar a grupos de entre tres y cinco estudiantes con un conjunto de problemas sin que previamente tengan los conocimientos teóricos para resolverlos. Los grupos, orientados por el profesor, deben documentarse sobre los contenidos necesarios para abordar los problemas. Durante la realización de estas sesiones los estudiantes tendrán que entregar ejercicios resueltos individualmente así como ejercicios resueltos en grupo.
- MD4, aprendizaje basado en proyectos:** el profesor (o los propios estudiantes) propone la realización de un proyecto. El profesor, que inicialmente no explica, supervisa las reuniones de los estudiantes y monitoriza el avance de los equipos. Los estudiantes deben analizar el problema, proponer y aplicar una solución y evaluar dicha solución. El producto final suele ser un informe escrito y una presentación oral. Este método está especialmente bien adaptado para la materia de Modelización y simulación de este plan de estudios.
- MD5, aprendizaje cooperativo:** los estudiantes trabajan divididos en pequeños equipos en actividades de aprendizaje y son evaluados según la productividad del equipo. Las metas de los miembros del grupo están compartidas y cada individuo alcanza su objetivo solo si también consiguen sus compañeros el suyo. El aprendizaje cooperativo se sustenta en cuatro principios: interdependencia positiva, exigibilidad individual, interacción cara a cara y uso adecuado de habilidades para trabajar en equipo. Es, por otro lado, una forma de abordar las competencias sobre el trabajo en equipo (CT1 y CT3).
- MD6, aula invertida:** método por el cual los alumnos llegan al aula habiendo preparado previamente por su cuenta un material de teoría proporcionado por el profesor, ya sea en forma de lecturas, vídeos u otro formato, y sobre el que se trabaja en clase directamente en el nivel de comprensión, de aplicación o superior.
- MD7, tutoría grupal:** es el proceso de seguimiento de un grupo de alumnos con la finalidad de abrir un espacio de comunicación, conversación y orientación grupal, donde los alumnos tengan la posibilidad de revisar y discutir junto con su tutor temas que sean de su interés, inquietud, preocupación, así como también para mejorar el rendimiento académico, desarrollar hábitos de estudio, reflexión y convivencia social.

5.3.3. Sistemas de evaluación

Se describe aquí un abanico de sistemas de evaluación contemplados en el Plan de Estudios, que luego serán referenciados en la ficha de cada materia o asignatura con su correspondiente peso.

Al igual que en el caso de las actividades formativas, las herramientas de evaluación deben ser variadas, tanto a lo largo del Plan de Estudios como dentro de cada materia. Y las razones son las mismas: una sola herramienta de evaluación no permite valorar todos los niveles de aprendizaje y no es igualmente adecuada para todos los estudiantes.

Algunos métodos de evaluación disponibles, sin perjuicio de otros que se puedan definir posteriormente en cada asignatura, son los siguientes:

- SE1, asistencia y participación en el aula:** Cuando el número de estudiantes en el aula es reducido estamos en condiciones de hacer un seguimiento personalizado de

las actitudes y aptitudes de cada uno de ellos. Las nuevas metodologías docentes de aprendizaje activo implican una actitud activa del estudiante en el aula y su asistencia a todas las sesiones que se organicen en la misma. El profesor puede medir, por tanto, la implicación del estudiante en estas actividades y otorgarle una calificación por su participación en ellas.

SE2, entregas evaluables: Evaluación de actividades encargadas a los alumnos, ya sea para resolver en el aula o fuera de ella, individualmente o por equipos, con cierta frecuencia a lo largo del semestre. Dependiendo del tipo de actividad propuesta permite evaluar los niveles 2, 3 y, quizá, 4 o 5, de aprendizaje.

Estos dos primeros puntos son la base del sistema de evaluación continua.

SE3, exámenes de preguntas y cuestiones de teoría: Ya sean de forma escrita o como test con respuestas múltiples son una herramienta que puede resultar útil para evaluar fácilmente los niveles 1 y 2 del aprendizaje.

SE4, exámenes escritos de ejercicios: Resolución de ejercicios de la materia u, ocasionalmente, de problemas y demostración de resultados. Por tanto permiten evaluar directamente el nivel 3 del aprendizaje y, quizá, los niveles 4 y 5.

En las fichas de materias, los dos puntos anteriores se consignarán simplemente como exámenes.

SE5, calificación de prácticas: Permiten evaluar la aplicación de un procedimiento, con la guía del profesor, a ejercicios cuya resolución necesita el uso del ordenador. Por tanto aplica al nivel 3 de aprendizaje en este contexto.

SE6, evaluación de proyectos individuales: La evaluación de proyectos de más envergadura y carácter aplicado requiere de la publicación previa de los criterios, en forma de guía o de rúbrica de evaluación. Esto permite avanzar hasta los niveles 4 y 5 del aprendizaje y su evaluación. En función del número de entregas se puede crear un portafolio.

SE7, evaluación de proyectos por equipos: Similar al punto anterior, pero con el añadido de evaluar el desempeño del equipo. Se deben primar la responsabilidad individual y la interdependencia positiva.

SE8, autoevaluación y evaluación por pares: la autoevaluación de ejercicios o problemas o la evaluación por pares entre los propios estudiantes se puede aplicar a algunas actividades y ataca directamente el máximo nivel de aprendizaje.

5.4. Descripción detallada de las materias

En esta sección se presenta una ficha por cada materia del Plan de Estudios y, en el caso de las materias del módulo básico, por cada asignatura.

Merece la pena acotar los conceptos de competencias y resultados de aprendizaje que aparecen conectados en cada una de las fichas. La distinción de ambos conceptos no es sencilla, como se reconoce en el documento titulado Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados de aprendizaje, publicado por ANECA. En dicho documento se reconoce que, mientras que en general en el resto de

Europa se consideran las competencias como parte de los resultados de aprendizaje, en España, tanto la tradición como la propia legislación, dan una preponderancia a las competencias (básicas, transversales y específicas) en la elaboración de un plan de estudios. Esta agencia, por tanto, considera los resultados de aprendizaje como “concreciones de las competencias para un determinado nivel y como resultado global del proceso de enseñanza-aprendizaje”. Por ello en las siguientes fichas los resultados de aprendizaje se describen como la concreción de las competencias a la asignatura o materia en cuestión.

Cada ficha tiene el siguiente formato.

FICHA DE ASIGNATURA/MATERIA

Asignatura	denominación de la asignatura (solo para básicas)	
Materia	denominación de la materia	
Módulo	módulo al que pertenece la materia	
Créditos	créditos ECTS de la asignatura o materia	
Horas de trabajo	27 × créditos	
Semestre	semestres en que se imparte	
Competencias	referenciadas según la descripción de las secciones 3.2, 3.3 y 3.4	
Resultados de aprendizaje		
Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de: Concreción de las competencias asociadas a la asignatura o materia en forma de resultados de aprendizaje.		
Contenidos		
Breves descriptores de los contenidos.		
Actividades formativas		
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	estimación de horas de clase en aula normal	
AF2: Clase práctica y seminario o taller	estimación de horas de clase en laboratorio o taller	
AF3: Actividades de evaluación	estimación de horas dedicadas a realizar pruebas de evaluación	
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	estimación de horas de trabajo del alumno fuera de clase	
Sistemas de evaluación		
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	intervalo aproximado de ponderación	
Exámenes (SE3, SE4)	intervalo aproximado de ponderación	
Prácticas (SE5)	intervalo aproximado de ponderación	
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	intervalo aproximado de ponderación	

No es necesario indicar en cada ficha la lengua de impartición ya que todo el Plan de Estudios se imparte en castellano, con la excepción obvia de la materia Inglés.

FICHA DE ASIGNATURA

Asignatura	Fundamentos de las matemáticas
Materia	Matemáticas
Módulo	Básicas
Créditos	7.5
Horas de trabajo	202.5
Semestre	1
Competencias	CG1, CG3, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Formalizar el lenguaje natural en el lenguaje de la lógica proposicional y de predicados, así como la semántica.
- Comprender la estructura interna de un razonamiento e identificar un razonamiento correcto y uno incorrecto.
- Escribir demostraciones con corrección lógica y con claridad y concisión.
- Identificar distintos tipos de demostraciones de resultados matemáticos.
- Separar una prueba de un teorema, propio de las asignaturas del primer semestre del Grado, en sus pasos elementales.
- Enumerar las propiedades que comparten y las que distinguen los conjuntos de números naturales, enteros, racionales, reales y complejos.
- Construir una clasificación a partir de una relación de equivalencia y viceversa, dada una clasificación encontrar la relación que la define.
- Identificar en los conjuntos numéricos distintos tipos de conjuntos ordenados y sus elementos característicos.
- Calcular uniones e intersecciones de familias finitas o infinitas de subconjuntos numéricos.
- Demostrar teoremas elementales fundamentales de las teorías de la divisibilidad en los enteros y en los enteros modulares.
- Aplicar las herramientas de combinatoria adecuadas para resolver problemas básicos de conteo.

Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Lógica de proposiciones y predicados: formalización, sintaxis, semántica y estructuras deductivas. Demostración en matemáticas. Tipos de demostración; refutaciones y contraejemplos. Escritura de demostraciones. ◦ Teoría elemental de conjuntos (subconjuntos, potencia, unión, intersección, producto cartesiano). ◦ Relaciones: de equivalencia (conjunto cociente), de orden, diagramas de Hasse, retículos, álgebra de Boole. ◦ Funciones: imagen, preimagen, composición, funciones inyectivas (inclusión canónica), suprayectivas (proyección canónica), biyectivas, inversa, descomposición canónica. ◦ Construcción de conjuntos numéricos: naturales (Peano, inducción), enteros, racionales, reales, complejos. Numerabilidad de conjuntos. ◦ Aritmética de los enteros: división entera, mcd y mcm, ecuaciones diofánticas lineales, primos, teorema fundamental de la aritmética, fracciones simples. ◦ Aritmética modular: congruencias en \mathbb{Z}, aritmética en \mathbb{Z}_n, divisores de cero y elementos invertibles, teoremas de Euler, Fermat y Wilson, ecuaciones lineales en congruencias, teorema chino del residuo. ◦ Polinomios: división entera y divisibilidad, raíces, factorización en los reales y los complejos, fracciones simples. ◦ Introducción a la combinatoria: principios básicos de recuento (cajas, adición, multiplicación y complementario), listas y selecciones, algoritmos de enumeración, números combinatorios y multinómicos, principio de inclusión-exclusión, distribuciones de objetos en cajas distintas o iguales, particiones de conjuntos. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	67.5 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	15 h
AF3: Actividades de evaluación	7.5 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	112.5 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE ASIGNATURA

Asignatura	Cálculo en una variable	
Materia	Matemáticas	
Módulo	Básicas	
Créditos	7.5	
Horas de trabajo	202.5	
Semestre	1	
Competencias	CG1, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7	
Resultados de aprendizaje		
<p>Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar las propiedades del conjunto de los números reales y su topología. • Analizar las propiedades de una función continua en un dominio. • Reconocer y manejar el concepto de límite. En particular, reconocer la derivada como tasa de variación y la integral de Riemann como límite de sumas. • Determinar la convergencia de sucesiones, de series numéricas, de series de potencias y de integrales impropias. • Relacionar las características gráficas de una función con sus propiedades y expresión analítica. • Aproximar localmente funciones mediante el polinomio de Taylor y estimar el error cometido. • Resolver problemas de optimización. • Identificar, formular y probar resultados relativos al concepto de derivada e integral. • Calcular derivadas e integrales y utilizarlas en problemas aplicados. 		
Contenidos		
<ul style="list-style-type: none"> ○ Números reales. Sucesiones. ○ Funciones de variable real. Límites y continuidad. ○ Derivabilidad de funciones. Propiedades. ○ Polinomio de Taylor. Estudio local de funciones. ○ Integral de Riemann. ○ Series numéricas. Series de potencias. 		
Actividades formativas		
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	67.5 h	
AF2: Clase práctica y seminario o taller	15 h	
AF3: Actividades de evaluación	7.5 h	
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	112.5 h	
Sistemas de evaluación		
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %	
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %	
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %	
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %	

FICHA DE ASIGNATURA

Asignatura	Álgebra lineal
Materia	Matemáticas
Módulo	Básicas
Créditos	7.5
Horas de trabajo	202.5
Semestre	1
Competencias	CG1, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7
Resultados de aprendizaje	
<p>Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clasificar un sistema de ecuaciones lineales por sus soluciones y, en su caso, resolverlo. • Identificar la estructura de espacio vectorial en diferentes contextos. • Identificar las principales propiedades matriciales como consecuencia de su interpretación mediante el álgebra lineal. • Conocer construcciones asociadas a los espacios vectoriales y a las aplicaciones lineales: suma directa, espacio cociente, aplicación traspuesta, espacio dual. • Conocer los principales resultados del álgebra lineal y sus demostraciones. • Conocer y aplicar los algoritmos del álgebra lineal para la resolución de problemas e interpretar el resultado. • Clasificar un endomorfismo de un espacio de dimensión pequeña. • Aplicar la clasificación de endomorfismos al ámbito de la geometría o de los sistemas dinámicos discretos. • Conocer operaciones y algoritmos de cálculo numérico para la factorización de matrices y el cálculo de autovalores y autovectores así como su interpretación geométrica. 	
Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Métodos de resolución de sistemas lineales. ○ Cálculo matricial. ○ Espacios vectoriales. ○ Aplicaciones lineales. ○ Diagonalización de aplicaciones lineales. ○ Clasificación de endomorfismos. 	

Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	67.5 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	15 h
AF3: Actividades de evaluación	7.5 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	112.5 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE ASIGNATURA

Asignatura	Cálculo en varias variables
Materia	Matemáticas
Módulo	Básicas
Créditos	9
Horas de trabajo	243
Semestre	2
Competencias	CG1, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Reconocer los elementos básicos de la topología de \mathbb{R}^n y de las funciones continuas.
- Interpretar y analizar las diferentes representaciones gráficas de funciones de varias variables.
- Interpretar la diferencial de una función como la aproximación lineal óptima en torno a un punto.
- Calcular y aplicar los diferentes operadores diferenciales de funciones de varias variables, así como interpretar su significado geométrico.
- Aproximar funciones de varias variables mediante polinomios de Taylor y estimar el error cometido.
- Enunciar, demostrar y aplicar los teoremas de la función inversa e implícita.
- Resolver problemas de optimización libres y condicionados.
- Calcular integrales múltiples y aplicarlas al cálculo de áreas, volúmenes, centros de gravedad y momentos de inercia.

Contenidos

- Topología de \mathbb{R}^n .
- Funciones de varias variables reales.
- Límites y continuidad.
- Diferenciabilidad de funciones. Propiedades.
- Función inversa. Función implícita.
- Polinomio de Taylor. Estudio local de funciones.
- Integral de Riemann en varias variables.

Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	81 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	18 h
AF3: Actividades de evaluación	9 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	135 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE ASIGNATURA

Asignatura	Geometría I
Materia	Matemáticas
Módulo	Básicas
Créditos	7.5
Horas de trabajo	202.5
Semestre	2
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Interpretar geoméricamente el álgebra lineal.
- Identificar los conceptos de ángulo y distancia a partir de un producto escalar.
- Clasificar una aplicación ortogonal.
- Demostrar teoremas sencillos de geometría mediante las herramientas del álgebra lineal y las estructuras de espacio euclídeo y afín.
- Clasificar los movimientos rígidos del plano y el espacio utilizando las herramientas afines y euclídeas.
- Conectar las estructuras afín y euclídea con los grupos afín y ortogonal, respectivamente.

Contenidos

- Formas bilineales y cuadráticas.
- Productos escalares. Aplicaciones ortogonales. Descomposición en valores singulares. El grupo ortogonal.
- Espacio afín. Aplicaciones afines. El grupo afín.
- Razón simple.
- Espacio afín euclídeo. Isometrías y semejanzas. El grupo euclídeo y el grupo de semejanzas.
- Clasificación de los movimientos euclídeos en el plano y en el espacio.
- Introducción al álgebra multilineal

Actividades formativas

AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	67.5 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	15 h
AF3: Actividades de evaluación	7.5 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	112.5 h

Sistemas de evaluación

Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE ASIGNATURA

Asignatura	Cálculo numérico I
Materia	Matemáticas
Módulo	Básicas
Créditos	7.5
Horas de trabajo	202.5
Semestre	2
Competencias	CG1, CG3, CG4, CG5, CT6, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7, CE8, CE9

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Cuantificar los errores de truncamiento de los métodos numéricos y el error de redondeo de la máquina.
- Analizar el efecto de los errores en la convergencia y estabilidad de los métodos.
- Describir y analizar distintos métodos numéricos asociados a los sistemas lineales y no lineales.
- Describir y analizar distintos métodos numéricos de interpolación, aproximación, integración y derivación de funciones.
- Implementar algoritmos básicos de cálculo numérico.
- Manejar bibliotecas específicas para el cálculo numérico.

Contenidos

- Introducción a los métodos numéricos: error, estabilidad y convergencia.
- Resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas lineales. Métodos directos: factorización de matrices. Métodos iterativos.
- Cálculo de autovalores y autovectores de una matriz.
- Ecuaciones no lineales.
- Interpolación y aproximación de funciones.
- Integración y derivación numérica.

Actividades formativas

AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	37.5 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	45 h
AF3: Actividades de evaluación	7.5 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	112.5 h

Sistemas de evaluación

Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 50 %
Prácticas (SE5)	0 % – 50 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE ASIGNATURA

Asignatura	Modelización y simulación I
Materia	Matemáticas
Módulo	Básicas
Créditos	6
Horas de trabajo	162
Semestre	2
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CT1, CE1, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7, CE8, CE9

Resultados de aprendizaje

- Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:
- Enumerar los elementos básicos de un modelo y las fases de su realización.
 - Plantear un modelo matemático lineal a un problema aplicado sencillo.
 - Resolver e interpretar el resultado de un modelo matemático lineal de un problema aplicado sencillo.
 - Reconocer los límites de aplicación de un modelo dado.
 - Distinguir modelos lineales de no lineales y continuos de discretos.
 - Analizar la sensibilidad del modelo sencillo respecto a un parámetro.
 - Programar algoritmos sencillos de resolución de modelos matemáticos lineales con las habilidades de programación adquiridas en la asignatura de programación.
 - Realizar e interpretar simulaciones de modelos matemáticos sencillos mediante el lenguaje de programación adquirido en la asignatura de programación.

