

# MÁSTER EN MATEMÁTICAS AVANZADAS

## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Memoria<sup>1</sup> para la verificación de titulaciones oficiales de Grado y Máster Universitario de acuerdo con el Real Decreto 822/2021, de 28 de septiembre, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad.

---

<sup>1</sup> Transitoriamente, y mientras no se disponga de una aplicación adaptada a los requerimientos del Anexo II del Real Decreto 822/2021, esta memoria se debe adjuntar transformada al formato PDF en los espacios de la actual aplicativo de verificación, preferentemente en el apartado 2 de Justificación de las enseñanzas.

# 1. DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS FORMATIVOS Y JUSTIFICACIÓN DEL TÍTULO

TABLA 1. Descripción del título

1.1. Denominación del título	Máster Universitario en Matemáticas Avanzadas por la Universidad Politécnica de Madrid
1.2. Ámbito de conocimiento	Matemáticas y estadística
1.3. Menciones y especialidades	El título no posee especialidades
1.4.a) Universidad responsable	Universidad Politécnica de Madrid
1.4.b) Universidades participantes	
1.4.c) Convenio títulos conjuntos	
1.5.a) Centro de impartición responsable	<i>El centro responsable del Plan de Estudios será la Escuela Politécnica de Enseñanza Superior (EPES), centro propio de la Universidad Politécnica de Madrid, con código RUCT 28048300.</i>
1.5.b) Centros de impartición	<i>Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB), también centro propio de la misma Universidad, con código RUCT 28053885.</i>
1.6. Modalidad de enseñanza	Presencial
1.7. Número total de créditos	60
1.8. Idiomas de impartición	Español
1.9.a) Número total de plazas	Para los primeros cuatro cursos académicos de implantación del máster, se proponen 40 plazas de nuevo ingreso en cada curso. En la cifra anterior se consideraron los recursos humanos y materiales disponibles, además del número de plazas que ahora se ofertan en el Grado en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid.
1.9.b) Oferta de plazas por modalidad	Presencial: 40

## 1.10. Justificación del interés académico, científico, profesional y social del título

Las Matemáticas han desempeñado a lo largo de la historia un papel central en el desarrollo de la civilización, pues han servido para cimentar los avances del resto de las ciencias y de la tecnología. En la actualidad, con el advenimiento del Big Data, la Inteligencia Artificial o la pandemia de la COVID-19 la sociedad ha empezado a constatar la importancia de esta disciplina y de las habilidades específicas de las personas que se dedican a ella, entre las que destacan sus habilidades para analizar y resolver problemas complejos, así como manejar la ingente cantidad de datos que se generan en el día a día. Este reconocimiento y esta necesidad de profesionales han originado la proliferación de titulaciones de Matemáticas tanto en España como a nivel mundial.

En la Comunidad de Madrid hay ocho titulaciones de grado en Matemáticas, además de otros dobles grados que involucran a las Matemáticas. Dos de estas titulaciones son el Grado en Matemáticas y el Grado en Matemáticas e Informática de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

El objetivo principal de este máster es el de complementar la formación matemática de los titulados de estos grados o de grados de ámbitos afines, dándoles una orientación investigadora. En este sentido, este máster sirve como un puente natural hacia, por un lado, los programas de doctorado tanto dentro de la Universidad Politécnica de Madrid como en otras universidades y, por otro, la posible inserción en equipos de investigación y desarrollo en ámbitos profesionales donde la aplicación de conocimientos matemáticos avanzados es esencial.

### Interés académico y científico

El interés académico de este máster reside en la formación del futuro personal docente e investigador universitario en el ámbito de las matemáticas, tanto desde el punto de vista teórico como aplicado. Los titulados de este máster se podrán incorporar posteriormente a equipos de investigación de carácter nacional o internacional que desarrollen su labor en cualquiera de los ámbitos de las matemáticas, así como en contextos multidisciplinares como, por ejemplo, el de la propia UPM. En este sentido, este máster puede contribuir a incrementar el número de tesis doctorales en Matemáticas leídas en España, que ha decaído un 41% desde el año 2015, como se puede ver en: [enlace RSME](#) y [enlace RSME 2](#)

Más específicamente, en el contexto de la Universidad Politécnica de Madrid, la formación matemática avanzada a nivel de máster con acento en la vertiente investigadora puede traducirse en un catalizador para el avance de la ciencia y la tecnología. La conexión directa entre este máster y los programas de doctorado de la UPM refuerza las sinergias en la formación e investigación de la universidad, formando a futuros investigadores y profesionales que podrán contribuir al desarrollo de conocimientos y tecnologías punteras.

### Interés profesional

Los titulados en este máster adquieren competencias relacionadas con el rigor que caracteriza el pensamiento matemático y que permite el análisis y la resolución de problemas complejos, la modelización de fenómenos reales presentes en problemas de la economía y la industria o el tratamiento estadístico de datos, además de la base teórica necesaria para iniciarse en la carrera investigadora. Este tipo de habilidades son muy valoradas a nivel profesional, tanto en el mundo académico como en los diferentes sectores de la empresa pública y privada, en cuyas labores de I+D

se utilizan cada vez más modelos matemáticos y computacionales, así como técnicas de simulación. El enfoque de iniciación a la investigación que se consigue con este máster permite, por una parte, desarrollar aún más estas competencias y, por otra, realizar un primer acercamiento a los problemas que representan los límites del conocimiento, es decir, problemas de elevada dificultad y punteros en el desarrollo de las matemáticas y sus aplicaciones en ámbito profesional.

Además de preparar a los estudiantes de este máster para incorporarse a equipos de I+D en empresas, otro de sus objetivos es proporcionar la formación necesaria para poder emprender estudios doctorales en Matemáticas. Los futuros doctores en Matemáticas, posteriormente, se podrán incorporar a distintos Departamentos de Matemáticas, atendiendo a la creciente demanda de la educación en el ámbito de la matemática universitaria, donde el número de estudiantes ha crecido un 39,5% desde 2015 ([enlace](#)).

La alta consideración en el mercado laboral de los titulados en Matemáticas que hayan sido iniciados a actividades investigadoras, como es el caso de los egresados de este máster, queda patente en el informe “Impacto socioeconómico de la investigación y la tecnología matemáticas en España”, publicado en 2019 por la Red Estratégica de Matemáticas ([enlace](#)). En este informe se estima que en el año 2016 las actividades con intensidad matemática generaron un millón de ocupados, representando así un 6% del empleo total de la economía española.

Cabe mencionar también que ya existe en la UPM un máster con orientación en Matemática Aplicada, el **Máster de Matemática Industrial**, dirigido principalmente a titulados en ingeniería, y que muestra el interés y las sinergias a las que puede dar lugar la formación matemática avanzada de egresadas y egresados de las titulaciones UPM. El Máster en Matemáticas propuesto no comparte los mismos objetivos sino que los complementa proporcionando una formación principalmente investigadora.

### **Interés social**

El prestigio social de los titulados en Matemáticas ha aumentado muy significativamente en los últimos años. Esto se observa en que los grados en Matemáticas y relacionados han pasado de ser titulaciones sin nota de corte a tener algunas de las notas de corte más elevadas del sistema universitario español. Podemos concluir de estos datos que la sociedad se ha sensibilizado con las habilidades de un tipo de profesional que hace no tanto se veía como un mero transmisor de conocimientos. Habilidades como la resolución de problemas complejos, el pensamiento analítico o el tratamiento de grandes cantidades de datos, son fuertemente valoradas en una sociedad en la que nos vemos obligados a afrontar retos que solo pueden ser abordados mediante un estudio profundo y pormenorizado de los mismos. Un ejemplo importante en esta dirección es el trabajo realizado por diferentes grupos de matemáticos para desarrollar modelos predictivos para describir la evolución de la COVID-19 y ayudar a las autoridades competentes a tomar decisiones. En este sentido, la formación investigadora aportada por este máster contribuirá a que sus estudiantes adquieran conocimientos y habilidades que les permitan adaptarse a estas nuevas necesidades que están surgiendo en el entorno tecnológico, económico y social.

En un plano principalmente social, el diseño e impartición del título contribuye al fomento y cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura). Asimismo, los propios modelos establecidos por la Universidad Politécnica de Madrid para la elaboración de las correspondientes guías de aprendizaje de las asignaturas ya recogen el impacto de las materias del título propuesto sobre los distintos ODS.

### **Justificación de la modalidad de enseñanza presencial**

La elección de la modalidad presencial para el Máster en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid responde a la naturaleza específica de los objetivos formativos y a la necesidad de

garantizar la adquisición integral de competencias por parte de los estudiantes. En efecto, la interacción presencial permite a los participantes abordar de manera inmediata dudas, cuestiones y discusiones teóricas que son fundamentales para la comprensión profunda de conceptos matemáticos avanzados. Este nivel de interacción, característico de la modalidad presencial, contribuye significativamente al desarrollo de habilidades analíticas y resolutorias, esenciales para la investigación matemática. Además, la presencialidad permite al profesorado personalizar los métodos de enseñanza según las necesidades específicas del grupo, maximizando así el aprendizaje.

#### **Descripción detallada de los perfiles fundamentales de egreso (ver apartado 1.14)**

La formación del Máster en Matemáticas Avanzadas por la Universidad Politécnica de Madrid garantizará que los estudiantes que hayan concluido sus estudios estén en disposición de incorporarse a equipos de investigación a nivel universitario, centros de investigación o departamentos de investigación y desarrollo de empresas públicas o privadas que demanden habilidades propias de la investigación matemática y de resolución de problemas con técnicas innovadoras. Algunos posibles perfiles de egreso se detallan en el apartado 1.14.

## **1.11. Objetivos formativos**

### **1.11.a) Principales objetivos formativos del título**

El Máster en Matemáticas Avanzadas está dirigido a Graduados en Matemáticas y titulaciones afines, con sólido contenido matemático, y tiene los siguientes objetivos formativos:

1. proporcionar una formación avanzada para estudiantes con vocación investigadora tanto en Matemática Aplicada como en Matemática Fundamental;
2. formar especialistas con capacidad de incorporarse a equipos de investigación en distintos ámbitos que demanden una sólida formación matemática.

En concreto, el objetivo 1 consiste en ofrecer a los estudiantes de este máster una formación que les permita incorporarse a grupos de investigación para realizar una tesis doctoral en Matemática Aplicada o Fundamental. Por su parte, el objetivo 2 consiste en transmitir las competencias y resultados de aprendizaje que permitan adquirir la formación matemática necesaria para abordar, con enfoque investigador, la modelización y resolución de problemas reales en distintos sectores, como la economía o la industria, incluyendo el conocimiento de modelos estadísticos y su aplicación en diferentes áreas como la ciencia de datos.

### **1.11.b) Objetivos formativos de las menciones o especialidades**

No procede.

## **1.12. Estructuras curriculares específicas y justificación de sus objetivos**

No procede.

## **1.13. Estrategias metodológicas de innovación docente específicas y justificación de sus objetivos**

No procede.

## **1.14. Perfiles fundamentales de egreso a los que se orientan las enseñanzas**

- Investigador predoctoral en Matemáticas: los titulados podrán ser empleados en universidades o centros de investigación para desarrollar investigación tanto pura como aplicada en el área de la Matemática y de la Ingeniería Matemática.
- Especialista en modelización matemática: los titulados pueden emplearse en empresas de ingeniería, tecnología, ciencias naturales o del sector financiero, donde se requiere aplicar principios matemáticos para modelar fenómenos físicos, biológicos o económicos, y desarrollar soluciones innovadoras.