Contenidos	
<p>Esta asignatura (y la materia homónima en los semestres 4 y 6) busca aplicar diversas herramientas matemáticas estudiadas en otras materias para elaborar modelos de sistemas reales así como la simulación de estos modelos por técnicas diversas. Por tanto no aporta contenidos nuevos de matemáticas, sino que utiliza los ya vistos, especialmente de álgebra lineal, cálculo de una variable y programación para la modelización, simulación y resolución de algunos problemas aplicados. Los que siguen son algunos ejemplos de tales problemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Aproximaciones lineales de sistemas estacionarios con condiciones de contorno: <ul style="list-style-type: none"> ■ Distribución de temperaturas en un sólido en estado estacionario. ■ Cálculo matricial de estructuras sencillas de construcción. ○ Dinámicas lineales en tiempo discreto: <ul style="list-style-type: none"> ■ Modelo de Leslie de crecimiento de poblaciones por edades. ■ Dinámica del juego piedra-papel-tijera. ○ Sistemas lineales en su concepción: <ul style="list-style-type: none"> ■ Cifrado con códigos lineales. ■ Algoritmo Page Rank de Google. ■ Sistemas lineales de control. ■ Compresión de datos/imágenes mediante descomposición de una matriz en valores singulares. ○ Problemas de optimización no lineal: <ul style="list-style-type: none"> ■ Leyes de Snell de reflexión y refracción. ■ Problemas de optimización geométrica. ○ Problemas sencillos de simulación: <ul style="list-style-type: none"> ■ Integración con métodos de Monte Carlo (introducción a Monte Carlo). ■ Juego del caos. ■ Simulación del conjunto de Cantor o de conjuntos de Julia. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	12 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	54 h
AF3: Actividades de evaluación	6 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	90 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 %–20 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 %–20 %
Prácticas (SE5)	0 %–20 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 %–70 %

Esta asignatura se beneficiará especialmente de métodos docentes con una implicación muy activa de los estudiantes como el aprendizaje basado en problemas o, mejor aún, el aprendizaje basado en proyectos. Para su éxito es necesaria una buena coordinación horizontal con el resto de asignaturas tanto del primer semestre como del segundo para asegurar que las herramientas utilizadas en esta asignatura han sido vistas por los alumnos y que los problemas abordados no sean repetición de ejemplos ya estudiados.

FICHA DE ASIGNATURA

Asignatura	Programación
Materia	Informática
Módulo	Básicas
Créditos	7.5
Horas de trabajo	202.5
Semestre	1
Competencias	CG1, CG3, CG4, CG5, CT6, CE9
Resultados de aprendizaje	
<p>Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Idear algoritmos eficientes para resolver problemas científico-técnicos de complejidad variada. • Implementar códigos que hagan uso de la programación modular y las estructuras de datos adecuadas al problema. • Utilizar de forma eficiente un entorno de desarrollo integrado. • Dadas unas especificaciones, diseñar e implementar un programa acompañado de pruebas de validación y la documentación pertinente. 	
Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Lenguajes compilados (por ejemplo Fortran, C...) y lenguajes interpretados (por ejemplo Python...). ◦ Tipos de datos, aritmética exacta y finita, cálculo simbólico y numérico. ◦ Asignaciones y operaciones. ◦ Sentencias de control de ejecución. ◦ Operaciones de I/O. ◦ Programación modular. ◦ Tipos derivados. Programación orientada a objetos. ◦ Algoritmos básicos (búsqueda, ordenación, acumulación, etc.). ◦ Aplicaciones a distintos problemas clásicos de las matemáticas. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	37.5 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	45 h
AF3: Actividades de evaluación	7.5 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	112.5 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 50 %
Prácticas (SE5)	0 % – 50 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE MATERIA

Materia	Geometría	
Módulo	Obligatorias	
Créditos	6	
Horas de trabajo	162	
Semestres	5	
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7	
Resultados de aprendizaje		
Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:		
<ul style="list-style-type: none"> • Describir los elementos y resultados de la geometría proyectiva. • Utilizar argumentos de la geometría proyectiva para resolver problemas geométricos e identificar sus aplicaciones. • Distinguir propiedades invariantes por los grupos asociados a las geometrías euclídea, afín y proyectiva. • Clasificar proyectivamente las homografías de la recta y del plano. • Clasificar las cónicas y cuádricas proyectiva, afín y métricamente. 		
Contenidos		
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Espacio proyectivo. Modelos. Subespacios proyectivos. Dimensión e incidencia. Dualidad. ◦ Sistemas de referencia. Ecuaciones. ◦ Aplicaciones proyectivas: proyectividades y homografías. El grupo proyectivo. ◦ Programa Erlangen: relación entre geometrías afín, euclídea y proyectiva. ◦ Razón doble. ◦ Clasificación de homografías en la recta y en el plano proyectivo. ◦ Clasificación proyectiva, afín y métrica de cónicas y cuádricas. 		
Actividades formativas		
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	54 h	
AF2: Clase práctica y seminario o taller	12 h	
AF3: Actividades de evaluación	6 h	
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	90 h	
Sistemas de evaluación		
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %	
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %	
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %	
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %	

FICHA DE MATERIA

Materia	Análisis real y complejo
Módulo	Obligatorias
Créditos	18
Horas de trabajo	486
Semestres	3, 4
Competencias	CG1, CG3, CG4, CG5, CT2, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7

Resultados de aprendizaje
<p>Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manejar las ecuaciones paramétricas de curvas y superficies y distinguir las integrales definidas sobre estos objetos de las integrales simples o dobles en \mathbb{R} o \mathbb{R}^2. • Deducir el comportamiento de un campo vectorial a partir de la expresión analítica del campo y de su divergencia y rotacional. • Calcular los diferentes tipos de integrales que aparecen en la asignatura –de línea, superficie y volumen– y relacionarlas según indican los teoremas integrales. • Identificar el papel que juegan los elementos topológicos en las propiedades de las funciones holomorfas y de los campos vectoriales, así como de sus integrales. • Conectar el lenguaje de las formas diferenciales con los resultados clásicos del cálculo vectorial en \mathbb{R}^2 y \mathbb{R}^3 y utilizar las formas diferenciales para realizar cálculos en \mathbb{R}^n con $n > 3$. • Aplicar los conceptos y resultados matemáticos del análisis vectorial en la Física u otras disciplinas. • Reconocer y manejar el concepto de integral de Lebesgue. • Enunciar, demostrar y aplicar los teoremas de la convergencia monótona y dominada en la integración de Lebesgue. • Identificar propiedades y características fundamentales de los espacios de Banach y Hilbert. • Aplicar las desigualdades propias de los espacios L_p. • Aplicar el concepto de sistema ortonormal en un espacio de Hilbert a la resolución de problemas de aproximación óptima. • Describir y probar los resultados básicos de la Teoría de operadores lineales acotados. • Calcular los coeficientes de Fourier de una función periódica y relacionar el decaimiento de los coeficientes con la regularidad de la función. • Calcular la transformada de Fourier de una función y relacionar su regularidad y decaimiento con el decaimiento y la regularidad de su transformada. • Describir, probar y aplicar los resultados fundamentales acerca de las funciones holomorfas. • Representar las funciones holomorfas como series de Taylor y Laurent y clasificar sus singularidades aisladas. • Calcular integrales reales y complejas usando la teoría de Cauchy. • Aplicar la transformada de Laplace a la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias. • Aplicar la transformada Z al análisis de sistemas discretos lineales e invariantes en el tiempo. • Describir y construir aplicaciones conformes entre varias regiones planas. • Determinar el dominio de una función holomorfa, así como sus ramas en el caso de ser multivaluada.

Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Integración en curvas y superficies. ◦ Integrales de línea y de flujo. ◦ Teoremas integrales. ◦ Introducción a las formas diferenciales. ◦ Introducción a la teoría de la medida e integral de Lebesgue. ◦ Espacios de Banach y Hilbert. ◦ Espacios L_p. ◦ Sistemas y bases ortonormales en espacios de Hilbert. ◦ Operadores lineales acotados en espacios de Hilbert. ◦ Series de Fourier. ◦ Transformada de Fourier. ◦ Funciones holomorfas. ◦ Teoría de Cauchy. ◦ Transformada de Laplace y transformada Z. ◦ Aplicaciones conformes. ◦ Continuación analítica. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	162 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	36 h
AF3: Actividades de evaluación	18 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	270 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE MATERIA

Materia	Ecuaciones diferenciales
Módulo	Obligatorias
Créditos	18
Horas de trabajo	486
Semestres	3, 5, 6
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CT4, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Resolver ecuaciones diferenciales ordinarias con valores iniciales mediante distintos métodos.
- Discutir la existencia y unicidad de soluciones de una ecuación diferencial ordinaria con valores iniciales, o de una ecuación en derivadas parciales con valores iniciales o en la frontera.
- Analizar la dependencia continua de soluciones respecto a datos iniciales y parámetros.
- Resolver sistemas de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden.
- Calcular los puntos de equilibrio de sistemas de ecuaciones diferenciales autónomos y determinar su estabilidad.
- Analizar sistemas no lineales mediante la linealización en torno a un punto de equilibrio.
- Analizar la estabilidad de los puntos de equilibrio no resueltos por linealización mediante el método directo de Lyapunov.
- Dibujar e interpretar el diagrama de fases de un sistema autónomo de dos variables.
- Analizar la existencia de ciclos límite en sistemas autónomos.
- Resolver ecuaciones en derivadas parciales de primer orden por el método de las características.
- Calcular autovalores y autofunciones en problemas de Sturm-Liouville.
- Interpretar el papel de las funciones de Green en problemas de ecuaciones en derivadas parciales.
- Clasificar las ecuaciones en derivadas parciales de orden dos.
- Resolver ecuaciones del calor, ecuaciones de ondas y ecuaciones de Laplace-Poisson.
- Discutir las propiedades analíticas de las soluciones de las ecuaciones en derivadas parciales: regularidad, principios del máximo y leyes de conservación.
- Construir modelos matemáticos mediante ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales.

Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Ecuaciones diferenciales de primer orden. Métodos de resolución. ◦ Problemas de valor inicial. Existencia y unicidad de soluciones. ◦ Ecuaciones diferenciales lineales de orden superior. Métodos de resolución. ◦ Otros métodos de resolución: métodos aproximados y transformada de Laplace. ◦ Sistemas de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden. Métodos de resolución. ◦ Modelización matemática mediante ecuaciones diferenciales. ◦ Sistemas dinámicos. Introducción a la teoría cualitativa. ◦ Dependencia continua de parámetros y datos iniciales. ◦ Puntos de equilibrio de sistemas autónomos: estables, asintóticamente estables e inestables. Linealización en torno a los puntos de equilibrio. Estabilidad lineal y no lineal. Estabilidad por el método directo de Lyapunov. Funciones de Lyapunov. ◦ Diagrama de fases. ◦ Existencia de ciclos límite. ◦ Ecuaciones en derivadas parciales de primer orden. Método de las características. Leyes de conservación y ecuaciones de Hamilton-Jacobi. ◦ Problema de Sturm-Liouville. ◦ Existencia de soluciones. Método de separación de variables. ◦ Ecuación de Laplace-Poisson, funciones armónicas, funciones de Green. Principios del máximo. Unicidad de soluciones. ◦ Ecuación del calor. Principios del máximo, métodos de energía. Unicidad de soluciones. ◦ Ecuación de ondas. Solución de D'Alembert, Principio de Duhamel, métodos de energía. Unicidad de soluciones. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	162 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	36 h
AF3: Actividades de evaluación	18 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	270 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE MATERIA

Materia	Topología y geometría diferencial
Módulo	Obligatorias
Créditos	12
Horas de trabajo	324
Semestres	4, 5
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7

Resultados de aprendizaje

- Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:
- Distinguir las nociones de espacios métrico y topológico.
 - Construir espacios topológicos a partir de espacios dados.
 - Manejar con soltura los conceptos de compacidad y conexión.
 - Distinguir espacios topológicos a través de invariantes algebraicos.
 - Aplicar los conceptos topológicos en el contexto de los espacios de funciones.
 - Formular los aspectos básicos de la teoría de curvas y superficies en el contexto general de la geometría diferencial.
 - Aplicar las herramientas del cálculo diferencial al estudio de la geometría de curvas y superficies en el espacio tridimensional.
 - Manejar los invariantes locales de curvas y superficies.
 - Distinguir entre nociones local y global, intrínseca y extrínseca.
 - Utilizar los principales resultados de la teoría de curvas y superficies en contextos aplicados.

Contenidos

- Espacios métricos. Espacios topológicos.
- Compacidad. Conexión.
- Grupo fundamental y superficies topológicas.
- Topología de espacios de funciones.
- La variedad riemanniana euclídea. Conexión de Levi-Civita. Geodésicas.
- Subvariedades inmersas: curvas e hipersuperficies.
- Curvas en el espacio. Triedro de Frenet. Curvatura y torsión. Propiedades globales de curvas planas.
- Superficies en el espacio. Operador de Weingarten. Formas Fundamentales. Teorema egregio de Gauss.
- Aplicaciones: superficies regladas, desarrollables y minimales.

Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	108 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	24 h
AF3: Actividades de evaluación	12 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	180 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE MATERIA

Materia	Estructuras algebraicas
Módulo	Obligatorias
Créditos	12
Horas de trabajo	324
Semestres	4, 6
Competencias	CG1, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Identificar estructuras algebraicas subyacentes a diversos conjuntos de números, polinomios, matrices y transformaciones, equipados con determinadas operaciones.
- Utilizar con soltura las propiedades de grupos, anillos y cuerpos.
- Interpretar el estudio de las formas canónicas de los endomorfismos lineales y las representaciones lineales de grupos en términos de módulos.
- Identificar propiedades invariantes por la acción de un grupo y calcular el grupo de automorfismos de una estructura como grupo de invariancia.
- Conectar el concepto de invariancia por un grupo con las geometrías clásicas.
- Interpretar las extensiones de cuerpos como espacios vectoriales.
- Aplicar la correspondencia de Galois para relacionar la estructura de un grupo finito con la del cuerpo donde viven las raíces de una ecuación algebraica.
- Analizar la resolubilidad o reducibilidad de ecuaciones polinómicas utilizando la teoría de Galois.
- Aplicar la teoría de grupos, anillos y cuerpos para resolver problemas prácticos de áreas como la criptografía y la teoría de códigos.
- Utilizar herramientas computacionales en problemas sobre estructuras algebraicas, como el cálculo efectivo de soluciones explícitas y grupos de Galois de ecuaciones polinómicas.

Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Grupos y subgrupos. Anillos e ideales. Módulos. Morfismos. ◦ Grupos abelianos finitamente generados. Grupos de Sylow. ◦ Acción de un grupo sobre un conjunto. Representaciones de grupos como módulos. ◦ Cuerpos y espacios vectoriales. Extensiones de cuerpos. ◦ Dominios de factorización única. Anillos de polinomios. Resultados sobre factorización. Cierre algebraico de un cuerpo. ◦ Resolución efectiva de ecuaciones polinómicas. Cuerpo de descomposición de un polinomio. Extensiones normales en característica cero. Elemento primitivo y resolvente de Galois. ◦ Grupo de Galois. Correspondencia de Galois. Extensiones separables. Constructibilidad con regla y compás. ◦ Aplicaciones a las tecnologías de la información y comunicaciones. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	108 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	24 h
AF3: Actividades de evaluación	12 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	180 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE MATERIA

Materia	Probabilidad y estadística
Módulo	Obligatorias
Créditos	18
Horas de trabajo	486
Semestres	5, 6
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CT6, CT7, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7, CE8

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Asociar y aplicar el modelo probabilístico adecuado al problema propuesto.
- Analizar e interpretar estadísticamente el conjunto de datos proveniente de un muestreo aleatorio.
- Estimar el valor de los diferentes parámetros que conforman un modelo probabilístico, así como obtener márgenes de error para dichas estimaciones.
- Plantear y resolver problemas de contrastes de hipótesis estadísticas, tanto paramétricos como no paramétricos.
- Analizar e interpretar las posibles relaciones estadísticas entre varias variables.
- Sintetizar y analizar descriptivamente un conjunto de datos multivariante. Identificar las variables y el objetivo buscado.
- Aplicar las técnicas básicas del análisis de datos multivariante. Reducir la dimensión en el caso en que sea necesario y apropiado.
- Analizar e interpretar los resultados de la aplicación de una técnica estadística multivariante y transmitirlos de una forma clara y concisa, destacando los aspectos relevantes.
- Utilizar software específico de análisis estadístico.

Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Probabilidad. ○ Variable aleatoria (unidimensional y n-dimensional). ○ Modelos de probabilidad discretos y continuos. ○ Convergencia de variables aleatorias. Teorema central del límite. ○ Muestreo. Estimadores. Suficiencia e información ○ Estimación puntual y por intervalo. ○ Contraste de hipótesis (paramétrico y no paramétrico). ○ Introducción a la estadística bayesiana. ○ Análisis de regresión simple y múltiple. ○ Análisis de datos multivariante. Distribuciones multivariantes. ○ Técnicas de reducción de la dimensión. ○ Métodos de clasificación. ○ Métodos de dependencia entre variables. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	90 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	108 h
AF3: Actividades de evaluación	18 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	270 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 50 %
Prácticas (SE5)	0 % – 50 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

La materia se desarrolla inicialmente con contenidos de probabilidad, para centrarse después en las herramientas estadísticas; en este momento pasa a tener una mayor carga práctica en la docencia y la evaluación.

FICHA DE MATERIA

Materia	Métodos numéricos
Módulo	Obligatorias
Créditos	6
Horas de trabajo	162
Semestres	4
Competencias	CG1, CG3, CG4, CG5, CT6, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7, CE8, CE9
Resultados de aprendizaje	
Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:	
<ul style="list-style-type: none"> • Describir los métodos numéricos asociados a la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs). • Implementar métodos numéricos sencillos de resolución de EDOs y ecuaciones en derivadas parciales (EDPs). • Analizar la convergencia y estabilidad de los métodos numéricos asociados a la resolución de EDOs. • Manejar bibliotecas específicas para la resolución numérica de EDOs y EDPs. 	
Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Métodos numéricos para ecuaciones diferenciales ordinarias. Problema de condiciones iniciales y de condiciones de contorno. ◦ Esquemas explícitos e implícitos. Esquemas unipaso multietapa. Esquemas multipaso. ◦ Análisis de convergencia y estabilidad de los esquemas numéricos. ◦ Métodos numéricos para ecuaciones en derivadas parciales (EDPs). Problema de contorno y de condiciones iniciales. ◦ Diferencias finitas en problemas de EDPs lineales clásicos. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	30 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	36 h
AF3: Actividades de evaluación	6 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	90 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 50 %
Prácticas (SE5)	0 % – 50 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE MATERIA

Materia	Matemática discreta e investigación operativa
Módulo	Obligatorias
Créditos	12
Horas de trabajo	324
Semestres	3, 6
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7, CE8

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Analizar la complejidad de algoritmos básicos.
- Modelizar y resolver problemas con ecuaciones recurrentes lineales sencillas.
- Aplicar las técnicas de las funciones generatrices en la resolución de ecuaciones recurrentes, cálculo de sumas, demostración de igualdades en problemas combinatorios o que provienen del análisis de algoritmos.
- Conocer los conceptos, técnicas y algoritmos básicos de la teoría de grafos.
- Aplicar diferentes métodos de demostración y análisis en resultados de la Teoría de Grafos.
- Modelizar matemáticamente problemas reales a través del lenguaje de los grafos y aplicar las técnicas y algoritmos para resolverlos.
- Utilizar software matemático para la resolución de problemas de grafos.
- Producir un modelo matemático de un fenómeno real. Identificar todos los componentes de este. Evaluar la calidad del modelo e interpretar los resultados producidos.
- A partir de problemas reales plantear, modelizar y resolver problemas de optimización lineal, lineal entera y lineal binaria. Resolver los problemas planteados con los algoritmos descritos en los contenidos. Interpretar las soluciones obtenidas.
- Enunciar los problemas duales para un problema de optimización dado. Relacionar las soluciones dadas en el primal y el dual con la solución al problema real asociado.
- Realizar análisis de sensibilidad de la solución a un problema de optimización lineal y su interpretación en el contexto del problema real.
- Modelizar problemas reales como procesos estocásticos. Identificar los distintos tipos de problemas, así como sus parámetros en dichos problemas.
- A partir de problemas reales plantear, modelizar y resolver procesos de Markov así como interpretar las soluciones obtenidas.
- A partir de problemas reales plantear, modelizar y resolver problemas de teoría de colas, incluyendo la identificación de los parámetros y la posterior interpretación de los resultados obtenidos.

Contenidos
<ul style="list-style-type: none"> ○ Complejidad de algoritmos: Notación de Knuth. Análisis de la complejidad de algoritmos básicos. Clases P y NP de problemas. ○ Relaciones de recurrencia: Relación de recurrencia para una sucesión. Resolución de recurrencias lineales homogéneas y no homogéneas con coeficientes constantes. Recurrencias no lineales. Algoritmos recursivos “divide y vencerás”. ○ Funciones generatrices: Funciones generatrices ordinarias y exponenciales. Operaciones básicas y ejemplos. Aplicación a la resolución de ecuaciones recurrentes y problemas combinatorios. Aplicación al análisis de la complejidad de algoritmos. ○ Teoría y algoritmos de grafos y digrafos: <ul style="list-style-type: none"> ■ Nociones generales, representación. Matriz de adyacencia y secuencias gráficas. Isomorfismo de grafos. Caminos y conexión. ■ Árboles. Algoritmos de búsqueda y árboles generadores. Distancias y algoritmos de caminos mínimos. Conectividad por vértices y aristas. Orientabilidad ■ Flujos en redes. Emparejamientos. Capacidad de una red. Teorema de Ford-Fulkerson. Algoritmo de etiquetado. Conectividad y flujos. Emparejamientos en grafos bipartidos. Teorema de Hall. Estabilidad. ■ Grafos eulerianos y hamiltonianos. Propiedades, caracterización y algoritmos de construcción de recorridos eulerianos. El problema del cartero. Propiedades de grafos hamiltonianos. El problema del viajante. Algoritmos aproximados. ■ Planaridad y coloración de grafos. Grafos planos. Fórmula de Euler. Caracterizaciones de la planaridad. Independencia y coloración. Número cromático. Algoritmos de coloración de vértices y aristas. Polinomio cromático. Coloración de mapas. Teorema de los cuatro colores. ○ Modelos matemáticos: Componentes de un modelo matemático. Principio de parsimonia. Construcción y validación de modelos matemáticos. ○ Modelos básicos de optimización lineal: Problemas generales de la optimización lineal. Geometría del problema de la optimización lineal. Convexidad lineal. Teorema fundamental de la optimización lineal. ○ Algoritmos para problemas lineales: Algoritmo del símplex. El método de las dos fases. Complejidad de los algoritmos del símplex. Algoritmos heurísticos. ○ Teoría de la dualidad: Motivación para la dualidad. El problema dual para problemas generales lineales. Dualidad y el algoritmo del símplex. Análisis de sensibilidad en los coeficientes, en el costo y en la matriz de restricciones. ○ Programación lineal entera y binaria: Algoritmos de ramificación y cota y planos de corte. ○ Procesos estocásticos: Tipos de procesos. Procesos estacionarios. Procesos markovianos: concepto y clasificación. Procesos de nacimiento y muerte de parámetro discreto. ○ Modelos de colas: Sistemas de colas de espera. Población de clientes, distribución de las llegadas y distribución del tiempo de servicio. Funcionamiento de la cola. Parámetros de rendimiento del sistema. ○ Modelos básicos en teoría de colas: Colas M/M/1 y M/M/k. Generalización al caso de varios servidores. Modelos con capacidad y/o población finita. Introducción a las redes de colas. Colas en serie.

Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	108 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	24 h
AF3: Actividades de evaluación	12 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	180 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE MATERIA

Materia	Modelización y simulación
Módulo	Obligatorias
Créditos	12
Horas de trabajo	324
Semestres	4, 6
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CT1, CT3, CE1, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7, CE8, CE9

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Conocer y seleccionar adecuadamente las herramientas matemáticas necesarias para formular, analizar y simular modelos matemáticos.
- Plantear, resolver e interpretar modelos matemáticos de problemas aplicados.
- Distinguir y separar entre modelos lineales o no lineales, con variables continuas o discretas, deterministas o estocásticas. Enunciar y distinguir las variables que se van a modelizar.
- Reconocer las hipótesis planteadas y los límites de aplicación de los modelos utilizados.
- Simplificar modelos matemáticos mediante análisis dimensional para reducir su complejidad.
- Analizar la sensibilidad de los modelos utilizados respecto a sus parámetros.
- Calibrar los modelos mediante datos observacionales y validarlos contra datos observacionales independientes o mediante simplificaciones de los modelos resolubles de forma exacta.
- Programar, realizar e interpretar simulaciones de los modelos utilizados.
- Conocer y manejar las herramientas de visualización de resultados que más se adapten a cada situación.
- Comunicar oralmente y por escrito el alcance, las limitaciones y las conclusiones científicas de los modelos, tanto en ámbitos técnicos como más abiertos, favoreciendo la difusión a la sociedad y la transferencia de conocimiento.

Contenidos

Esta materia es continuación de la asignatura básica homónima y tiene por objeto aplicar diversas herramientas matemáticas estudiadas en otras materias a una variedad de modelos de sistemas reales, así como simular estos sistemas mediante distintas técnicas. En el semestre 4 se incorporan como herramientas las ecuaciones diferenciales ordinarias, la matemática discreta y conceptos de física. En el semestre 6 se abre el paso a modelos con ecuaciones en derivadas parciales, estructuras algebraicas, elementos de geometría diferencial y elementos de probabilidad y estadística.

Se estudiarán modelos de los siguientes tipos:

- Modelos discretos.
- Modelos continuos, basados tanto en EDO como en EDP.
- Modelos estadísticos.
- Modelos probabilistas.
- Modelos espectrales.

Cada tipo de modelo será ilustrado con aplicaciones concretas como, por ejemplo: diseño geométrico industrial, modelos de crecimiento en biología, modelos en economía, tratamiento de imágenes. . .

Algunas aplicaciones concretas podrían ser:

- Modelos geométricos: Diseño geométrico industrial con curvas y superficies de Bézier, spline y NURBS (a nivel básico). Visión por ordenador. Aplicación de curvas en biomedicina.
- Modelos en física y química: Péndulo, circuitos eléctricos RLC. Simulación de reacciones químicas mediante el algoritmo de Gillespie. Ecuaciones con solitones. Modelización del cuerpo rígido en grupos de Lie. Problemas de control.
- Modelos en biología: Modelos poblacionales con explotación no lineal. Modelo Lotka-Volterra. Oscilaciones en dinámica de poblaciones. Genética de poblaciones. Modelos de formación de patrones en sistemas biológicos. Dispersión en sistemas biológicos. Modelos basados en agentes. Redes complejas. Modelos de impulsos neuronales.
- Modelos en ingeniería: La curva catenaria. Cables de sustentación de puentes colgantes. Tratamiento de imágenes. Criptografía. Aplicaciones en robótica.
- Modelos en mecánica de medios continuos: Principios de conservación. Elasticidad lineal. Deformaciones y esfuerzos. Fluido ideal, ecuación de Euler. Fluido newtoniano. Aplicaciones de las funciones armónicas. Flujo potencial. Ecuaciones de Navier-Stokes.
- Modelos en ciencias sociales: Dinámica de opiniones. Modelos financieros.
- Modelos probabilistas: Muestreo de una variable aleatoria con función de densidad dada. Problema de inventarios. Simulación de modelos de probabilidad. Vuelo de un grupo de drones mediante un sistema multiagente. Caminos aleatorios. Cadenas de Markov. Procesos de nacimiento-muerte. Modelos de Markov ocultos. Redes neuronales.

Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	24 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	108 h
AF3: Actividades de evaluación	12 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	180 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 %–20 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 %–20 %
Prácticas (SE5)	0 %–20 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 %–70 %

Esta materia se beneficiará especialmente de métodos docentes con unan implicación muy activa de los estudiantes como el aprendizaje basado en problemas o, mejor aún, el aprendizaje basado en proyectos.

FICHA DE MATERIA

Materia	Física
Módulo	Obligatorias
Créditos	6
Horas de trabajo	162
Semestres	3
Competencias	CG2, CG5, CE6
Resultados de aprendizaje	
<p>Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar, en sistemas mecánicos, las magnitudes que permiten determinar su estado y estudiar su evolución según los principios de la dinámica newtoniana. • Calcular las magnitudes trabajo y energía y aplicar los principios de conservación. • Describir la Teoría de la Gravitación Universal de Newton y la ley de Coulomb. • Plantear y resolver problemas básicos del movimiento de un sistema de partículas o cargas sometidas a fuerzas conocidas, con énfasis en los campos de fuerza gravitatorios, eléctrico y magnético. • Calcular la trayectoria de una partícula sometida a un potencial central. • Describir el movimiento de un sólido rígido. • Discernir las propiedades que diferencian el movimiento de partículas del movimiento ondulatorio así como las propiedades que comparten. • Identificar y analizar los procesos de interferencia y las ondas estacionarias. 	
Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Mecánica newtoniana. ○ Campos de fuerza conservativos. ○ Teoría del potencial. ○ Sistemas de partículas. Problema de dos cuerpos. ○ Movimiento de un sólido rígido. ○ Movimientos oscilatorios. ○ Fenómenos ondulatorios. Interferencia, difracción y ecuación de ondas. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	54 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	12 h
AF3: Actividades de evaluación	6 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	90 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE MATERIA

Materia	Inglés
Módulo	Obligatorias
Créditos	6
Horas de trabajo	162
Semestres	7
Competencias	CG5, CT5
Resultados de aprendizaje	
<p>Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exponer temas académicos y profesionales de forma clara, precisa y coherente, en grupo o de forma individual, teniendo en cuenta el tipo de audiencia. • Recopilar y sintetizar información de fuentes bibliográficas y redactar distintos tipos de textos según las convenciones propias de cada tipo textual. 	
Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Características de la comunicación escrita en un entorno profesional y académico. ◦ Características de la comunicación oral en un entorno profesional y académico. ◦ Presentaciones orales efectivas. ◦ Preparación de propuestas de investigación. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	54 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	12 h
AF3: Actividades de evaluación	6 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	90 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 80 %
Prácticas (SE5)	0 % – 30 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

FICHA DE MATERIA

Materia	Ingeniería matemática
Módulo	Optativas
Créditos	42 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
Horas de trabajo	1134 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
Semestres	7, 8
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7, CE8

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Resolver problemas elípticos, parabólicos e hiperbólicos de segundo orden con aplicación de los métodos de elementos y volúmenes finitos.
- Aplicar el método de volúmenes finitos a leyes de conservación lineales.
- Comprender y manejar la estructura de espacio normado.
- Conocer y manejar los espacios clásicos de sucesiones y funciones.
- Aplicar los resultados teóricos del análisis funcional a la resolución de problemas provenientes de la matemática física.
- Identificar y plantear problemas variacionales a través de ejemplos.
- Probar la existencia y unicidad de problemas variacionales.
- Plantear las condiciones de optimalidad.
- Conocer los principios fundamentales de los procesos estocásticos.
- Aplicar las cadenas de Markov.
- Aplicar el cálculo de Ito.
- Analizar las propiedades y resolver ecuaciones y sistemas de ecuaciones en diferencias.
- Aplicar teoría de distribuciones a problemas de ecuaciones en derivadas parciales.
- Aplicar la teoría espectral al tratamiento de las ecuaciones en derivadas parciales.
- Aplicar el análisis espectral al tratamiento de señales e imágenes y al análisis de series temporales.
- Saber aplicar el principio del máximo de Pontryagin para el control óptimo de sistemas dinámicos.
- Resolver ecuaciones diferenciales estocásticas por métodos numéricos.
- Conocer y manipular funciones en espacios de Sobolev, tanto en el espacio euclídeo como en un dominio del espacio euclídeo.
- Calcular la transformada de Fourier discreta de una señal. Conocer y aplicar el teorema de muestreo de Shannon.
- Conocer y aplicar el concepto de filtro, en particular al caso de señales bidimensionales (imágenes digitales).
- Utilizar la transformada de Fourier y métodos próximos para analizar series temporales.
- Aplicar los elementos y métodos de ecuaciones en diferencias utilizados en la teoría de aproximación.
- Conocer y manejar los conceptos fundamentales de aproximación racional y de fracciones continuas.

Contenidos

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ◦ Procesos y ecuaciones diferenciales estocásticos: integrales estocásticas, ecuaciones diferenciales estocásticas. Fórmula de Ito. Integrales de Stratanovch. Métodos numéricos para ecuaciones diferenciales estocásticas. Método de Montecarlo. Cadenas de Markov. Dualidad y programación dinámica. Introducción a la teoría de control estocástico. ◦ Cálculo de variaciones y control óptimo: ejemplos de problemas variacionales. Condiciones de extremos. Ecuación de Euler-Lagrange. Formalismo Hamiltoniano y mecánica. Problemas variacionales con restricciones. Cálculo de variaciones versus control. Formulación de problemas de control óptimo. Principio ban-bang. Control óptimo lineal. Principio del máximo de Pontryagin. Métodos numéricos. Programación dinámica. ◦ Métodos numéricos de elementos finitos y volúmenes finitos: interpolación polinómica en el elemento de referencia. Espacios de elementos finitos. Errores de interpolación local y global. Resolución de problemas elípticos por elementos finitos. Resolución de problemas parabólicos e hiperbólicos por elementos finitos combinados con esquemas de discretización temporal. Estabilidad y estimación del error. Resolución de leyes de conservación por volúmenes finitos. Estabilidad y cálculo de errores del método de volúmenes finitos. ◦ Análisis funcional: espacios lineales normados. Operadores lineales en espacios normados. Funcionales lineales. Operador adjunto. Tipos de convergencia. Operadores compactos lineales. Espacios de Sobolev: teoremas de inmersión. Caracterización de los espacios de Sobolev via la transformada de Fourier. ◦ Ecuaciones en derivadas parciales avanzadas: a) Problemas elípticos lineales en dominios acotados: formulación débil. Teoremas de existencia y unicidad. Principio del máximo. Regularidad interior. Espectro de operadores elípticos. b) Problemas parabólicos lineales: formulación variacional del problema. Estimaciones de energía. Teorema de existencia y unicidad. Principios del máximo. Regularidad en tiempo y espacio. c) Problemas hiperbólicos lineales de segundo orden: formulación variacional. Estimaciones. Existencia y unicidad de los problemas lineales de evolución de segundo orden. Ecuaciones escalares de primer orden. Sistemas hiperbólicos simétricos. ◦ Distribuciones, teoría espectral y aplicaciones: funciones test y distribuciones. Distribuciones temperadas y transformada de Fourier. Operadores autoadjuntos. Teorema espectral. Señales y muestreo. Transformada de Fourier discreta. Filtros. Procesamiento digital de imágenes. Filtro de Kalman. Procesos aleatorios y series temporales. Métodos espectrales para el análisis de series temporales. ◦ Ecuaciones en diferencias y teoría de aproximación. Ecuaciones en diferencias. Teoría de aproximación. |
|---|

Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	210 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	252 h
AF3: Actividades de evaluación	42 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	630 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 50 %
Prácticas (SE5)	0 % – 50 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

Se recoge a continuación un desglose en siete asignaturas de esta materia en el que se atribuyen 6 ECTS a cada una de ellas: (i) Ecuaciones diferenciales estocásticas, (ii) Cálculo de variaciones y control óptimo, (iii) Métodos numéricos avanzados, (iv) Análisis funcional, (v) Ecuaciones en derivadas parciales avanzadas, (vi) Teoría espectral y aplicaciones, (vii) Ecuaciones en diferencias y teoría de la aproximación.

Cabe mencionar sin embargo, que existen otros posibles desgloses igualmente adecuados que podrían contemplarse en el futuro, en la medida en que lo aconseje el proceso de seguimiento del grado establecido en su plan de calidad (véase capítulo 9). Este seguimiento debe ser realizado por la Comisión de Coordinación y Calidad de la titulación apoyándose, en particular, en las comisiones de semestre (coordinación horizontal) y, sobre todo, en las de materia (coordinación vertical), cuya aportación será una de las claves para adaptar el desglose de asignaturas en la optatividad a las necesidades del grado.

FICHA DE MATERIA

Materia	Matemática de la complejidad y análisis de datos
Módulo	Optativas
Créditos	42 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
Horas de trabajo	1134 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
Semestres	7, 8
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7, CE8

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Identificar y resolver problemas aplicados relacionados con la dinámica no lineal, la teoría de procesos estocásticos, los fenómenos emergentes, la geometría fractal, el análisis de datos, la teoría de la información y la computación.
- Diseñar modelos matemáticos sencillos y estudiar su comportamiento y dependencia paramétrica mediante mecanismos de simulación para aplicarlos a contextos concretos y aplicados en matemáticas o en otras disciplinas científicas.
- Predecir el comportamiento dinámico y, en su caso, caótico, de modelos no lineales.
- Formular modelos estocásticos aplicados a la dinámica de las poblaciones naturales, a interacciones químico-físicas, y a contextos socio-económicos.
- Analizar el comportamiento emergente de modelos matemáticos simples así como sus propiedades estadísticas globales.
- Inferir información relevante a partir de conjuntos de datos reales mediante técnicas avanzadas de análisis multivariante, reconocimiento de patrones, y aprendizaje automático.
- Determinar las propiedades geométricas de conjuntos sintéticos y reales caracterizados por tener estructura fractal.
- Analizar y computar el contenido de información de sistemas complejos.
- Interpretar una serie temporal e inferir su comportamiento futuro.

Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Dinámica no lineal y procesos estocásticos: estabilidad, teoría de bifurcaciones, caos y atractores extraños, procesos estocásticos de nacimiento-muerte, procesos de ramificación, modelos de Markov ocultos, métodos de simulación dinámica. ◦ Técnicas complejas de análisis de datos: introducción a la inteligencia artificial, reconocimiento de patrones, técnicas de aprendizaje automático (métodos supervisados y no supervisados), redes neuronales artificiales, análisis y visualización de grandes volúmenes de datos mediante técnicas de estadística multivariante avanzadas. ◦ Mecánica estadística/fenómenos emergentes: sistemas con gran número de agentes, mecánica estadística del equilibrio, percolación, transiciones de fase, sistemas desordenados, introducción a la teoría de matrices aleatorias, simulación mediante métodos de Monte Carlo. ◦ Geometría fractal: medidas invariantes de conjuntos de puntos, dimensiones fractales, geometría auto-semejante, multifractales. ◦ Modelización de sistemas complejos (practicum): redes complejas, autómatas celulares, teoría de juegos, teoría de la información, cálculo fraccionario, aplicaciones biológicas, sociales, etc., y simulación de modelos sencillos. ◦ Análisis de series temporales: modelos auto-regresivos, análisis de correlaciones temporales, aplicaciones a series temporales reales en econometría y ciencias sociales. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	210 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	252 h
AF3: Actividades de evaluación	42 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	630 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 50 %
Prácticas (SE5)	0 % – 50 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

Se recoge a continuación un desglose en siete asignaturas de esta materia en el que se atribuyen 6 ECTS a cada una de ellas: (i) Dinámica no lineal, (ii) Procesos estocásticos, (iii) Técnicas complejas de análisis de datos, (iv) Mecánica estadística y fenómenos emergentes, (v) Geometría fractal, (vi) Análisis de series temporales, (vii) Modelización de sistemas complejos.

Cabe mencionar sin embargo, que existen otros posibles desgloses igualmente adecuados que podrían contemplarse en el futuro, en la medida en que lo aconseje el proceso de seguimiento del grado establecido en su plan de calidad (véase capítulo 9). Este seguimiento debe ser realizado por la Comisión de Coordinación y Calidad de la titulación apoyándose, en particular, en las comisiones de semestre (coordinación horizontal) y, sobre todo, en las de materia (coordinación vertical), cuya aportación será una de las claves para adaptar el desglose de asignaturas en la optatividad a las necesidades del grado.