- Analista de Datos: los titulados podrán ser empleados en departamentos, tanto en centros públicos como privados, donde se necesiten aplicar y desarrollar técnicas estadísticas para el análisis e interpretación de grandes volúmenes de datos.
- Consultor: los titulados podrán ser empleados en empresas de consultoría donde podrán ofrecer soluciones a problemas empresariales utilizando modelos matemáticos, aportar experiencia en la evaluación y optimización de procesos, así como realizar análisis de riesgo y asesorar en la toma de decisiones.
- Desarrollador de algoritmos: los titulados podrán ser empleados en departamentos de investigación y desarrollo de empresas de carácter informático donde se requiere el manejo y el desarrollo de herramientas de la teoría de la computación y de algoritmos avanzados.

#### **1.14.bis) Actividad profesional regulada habilitada por el título**

No procede.

## 2. RESULTADOS DEL PROCESO DE FORMACIÓN Y DE APRENDIZAJE

### 2.1. Conocimientos o contenidos (*Knowledge*)

- CO1. Conocer los principales métodos y teorías matemáticas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una **amplia perspectiva** en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.
- CO2. Conocer **demostraciones** matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.
- CO3. Conocer diversas **aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización** en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

### 2.2. Habilidades o destrezas (*Skills*)

- HA1. Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.
- HA2. Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.
- HA3. Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.
- HA4. Poseer destreza para proponer, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.
- HA5. Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.
- HA6. Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

### 2.3. Competencias (*Competences*)

- CP1. Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.
- CP2. Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.
- CP3. Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.
- CP4. Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

- CP5. Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.
- CP6. Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.
- CP7. Elaborar un trabajo personal, original y riguroso, que integre la formación investigadora en matemáticas recibida; y presentarlo ante un tribunal universitario.

## 3. ADMISIÓN, RECONOCIMIENTO Y MOVILIDAD

### 3.1. Requisitos de acceso y procedimientos de admisión de estudiantes

#### 3.1.a) Normativa y procedimiento general de acceso

##### Requisitos generales de acceso

Teniendo en cuenta la normativa general de acceso a másteres, establecida en el artículo 18 del Real Decreto 822/2021 y en la concreción de esta normativa establecida por la universidad en la Normativa de Admisión de la Universidad Politécnica de Madrid, aprobada por el Consejo de Gobierno en su sesión de 26 de mayo de 2022 y modificada parcialmente por Acuerdo del Consejo de Gobierno de 26 de enero de 2023, se establecen los siguientes criterios:

- La posesión de un título universitario oficial de Graduada o Graduado español o equivalente es condición para acceder a un Máster Universitario, o en su caso disponer de otro título de Máster Universitario, o títulos del mismo nivel que el título español de Grado o Máster expedidos por universidades e instituciones de educación superior de un país del EEES que en dicho país permita el acceso a los estudios de Máster.
- De igual modo, podrán acceder al Máster personas en posesión de títulos procedentes de sistemas educativos que no formen parte del EEES, que equivalgan al título de Grado, sin necesidad de homologación del título, pero sí de comprobación por parte de la universidad del nivel de formación que implican, siempre y cuando en el país donde se haya expedido dicho título permita acceder a estudios de nivel de postgrado universitario.

##### Requisitos de idiomas

Se requiere como criterio de admisión un nivel de dominio del inglés equivalente a un nivel B2 del Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas (MCERL).

Para los estudiantes de habla no española, se requiere como criterio de admisión un nivel de dominio del español equivalente a un nivel B2 del MCERL.

##### Perfil de acceso recomendado

El perfil de acceso recomendado al Máster en Matemáticas es el de los candidatos con una titulación universitaria adscrita al ámbito de conocimiento de Matemáticas y Estadística, Física y astronomía, o titulaciones como la de Graduado/a en Matemáticas e Informática por la Universidad Politécnica de Madrid (código RUCT 2502399) o la de Graduado o Graduada en Applied Mathematics and Computing / Matemática Aplicada y Computación por la Universidad Carlos III de Madrid (código RUCT 2503904). Para estos candidatos no se contempla el acceso con complementos formativos.

Además, podrán acceder al Máster en Matemáticas Avanzadas aquellos candidatos que estén en posesión de titulaciones universitarias con al menos 33 ECTS en asignaturas con contenidos en Cálculo, Álgebra, Estadística, Ecuaciones Diferenciales y Métodos Numéricos. Ejemplos de estos Grados son el Grado en Ingeniería Civil y Territorial (RUCT 2502142), el grado en Ingeniería Biomédica (RUCT 2502647) o Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (RUCT 2501648), todos ellos de la UPM.

Para estos candidatos, se requerirá completar 12 ECTS de complementos formativos en asignaturas de las que conforman las materias ‘Ecuaciones Diferenciales’, ‘Métodos Numéricos’ y ‘Matemáticas de la Complejidad y Análisis de Datos’ del Grado en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid (ver las fichas de estas materias al final de este documento). Esto les permitirá alcanzar el rigor necesario para que puedan completar el Máster con aprovechamiento. Las asignaturas específicas que cursar las determinará la Comisión Académica del Máster como se explica en el siguiente apartado 3.1.b.