FICHA DE MATERIA

Materia	Álgebra, geometría y topología y sus aplicaciones
Módulo	Optativas
Créditos	42 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
Horas de trabajo	1134 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
Semestres	7, 8
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7, CE8

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Representar curvas y superficies NURBS avanzadas para resolver problemas ingenieriles y arquitectónicos.
- Resolver simbólicamente sistemas de ecuaciones polinómicas en varias variables mediante bases de Groebner y usar resultantes para resolver problemas de implicación de curvas y superficies.
- Aplicar conceptos geométricos a la elaboración y validación de algoritmos que resuelvan problemas geométricos, eligiendo la estructura de los datos para optimizar los algoritmos.
- Estimar la complejidad de algunos algoritmos clásicos en geometría computacional.
- Introducir el análisis topológico de datos.
- Describir la mecánica lagrangiana y hamiltoniana geoméricamente.
- Obtener las ecuaciones del movimiento de sistemas mecánicos con ligaduras.
- Identificar constantes de movimiento de sistemas mecánicos.
- Describir principios variacionales de la mecánica.
- Introducir la teoría de control geométrico.
- Usar álgebra y teoría de números para construir sistemas criptográficos y códigos detectores y correctores de errores.
- Estimar la complejidad de algunos algoritmos criptográficos.
- Conocer y aplicar los sistemas de álgebra computacional (CAS) a problemas en matemáticas para realizar cálculos simbólicos.

Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Diseño geométrico: curvas de Bézier, curvas racionales, curvas spline. Superficies de Bézier, superficies traslacionales, superficies regladas, superficies desarrollables, formalismo NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines). ◦ Álgebra conmutativa computacional: órdenes monomiales, bases de Groebner. Algoritmo de Buchberger, resultantes de polinomios, resolución de sistemas de ecuaciones polinómicas. Problema cinemático inverso. ◦ Geometría y topología computacional: arreglos de rectas, dualidad, diagramas de Voronoi. Triangulaciones de Delauney. Algoritmos de envoltura convexa, de búsqueda geométrica, de subdivisión y triangulación. Introducción al análisis de datos topológico, símlices. Filtraciones. ◦ Mecánica analítica: mecánica lagrangiana, ecuaciones de Euler-Lagrange, mecánica hamiltoniana, ecuaciones de Hamilton, transformada de Legendre. Principios variacionales. Teoría de Hamilton-Jacobi, sistemas mecánicos con ligaduras, introducción a la teoría de control. ◦ Mecánica geométrica: geometría simpléctica. Corchete de Dirac, corchete de Poisson, constantes del movimiento. ◦ Álgebra y teoría de números: divisibilidad y algoritmo de Euclides, aritmética modular, grupos abelianos finitos, anillos de polinomios, cuerpos finitos. Residuos cuadráticos y ley de reciprocidad, primalidad y factorización, pseudoprimos, problema del logaritmo discreto. ◦ Criptografía: complejidad computacional, criptografía de clave privada y criptografía de clave pública, criptosistema RSA (Rivest, Shamir, Adleman) y factorización de enteros, criptosistemas basados en logaritmo discreto, intercambio de claves de Diffie-Hellman, firmas digitales. Relación con grupos abelianos finitos. ◦ Códigos detectores y correctores de errores: códigos lineales, dimensión, distancia mínima y capacidad detectora-correctora, matriz generadora y matriz de control. Códigos equivalentes, códigos perfectos. Códigos de Hamming. Códigos cíclicos, polinomio y matriz generadores y de control. Códigos BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) y códigos Reed-Solomon. ◦ Sistemas de álgebra computacional (CAS): Cálculo simbólico. Maple, Maxima, Mathematica. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	210 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	252 h
AF3: Actividades de evaluación	42 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	630 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 50 %
Prácticas (SE5)	0 % – 50 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

Se recoge a continuación un desglose en siete asignaturas de esta materia en el que se atribuyen 6 ECTS a cada una de ellas: (i) Diseño geométrico, (ii) Álgebra conmutativa computacional, (iii) Geometría y topología computacional, (iv) Mecánica, (v) Álgebra y teoría de números, (vi) Criptografía, (vii) Códigos.

Cabe mencionar sin embargo, que existen otros posibles desgloses igualmente adecuados que podrían contemplarse en el futuro, en la medida en que lo aconseje el proceso de seguimiento del grado establecido en su plan de calidad (véase capítulo 9). Este seguimiento debe ser realizado por la Comisión de Coordinación y Calidad de la titulación apoyándose, en particular, en las comisiones de semestre (coordinación horizontal) y, sobre todo, en las de materia (coordinación vertical), cuya aportación será una de las claves para adaptar el desglose de asignaturas en la optatividad a las necesidades del grado.

FICHA DE MATERIA

Materia	Enseñanza de las matemáticas
Módulo	Optativas
Créditos	42 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
Horas de trabajo	1134 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
Semestres	7, 8
Competencias	CG2, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7, CE8

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Distinguir el aprendizaje significativo y describir metodologías de enseñanza de las matemáticas que lo producen.
- Conocer y transmitir diferentes técnicas de resolución de problemas matemáticos.
- Conocer la evolución y el desarrollo de las matemáticas desde la antigüedad hasta la actualidad.
- Conocer la fundamentación de las matemáticas y los problemas filosóficos asociados a las matemáticas.
- Emplear la matemática recreativa como elemento motivador del estudio de las matemáticas.
- Resolver y analizar problemas recreativos que supusieron un hito en el avance de las matemáticas.
- Usar la papiroflexia, el origami, las construcciones arquitectónicas y elementos de la geometría manipulativa como herramientas para la enseñanza de la geometría.
- Usar la tecnología a través de aplicaciones como GeoGebra, las placas de Arduino, la impresión 3D y la robótica para la enseñanza de las matemáticas.
- Usar los juegos, los talleres lúdicos y la gamificación para la enseñanza en matemáticas.
- Demostrar propiedades de figuras en los contextos de las geometrías euclídea, hiperbólica y esférica.
- Realizar construcciones geométricas utilizando regla y compás.
- Manejar conceptos como cantidad, forma, cambio, patrones, dimensión e incertidumbre.
- Argumentar la necesidad de la divulgación de la ciencia como parte de la cultura.
- Desarrollar y utilizar adecuadamente la comunicación oral y algunas otras técnicas comunicativas.
- Relacionar la tecnología que se usa de forma cotidiana con la matemática que hay tras ella.

Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Recursos tecnológicos para la enseñanza de las matemáticas: asistentes matemáticos, herramientas de evaluación usando asistentes matemáticos, generación automática de pruebas y tests, creación de vídeo, impresión 3D. ◦ Educación matemática: estrategias de resolución de problemas, materiales y recursos educativos, gamificación, aprendizaje significativo, aprendizaje cooperativo y colaborativo, aprendizaje por proyectos, evaluación del aprendizaje, razonamiento matemático. ◦ Historia de las matemáticas: matemáticas en distintas civilizaciones (Mesopotamia, Egipto, Grecia, India), geometría en el mundo griego, filosofía de las matemáticas, relación con la astronomía y otras ciencias, legado matemático del mundo árabe, matemáticas en la Edad Media, matemáticas en el Renacimiento, inicio de la matemática moderna, inicio del cálculo diferencial, inicio del cálculo de probabilidades, problemas históricos de matemáticas, matemáticas en el s. XX. ◦ Enseñanza de la geometría: geometría clásica, geometrías esférica e hiperbólica, construcciones con regla y compás, papiroflexia y matemáticas, disecciones de polígonos y sólidos, apps y juegos con base geométrica, recursos adicionales (Tangram, Stomachion, teorema de Pick). ◦ Matemática recreativa: los primeros libros y problemas de matemática recreativa (Fibonacci, Pacioli, Bachet de Meziriac), retos matemáticos en la prensa (Dudeney, Loyd), la columna de juegos matemáticos de Martin Gardner, puzzles mecánicos, magia matemática. ◦ Comunicación y divulgación de la ciencia: técnicas de presentación oral, organización de ferias científicas, redacción de artículos, divulgación frente a educación no formal, difusión de las matemáticas: impacto, organización de eventos divulgativos. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	210 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	252 h
AF3: Actividades de evaluación	42 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	630 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 50 %
Prácticas (SE5)	0 % – 50 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

Se recoge a continuación un desglose en siete asignaturas de esta materia en el que se atribuyen 6 ECTS a cada una de ellas: (i) Recursos tecnológicos, (ii) Didáctica de las matemáticas, (iii) Resolución de problemas, (iv) Historia de las matemáticas, (v) Enseñanza de la geometría, (vi) Matemática recreativa, (vii) Comunicación y divulgación.

Cabe mencionar sin embargo, que existen otros posibles desgloses igualmente adecuados que podrían contemplarse en el futuro, en la medida en que lo aconseje el proceso de seguimiento del grado establecido en su plan de calidad (véase capítulo 9). Este seguimiento debe ser realizado por la Comisión de Coordinación y Calidad de la titulación

apoyándose, en particular, en las comisiones de semestre (coordinación horizontal) y, sobre todo, en las de materia (coordinación vertical), cuya aportación será una de las claves para adaptar el desglose de asignaturas en la optatividad a las necesidades del grado.

FICHA DE MATERIA

Materia	Matemática fundamental avanzada
Módulo	Optativas
Créditos	42 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
Horas de trabajo	1134 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
Semestres	7, 8
Competencias	CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7, CE8

Resultados de aprendizaje

Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:

- Distinguir las nociones de variedad topológica y variedad diferenciable.
- Interpretar un campo tangente como flujo de la variedad.
- Distinguir y manejar correctamente la derivada covariante y la derivada de Lie.
- Manejar con soltura los tensores de torsión y curvatura.
- Aplicar los conocimientos aprendidos al estudio de variedades de curvatura constante.
- Identificar ejemplos sencillos de grupos de Lie y calcular sus álgebras de Lie correspondientes.
- Distinguir las nociones de inmersión y submersión.
- Manejar con soltura la noción de transversalidad en el contexto de las subvariedades euclídeas.
- Enumerar familias de aplicaciones (tipos de propiedades) que son estables por isotopía.
- Enumerar familias de aplicaciones (tipos de propiedades) que son densas en el espacio de aplicaciones diferenciables.
- Identificar funciones de Morse, determinar sus puntos críticos y relacionarlos con la topología de la variedad, especialmente en el caso de superficies.
- Manejar los teoremas de Stokes y Gauss-Bonnet en el contexto general de las variedades diferenciables.
- Calcular el grupo fundamental de espacios topológicos, haciendo uso del teorema de Seifert-Van Kampen.
- Poner ejemplos de espacios recubridores.
- Construir el levantamiento de aplicaciones cuando sea posible, examinando dicha posibilidad en términos de los grupos fundamentales.
- Calcular explícitamente los grupos de homología de algunos de espacios topológicos.
- Distinguir espacios topológicos, especialmente variedades, mediante cálculos y/o argumentos homológicos.
- Aplicar la teoría de homología persistente al análisis de datos en ejemplos sencillos.
- Operar con anillos e ideales y módulos.
- Distinguir las propiedades de finitud de anillos y módulos noetherianos.
- Interpretar computacionalmente el concepto de base de Groebner.
- Interpretar las componentes primarias, la dependencia entera y la factorización de ideales en el contexto de la teoría de números y de la geometría algebraica.
- Identificar la correspondencia entre ideales y variedades afines.
- Identificar objetos geométricos dados por ecuaciones polinómicas y relacionarlos con conceptos de álgebra conmutativa.
- Identificar propiedades globales y locales de curvas algebraicas y propiedades de curvas algebraicas según el cuerpo base.
- Relacionar el concepto de variedad proyectiva con otros tipos de variedades.
- Conectar la geometría y la topología de curvas.
- Aplicar la teoría de curvas algebraicas sobre cuerpos finitos a la construcción de criptosistemas y de códigos detectores/correctores de errores algebro-geométricos.
- Enunciar, demostrar y aplicar resultados relativos a la convergencia, factorización y aproximación de funciones holomorfas.
- Deducir propiedades analíticas y/o geométricas de aplicaciones conformes. Encontrar aplicaciones conformes entre dominios planos.
- Expresar funciones enteras con un conjunto de ceros prefijado y/o determinar su orden de crecimiento. Relacionar las propiedades de crecimiento y rango de funciones holomorfas.
- Interpretar una curva algebraica como superficie de Riemann compacta.
- Calcular el género de una superficie de Riemann dada por una curva algebraica o definida por la acción del grupo modular.
- Identificar las funciones meromorfas de una superficie de género uno con las funciones meromorfas doblemente periódicas del plano. Determinar cuándo dos toros complejos dan lugar a superficies de Riemann isomorfas.
- Mostrar la correspondencia entre superficies de Riemann, curvas algebraicas y grupos Fuchsianos.

Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Geometría diferencial: repaso de variedades. Variedad riemanniana y conexión de Levi-Civita. Curvatura. Geodésicas y aplicación exponencial. Estudio de hipersuperficies de curvatura constante. Introducción a los grupos de Lie y conexiones en fibrados principales. Holonomía. ◦ Topología diferencial: fundamentos (inmersiones, submersiones, isotopías, transversalidad, estabilidad y densidad). Teorías de intersección y aproximación. Introducción a la teoría de Morse. Integración sobre variedades y cohomología de De Rham. Teoremas de Stokes y Gauss-Bonnet. ◦ Topología algebraica: repaso del grupo fundamental y del teorema de Seifert-Van Kampen. Espacios recubridores y grupo fundamental. Complejos simpliciales y celulares. Grupos de homología. La sucesión exacta de Mayer-Vietoris. Introducción a la homología persistente. ◦ Álgebra conmutativa: anillos, ideales y módulos. Cocientes. Álgebras. Anillos y módulos noetherianos y bases de Groebner. Localización, descomposición primaria, dependencia entera, anillos de valoración y dominios de Dedekind. Diccionario algebro-geométrico. Introducción a la teoría de la dimensión. ◦ Curvas algebraicas: geometría y topología a partir de polinomios con coeficientes en un cuerpo, curvas algebraicas afines y proyectivas, desingularización, teoría de intersección, equivalencia lineal de divisores, divisor canónico. Aplicaciones a la criptografía de curvas elípticas y a códigos algebro-geométricos. ◦ Análisis complejo: convergencia de sucesiones de funciones holomorfas. Aplicaciones conformes, automorfismos del disco unidad, teorema de la aplicación de Riemann. Productos infinitos y teoremas de factorización. Aproximación por funciones racionales. Funciones enteras. ◦ Superficies de Riemann: Superficies de Riemann, funciones meromorfas, grado e índices de ramificación. Superficie de Riemann de una curva algebraica. Topología de superficies compactas, fórmula de Hurwitz. Superficies de género uno, identificación entre toros complejos. Superficies de género mayor que uno, cocientes del disco por grupos Fuchsianos. Superficies cociente del semiplano superior por la acción del grupo modular. 	
Actividades formativas	
AF1: Lección magistral y clase de ejercicios	210 h
AF2: Clase práctica y seminario o taller	252 h
AF3: Actividades de evaluación	42 h
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	630 h
Sistemas de evaluación	
Participación y entregas evaluables (SE1, SE2, SE8)	0 % – 30 %
Exámenes (SE3, SE4)	0 % – 50 %
Prácticas (SE5)	0 % – 50 %
Proyectos individuales o por equipos (SE6, SE7)	0 % – 30 %

Se recoge a continuación un desglose en siete asignaturas de esta materia en el que se atribuyen 6 ECTS a cada una de ellas: (i) Geometría diferencial, (ii) Topología dife-

rencial, (iii) Topología algebraica, (iv) Álgebra conmutativa, (v) Curvas algebraicas, (vi) Análisis complejo avanzado, (vii) Superficies de Riemann.

Cabe mencionar sin embargo, que existen otros posibles desgloses igualmente adecuados que podrían contemplarse en el futuro, en la medida en que lo aconseje el proceso de seguimiento del grado establecido en su plan de calidad (véase capítulo 9). Este seguimiento debe ser realizado por la Comisión de Coordinación y Calidad de la titulación apoyándose, en particular, en las comisiones de semestre (coordinación horizontal) y, sobre todo, en las de materia (coordinación vertical), cuya aportación será una de las claves para adaptar el desglose de asignaturas en la optatividad a las necesidades del grado.

FICHA DE MATERIA

Materia	Prácticas académicas externas	
Módulo	Optativas	
Créditos	12	
Horas de trabajo	324	
Semestres	7, 8	
Competencias	CG1, CG2, CT1, CT2, CT4, CT6, CT7, CT8, CE1, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7, CE8, CE9, CE10	
Resultados de aprendizaje		
Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:		
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar los conocimientos, habilidades y destrezas adquiridos durante el proceso formativo en el desarrollo de una actividad de naturaleza similar a la que tendrá que realizar en su vida profesional en el ámbito de una empresa, entidad u organismo relacionado con las matemáticas. 		
Contenidos		
Desarrollo de una actividad de naturaleza similar a la que tendrá que realizar en su vida profesional en el ámbito de una empresa, entidad u organismo relacionados con las matemáticas.		
Actividades formativas		
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	100 %	
Sistemas de evaluación		
Evaluación de trabajos individuales	100 %	

La carga docente correspondiente a las prácticas externas será como máximo de 12 ECTS y se incluirán como materia optativa, a pesar de que hubiera sido deseable que fueran obligatorias. No obstante, y ante la imposibilidad de poder garantizar que todos los alumnos puedan realizarlas, se ha optado por incorporarlas al módulo de optatividad. En cualquier caso, se procurará extenderlas al mayor número posible de alumnos, dada su clara contribución a la mejora del perfil competencial de los egresados, al incremento de la tasa de empleabilidad, especialmente si se ubican en el último semestre del plan de estudios, o a facilitar la acreditación de títulos UPM respecto a otros de prestigio en la UE y en el mundo.

El Consejo de Gobierno de la UPM aprobó el 28 de febrero de 2013 la normativa que regula estas prácticas académicas externas y que se encuentra disponible en:

www.upm.es/UPM/NormativaLegislacion/LegislacionNormativa/NormativaAlumnos

Todo el proceso de gestión de las prácticas externas se tramita y puede ser seguido a través del portal del **Centro de Orientación e Información de Empleo** de la UPM (COIE).

FICHA DE MATERIA

Materia	Actividades universitarias acreditables	
Módulo	Optativas	
Créditos	6	
Horas de trabajo	162	
Semestres	7, 8	
Competencias	CG2, CT1, CT2, CT3, CT4, CT8	
Resultados de aprendizaje		
Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de: Realizar acciones propias de las actividades universitarias culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación.		
Contenidos		
Participación en actividades universitarias culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación.		
Actividades formativas		
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	100 %	
Sistemas de evaluación		
Reconocimiento de créditos según normativa		

El reconocimiento de créditos por actividades universitarias será como máximo de 6 créditos, y está sujeta a la normativa al respecto aprobada por el Consejo de Gobierno de la UPM el 31 de enero de 2013, disponible en:

www.upm.es/UPM/NormativaLegislacion/LegislacionNormativa/NormativaAlumnos

FICHA DE MATERIA

Materia	Trabajo de Fin de Grado	
Módulo	Trabajo de Fin de Grado	
Créditos	12	
Horas de trabajo	324	
Semestres	8	
Competencias	Todas las competencias del título	
Resultados de aprendizaje		
<p>Al finalizar con éxito la asignatura o materia, el estudiante será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un tema de matemáticas desde las definiciones iniciales de los conceptos y sus relaciones básicas hasta los resultados más relevantes en una secuencia lógica completa o plantear, resolver e interpretar un modelo matemático que describa algún aspecto cuantificable de un sistema real de interés en las aplicaciones. • Reunir armónicamente en el desarrollo de un tema de matemáticas o en la construcción de un modelo resultados y herramientas de diferentes áreas de las matemáticas. • Dividir un proyecto en partes simples de abordar y ordenarlas en fases. • Plasmar los resultados del proyecto en una memoria con las características de un texto matemático de nivel profesional. • Realizar una presentación oral de los resultados de su proyecto con las características de una presentación profesional de matemáticas. 		
Contenidos		
<p>Siguiendo la descripción del Libro Blanco, el TFG debe ser un proyecto individual de cada alumno, relacionado con las matemáticas, con trabajo esencialmente autónomo, y una importante aportación del estudiante.</p> <p>El contenido debe tener carácter integrador de las competencias adquiridas en el currículum del alumno y de síntesis de los resultados de aprendizaje obtenidos en diferentes asignaturas.</p>		
Actividades formativas		
AF3: Actividades de evaluación	2 h	
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	322 h	
Sistemas de evaluación		
Memoria escrita del TFG	50 %	
Exposición y defensa del TFG	50 %	

Es la mejor oportunidad para culminar varias competencias transversales, especialmente enfrentarse a un reto cuyos contornos no están bien definidos y en el que no se sabe a priori qué herramientas matemáticas serán de utilidad para su resolución así como la competencia de comunicación oral y escrita.

Capítulo 6

Personal académico y de administración y servicios

6.1. Profesorado disponible y necesario para llevar a cabo el Plan de Estudios

En el capítulo 1 de esta memoria se especifica que el Centro responsable administrativo del Grado en Matemáticas por la UPM será la Escuela Politécnica de Enseñanza Superior (EPES), si bien su docencia se impartirá en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB). Con los medios humanos que constituyen el personal académico disponible para el grado que se exponen a continuación, los relativos a personal de administración y servicios descritos en la sección 6.2, así como con los medios materiales que se detallan en el capítulo 7 de esta memoria, se podrá garantizar plenamente la calidad de la formación integral del estudiante.

En la docencia de la futura oferta formativa que aquí se plantea participarán los cinco departamentos de matemática aplicada existentes en la UPM, que tienen una estructura transversal con secciones departamentales en trece centros (tabla 6.1) y que totalizan una cifra disponible de personal docente e investigador (PDI) de 225 profesores. Su distribución por categoría en los departamentos implicados se muestra en la tabla 6.2. Asimismo, dado el carácter intercentros de los departamentos y el contenido multidisciplinar del grado, también podrá participar profesorado de otros departamentos de la UPM, cuando así lo requiera la materia impartida y así lo acuerden sus correspondientes consejos de departamento. Especial mención merecen en este sentido, las unidades docentes de Estadística existentes en la UPM, así como todo el profesorado que está impartiendo docencia en asignaturas de las áreas de conocimiento propias de un grado en matemáticas, pero que no están adscritos a los cinco departamentos mencionados.

Abundando en lo expuesto en el párrafo anterior, se enumeran a continuación los 39 planes de estudio de grado en que los cinco departamentos de matemática aplicada de la UPM tienen asignada la docencia de las materias de matemáticas:

DMATIC: Grado en Ingeniería de Computadores, Grado en Ingeniería del Software, Grado en Sistemas de Información, Grado en Tecnologías para la Sociedad de la Información, Grado en Ciencias de los Datos e Inteligencia Artificial, Grado en Ingeniería y Sistemas de Datos, Grado en Ingeniería Electrónica de Comunicaciones, Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Grado en Ingeniería de

<p>Matemática Aplicada a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (DMA-TIC) con sedes en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación (ETSIT) • Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos (ETSIINF) • Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos (ETSISI) • Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación (ETSIST)
<p>Matemática Aplicada (DMA) con sedes en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSA) • Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) • Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural (ETSIMFMN) • Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSE)
<p>Matemática Aplicada a la Ingeniería Industrial (DMAII) con sedes en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) • Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial (ETSIDI)
<p>Matemática e Informática Aplicadas a las Ingenierías Civil y Naval (DMIAICN) con sedes en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) • Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales (ETSIN)
<p>Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial (DMAIA) con sede en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (ETSIAE)

Tabla 6.1: Departamentos de Matemática Aplicada de la UPM, centros en los que tienen secciones departamentales y respectivos acrónimos.

Sonido e Imagen, Grado en Ingeniería Telemática, Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, Grado en Ingeniería Biomédica, Grado en Ingeniería Informática, Grado en Matemáticas e Informática.

DMA: Grado en Biotecnología, Grado en Ciencias Agrarias y Bioeconomía, Grado en Ingeniería Agrícola, Grado en Ingeniería Agroambiental, Grado en Ingeniería Alimentaria, Grado en Fundamentos de la Arquitectura, Grado en Edificación, Grado en Administración y Dirección de Empresas, Grado en Ingeniería Forestal, Grado en Ingeniería de Tecnologías Ambientales, Grado en Ingeniería del Medio Natural.

DMAII: Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, Grado en Ingeniería Química, Grado en Ingeniería de Organización, Grado en Ingeniería Eléctrica, Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, Grado en Ingeniería Mecánica, Grado en Ingeniería Química, Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto.

DMIAICN: Grado en Ingeniería Civil y Territorial, Grado en Ingeniería de Materiales. Grado en Administración y Dirección de Empresas, Grado en Arquitectura Naval, Grado en Ingeniería Marítima.

DMAIA: Grado en Ingeniería Aeroespacial, Grado en Gestión y Operaciones del Transporte Aéreo.

Departamento Centro	C.U.	T.U.	T.U. Interino	C.E.U.	T.E.U.	T.E.U. Interino	C.D.	Ay.D.	Ay.	Asoc.	Colab.	Emér.	Total
DMATIC	ETSIT	4	8				4	3			1		20
	ETSIINF	2	10				2	3	1		2		20
	ETSISI		5		5			3					13
	ETSIST		5				1	5		3	1		15
	TOTAL	6	28		5	5	7	14	1	3	4		68
DMA	ETSA		8		4			2		2	1	1	18
	ETSAAB	2	5		4		3			1			15
	ETSMFMN		5		1		2	1					9
	ETSE	1	1		1		4						7
	TOTAL	3	19		10	10	9	3	3	3	1	1	49
DMAII	ETSII	2	6			1	4	4	1	2	2	2	24
	ETSIDI		7	1	7		1	2					19
	TOTAL	2	12,5	1	7	1	5	6	1	2	2	2	42,5
	DMAIACN	ETSIIICCP	3	8				3	3	2	1		
ETSIN		1	2				1	2		1			7
TOTAL		4	10				4	5	2	2			27
DMAIA	ETSIAE	4	15	1	3		7	3	2	3			38
	TOTAL	19	85	2	25	1	32	31	6	13	7	3	225

Tabla 6.2: Profesorado disponible en el conjunto de departamentos de Matemática Aplicada de la UPM clasificado por secciones departamentales. Los acrónimos figuran en la tabla 6.1

Además de las materias de matemáticas clásicas de todas las ingenierías, los cinco departamentos tienen docencia asignada en al menos una de las siguientes asignaturas o materias: Programación, Cálculo Numérico y Estadística. En particular, sin ser exhaustivos, a continuación se detallan algunas de las asignaturas de esas materias impartidas por los departamentos.

- DMATIC imparte docencia en las siguientes asignaturas:
 - Matemáticas de la Especialidad (contenidos de Cálculo Numérico para algunas de las especialidades)
 - Probabilidad y Estadística (2º de GIC, 2º de GIS, 2º de GISI, 2º de GTSI, etc.)
- DMA imparte docencia en las siguientes asignaturas:
 - Informática y Modelización Matemática (2º de GIF y 2º de GIMN)
 - Cálculo Numérico y Programación (2º de GIA)
 - Estadística (1º de GIMN, 2º de GIF, 2º de GITA, 2º de GE y 3º de GIA)
- DMAII imparte docencia en las siguientes asignaturas:
 - Métodos Numéricos (1º de MUII)
- DMIAICN imparte docencia en las siguientes asignaturas:
 - Informática (1º de GAN y 1º de GIM)
- DMAIA imparte docencia en las siguientes asignaturas:
 - Informática (1º de GIA)
 - Cálculo Numérico (3º de GIA)
 - Estadística (2º de GIA y 1º de GyOTA)

Por último, cabe señalar que el espíritu del grado es atraer a profesores de la UPM (tanto de los departamentos de matemática aplicada como de otros departamentos) para que aporten su saber hacer en la aplicación de las matemáticas desde su conocimiento como ingenieros o físicos y para impartir asignaturas más transversales como, por ejemplo, Simulación y Modelización, Física, etc.

6.1.1. Previsión de PDI necesario y adecuación de la disponibilidad existente

Para calcular las necesidades docentes del Grado en Matemáticas por la UPM se debe tener en cuenta que es 50 el número de plazas que se ofertan cada curso académico. Por tanto, en cada año del grado, esto da lugar a la existencia de un grupo de teoría en el que desarrollar la actividad docente programada y dos grupos de prácticas, a cada uno de los cuales se asignarán, como máximo, dos profesores. Como se detalla en el capítulo 5 de esta memoria, la dedicación de horas de prácticas en las asignaturas del grado se encuentran en una horquilla que va desde el 18 % al 50 % de las horas totales de presencialidad del alumnado que es, como máximo, de 12 horas por crédito. Con estos datos, la necesidad de dedicación presencial de PDI en las clases se encuentra

en una horquilla que va desde un mínimo de 4.500 horas hasta un máximo de 6.400, aproximadamente.

Aunque la asignación de profesores a cada asignatura es potestad de los departamentos y puede cambiar cada curso académico, con los datos de disponibilidad actuales (véase la tabla 6.2) se ha hecho una estimación del PDI que participará *de facto* en la docencia de la titulación. Esta estimación, hecha por categoría, figura en la tabla 6.3 en la que, a título orientativo, también se recoge la dedicación y el número de sexenios y quinquenios que cada categoría aporta. Como se puede observar la mayoría de la docencia que se impartirá en la titulación está desarrollada por profesorado con vinculación permanente a la Universidad: 10,4% Catedráticos de Universidad, 34,4% profesores Titulares de Universidad, 11,2% de profesores Titulares de Escuela Universitaria y 14,4% profesores Contratados Doctor. Ha quedado fuera del cálculo la asignación de la tutorización de TFG o de las prácticas académicas externas, ya que es difícil realizar una asignación a priori a estas tareas.

Categoría académica	Núm. de profesores	Tiempo completo	Tramos docentes	Tramos investigación
Catedrático de Universidad	13	13	62	50
Titular de Universidad	43	43	182	78
Titular de Escuela Universitaria	14	14	31	–
Contratado Doctor	18	18	10	42
Ayudante Doctor	19	19	–	–
Ayudante	6	6	–	–
Asociado	12	6	–	–

Tabla 6.3: Profesorado que se considera suficiente para el desarrollo de la docencia del grado.

De la información contenida en la tabla 6.3 se desprende que se cuenta con capacidad docente suficiente para hacer frente a la oferta formativa prevista. En este sentido, considerando que el PDI con dedicación a tiempo completo puede asumir una carga lectiva presencial máxima de 8 horas/semana y el PDI con dedicación a tiempo parcial de 3 a 6 horas/semana, la capacidad docente total del profesorado que figura en la tabla 6.3 se sitúa en 25 440 horas/año, aproximadamente. Dadas las necesidades docentes del Grado que se han estimado anteriormente, la horquilla de dedicación del PDI a este título de grado estará entre el 17% y el 25% (entre el 8 al 12% si se considera la capacidad docente total que se deduce de la tabla 6.2), lo que permite atender las necesidades docentes de la oferta formativa prevista. En estas condiciones para la puesta en marcha del grado (dos primeros cursos) no se estima necesario disponer de recursos adicionales a los existentes en la UPM, siendo suficiente, en su caso, cubrir las posibles vacantes de PDI (y también de PAS) que se vayan generando de acuerdo a la normativa vigente.

De los datos que se han aportado hasta ahora se puede concluir que, con el PDI contemplado, la UPM cuenta con la mayor parte de los recursos para desarrollar con éxito el programa formativo propuesto. Además, como queda justificado en el apartado siguiente, el personal de la UPM puede cubrir con solvencia las asignaturas básicas y troncales y las correspondientes a las materias optativas de último curso, que podrán ser asumidas por profesorado con dilatada experiencia y un curriculum docente e investigador interdisciplinar muy cualificado en los distintos temas que estas materias contemplan.

6.1.2. Capacitación e idoneidad del profesorado

El PDI previsto para la enseñanza del Grado en Matemáticas por la UPM posee una formación muy amplia en todas las materias propias de una oferta formativa de este tipo, tanto desde el punto de vista docente como en lo que se refiere a investigación. Esta formación viene avalada por su dilatada experiencia en la participación en otras titulaciones de grado y máster ofertadas por la UPM y, por tanto, muy relacionadas con la ingeniería. Es también destacable la relación con empresas de diversos sectores con intereses en la modelización matemática. Este hecho garantiza una enseñanza de calidad con un enfoque pluridisciplinar muy amplio que vertebra el grado en torno a la aplicación de las matemáticas, necesariamente compatible con una formación conceptual rigurosa y sólida; precisamente este tipo de formación es lo que hace singular la oferta que aquí se presenta y que ha motivado la creación de un Grado en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid.

Experiencia docente en otras titulaciones de grado o máster

El profesorado de los cinco departamentos de matemática aplicada de la UPM participa con docencia en matemáticas en la práctica totalidad de los más de 35 grados que se ofertan en las trece Escuelas Técnicas Superiores en los que poseen secciones departamentales (véase la tabla 6.1), así como en la mayoría de las más de 40 titulaciones de máster y postgrado ofertadas también por las mencionadas escuelas. La descripción detallada de la docencia de todas estas titulaciones y de la que corresponde a cada departamento de matemática aplicada, se puede encontrar de forma sencilla en las páginas web tanto de las escuelas como de los departamentos, que son de fácil acceso y no detallamos aquí.

Por otra parte, cabe mencionar que la implantación de los nuevos títulos en el marco de las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha supuesto un cambio importante en la metodología de enseñanza-aprendizaje. Consciente de la necesidad de impulsar este cambio, la Universidad Politécnica de Madrid ha promovido iniciativas orientadas a potenciar la innovación educativa a diferentes niveles (profesores, grupos y centros) mediante convocatorias anuales de ayudas para desarrollar proyectos de innovación educativa (véase <http://innovacioneducativa.upm.es/index.php>). El PDI de los departamentos de matemática aplicada involucrados en el grado ha participado activamente en dichas convocatorias desde hace tiempo y lo está haciendo en la actualidad. Como muestra importante, merece la pena mencionar el “botón” que supone el Grupo de Innovación Educativa radicado en la sección departamental de DMIAICN en la ET-SICCP (www1.camino.upm.es/matematicas/innovacion-educativa/grupos-innovacion-educativa/) y, en especial, el grupo (y los proyectos que desarrollan) que trabaja en Didáctica de la Matemática, que son la base para (y justifican plenamente) la materia optativa que el grado oferta en estos temas (véase el capítulo 5 de esta memoria).

Además, la UPM dispone del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE), que realiza una importante labor en la formación y actualización pedagógica del profesorado, y del Gabinete de Tele-educación (GATE) que presta un servicio de apoyo a profesores para la integración de las tecnologías en los procesos formativos. El GATE pone a disposición del profesorado de la UPM un equipo de trabajo que les facilita los recursos formativos necesarios para abordar actividades educativas a distancia por Internet o videoconferencia. Asimismo, el GATE desarrolla otra serie de actividades y servicios, entre las que

cabe destacar la evaluación permanente de plataformas de telenseñanza y los servicios y formación en el uso de herramientas de apoyo para facilitar la enseñanza mixta (*blended learning*) o el trabajo colaborativo para las actividades que se desarrollan en la UPM.

Experiencia investigadora

En lo referente a la actividad investigadora, el profesorado de los cinco departamentos de matemática aplicada de la UPM tiene un número total de sexenios reconocidos de 420. Por otra parte, participa activamente en 35 grupos de investigación consolidados reconocidos por la UPM que desarrollan una importante actividad investigadora, con un carácter eminentemente interdisciplinar, en muy diferentes ámbitos de conocimiento propios de las áreas de investigación tanto de las matemáticas como de la tecnología. La producción de estos grupos puede consultarse en el enlace www.upm.es/observatorio. Es oportuno listar aquí 15 de ellos, porque sus nombres ya permiten hacerse una idea cabal de lo que se acaba de mencionar y avalan la idoneidad investigadora del profesorado en lo que se refiere a las materias optativas que se ofertan en el último curso del grado. Esta es la lista:

- Acústica Arquitectónica
- Análisis y experimentación en mecánica de fluidos y combustión
- Dinámica y estabilidad no lineal en ingeniería aeroespacial
- Geometría y sus aplicaciones
- Grupo de análisis de decisiones y estadística
- Grupo de Biometría, Bioseñales, Seguridad y Smart Mobility
- Grupo de Modelización Matemática y Biocomputación
- Grupo de Simulación Numérica en Ciencias e Ingeniería
- Grupo de Sistemas Complejos
- Grupo de Sistemas Dinámicos, Aprendizaje y Control (SISDAC)
- Métodos y Aplicaciones Numéricas a la Tecnología Aeroespacial
- Modelización Matemática, Análisis y Simulación Aplicadas a la Ingeniería
- Modelos Matemáticos no Lineales
- Simulación Numérica de Fenómenos Naturales

Obviamente, esta actividad investigadora repercute en el programa formativo, dado que las metodologías y resultados que de ella se derivan son, en lo posible, incorporados por el profesor a aquel y, además, en una parte importante de los proyectos de investigación se incorporan alumnos como becarios, con el propósito de desarrollar su trabajo fin de grado.

Para una información más detallada, la actividad investigadora de los departamentos responsables de la docencia de este título puede consultarse en la Web a través del siguiente enlace [Observatorio UPM-Departamentos](#). En él se puede encontrar publicada toda la información por los siguientes criterios de búsqueda:

- Investigadores
- Estructuras de I+D+i
 - Grupos de Investigación
 - Departamentos UPM
 - Centros/Institutos I+D+i
 - Escuelas y Facultades
 - Cátedras Univ.-Empresa
 - Comparativas
- Actividad investigadora
 - Proyectos Internacionales
 - Artículos
 - Patentes UPM
 - Software UPM
 - Empresas UPM
 - Otras actividades
 - Memorias de investigación
- Innovación

Colaboración con empresas

Otro aspecto a tener en cuenta, como complemento necesario a la actividad docente e investigadora del PDI, especialmente en el ámbito de los estudios técnicos, es la relación de este con el mundo profesional a través de la explotación de resultados y transferencia de tecnología que se deriva de los proyectos de I+D+i, del trabajo en los grupos de investigación o, sencillamente, a través de los contratos que se establecen con empresas y organismos públicos y privados para llevar a cabo actividades o proyectos de asesoría técnica. La relevancia que el tratamiento matemático de problemas reales y su modelización ha adquirido en las últimas décadas ha convertido en algo natural el establecimiento de este tipo de relaciones universidad/industria/sociedad del profesorado con formación matemática y el PDI responsable del grado no es menos en este ámbito. De hecho, esta relación se produce fundamentalmente a través de los grupos de investigación mencionados en el apartado anterior, cuya actividad puede consultarse según se ha descrito y da fe de la amplia relación que estos, y por ende el propio profesorado del grado, mantienen con el mundo empresarial y la sociedad. Este tipo de actividad tradicionalmente incentivada por la UPM, además de acercar el profesorado a la realidad del mundo profesional, lo que le permite incorporar esa realidad al ámbito docente, desempeña un papel importante en el establecimiento de convenios de cooperación educativa entre la universidad y las empresas y organismos, que constituyen el marco adecuado para la realización de prácticas externas en empresas por parte de los alumnos, aspecto que cada vez tiene mayor relevancia en el programa formativo.