### 3.1.b) Criterios y procedimiento de admisión a la titulación

#### Procedimiento de admisión de estudiantes

El proceso de admisión se realiza de acuerdo a la Normativa de admisión que aprueba cada año la Universidad ([enlace](#)) y comienza con la solicitud de preinscripción en el máster a través de los medios telemáticos disponibles en el sitio web institucional de la UPM, [www.upm.es](http://www.upm.es). Una vez realizada la solicitud, el Vicerrectorado de Estrategia y Ordenación Académica revisará que se cumplan los requisitos de acceso de las personas solicitantes. A continuación, la Comisión Académica del Máster (ver apartado siguiente) recibirá la documentación correspondiente a aquellos candidatos que cumplan los requisitos de acceso y procederá a decidir la admisión. Para ello se otorgará a cada candidato una puntuación de 0 a 100 puntos de acuerdo con siguiente baremo

<b>Criterios</b>	<b>Puntuación máxima</b>
Titulación de acceso	30
Expediente académico de la titulación de acceso	50
Carta de motivación	10
Otros méritos de naturaleza académica	10

Observaciones:

- En el criterio “Titulación de Acceso”, se podrán obtener hasta 30 puntos, dependiendo de si la titulación de acceso se corresponde con uno de los perfiles de acceso recomendados mencionados en el apartado 3.1.a), o si la titulación pertenece a uno de los otros ámbitos de conocimiento contemplados en ese mismo apartado.
- En el criterio “Otros méritos de naturaleza académica” se valorarán, por ejemplo: premio extraordinario de fin de titulación, movilidad en ámbito académico, becas de excelencia relativas a estudios universitarios, participación en proyectos académicos extracurriculares, otras titulaciones, becas de colaboración en departamentos universitarios)
- Si la Comisión Académica del Máster lo considera oportuno, se podrán realizar entrevistas personales con los candidatos.

#### Comisión Académica del Máster

El órgano que se encargará de realizar el proceso de admisión al Máster en Matemáticas será la Comisión Académica del Máster, que estará presidida por el Coordinador y cuya composición será la

que la EPES, como centro responsable del Plan de Estudios, establezca. Dicha Comisión incluirá necesariamente a una persona responsable de Calidad, que desarrollará su tarea en coordinación con la Comisión de Calidad de la EPES. La composición detallada de la comisión será recogida en la web del máster (ver apartado siguiente).

### **Procedimientos de información sobre las vías y requisitos de acceso al título**

La página web de la Universidad Politécnica de Madrid ([www.upm.es](http://www.upm.es)) contiene amplia información sobre estudios y titulaciones, becas y ayudas, convalidaciones, movilidad, acceso, asociaciones y servicios, e incluye un módulo de atención al visitante con una completa guía para estudiantes extranjeros. Como se ha indicado anteriormente, la preinscripción se hará a través de los medios telemáticos disponibles en este sitio web.

Por otro lado, el Máster en Matemáticas dispondrá de una página web propia en la que se detallará toda la información relevante para el proceso de admisión, incluyendo los requisitos generales y el perfil de ingreso recomendado, así como los criterios que utilizará la Comisión Académica del Máster para determinar la admisión de los candidatos. Esta página web también contendrá información sobre las asignaturas recomendadas para cada uno de los perfiles de acceso, describiendo las capacidades, conocimientos previos y nivel adecuado para superar la titulación en cada caso. Además, esta web contendrá toda la información relevante sobre el máster, incluyendo el plan de estudios, la normativa de permanencia, las actuaciones de movilidad y las lenguas que se emplearán en el proceso formativo, así como el nivel exigido en estas.

Todo ello de acuerdo con el proceso [PR/ES/004 Publicación de la Información v 2.2](#) que incluye una relación detallada de lo que debe publicarse para cada título, como se menciona en el apartado 8.2.

## **3.2. Criterios para el reconocimiento y transferencias de créditos**

La Universidad Politécnica de Madrid posee una normativa de reconocimiento y transferencia de créditos aprobada en la reunión del Consejo de Gobierno del 31 de enero 2013. Esta normativa puede encontrarse en la dirección

[www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Alumnos/Convalidaciones/normativa\\_recono\\_trans\\_creditos\\_20130131.pdf](http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Alumnos/Convalidaciones/normativa_recono_trans_creditos_20130131.pdf)

junto con las instrucciones y los procedimientos para solicitar el reconocimiento de créditos, disponibles en la página web

<https://www.upm.es/futurosestudiantes/ingresar/reconocimiento>.

La finalidad de dicha normativa es regular los procedimientos de reconocimiento y transferencia de créditos para las titulaciones oficiales de la Universidad Politécnica de Madrid que formen parte de su oferta educativa dentro del Espacio Europeo de Educación Superior.

Dicha normativa establece que la comisión encargada para dar respuesta a las solicitudes de reconocimiento y transferencia de créditos es la Comisión de Reconocimiento y Transferencia de Créditos de la Universidad Politécnica de Madrid.

En el caso específico de este máster, y siempre de acuerdo con la normativa mencionada anteriormente, en el caso de acreditar experiencia laboral o profesional relacionada con alguno de los

perfiles de egreso del máster, se podrán reconocer créditos correspondientes a la asignatura optativa de prácticas académicas externas. En cualquier caso, se podrán reconocer hasta 6 ECTS por 12 meses de experiencia profesional acreditada, siempre y cuando dicha experiencia laboral o profesional garantice los conocimientos, competencias y habilidades relacionadas con alguno de los perfiles de egreso del máster.

Para justificar que la experiencia laboral o profesional que se acredita garantiza poseer los conocimientos, competencias y habilidades relacionados con la asignatura optativa de prácticas académicas externas, las instrucciones de la Universidad Politécnica de Madrid, disponibles en la página web indicada anteriormente, establecen que, junto con la solicitud, hay que aportar:

- copia del correspondiente contrato laboral;
- certificado de vida laboral u hoja de servicios.
- Memoria de actividades profesionales que incluya una descripción de las actividades profesionales desempeñadas durante el período de trabajo. La Universidad Politécnica de Madrid podrá solicitar la verificación de cualquier información incluida en dicha memoria.