6.2. Personal de Administración y Servicios

En la tabla 6.4 se recoge el Personal de Administración y Servicios disponible para la implantación de la nueva titulación.

Categoría	Administración y servicios generales	Biblioteca	Servicios informáticos	Total
Funcionarios A1				
Funcionarios A2	5	4	2	11
Funcionarios B				
Funcionarios C1	7	4	4	15
Funcionarios C2	3			3
Funcionarios E				
Total funcionarios	15	8	6	29
Laborales A1	4			4
Laborales A2				
Laborales B1	1			1
Laborales B2	1			1
Laborales C1	21		3	24
Laborales C2	5			5
Laborales C3	4	4		8
Laborales D	7	2		9
Total laborales	43	6	3	52
Otro personal				
Totales	58	14	9	81

Tabla 6.4: Distribución del Personal de Administración y Servicios por servicios, categoría y nivel.

Se puede considerar que tanto la dotación de PAS en número, como la distribución entre los diferentes servicios en los que presta su apoyo, es adecuada a las necesidades del programa formativo propuesto.

En resumen, se dispone de los recursos humanos suficientes para hacer frente a las necesidades del programa formativo propuesto, por lo que no se considera necesario disponer de recursos adicionales a los existentes, siendo suficiente, en su caso, cubrir las posibles vacantes de PDI y PAS que se vayan generando.

6.3. Mecanismos para asegurar la igualdad entre hombres y mujeres y la no discriminación de personas con discapacidad

El centro responsable del futuro título, como todos los de la Universidad Politécnica de Madrid, dispone de los mecanismos adecuados para asegurar que la contratación del profesorado y del personal de apoyo se realiza atendiendo a los criterios de igualdad entre hombres y mujeres y de no discriminación de personas con discapacidad. A con-

tinuación se refiere la normativa en la que se apoyan dichos mecanismos y que puede consultarse en la página web www.upm.es.

- Criterios para convocar concursos de acceso a los que pueden concurrir profesores de la UPM habilitados para los cuerpos docentes universitarios.
- Reglamento para la contratación de personal docente e investigador en régimen laboral.
- Baremo a emplear en los procesos de selección de los profesores contratados.
- Normativa para la provisión de plazas de funcionarios interinos de los cuerpos docentes.
- Normativa para el nombramiento y la contratación de Profesores Eméritos de la UPM.
- Normativa para la contratación de profesores visitantes de la UPM.
- Reglamento de profesor “Ad Honorem” de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Ley 1/1986, de 10 de abril, de la Función Pública de la Comunidad de Madrid, Real Decreto 364/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento General de Ingreso del Personal al Servicio de la Administración General del Estado y de Provisión de Puestos de Trabajo y Promoción Profesional de los Funcionarios Civiles de la Administración General del Estado.
- Orden 1285/99, de 11 de mayo, por la que se aprueban instrucciones relativas al funcionamiento y actuación de los tribunales de selección en el ámbito de la Administración de la Comunidad de Madrid.

Esta normativa cumple con lo establecido en la legislación existente al respecto, que incluye:

- Ley 3/2007, de 22 de marzo, para la igualdad de mujeres y hombres.
- Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad.
- Real Decreto 2271/2004, de 3 de diciembre, por el que se regula el acceso al empleo público y la provisión de puestos de trabajo de las personas con discapacidad (publicado en el BOE de 17 de diciembre de 2004).
- Convención de Naciones Unidas sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer.

Capítulo 7

Recursos materiales y servicios

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) es el centro que facilitará a la Escuela Politécnica de Enseñanza Superior (EPES) los espacios necesarios para la docencia del Grado en Matemáticas por la UPM y para la organización de actividades formativas (jornadas, reuniones técnicas, actividades culturales, etc.), así como laboratorios, biblioteca, recursos informáticos y secretaría administrativa que incluye la atención al alumnado. La elección de esta escuela se fundamenta en el análisis de disponibilidad de espacios, recursos y medios materiales realizado junto con el equipo directivo de la ETSIAAB y encuentra su razón de ser en las dos circunstancias siguientes:

- (i) La ETSIAAB surge como consecuencia de la integración de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola, ambas pertenecientes a la Universidad Politécnica de Madrid, tal y como se recoge en la Orden 2479/2014 de 31 de julio de 2014 (BOCM de 19 de agosto), de la Consejería de Educación, Juventud y Deporte, por la que se autoriza la creación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas en la Universidad Politécnica de Madrid.
- (ii) En el curso 2020-2021 finaliza la docencia de dos grados, aunque no de la evaluación: el Grado en Ingeniería y Ciencia Agronómica y Grado en Tecnologías de las Industrias Agrarias y Alimentarias (la matriculación en estos dos grados se permitirá hasta el curso 2022-23, solo en asignaturas de cuarto curso).

A continuación se exponen los medios materiales y servicios que la ETSIAAB pone a disposición del presente título.

7.1. Aulas

La Tabla 7.1 muestra la disponibilidad total de aulas de la ETSIAAB y su distribución por tamaños.

Como puede apreciarse, se dispone de 67 aulas para docencia, con una capacidad total para 4123 alumnos y 12 aulas de informática, también empleadas para docencia, con una capacidad para 331 alumnos (20-30 puestos/aula). De las 34 aulas con más de 50 puestos, el tamaño varía ente las 60 y 100 plazas. Se dispone, además, de una gran aula con capacidad para 244 alumnos que se utiliza, fundamentalmente, para la realización de exámenes finales y para la organización de actividades formativas (jornadas,

Capacidad (Nº de puestos)	Nº de aulas de docencia	Nº de aulas de informática
10 – 30	18	11
31 – 50	15	1
> 50	34	0
Total	67	12

Tabla 7.1: Aulas para docencia en la ETSIAAB.

reuniones técnicas, actividades culturales, etc.) que precisen espacios grandes. También están disponibles aulas destinadas exclusivamente para trabajo cooperativo o aulas que, por el tipo de mobiliario, permiten la realización de dichas metodologías docentes.

Por otra parte, las características de estas aulas, en lo que se refiere a estado de conservación, funcionalidad, iluminación, climatización y equipamiento, son satisfactorias. Todas disponen de equipamiento suficiente para poder desarrollar en ellas las actividades presenciales previstas en el programa formativo de las materias que componen el plan de estudios.

Por su parte, las aulas de informática para uso docente están equipadas con *software* específico (entre otros, Visual Code, Wolfram Mathematica, Matlab, Maple, Statgraphics) utilizado en diferentes asignaturas de los vigentes planes de estudio, a los que se incorporarán nuevos programas que vayan surgiendo.

Tanto en cifras totales, como en distribución por tamaños, se cuenta con capacidad suficiente para cubrir las necesidades de la oferta formativa de grado propuesta, de acuerdo a las previsiones relativas al número de alumnos y de grupos, si bien será preciso continuar con el proceso de adaptación de algunas aulas y mejora en su equipamiento que permita disponer de un mayor número de espacios para trabajo cooperativo.

7.2. Laboratorios

La ETSIAAB dispone actualmente de 48 laboratorios con una capacidad total de 1044 plazas, siendo el tamaño medio de 20 plazas. Además de estos laboratorios se dispone de otros laboratorios destinados a investigación. Si bien el plan de estudios propuesto no prevé la realización de prácticas de laboratorio, no se descarta que en el futuro o de manera puntual se puedan utilizar estas instalaciones.

7.3. Biblioteca y fondos documentales

Actualmente, como consecuencia de la integración de dos centros con bibliotecas independientes, la ETSIAAB dispone de dos edificios destinados a biblioteca:

- La biblioteca del Edificio Agrícolas tiene una superficie de 1225 m² y capacidad para 258 puestos de lectura y 9 puntos de consulta de catálogo o bases de datos. En la actualidad la razón nº de alumnos matriculados/nº de puestos es de 1,6.
- La biblioteca del Edificio Agrónomos tiene una superficie de 2322 m², distribuida en tres plantas principales con una capacidad para 415 puestos de lectura, de libre acceso a los libros y a las revistas más recientes, y otra planta sótano que alberga los

fondos bibliográficos de consulta menos frecuente. También dispone de una sala para consulta de proyectos y tesis doctorales con 12 puestos, cinco salas de estudio en grupo con 73 puestos de lectura y una sala de videoconferencias. El número total de puestos de lectura es de 500, con una razón de 3,6 alumnos/puesto.

Los fondos bibliográficos y de publicaciones periódicas representan 89.061 monografías, 2.299 libros de fondo antiguo e histórico, 514 documentos audiovisuales, 2.980 mapas, acceso a la cartografía digital (mapas topográficos 1:25.000 y ortofotos 1:50.000), 616 CD/DVD, 387 películas cinematográficas, 6.977 proyectos fin de carrera y 2072 revistas, 1.100 tesis doctorales y acceso a bases de datos, normas UNE, revistas y libros a texto completo. Aunque la mayoría de estos fondos son de tema agronómico, es importante destacar que la biblioteca de la ETSIAAB tiene una de las mejores colecciones de textos matemáticos de la UPM.

A estos fondos se unen los fondos bibliográficos propios de cada uno de los cinco departamentos que participan en el grado, que en conjunto suponen un acervo muy completo desde el nivel de un primer curso hasta los niveles de investigación más avanzados. Todos estos fondos están catalogados y son accesibles a cualquier alumno de la UPM.

Si bien puede que actualmente la biblioteca de la ETSIAAB no disponga físicamente de un fondo bibliográfico propio del Grado en Matemáticas, este se irá actualizando según las necesidades del grado. Además se puede contar con el préstamo intercentros, lo que amplía enormemente el número de títulos disponibles.

Por ello se puede afirmar que los fondos bibliográficos y de publicaciones periódicas, por cantidad, calidad y accesibilidad son adecuados y suficientes para las necesidades del programa formativo.

Además, el acceso a las publicaciones electrónicas y a las bases de datos se efectúa de forma centralizada a través de la UPM (Catálogo informatizado, IBISTRO y Servicio de Coordinación de Bibliotecas), siendo una herramienta muy útil para alumnos y profesores. La actualización y renovación de los fondos bibliográficos se efectúa por responsables de la biblioteca mediante consulta al profesorado (bibliografía recomendada en cada asignatura, opinión acerca de las novedades que se van produciendo, recepción de sugerencias o peticiones de adquisición).

La biblioteca, además de ampliar su horario de apertura en los periodos de exámenes, ofrece otros servicios al usuario como consulta en línea del catálogo, bases de datos y publicaciones electrónicas, préstamo inter-bibliotecario, préstamo de ordenadores portátiles, calculadoras gráficas y lectores de documentos electrónicos, información bibliográfica y atención al usuario.

7.4. Otros recursos y servicios

Con relación a los servicios en red, la Universidad Politécnica de Madrid, a través del Vicerrectorado de Servicios Tecnológicos, gestiona los distintos servicios de acceso a la información, tanto en lo referente a medios informáticos y redes telemáticas como al acceso a recursos bibliográficos en sus distintos formatos.

Los medios informáticos y audiovisuales de apoyo a la docencia son gestionados a través del Gabinete de Tele-Educación (GATE), tanto en lo relativo a la gestión como en la adecuación a su utilización para la docencia. Actualmente la UPM pone a disposición

del personal docente y los alumnos un amplio abanico de servicios y herramientas dirigidos a la tele-enseñanza como, por ejemplo, la plataforma de aprendizaje *Moodle*, la herramienta de tele-conferencia *Skype Empresarial* o la plataforma de trabajo colaborativo *Microsoft Teams*.

Los servicios informáticos también disponen de una herramienta que permite al profesorado la reserva de aulas y portátiles. El resto de los servicios como son: i) gestión del correo electrónico del personal y alumnos; ii) gestión de redes virtuales; iii) gestión de acceso remoto a los servicios UPM y iv) otros servicios de red, son gestionados directamente por la UPM a través del Vicerrectorado antes indicado.

Actualmente todas las aulas disponen de proyectores y acceso a la red. Del mismo modo, en todas las dependencias se dispone de acceso a la red inalámbrica segura Eduroam UPM.

Finalmente, se dispone de recursos materiales y servicios que también son importantes para el desarrollo del programa formativo: secretarías de dirección y de alumnos, indispensables para todo lo relacionado con los procesos de gestión académica, servicio de reprografía y publicaciones, gabinete de informática, salón de actos, sala de juntas y salas de reuniones, cafetería, asociaciones de alumnos, etc.

En resumen, la ETSIAAB dispone de recursos materiales y servicios adecuados para el desarrollo del programa formativo ofertado, prestando especial atención al cumplimiento de los criterios de accesibilidad universal y diseño para todos, según lo dispuesto en la Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad. En el Sistema de Garantía Interna de Calidad se incluyen dos procedimientos que establecen la manera en la que se gestionan los recursos y servicios:

- PR/SO/003 Procedimiento para la Gestión de los Servicios.
- PR/SO/004: Procedimiento para la Gestión de los Recursos Materiales.

7.5. Convenios de colaboración con empresas: Prácticas externas

Uno de los valores añadidos importantes que presenta el Grado en Matemáticas por el hecho de ser por la UPM es la posibilidad de realizar prácticas externas en empresas en el cuarto curso del grado. Se trata de un servicio muy arraigado en la UPM que tiene firmados convenios específicos de colaboración con un buen número de empresas, algunas de las cuales son: RED Eléctrica, Commerce & Resources, Office of Architecture (OAB), INDRA, ENEL Green Power, Renfe, Elecnor SA, Nagravision Iberica SL, FIBRATEL SL, RCR Aranda Pigem Villalta Arquitectes, Acciona Infraestructuras y servicios, INITEC, Plantas Industriales, ICONSA SL, SOMMER Antriebs, Deloitte, Centro de Investigaciones energéticas (CIEMAT), Cibermultipoliza SL, entre otras.

Cabe mencionar que se están manteniendo ya contactos con estas y otras empresas para establecer nuevos convenios o mejorar los ya existentes para el alumnado del grado que se podrán concretar cuando este comience su singladura.

En lo que se refiere a la gestión de esta actividad, correrá a cargo de la EPES, como centro de impartición del grado y responsable de la custodia de expedientes y de la gestión administrativa para los estudiantes.

7.6. Servicios de movilidad internacional: Programación e intercambio de estudiantes

La importante oferta en movilidad internacional que presenta el grado se asienta inicialmente en la ya existente y muy consolidada que existe en las trece escuelas de la UPM en las que los departamentos de matemática aplicada tienen sede (véase la sección 6.1 de esta memoria). En el Campus de Excelencia Internacional existen convenios y se mantienen intercambios con más de doscientas instituciones europeas pertenecientes al programa Erasmus+, a las que cabe añadir (aunque en menor número) los convenios de intercambio de estudiantes que ya existen con Sudamérica, EEUU y Canadá, Oriente Medio, África o el sudeste asiático. Naturalmente, ya se están llevando a cabo contactos específicos con varias instituciones (entre ellas las de referencia que se citan en la memoria) para desarrollar convenios adaptados y, por tanto, de especial interés para los estudiantes de un grado en matemáticas con la vocación aplicada que tiene el que aquí se presenta. Como en el caso de las empresas que se menciona en la sección anterior, estos nuevos convenios o los ya existentes adaptados de forma adecuada se podrán concretar cuando el grado comience su singladura.

Como ocurre con lo comentado en la sección anterior, la gestión de esta movilidad correrá a cargo de la EPES, como centro de impartición del grado y responsable de la custodia de expedientes y de la gestión administrativa para los estudiantes.

Capítulo 8

Resultados previstos

8.1. Valores cuantitativos estimados para los indicadores y su justificación

La tabla 8.1 presenta las estimaciones de las tasas de graduación, abandono y eficiencia para el Grado en Matemáticas de la UPM.

Tasa	Estimación
Graduación	60 %
Abandono	20 %
Eficiencia	85 %

Tabla 8.1: Estimación de las principales tasas para el Grado en Matemáticas de la UPM.

Para elaborar estas estimaciones, carecemos, como suele ser el caso, de valores de registros históricos referidos a titulaciones del mismo contenido, ya que la Universidad Politécnica de Madrid no ha impartido anteriormente grados o licenciaturas en Matemáticas.

Por ello hemos tomado como referencia los valores propuestos en las memorias de verificación de grados en Matemáticas de universidades que, por su realidad y su entorno socioeconómico, nos parecen más cercanas a la Universidad Politécnica de Madrid. Por ejemplo, la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad Politécnica de Cataluña, o la reciente propuesta de la Universidad Politécnica de Valencia.

Las tres primeras universidades citadas verificaron sus titulaciones entre 2008 y 2009 y proponen tasas de abandono de un 30 % (35 % la UAM); tasas de eficiencia del 80 % (88 % la UPC); y tasas de graduación del 50 % (40 % la UCM).

Cabe señalar que la demanda de los estudios en Matemáticas ha crecido de manera extraordinaria desde entonces: en la Comunidad de Madrid, las notas de corte para el grado en Matemáticas han pasado del 5.00 en 2009, a estar en el entorno del 7.00 en 2014 y en el entorno del 12.50 en las últimas convocatorias. Es por ello que creemos que la mejor preparación de los estudiantes admitidos, consecuencia de la elevada demanda, justifica unas previsiones más optimistas. En esta misma línea está la actual propuesta de Grado en Matemáticas de la UPV, que propone tasas de graduación del 50 %, abandono del 15 % y eficiencia del 90 %.

En todo caso, se realizará un seguimiento plurianual de los resultados académicos para monitorizar y, en su caso, corregir las tasas de rendimiento académico anunciadas en esta memoria, por medio de los mecanismos previstos en el capítulo 9 de esta memoria.

Capítulo 9

Sistema de garantía interno de calidad del título

El Sistema de Aseguramiento Interno de Calidad (SAIC) de todas las titulaciones adscritas a la Universidad Politécnica de Madrid corresponde al SGIC-UPM 2.1, que está compuesto por 31 procesos, de los cuales en este grado solo se incorporarán algunos. Este sistema constituye una evolución del SGIC-UPM 2.0 que se ha visto modificado para ampliar el alcance de la garantía interna de calidad a todos los títulos que se imparten en la universidad, no solo de los grados y másteres, sino también de los programas de doctorado, y ha sido optimizado en varias ediciones para adecuarse a las necesidades requeridas por los programas AUDIT, VERIFICA o el Proceso de Seguimiento de Títulos Oficiales. Además, incluye dos nuevos procesos PR/CL/009 Gestión de TFG/TFM (requisito explícito del Modelo SISCAL de la Fundación Madri+d) y el PR/SO/009 Elaboración, Revisión y Actualización del Sistema Documental.

El Sistema de Garantía Interna de la Calidad (SGIC) de los centros se diseña desde las respectivas Unidades de Calidad, teniendo en cuenta las consideraciones de la Comisión de Coordinación de Calidad de la UPM, y garantizando el cumplimiento de las directrices proporcionadas por la agencia evaluadora. Los objetivos básicos del SGIC de los centros de la universidad son garantizar la calidad de todas las titulaciones de las que son responsables, revisando y mejorando siempre que se considere preciso sus programas formativos, con base en las necesidades y expectativas de los grupos de interés, a los que se tendrá puntualmente informados, y manteniendo permanentemente actualizado el propio SGIC.

9.1. Responsables del sistema de garantía de calidad del plan de estudios

Según el PR/ES/001: Elaboración y Revisión del Plan Anual de Calidad, en el SGIC se establece que el responsable del mismo es la Comisión de Coordinación y Calidad de la titulación, formada por las siguientes personas:

- Coordinador del programa oficial del grado,
- Secretario del programa oficial de grado,
- Adjunto al Coordinador para calidad y acreditaciones,

- Adjunto al Coordinador para ordenación académica,
- Adjunto al Coordinador para alumnado y extensión universitaria,
- coordinadores de semestre,
- un representante del PAS de la ETSIAAB,
- un representante de alumnos del Grado.

9.2. Procedimientos de evaluación y mejora de la calidad de la enseñanza y el profesorado

Los procedimientos para la recogida y análisis de la información sobre la calidad de la enseñanza y sobre los resultados del aprendizaje y el modo en que se utilizará esa información en la revisión y mejora del desarrollo del plan de estudios son los siguientes:

- PR/ES/001: Elaboración y Revisión del Plan Anual de Calidad.

Este procedimiento describe el proceso mediante el cual se establece y realiza el seguimiento del Plan Anual de Calidad (PAC). La Comisión de Calidad es la encargada de realizar su diseño y velar por su implantación. El PAC incorpora los objetivos y las correspondientes actuaciones de mejora, identificadas a partir del análisis de los resultados de los procesos del SGIC. Entre sus prioridades está el dar respuesta a las recomendaciones recogidas en informes de calidad como el de la renovación de la acreditación realizado por la Fundación Madri+d. El PAC es elaborado a partir del Informe de Titulación que recoge las mejoras propuestas en las diferentes asignaturas y en los Informes de Especialidad. Estas mejoras serán valoradas en la Comisión de Calidad que recogerá los acuerdos y definirá el PAC.

- PR/ES/002: Gestión de Títulos.

Al tratarse de una única titulación, el procedimiento de Gestión de Títulos describe el proceso mediante el cual se aborda el diseño, la modificación, verificación y la extinción del Título. Todas estas labores son responsabilidad de la Comisión de Ordenación Académica. En el caso de las modificaciones, la Comisión analiza las necesidades de la titulación y plantea las modificaciones convenientes para ser solicitadas a la Fundación Madri+d. En el caso de proponer una modificación que afecte sustancialmente al Plan de Estudios, esta modificación será elevada al Consejo de Gobierno para su análisis y, en su caso, aprobación. En cuanto al proceso de verificación, la Comisión de Ordenación Académica solicita la verificación del Título siguiendo las instrucciones proporcionadas por el Rectorado. Una vez comprobada que la documentación está completa, se envía dicha documentación a la Fundación Madri+d para su verificación, emitiendo ésta un informe al que se pueden presentar las alegaciones que estimen convenientes para posteriormente elaborar un informe final. Finalmente, en cuanto al procedimiento de la extinción de la titulación, en caso de tener que iniciar el proceso se cumplirían las directrices establecidas a nivel nacional e internas de la UPM para su ejecución.

- PR/ES/003: Seguimiento de Títulos Oficiales.

Este procedimiento establece las bases necesarias para asegurar un adecuado seguimiento de la implantación de la titulación, así como la recogida de información para facilitar la toma de decisiones que permitan la mejora continua de la calidad de la misma. El coordinador de cada asignatura elabora un informe académico de la asignatura y lo envía al coordinador del curso para su revisión y aprobación. Posteriormente, el coordinador de cada curso elabora un Informe revisando el agregado de los diferentes informes de las asignaturas. Finalmente el jefe de estudios elabora un Informe de la Titulación recogiendo las propuestas de los cursos proponiendo mejoras para la titulación. Todos estos informes son recogidos como evidencias del SGIC. Actualmente se dispone de una plataforma denominada Gauss que permite la elaboración de estos informes.

- PR/CL/001: Coordinación de las Enseñanzas.

El objeto de este procedimiento es describir el proceso de planificación, coordinación docente y difusión de la información de la titulación. La Comisión Académica elabora una propuesta de calendario y horarios que es trasladada por los coordinadores de los cursos al resto de profesores.

- PR/CL/002: Acciones de Orientación y Apoyo al estudiante.

Este procedimiento establece los mecanismos mediante los cuales se llevan a cabo las actuaciones dirigidas a ayudar y orientar a los alumnos en su proceso formativo, mediante el programa de Acción Tutorial. A través de la plataforma online se pondrá a disposición de los estudiantes información específica tanto de procesos generales como de convocatorias de actividades formativas complementarias de carácter voluntario. Todo estudiante que así lo solicite dispondrá de un tutor de titulación para el seguimiento de su desarrollo a lo largo del proceso formativo.

- PR/CL/007: Selección y Admisión de Estudiantes (perfiles).

Mediante este procedimiento se define cómo debe ser el perfil de ingreso de los alumnos que vayan a desarrollar sus estudios, de acuerdo con las posibles vías de acceso.

- PR/CL/008: Matriculación.

El objeto de este procedimiento es definir el proceso de matriculación de los alumnos que vayan a desarrollar sus estudios en la titulación de acuerdo con la normativa reguladora de la UPM. Los registros del proceso proceden del Vicerrectorado de Alumnos y hacen referencia a los datos de preinscripción de los solicitantes.

Finalmente, se hace referencia a los procedimientos del SGIC que regulan la recogida y el análisis de la información sobre el profesorado y el modo en que se utilizará dicha información en la revisión y mejora del desarrollo del plan de estudios (PE). También se incluyen los procedimientos correspondientes al Personal de Administración y Servicios (PAS), como grupo de interés que colabora en el desarrollo del PE. éstos son:

- PR/ES/005. Definición de la política del PDI.

- PR/SO/001. Gestión del PDI.

- PR/ES/006. Definición de la política del PAS.
- PR/SO/002. Gestión del PAS.
- PR/SO/003. Gestión de Servicios.
- PR/SO/004. Gestión de Recursos Materiales.
- PR/SO/007. DOCENTIA-UPM.

Todos estos procesos son propios de los centros a los que está adscrito el personal y donde se imparte la titulación y por tanto no son redefinidos en este SIGC.

9.3. Procedimiento para garantizar la calidad de las prácticas externas y los programas de movilidad

Los procedimientos para la recogida y análisis de la información sobre las prácticas externas y el modo en que se utilizará esa información en la revisión y mejora del desarrollo del plan de estudios son los siguientes:

- PR/CL/003. Prácticas externas.

Se establecerán convenios para la realización de prácticas externas en empresas y centros de investigación.

- PR/CL/004. Movilidad out.
- PR/CL/005. Movilidad in.

La movilidad será concebida como el reconocimiento y transferencia de créditos. Cabe pensar que podamos redactar convenios específicos con otras universidades para que nuestros alumnos/as puedan realizar parte de sus estudios de grado en otras universidades españolas. La Comisión académica, de acuerdo con lo recogido en la normativa de la UPM, tendrá competencias para seleccionar a los estudiantes para estancias de movilidad en otros centros o instituciones nacionales o del Espacio Europeo de Educación Superior, siempre bajo los principios de igualdad y concurrencia competitiva.

9.4. Procedimientos de análisis de la inserción laboral de los titulados y de la satisfacción con la formación recibida por parte de los egresados

Los procedimientos para la recogida y análisis de la información sobre la inserción laboral de los graduados y el modo en que se utilizará esa información en la revisión y mejora del desarrollo del plan de estudios son los siguientes:

- PR/CL/006. Orientación e inserción laboral.

El procedimiento de Orientación Académica comienza desde el principio. Una vez publicadas las listas de admitidos y contactados los estudiantes con las indicaciones

para realizar la matrícula, se les convoca a la Jornada de Acogida. En ella, además de darles la bienvenida, se les informa de los aspectos organizativos básicos.

La labor tutorial de cada estudiante viene definida por el programa de Acción Tutorial del Título. Según demanda de cada estudiante se asignará un profesor tutor que tendrá las funciones de asesorar, realizar un seguimiento del proceso formativo y servir de enlace con el equipo coordinador del grado. Se habilitará un espacio virtual donde estará disponible toda la información y procesos relacionados con el Plan de acción Tutorial de la Titulación.

La Orientación laboral se refuerza a través de actividades complementarias, generalmente voluntarias.

Para el análisis de inserción laboral, como se verá en el PR/SO/008. Sistemas de encuestación UPM, el Observatorio Académico de la UPM realiza informes anuales realizando encuestas a los recién egresados. Para completar esta información, periódicamente se realiza un estudio más exhaustivo que complementa la información de estos informes, debido a que dada la trayectoria profesional de los egresados, en muchas ocasiones requiere de un plazo mayor de un año para analizar su inserción laboral.

- PR/SO/005. Medición de la satisfacción e identificación de las necesidades.

El título tiene establecido un sistema de recogida de datos de los estudiantes. Se realizan dos encuestas, la primera va vinculada a la actividad docente y se aplica a la finalización de las asignaturas en la propia clase y por cada uno de los profesores que interviene en la asignatura según el modelo establecido en el PR/SO/007. DOCENTIA-UPM. Estos datos son procesados y se genera un informe que se envía al profesor para que pueda valorar cambios en la siguiente edición y los introduzca en su Informe de Asignatura. La segunda encuesta se realiza en el momento de solicitud del título cuando el estudiante ya ha realizado todo el proceso formativo y tiene una visión completa de la titulación. Estos informes son valorados en la Comisión de Ordenación Académica para tomar decisiones respecto a la siguiente promoción, incorporando estas medidas en el Informe de Titulación que realiza la función de Plan de Calidad.

- PR/SO/008. Sistemas de encuestación UPM.

Este procedimiento se lleva a cabo desde el Observatorio Académico de la UPM, que periódicamente recopila encuestas a todos los grupos de interés publicando informes de resultados periódicamente.

9.5. Procedimiento para el análisis de la satisfacción de los distintos colectivos implicados (estudiantes, personal académico y de administración y servicios, etc.) y de atención a las sugerencias y reclamaciones

Los procedimientos para la recogida y análisis de la información sobre la satisfacción de los diferentes colectivos implicados en el plan de estudios (estudiantes, personal académico y de administración y servicios) y el modo en que se utilizará esa información en la revisión y mejora del desarrollo del plan de estudios son los siguientes:

- PR/SO/005. Medición de la satisfacción e identificación de las necesidades.

Como se comenta en el apartado anterior, en el caso de los estudiantes se realizan dos encuestas de satisfacción en dos momentos clave, uno a la finalización de las asignaturas y otro a la finalización del grado. Para el resto de colectivos y debido al carácter interdepartamental de la titulación, se utilizan las evidencias obtenidas en el PR/SO/008. Sistemas de encuestación UPM, que analizan las valoraciones de los diferentes colectivos clasificándolas por centro.

- PR/SO/006. Gestión de Quejas, Sugerencias y Felicitaciones.

El objeto de este procedimiento es describir el proceso de gestión de todas las quejas, sugerencias y felicitaciones que se presenten en el Centro, asegurando que cada una de ellas es tratada por la unidad organizativa adecuada y que el interesado puede conocer el estado de gestión y la resolución de las mismas. Para la gestión de reclamaciones se dispone de una comisión asesora de reclamaciones de la titulación, publicada en la página web. Existe un modelo de solicitud que también está publicado en la página web en la sección de preguntas frecuentes junto con una breve explicación y un enlace a la normativa vigente. En cuanto a las sugerencias, se recogen específicamente en un apartado creado para tal fin en el Moodle genérico del grado y adicionalmente en la encuesta final de satisfacción. En el caso de las felicitaciones, igualmente existe un apartado en la encuesta final para recoger aquellos aspectos que más gustaron a los estudiantes. Adicionalmente, si se recibe algún correo electrónico de alumnos que espontáneamente contactan para compartir sus logros o expresar sus opiniones, estos son archivados para ser revisados por la Comisión de Calidad.

- PR/SO/008. Sistemas de encuestación UPM.

Como se ha comentado en los anteriores apartados este procedimiento se lleva a cabo desde el Observatorio Académico de la UPM, que periódicamente recopila encuestas a todos los grupos de interés publicando informes de resultados periódicamente que son analizados por la Comisión de Calidad para ser valorados en el PR/ES/001: Elaboración y Revisión del Plan Anual de Calidad.

9.6. Criterios específicos en el caso de extinción del título

La extinción del título puede venir motivada por dos diferentes vías: En el caso de que el Consejo de Gobierno de la UPM considere la necesidad de la extinción de un Título, se realizará la valoración y una vez aprobada la supresión del título lo elevará al Claustro para su conocimiento. Una vez iniciado el procedimiento se cumplirán las directrices establecidas a nivel nacional e internas de la UPM para su ejecución. La Fundación Madri+d podría considerar la extinción del título por dos causas:

- a. Necesidad de extinción por dictamen de que las modificaciones propuestas para el título inscrito suponen cambios en la naturaleza y objetivos del mismo.
- b. Necesidad de extinción porque un título no supera el proceso de acreditación previsto en el RD 1293/2007.

Tanto en a) como en b) esta decisión sería transmitida a la UPM que iniciaría el proceso descrito en la Vía 1.

9.7. Mecanismos para asegurar la transparencia y la rendición de cuentas

El procedimiento mediante el cual el Centro hace pública toda la información que se genera para el conocimiento de la comunidad universitaria y rendición de cuentas a los distintos grupos de interés es el siguiente:

- PR/ES/004. Publicación de la información.

La información específica sobre el título se presentará actualizada en la página web del grado. En ella se incluirán los siguientes apartados:

- Información con datos generales: composición de la Comisión de Ordenación Académica del itinerario, fechas relevantes, listado del profesorado, enlaces para formalizar la preinscripción y para conocer los datos de Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT) y sistema de calidad (SIGC) con los procesos que lo componen.
- Requisitos generales de acceso, diferentes vías de acceso y el perfil recomendado.
- Admisión y Gestión, que resume los criterios de admisión y ofrece una lista actualizada de los estudiantes admitidos. Adicionalmente, ofrece la información de matriculación y un apartado para la gestión de las actas de los Trabajos Fin de Grado.
- Plan de Estudios, que recoge la estructura del grado y el listado completo de asignaturas incluyendo sus datos, y con un enlace a las guías docentes y al entorno virtual.

- Calendario, donde se encuentran los horarios, la planificación detallada por semanas, las aulas y el listado de fechas relevantes en cuanto a exámenes, prácticas externas y Trabajos Fin de Grado.
- Preguntas frecuentes, mediante una lista con las preguntas más comunes y su respuesta detallada.
- Noticias, ordenando cronológicamente los eventos de interés más representativos para los estudiantes. Esta página es actualizada cada vez que se realiza un cambio que debe ser informado a los diferentes colectivos de interés siendo la principal herramienta de comunicación que refleja todas las decisiones tomadas por la Comisión de Ordenación Académica, manteniendo el historial de las diferentes versiones según el curso académico.

Capítulo 10

Calendario de implantación

El Plan de Estudios de Grado en Matemáticas de la UPM es nuevo en esta universidad y no sustituye a ningún otro título de la misma. Por ello su calendario de implantación es muy sencillo ya que no hay que compaginar su introducción con la extinción de otro título. La tabla 10.1 recoge el calendario previsto.

Primer curso	Implantación de los semestres 1 y 2. Primera admisión de estudiantes.
Segundo curso	Implantación de los semestres 3 y 4.
Tercer curso	Implantación de los semestres 5 y 6.
Cuarto curso	Implantación de los semestres 7 y 8. TFG. Primeros graduados.

Tabla 10.1: Calendario de implantación del Grado en Matemáticas de la UPM.

Apéndice A

Informes de evaluadores externos

Se recogen en este apéndice los informes de evaluación externa solicitados a tres profesores de reconocido prestigio nacional e internacional en el ámbito de la matemática aplicada y una persona de relevancia en el mundo empresarial (no académico):

- Profesor D. Alfredo Bermúdez de Castro, Catedrático en el Departamento de Matemática Aplicada de la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Santiago de Compostela.
- Profesor D. José Bonet Solves, Catedrático en el Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Profesor D. Amadeu Delshams i Valdes, Catedrático en el Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- D^a. Macarena Estévez Muñoz, Socia en Deloitte encargada del Área de *Analytics & Cognitive*.

**Grado en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid
(GeM-UPM)**

Informe de evaluación externa.

Autor: Alfredo Bermúdez de Castro. Catedrático de Matemática Aplicada. Universidad de Santiago de Compostela

1. Oportunidad y necesidad del grado.

(a) A nivel interno de la UPM.

El elevado número de profesores de las áreas de matemáticas en la UPM unido a la reducción de su carga docente permite una importante holgura en la capacidad docente que posibilita poner en marcha un Grado en Matemáticas con un incremento de gastos reducido

(b) En general (punto de vista externo a la UPM).

En lo últimos años, relacionado con el interés de las empresas por la inteligencia artificial y la ciencia de datos, así como por el diseño óptimo de dispositivos y procesos basado en la simulación numérica, existe una demanda de titulados de matemáticas que debería corresponderse con una mayor oferta de plazas en los estudios universitarios de grado y máster en matemáticas

2. Viabilidad

(a) Adecuación de los recursos disponibles.

Como se ha señalado, en la UPM existe un numeroso colectivo de profesores de las áreas de matemáticas (más de 220), distribuidos además de manera que cubren todas las disciplinas necesarias para impartir un programa de estudios de Grado de acuerdo con los requerimientos para su homologación. En este sentido cabe señalar la pluralidad de las áreas de investigación de los profesores de matemáticas de la UPM, debida a la diversidad de su procedencia.

(b) Adecuación a la demanda en la sociedad.

La sociedad demanda en la actualidad matemáticos para trabajar en diferentes ámbitos. Destacan, entre ellos, la inteligencia artificial y la ciencia de datos: temas como el aprendizaje automático (*machine learning y deep learning*), las redes neuronales, la optimización, la modelización basada en modelos mecánicos, la modelización basada en datos, la combinación de ambas, la simulación numérica, la optimización, el control óptimo, etc. son probablemente los temas más demandados por las empresas y las administraciones. Los primeros temas entre los que acabamos de citar estarían esencialmente cubiertos cubiertas por otras titulaciones propuestas recientemente para su implantación en la UPM; en concreto, el Grado en Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial y el Grado en Ingeniería de

Datos. Sin embargo, no ocurre lo mismo con el segundo grupo de temas: modelización, simulación, optimización y control que constituyen las áreas de especialización de la titulación que se propone, sin menoscabo del objetivo de cubrir los contenidos generalistas de un grado en matemáticas.

3. Calidad del proyecto.

(a) Desde el punto de vista de la formación que se propone.

El programa de estudios que se propone consta de 360 créditos distribuidos en cuatro cursos. De ellos los tres primeros incluyen las asignaturas básicas y obligatorias, mientras que el cuarto curso se formaría, exclusivamente, con asignaturas optativas, además del trabajo fin de grado (TFG). En primer lugar, el programa se adapta perfectamente a los requerimientos en vigor para la titulación del Grado en Matemáticas. Además, los contenidos de las materias propuestas son muy adecuados para conseguir una formación teórico-práctica de calidad. Complementariamente, el énfasis que se pone en las materias de modelización matemática apuntan a una especialización singular de la titulación.