### TABLA 3. Criterios específicos para el reconocimiento de créditos

Reconocimiento por enseñanzas superiores no universitarias:	<b>Número máximo de ECTS: -</b>
<b>No procede</b>	
Reconocimiento por títulos propios:	<b>Número máximo de ECTS: -</b>
<b>No procede</b>	
Reconocimiento por experiencia profesional o laboral:	<b>Número máximo de ECTS: 6</b>
<b>Hasta 6 ECTS por 12 meses de experiencia profesional acreditada, siempre y cuando dicha experiencia laboral o profesional garantice los conocimientos, competencias y habilidades relacionadas con alguno de los perfiles de egreso del máster.</b>	

## 3.3. Procedimientos para la organización de la movilidad de los estudiantes propios y de acogida

Los estudiantes del Máster en Matemáticas podrán acogerse a las distintas modalidades de movilidad previstas en la Universidad Politécnica de Madrid, cuya descripción y convocatorias (incluyendo eventuales criterios específicos del centro responsable del plan de estudios del máster) se encuentran, actualizadas en cada momento, en la página web

<https://www.upm.es/Estudiantes/Movilidad>.

De la misma manera, la acogida de estudiantes de movilidad estará regulada por la normativa y los procedimientos establecidos por la UPM y se basará en los acuerdos de movilidad establecidos por el centro responsable del Plan de Estudios del máster.

La UPM pone a disposición de los estudiantes extranjeros interesados en estudiar en la UPM la siguiente guía con información práctica y sobre la naturaleza de sus estudios: <https://www.upm.es/Estudiantes/Atencion/GuiaExtranjeros>.

## 4. PLANIFICACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS

### 4.1. Estructura básica de las enseñanzas

#### 4.1.a) Resumen del plan de estudios

El plan de estudios contiene cuatro materias: tres optativas y el Trabajo Fin de Máster (TFM). Las materias son:

- Matemática Aplicada (optativa)
- Matemática Fundamental (optativa)
- Prácticas académicas externas (optativa)
- Trabajo Fin de Máster. Esta materia incluirá los resultados de aprendizaje vinculados a la Iniciación a la Investigación.

Las materias de Matemática Aplicada y Matemática Fundamental son optativas, para dar cabida a la diversidad de intereses formativos que pueden presentar los estudiantes del máster. No obstante, para asegurar la consecución de una sólida formación transversal y alcanzar los resultados de aprendizaje de la titulación, los estudiantes deberán cursar 3 asignaturas específicas de alguna de las dos materias que contienen asignaturas (Matemática Aplicada y Matemática Fundamental). Las asignaturas concretas son:

1. En la materia Matemática Aplicada

- Ecuaciones diferenciales ordinarias y aplicaciones
- Ecuaciones en derivadas parciales y su aproximación numérica
- Estadística avanzada

2. En la materia Matemática Fundamental

- Análisis avanzado
- Álgebra avanzada
- Geometría diferencial y compleja avanzadas

Tabla 4a. Resumen del plan de estudios (estructura semestral)

	Semestre 1	Semestre 2
Curso 1	ECTS: 30 Materias: Matemática Aplicada, Matemática Fundamental	ECTS: 12 (+18 ECTS del TFM) Materias: Matemática Aplicada, Matemática Fundamental, TFM, Prácticas académicas externas

A continuación, se describe la implementación en asignaturas de 6 ECTS. Para cada asignatura se incluye entre paréntesis la materia a la que corresponde y el área en su caso:

- Materia I: Matemática Aplicada.
- Materia II: Matemática Fundamental.
- Materia III: TFM
- Materia IV: Prácticas académicas externas

### Primer Semestre (72 ECTS)

- Ecuaciones diferenciales ordinarias y aplicaciones (I)
- Ecuaciones en derivadas parciales y su aproximación numérica (I)
- Optimización y cálculo de variaciones (I)
- Modelización avanzada (I)
- Estadística avanzada (I)
- Aprendizaje automático: modelos y aplicaciones (I)
- Análisis avanzado (II)
- Álgebra avanzada (II)
- Geometría diferencial y compleja avanzadas (II)
- Geometría algebraica y aritmética avanzadas (II)
- Topología avanzada (II)
- Sistemas dinámicos avanzados (II)

### Segundo semestre (42 + 18 ECTS)

- Ampliación de ecuaciones diferenciales y optimización (I)
- Ampliación de análisis numérico (I)
- Ampliación de estadística y ciencia de datos (I)
- Ampliación de análisis (II)
- Física matemática (II)
- Ampliación de álgebra, geometría y aritmética (II)
- Ampliación de geometría y topología (II)
- TFM (18 ECTS) (III)
- Prácticas académicas externas (IV)

De acuerdo a la oferta presentada, los estudiantes deberán completar:

1. Bien 18 créditos dados por las 3 asignaturas de la materia **Matemática Aplicada** en el primer semestre:
  - Ecuaciones diferenciales ordinarias y aplicaciones (área Ecuaciones Diferenciales).
  - Ecuaciones en derivadas parciales y su aproximación numérica (área Métodos Numéricos).
  - Estadística avanzada (área Estadística y Ciencia de Datos).
- o bien 18 créditos dados por las 3 asignaturas de la materia **Matemática Fundamental** en el primer semestre:
  - Análisis avanzado (área Análisis Matemático).
  - Álgebra avanzada (área Álgebra).
  - Geometría diferencial y compleja avanzadas (área Geometría y Topología).
2. 24 créditos entre el resto de asignaturas, incluyendo las asignaturas de área no seleccionadas para cubrir los 18 créditos anteriores y prácticas académicas externas.
3. 18 créditos de TFM.

#### 4.1.b) Plan de estudios detallado

A continuación, se detallan las fichas de las diferentes asignaturas asociadas a las materias Matemática Aplicada y Matemática Fundamental, así como las fichas del resto de materias.

Tabla 4c Plan de estudios detallado

Asignatura de la materia Matemática Aplicada	
Denominación	Ecuaciones diferenciales ordinarias y aplicaciones
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Primer semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Inglés.
Resultados del proceso de formación y del aprendizaje	<p><b>Conocimientos y contenidos</b></p> <p><b>CO1.</b> Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.</p> <p><b>CO2.</b> Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.</p> <p><b>CO3.</b> Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.</p> <p><b>Habilidades y destrezas</b></p> <p><b>HA1.</b> Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.</p> <p><b>HA2.</b> Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.</p> <p><b>HA3.</b> Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.</p> <p><b>HA4.</b> Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.</p> <p><b>HA5.</b> Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.</p> <p><b>HA6.</b> Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.</p>

<b>Competencias</b>	<p><b>CP1.</b> Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.</p> <p><b>CP2.</b> Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.</p> <p><b>CP3.</b> Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.</p> <p><b>CP4.</b> Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.</p> <p><b>CP5.</b> Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.</p> <p><b>CP6.</b> Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.</p>
<b>Contenidos específicos de la asignatura</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistemas lineales no autónomos. Sistemas periódicos y teoría de Floquet.</li> <li>2. Sistemas no lineales: teoría cualitativa, variedades invariantes, equivalencia topológica.</li> <li>3. Teoría de bifurcaciones.</li> <li>4. Perturbaciones singulares.</li> <li>5. Fenómenos caóticos.</li> <li>6. Aplicaciones en ciencias e ingeniería: Mecánica y Control de sistemas no lineales, dinámica de poblaciones.</li> </ol>

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	Total	162	68
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	30%

	SE3: Exámenes de teoría	30%	60%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	10%	20%
	SE5: Calificación de prácticas	10%	20%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	20%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	30%

**Asignatura de la materia Matemática Aplicada**

Denominación	Ecuaciones en derivadas parciales y su aproximación numérica
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Primer semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje

Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

**HA6.** Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

**Competencias**

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

**Contenidos específicos de la asignatura**

1. Modelización de los principales problemas que dan lugar a las EDP: leyes de conservación, ecuaciones de difusión, ecuaciones de convección-difusión-reacción
2. Soluciones débiles para modelos lineales. Métodos variacionales de existencia y unicidad.
3. Métodos de aproximación variacional: Galerkin.
4. Aproximación de ecuaciones elípticas: diferencias finitas. colocación, métodos espectrales y elementos finitos.
5. Aproximación de problemas parabólicos. Métodos explícitos e implícitos en tiempo.
6. Aproximación de problemas hiperbólicos.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	30	30
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	30	30
	AF3: Evaluación	6	6
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	96	2
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%

	SE2: Entregas evaluables	0%	20%
	SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	10%	20%
	SE5: Calificación de prácticas	10%	30%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	10%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipas	20%	30%

Asignatura de la materia Matemática Aplicada

Denominación	Optimización y cálculo de variaciones
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Primer semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje

Habilidades y destrezas

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

**HA6.** Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

### Competencias

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

**CP6.** Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.

### Contenidos específicos de la asignatura

1. Motivación del cálculo de variaciones
2. Método directo del cálculo de variaciones.
3. Condiciones de optimalidad: primera y segunda variación.
4. Introducción a los métodos de aproximación.
5. Aplicaciones a ecuaciones diferenciales.
6. Aplicaciones en diseño óptimo o problemas inversos.
7. Cálculo de variaciones multivariable. Aplicaciones.
8. Teoría de control óptimo. Aplicaciones.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	6	6
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	96	2
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	20%

	SE3: Exámenes de teoría	40%	60%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	10%	20%
	SE5: Calificación de prácticas	10%	20%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	20%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	20%	40%

Asignatura de la materia Matemática Aplicada

Denominación	Modelización avanzada
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Primer semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje	Conocimientos y contenidos
---	----------------------------

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas
-------------------------

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

**HA6.** Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

### Competencias

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

**CP6.** Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.

### Contenidos específicos de la asignatura

1. Mecánica de medios continuos. Leyes de conservación generales.
2. Leyes de conservación para fluidos newtonianos. Principales modelos de la dinámica de fluidos. Adimensionamiento.
3. Flujos perfectos incompresibles. Flujos irrotacionales y potenciales.
4. Flujos viscosos incompresibles. Ecuaciones de Navier-Stokes.
5. Flujos turbulentos. Problema de cierre e introducción a los principales modelos de turbulencia.
6. Ecuaciones de vigas y placas estacionarias
7. Modelos dinámicos. Análisis de la estabilidad.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	50	50
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	10	10
	AF3: Evaluación	6	6
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	96	2
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>

SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
SE2: Entregas evaluables	0%	10%
SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
SE4: Exámenes escritos de problemas	20%	30%
SE5: Calificación de prácticas	20%	40%
SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	10%
SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	20%

Asignatura de la materia Matemática Aplicada

Denominación	Estadística avanzada
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Primer semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje	Conocimientos y contenidos
---	----------------------------

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas
-------------------------

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

**HA6.** Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

### Competencias

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

**CP6.** Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.

### Contenidos específicos de la asignatura

1. Modelización estocástica.
2. Herramientas computacionales y de visualización. Minería de datos.
3. Programación estadística.
4. Series temporales. Modelos ARIMA.
5. Técnicas suavización exponencial.
6. Métodos de Monte Carlo.
7. Problemas de dimensión alta.
8. Algoritmos de optimización estocástica.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	50	50
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	10	10
	AF3: Evaluación	6	6
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	96	2
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%

SE2: Entregas evaluables	0%	10%
SE3: Exámenes de teoría	20%	40%
SE4: Exámenes escritos de problemas	20%	30%
SE5: Calificación de prácticas	20%	30%
SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	10%
SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	20%

Asignatura de la materia Matemática Aplicada

Denominación	Aprendizaje automático: modelos y aplicaciones
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Primer semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Inglés.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje

Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

**HA6.** Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

## Competencias

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

**CP6.** Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.

## Contenidos específico de la asignatura

1. Introducción y fundamentos matemáticos: aprendizaje automático y aprendizaje estadístico. Métodos iterativos para optimización de funciones. Inferencia estadística clásica.
2. Tipos de problemas de aprendizaje estadístico. Aprendizaje supervisado: problemas de regresión y problemas de clasificación. Aprendizaje no supervisado: estimación aproximada de densidades. Aprendizaje por refuerzo: control en entornos parcialmente conocidos. Escenarios híbridos: aprendizaje semisupervisado.
3. Modelos para aprendizaje supervisado. Redes neuronales artificiales: perceptrón multicapa y arquitecturas profundas. Máquinas de soporte vectorial. Árboles de decisión y bosques aleatorios. Otros modelos: procesos Gaussianos, K vecinos más cercanos, etc.
4. Modelos para aprendizaje no supervisado. Modelos de reducción de dimensionalidad: PCA, SVD y DMD. Modelos de agrupamiento: algoritmos de K-medias, algoritmo jerárquico y mapas topológicos autoorganizativos.
5. Aplicaciones en campos de la ingeniería y ciencias sociales.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	30	30
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	30	30

AF3: Evaluación	6	6
AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	96	2
<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
SE2: Entregas evaluables	10%	30%
SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
SE4: Exámenes escritos de problemas	0%	20%
SE5: Calificación de prácticas	20%	40%
SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	10%
SE7: Evaluación de proyectos por equipos	20%	30%

**Asignatura de la materia Matemática Aplicada**

Denominación	Ampliación de ecuaciones diferenciales y optimización
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Segundo semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje

Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

Competencias

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

Contenidos específico de la asignatura

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

1. Modelización a través de términos no lineales en ecuaciones diferenciales.
2. Principales técnicas de resolución de ecuaciones diferenciales no lineales: métodos de punto fijo, métodos de comparación, métodos topológicos
3. Resolución de ecuaciones elípticas, parabólicas e hiperbólicas semilineales y no lineales.
4. Problemas de optimización con restricciones distribuidas.
5. Programación dinámica.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	6	6
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	96	2
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	30%
	SE3: Exámenes de teoría	40%	60%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	10%	20%
	SE5: Calificación de prácticas	10%	30%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	10%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	20%	40%

**Asignatura de la materia Matemática Aplicada**

**Denominación** Ampliación de análisis numérico

**Número total de créditos ECTS** 6

**Tipología** Optativa

**Organización temporal** Segundo semestre

**Asignaturas (en su caso)**

**Idioma** Inglés.

**Resultados del proceso de formación y del aprendizaje** Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

**Habilidades y destrezas**

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA6.** Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como

<b>Competencias</b>
<b>Contenidos específicos de la asignatura</b>

laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

1. Métodos Runge-Kutta y métodos paralelos en el tiempo para ecuaciones diferenciales ordinarias.
2. Métodos de elementos finitos estabilizados para problemas de valor inicial para ecuaciones en derivadas parciales. Métodos SUPG (Streamline Upwind/Petrov-Galerkin). Análisis de error y estabilidad. Aplicación para la resolución de ecuaciones de convección-difusión con convección dominante o mal condicionados.
3. Métodos Arbitrarios Lagrangianos Eulerianos para problemas de dinámica de fluidos computacional.
4. Resolución de problemas de gran escala: Métodos multimalla y de descomposición de dominio.
5. Resolución de problemas de gran escala: Modelos de orden reducido.
6. Aplicación a modelos de elasticidad: problemas singulares y geometrías complejas.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	35	35
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	25	25
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	Total	162	68
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>

	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	10%	30%
	SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	20%	30%
	SE5: Calificación de prácticas	10%	30%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	20%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	20%

Asignatura de la materia Matemática Aplicada

Denominación Ampliación de estadística y ciencia de datos

Número total de créditos ECTS 6

Tipología Optativa

Organización temporal Segundo semestre

Asignaturas (en su caso)

Idioma Inglés.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje

Habilidades y destrezas

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

**HA6.** Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

## Competencias

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

**CP6.** Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.

## Contenidos específicos de la asignatura

1. Conceptos especializados de la ciencia de datos para generar modelos de aprendizaje automático considerando modelos probabilísticos y estadísticos.
2. Algoritmos avanzados enfocados al procesamiento de datos masivos, autoencoders y técnicas de clustering.
3. Algoritmos avanzados de aprendizaje no supervisado y aplicaciones para datos masivos, con muchas variables o con dinámicas complejas.
4. Técnicas de aprendizaje profundo para generar modelos predictivos, modelos de clasificación y modelos de reconstrucción. Diferencia entre modelos clásicos de aprendizaje profundo y modelos generativos.
5. Extensión y generalización de modelos de aprendizaje profundo: modelos basados en principios físicos.
6. Técnicas de aprendizaje por refuerzo. Aplicaciones industriales y en ingeniería.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	30	30
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	30	30
	AF3: Evaluación	6	6
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	6	2

Total	162	68
Sistemas de Evaluación	MÍNIMO	MÁXIMO
SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
SE2: Entregas evaluables	10%	30%
SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
SE4: Exámenes escritos de problemas	20%	30%
SE5: Calificación de prácticas	10%	30%
SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	20%
SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	20%

Asignatura de la materia Matemática Fundamental

Denominación	Análisis avanzado
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Primer semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Inglés.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje	Conocimientos y contenidos
---	----------------------------

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas
-------------------------

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

**HA6.** Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

### Competencias

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

**CP6.** Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.

### Contenidos específicos de la asignatura

1. Distribuciones y espacios de Sobolev.
2. Repaso sobre la transformada de Fourier en el espacio euclídeo; y en grupos abelianos localmente compactos.
3. Integrales singulares y operadores pseudodiferenciales.
4. Funciones enteras y Teorema de Paley-Wiener. Principios de incertidumbre.
5. Espacios de Hardy y Teoría de Nevanlinna.
6. Análisis de Fourier discreto, teoría del muestreo, wavelets y aplicaciones al tratamiento de imagen y señales.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación	0%	10%

	en el aula		
	SE2: Entregas evaluables	0%	30%
	SE3: Exámenes de teoría	40%	60%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	10%	30%
	SE5: Calificación de prácticas	10%	20%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	10%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	30%