La intensidad de las materias, su secuenciación y su estructuración son esencialmente correctas en opinión del autor de este informe. No obstante, se consideran procedentes los siguientes comentarios:

- La titulación propone una especialización singular: modelización y simulación. Estas disciplinas tienen hoy día dos orientaciones distintas aunque posiblemente complementarias: una basada en datos y otra basada en modelos mecanísticos de la física, la química, la economía, etc. Como la primera de ellas se supone cubierta por los dos grados propuestos y mencionados más arriba (Grado en Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial y el Grado en Ingeniería de Datos), se entiende que el énfasis se pone en los modelos mecanísticos que conducen, generalmente, a ecuaciones diferenciales ordinarias o en derivadas parciales; un tema que ocupa un espacio importante en el programa de estudios. Ahora bien, si se quiere hacer simulación numérica basada en este tipo de modelos es necesario conocer los métodos numéricos para resolver las correspondientes ecuaciones. La implementación en ordenador de estos métodos es el tercer pilar de la simulación numérica. Se puede argumentar que esta parte del trabajo corresponde a titulados en informática pero la experiencia práctica muestra la conveniencia de que las tres competencias: modelizar, definir métodos numéricos, programar métodos numéricos, sean asumidas por la misma persona; una formación que no es fácil de encontrar en el mercado de trabajo. Estratégicamente, se entiende que no se quiera intersecar excesivamente la titulación que se propone con el doble grado de Matemáticas e Informática ya

existente en la UPM, pero en opinión del autor de este informe, un graduado en matemáticas de la UPM debería saber programar con soltura algoritmos de resolución numérica de problemas de ecuaciones en derivadas parciales y optimización. Para ello sería conveniente incluir una materia donde el alumno aprendiese y practicara uno o preferentemente dos lenguajes de programación; tal vez uno interpretado (Python o Matlab) y otro compilado Fortran 2003 o C++, ambos en su versión de *orientación a objetos*.

- La modelización y la simulación de dispositivos o procesos es un primer paso para conseguir el diseño o el control óptimo de los mismos. Por ello, hoy día se habla no solo de modelización sino de MSOC (modelización, simulación, optimización y control). En este sentido, se echan en falta más créditos sobre métodos numéricos en optimización. Todo graduado debería, no solo tener una idea general de los algoritmos de optimización, sino también ser un usuario cualificado de software de optimización libre o comercial para utilizarlo combinado con simuladores de dispositivos o procesos.
- Un comentario general: las asignaturas optativas tienen gran importancia en el programa de estudios propuesto ya que con ellas (y con el TFG) se configura, exclusivamente, el cuarto curso (aproximadamente un 25% del total de créditos). Sin duda todos los contenidos de las asignaturas propuestas son interesantes y tienen cabida pero sería deseable una mejor estructuración de las mismas. Por ejemplo, una lista tentativa sería la siguiente:
 - Análisis funcional. Distribuciones. Aplicaciones a la ecuaciones en derivadas parciales.
 - Cálculo estocástico
 - Teoría de sistemas: Estimación (filtrado) y control.
 - Análisis de la señal
 - Inteligencia artificial. Machine learning. Redes neuronales
 - Programación orientada a objetos. (ej. Python. Fortran 2003).
- Otro comentario general: como universidad politécnica, la UPM tiene la enorme ventaja de disponer de titulaciones, y por tanto de asignaturas, de diferentes disciplinas científicas y tecnológicas. Si bien es cierto que esta ventaja se aprovecha indirectamente porque los profesores del grado que se propone aportan su experiencia de profesores de matemáticas en las titulaciones de ingeniería, no parece, sin embargo, que se esté sacando suficiente partido a esta ventaja competitiva. En consecuencia, la propuesta que se somete a consideración en este informe es la siguiente: *que se pueda elegir como optativa del cuarto curso "cualquier" asignatura impartida en la UPM*. Por esta vía el alumno escogería,

por ejemplo, un 50% del total de créditos optativos. El 50% restante tendrían que completarse con la lista específica de asignaturas optativas propias del Grado en Matemáticas que se incluyen en la propuesta analizada (sin perjuicio de lo comentado en el apartado anterior). La razón de esta propuesta es que se considera muy importante para la formación de matemáticos que pretenden incorporarse a las empresas, que conozcan desde el principio el “lenguaje de los ingenieros” con los que tienen que convivir y comunicarse; en particular, su forma de entender y manejar las matemáticas, generalmente bastante alejada de la enseñanza clásica en las facultades de matemáticas.

(b) Desde el punto de vista del personal con que se cuenta.

Como se ha apuntado, la UPM tiene una plantilla de profesores de matemáticas de más de 220 efectivos. Muchos de ellos son investigadores de reconocido prestigio en diversos ámbitos. Todo ello garantiza, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, la solvencia del proyecto

(c) Solidez (se satisfacen las necesidades apuntadas, se utilizan eficientemente los recursos con los que se cuenta, . . .).

La propuesta es, sin duda, una oferta sólida de grado en matemáticas. Por otra parte, es una forma muy adecuada de emplear la holgura que, según se dice en la memoria, tienen en la actualidad los profesores de matemáticas de la UPC. No obstante, insistimos en la conveniencia de utilizar también las asignaturas de otras enseñanzas ya existentes, como optativas del grado que se propone y de esa forma aprovechar una ventaja competitiva de la UPC que complementaría la formación de los estudiantes y constituiría una singularidad de la misma.

4. Carácter diferenciado del GeM-UPM: ¿Presenta la propuesta elementos diferenciadores y/u originales frente a otras propuestas de su entorno geográfico local/nacional/internacional.

Como se ha comentado más arriba, si bien el programa de estudios incluye los contenidos habituales de los grados clásicos en matemáticas, su orientación a la modelización constituye una especificidad de gran interés para el mercado de trabajo.

Santiago de Compostela, 3 de septiembre de 2020

**BERMUDEZ DE
CASTRO LOPEZ-
VARELA ALFREDO -
32382726Z**

Firmado digitalmente por BERMUDEZ DE
CASTRO LOPEZ-VARELA ALFREDO - 32382726Z
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES,
serialNumber=IDCES-32382726Z,
givenName=ALFREDO, sn=BERMUDEZ DE
CASTRO LOPEZ-VARELA, cn=BERMUDEZ DE
CASTRO LOPEZ-VARELA ALFREDO - 32382726Z
Fecha: 2020.09.03 18:13:04 +02'00'

Fdo. Alfredo Bermúdez de Castro

Grado en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid

(GeM-UPM)

Informe de evaluación externa realizado por José Bonet Solves

1. Oportunidad y necesidad del grado.

a. A nivel interno de la UPM.

El Grado en Matemáticas propuesto por la UPM es totalmente oportuno, especialmente porque está orientado principalmente a la modelización, simulación de problemas aplicados y el análisis de datos. Aunque ya existe un grado en Matemáticas e Informática en la UPM, éste no cubre los créditos de contenidos mínimos comunes aconsejados por el Libro Blanco del Título de Grado en Matemáticas. El grado propuesto aprovecha la especificidad de la UPM y la diversidad y calidad de los más de 200 profesores en los departamentos de matemáticas.

b. En general (punto de vista externo a la UPM).

Como se indica muy bien en el resumen ejecutivo “El matemático ha pasado a ser reconocido como un profesional apreciado y demandado en otros sectores por la comprensión y aplicación de modelos matemáticos a las más diversas situaciones del mundo empresarial, industrial, urbanístico, sanitario y de las finanzas.” Por ello, los estudios de matemáticas han pasado a ser entre los más demandados por la sociedad, como muestran las notas de corte de los títulos de matemáticas y de los dobles grados.

2. Viabilidad

a. Adecuación de los recursos disponibles.

El Profesorado que se hará cargo de la docencia del grado es suficiente, diverso y muy competente. El personal de administración y servicios disponible parece suficiente para organizar el título y su administración cuando se ponga en marcha.

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) será el centro responsable de acoger la docencia del Grado en Matemáticas por la UPM. Sus aulas y laboratorios parecen adecuados.

b. Adecuación a la demanda en la sociedad.

Como ya se ha comentado en el punto 1.b, el nuevo grado responde adecuadamente a una demanda social clara de graduados en matemáticas con unas características que el grado propuesto va a proporcionar.

3. Calidad del proyecto.

El proyecto que se propone es de calidad. Es una propuesta meditada y trabajada con seriedad y dedicación.

a. Desde el punto de vista de la formación que se propone.

La formación propuesta es adecuada y resulta, además, novedosa en algunos aspectos interesantes.

El plan de estudios consta de 240 créditos. Temporalmente se reparten en 8 semestres durante cuatro años, a razón de 30 créditos por semestre. Estructuralmente se reparten en los siguientes módulos:

Módulo de materias básicas: 60 créditos

Módulo de materias obligatorias: 126 créditos

Módulo de materias optativas: 42 créditos

Trabajo de Fin de Grado: 12 créditos.

Las actividades formativas y sistemas de evaluación resultan adecuadas y se presentan de modo preciso.

Se incluye una ficha por cada materia del Plan de Estudios y, en el caso de las materias del módulo básico, por cada asignatura. Las he leído con detalle y me han gustado. Además, se incluyen interesantes asignaturas de modelización, análisis de datos e ingeniería matemática. La estructura de las asignaturas en los distintos semestres es adecuada y concentra la optatividad para el último curso. El número de plazas de alumnos a ofertar parece conveniente. El plan de estudios cubre los conocimientos clásicos de matemáticas, añade aspectos nuevos y prepara al futuro alumno para los retos de la sociedad actual. La propuesta incluye una detallada descripción de los sistemas de garantía interna de calidad.

b. Desde el punto de vista del personal con que se cuenta.

Como ya se ha señalado en el punto 2.a, tanto el profesorado como el personal de administración y servicios es competente. Ello queda enfatizado por el trabajo realizado para elaborar el proyecto.

c. Solidez (se satisfacen las necesidades apuntadas, se utilizan eficientemente los recursos con los que se cuenta,...).

La propuesta es sólida, sensata, bien elaborada y justificada. Los medios con los que cuenta, tanto de personal como de instalaciones, se van a utilizar de modo eficiente.

4. Carácter diferenciado del GeM-UPM: ¿Presenta la propuesta elementos diferenciadores y/u originales frente a otras propuestas de su entorno geográfico local/nacional/internacional?

En la memoria se mencionan otros títulos de grado en España, se hace especial referencia a los de la Comunidad de Madrid, con los que se establece una comparación. Se incluyen también algunos títulos internacionales similares. La propuesta tiene suficientes elementos originales (y diferenciadores de otros títulos existentes) para valorarla muy positivamente. No sólo cubre correctamente el curriculum tradicional de matemáticas, sino que añade aspectos novedosos y atractivos en relación con la modelización, el análisis de datos y las aplicaciones a la ciencia y la tecnología.

Valencia, 30 de julio de 2020

**JOSE ANTONIO
VICENTE|BONET|SOLVES**  Firmado digitalmente por JOSE
ANTONIO VICENTE|BONET|SOLVES
Fecha: 2020.07.30 12:30:58 +02'00'

José Bonet Solves

Catedrático de Universidad del

Departamento de Matemática Aplicada de la

Universitat Politècnica de València

Miembro Numerario de la Real Academia de Ciencias

Exactas, Físicas y Naturales

Email: jbonet@mat.upv.es

**Grado en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid
(GeM-UPM)**

Informe de evaluación externa

1. Oportunidad y necesidad del grado.

a. A nivel interno de la UPM

Es evidente que la UPM tiene una gran potencia para llevar a cabo este grado, con más de 220 posibles profesores para este grado. Además, al pertenecer todos ellos a alguna escuela de Ingeniería o Arquitectura, están mucho más próximos a las aplicaciones que los típicos profesores de Matemáticas de una Facultad de Ciencias.

b. En general (punto de vista externo a la UPM)

Está muy claro que hoy en día hay una gran carencia de matemáticos, como se observa en la gran dificultad que tienen los institutos de grado medio para encontrar profesores suplentes de matemáticas. Esto es debido a que los licenciados en matemáticas ya no se dedican de manera principal a la docencia de matemáticas en el bachillerato, sino que por su capacidad de razonamiento abstracto y práctica de resolución de problemas, se integran fácilmente tanto en equipos multidisciplinares, como en las nuevas tecnologías, donde se precisan licenciados con una gran capacidad de aprender y desarrollar métodos y protocolos totalmente nuevos

2. Viabilidad

a. Adecuación de los recursos disponibles.

Como se ha dicho antes, hay más de 220 posibles profesores en la UPM para las asignaturas intrínsecamente matemáticas, y además muchos más para sus aplicaciones en informática, ingeniería y arquitectura.

Además su localización en la ETSIAAB parece en principio adecuada. Aquí es conveniente que la ETSIAAB se encuentre cerca o "en medio" de las otras escuelas (cosa que acierto a discernir), pues de manera natural los profesores que impartirán el grado se desplazarán a menudo desde las otras escuelas.

b. Adecuación a la demanda en la sociedad.

Las nuevas tecnologías y las empresas super grandes (Apple, Amazon, Google, Microsoft, etc) precisan cada vez más de matemáticos para afrontar su organización, logística, desarrollo de algoritmos, implementación numérica, etc, con lo que aumentar las posibilidades de formación de matemáticos contribuye muy positivamente a la sociedad. Aún más para licenciados dentro de una universidad politécnica como la UPM, porque los futuros licenciados podrán ser formados con un conocimiento mayor de las posibilidades de aplicación de las matemáticas, y estarán más acostumbrados a resolver problemas matemáticos procedentes de los ámbitos más variados.

3. Calidad del proyecto.

a. Desde el punto de vista de la formación que se propone.

La formación presentada se ajusta perfectamente a los contenidos de un grado de Matemáticas, con una base muy adecuada de Análisis, Álgebra y Geometría, Estadística, Métodos numéricos, Ecuaciones diferenciales y Modelización y simulación. Destaca particularmente la intensificación de las materias de Modelización y simulación, así como la Ingeniería Matemática, materias que se podrán impartir perfectamente gracias a la existencia de profesorado adecuado en la UPM.

b. Desde el punto de vista del personal con que se cuenta.

En general, ya se ha dicho que la existencia de más de 220 profesores en el área de Matemáticas garantiza la calidad del proyecto, y más aún si se tiene en cuenta la valía investigadora de un gran número de ellos. Además, en el proyecto destaca particularmente y positivamente la intensificación de las materias de Modelización y simulación, así como la Ingeniería Matemática, materias que se podrán impartir perfectamente gracias a la existencia de profesorado adecuado en la UPM.

c. Solidez (se satisfacen las necesidades apuntadas, se utilizan eficientemente los recursos con los que se cuenta,...).

Una vez escogidas las asignaturas, la estructura del proyecto tiene siempre cierta libertad para su organización. Creo que la estructura escogida es bastante sólida y permite un desarrollo paulatino y con un ritmo adecuado de los conocimientos a adquirir por los alumnos.

4. Carácter diferenciado del GeM-UPM: ¿Presenta la propuesta elementos diferenciadores y/u originales frente a otras propuestas de su entorno geográfico local/nacional/internacional.

1. Oportunidad y necesidad de grado.

El proyecto presentado tiene cierta similitud con el grado de Matemáticas de la UPC, ya que ambos están localizados en Universidades Politécnicas, y potentes, por lo cual ambos hacen hincapié en las fortalezas de sus universidades. Como se ha dicho antes, esto se pone de manifiesto en la intensificación en la UPM de Modelización y simulación, así como la Ingeniería Matemática, que pueden hacer muy atractivo el grado a estudiantes del resto de España o incluso del extranjero.

2. A nivel interno de la UPM

se hace énfasis en mucho más contenido matemático que el grado de Matemáticas e Informática. En el futuro, dichos grados "mixtos" podrán ser substituidos por dobles titulaciones entre matemáticas e ingenierías, como ya pasa en la UPC para alumnos aventajados.

Además, el Grado en Matemáticas de la UPM hace especial hincapié en la modelización y simulación, enfocada a muy diversos campos de aplicación muy variados, gracias a que sus profesores abarcan prácticamente todas las especialidades de Ingeniería.

Barcelona, 14 de Octubre de 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Amadeu Delshams', with a long horizontal stroke extending to the left.

Amadeu Delshams

**Grado en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid
(GeM-UPM)**

Informe de evaluación externa.

Autora:

Macarena Estévez Muñoz. Socia en Deloitte encargada del área de Analytics & Cognitive. Licenciada en C.C. Matemáticas en la UAM. Suficiencia investigadora en Economía Cuantitativa en la UC3M.

1. Oportunidad y necesidad del grado.

- A. En el mundo de la empresa se están demandando cada día más este tipo de perfiles. Hace unos años, la necesidad era menor porque gran parte de estos trabajos se subcontrataban a empresas especialistas o a grandes consultoras. Ahora, cada vez más, estos perfiles se necesitan en cualquier tipo de compañía, por eso la demanda ha crecido exponencialmente.
- B. Además, las empresas se apalancan en la innovación y en gran medida ahora dicha innovación se lleva a cabo soportada en nuevos desarrollos en el entorno de la analítica. Para poder tener creatividad en este ecosistema, se necesita una formación sólida en las materias de carácter abstracto que se dan en este grado.
- C. Comparto totalmente la justificación que se hace del proyecto en la memoria de verificación, tanto por el interés académico, como por el científico y el profesional.

2. Viabilidad

- A. Considero que el número de recursos en el campo de las matemáticas en la UPM es suficiente, según lo expresado en el apartado 6.1 de la memoria de verificación.
- B. Por lo expuesto en el capítulo 7, me parecen también oportunos los recursos materiales y los servicios.
- C. En lo que se refiere a las salidas profesionales, considero que van a seguir creciendo, tanto en temas de modelización, simulación, optimización, Inteligencia Artificial, Machine Learning, Deep Learning, pero en general, perfiles con base matemática y capacidad de resolver retos analíticos.

3. Calidad del Proyecto

- A. Las competencias y la admisión de estudiantes me parecen oportunas.
- B. El programa lo veo muy completo, combinando materias básicas con obligatorias, optativas y el TFG, cubriendo las asignaturas elementales de un grado en matemáticas y apoyando algunas como la modelización y

simulación, que son especialmente demandadas en las empresas.

- C. Me ha gustado mucho la parte referida a los resultados de aprendizaje que se esperan, viendo que muchos de ellos están muy demandados en el entorno empresarial, como por ejemplo identificar y resolver problemas aplicados relacionados con la dinámica no lineal o diseñar modelos matemáticos sencillos mediante mecanismos de simulación para aplicarlos a contextos concretos y aplicados tanto en matemáticas como en otras disciplinas.
 - D. Desde el punto de vista del personal con que se cuenta, me parece inmejorable, tanto los directores de departamento, como el equipo de trabajo, el grupo de trabajo ampliado y las comisiones arco-iris. Creo que el hecho de que muchos profesores sean ingenieros va a aportar un cierto carácter único al grado
4. Carácter diferenciado del GeM-UPM: ¿Presenta la propuesta elementos diferenciadores y/u originales frente a otras propuestas de su entorno geográfico local/nacional/internacional?
- A. Creo que sí, tanto por el perfil del profesorado, como por el foco en modelización y simulación.

Madrid, 9 de diciembre de 2020



Fdo. Macarena Estévez Muñoz