Asignatura de la materia Matemática Fundamental

Denominación	Álgebra avanzada
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Primer semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Inglés.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje	Conocimientos y contenidos
---	----------------------------

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas
-------------------------

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

**HA6.** Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

### Competencias

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

**CP6.** Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.

### Contenidos específicos de la asignatura

- 1- Repaso de anillos, módulos, localización y espectro.
- 2- Anillos y módulos noetherianos
- 3- Dependencia entera, morfismos finitos, teorema del ascenso y lema de Noether
- 4- Anillos de valoración discreta y dominios de Dedekind. Teorema de finitud. Resolución de singularidades.
- 5- Completación, lema de Artin-Rees
- 6- Criptografía y teoría de ideales computacional.
- 7- Resolución de sistemas de polinomios multivariados

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%

	SE2: Entregas evaluables	0%	10%
	SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	20%	40%
	SE5: Calificación de prácticas	10%	30%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	30%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	30%

Asignatura de la materia Matemática Fundamental

Denominación Geometría diferencial y compleja avanzadas

Número total de créditos ECTS 6

Tipología Optativa

Organización temporal Primer semestre

Asignaturas (en su caso)

Idioma Inglés.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje  
 Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

Competencias

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

Contenidos específico de la asignatura

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

- 1- Variedades riemannianas, geodésicas, teorema de Hopf-Rinow, hipersuperficies.
- 2- Topología y curvatura, variedades de curvatura constante, teoremas de Hadamard y de Chern-Gauss-Bonet.
- 3- Estructuras conformes
- 4- Variedades complejas. Superficies de Riemann
- 5- Funciones analíticas y meromorfas en variedades, teorema de uniformización
- 6- Divisores, y teorema de Riemann-Roch

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	20%
	SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	30%	50%
	SE5: Calificación de prácticas	0%	10%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	10%	30%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	30%

Asignatura de la materia Matemática Fundamental

Denominación Geometría Algebraica y Aritmética avanzadas

Número total de créditos ECTS 6

Tipología Optativa

Organización temporal Primer semestre

Asignaturas (en su caso)

Idioma Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje  
 Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

Competencias

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

Contenidos específicos de la asignatura

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

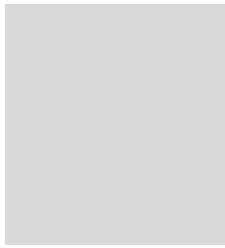
**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

1. Haces, esquemas, haces coherentes y casicoherentes.
2. Espectro proyectivo y variedad de Riemann.
3. Morfismos de esquemas: cerrados, proyectivos, propios.
4. Haces de línea, divisores y grupo de Picard.
5. Introducción a la teoría de números, teoremas de Minkowsky, Dirichlet, Ostrowsky.
6. Teoría algebraica de números, teoremas de finitud y unidades, teoría de valoraciones, automorfismo de Frobenius.
7. Teoría analítica de números, funciones zeta.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	10%
	SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	30%	50%
	SE5: Calificación de prácticas	10%	30%



SE6: Evaluación de proyectos individuales

0%

20%

SE7: Evaluación de proyectos por equipos

10%

30%

Asignatura de la materia Matemática Fundamental

Denominación	Topología avanzada
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Primer semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje

Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

Competencias

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

Contenidos específicos de la asignaturas

1. Homología
2. Cohomología
3. Teoremas de coeficientes universales, teorema de Künneth y dualidad.
4. Sucesiones exactas notables: del subespacio cerrado, de Mayer-Vietoris e isomorfismo de Gysin.
5. Cálculos explícitos, teorema del punto fijo.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	20%
	SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	30%	50%
	SE5: Calificación de prácticas	0%	20%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	20%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	0%	20%

Asignatura de la materia Matemática Fundamental

Denominación Sistemas dinámicos avanzados

Número total de créditos ECTS 6

Tipología Optativa

Organización temporal Primer semestre

Asignaturas (en su caso)

Idioma Inglés.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje

Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

Competencias

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas,

Contenidos específico de la asignatura

seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

1. Repaso de conceptos básicos en sistemas dinámicos discretos y continuos.
2. Conjuntos invariantes. Atractores.
3. Campos hamiltonianos y aplicaciones.
4. Bifurcaciones: codimensión. Caos y fenómenos caóticos.
5. Ergodicidad, recurrencia y mixing. Entropía.
6. Dinámica infinito-dimensional. Semigrupos de operadores lineales. Aplicaciones a ecuaciones de evolución. Atractores infinito-dimensionales.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	20%
	SE3: Exámenes de teoría	40%	60%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	20%	40%
	SE5: Calificación de prácticas	0%	10%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	10%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	30%

Asignatura de la materia Matemática Fundamental

Denominación	Ampliación de análisis
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Segundo semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje

Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

Competencias

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y

Contenidos específicos de la asignatura

conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

1. Repaso de la teoría de operadores lineales en espacios de Hilbert y Banach.
2. Teoría espectral de operadores autoadjuntos.
3. Teorema de Stone y aplicaciones a la física matemática.
4. Introducción al análisis microlocal, integrales oscilantes, cálculo simbólico de operadores pseudodiferenciales, propagación de singularidades, aplicaciones a las Ecuaciones en Derivadas Parciales.
5. Aplicaciones cuasi-conformes y cuasi-regulares. Análisis de funciones holomorfas de varias variables.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	20%
	SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	30%	50%
	SE5: Calificación de prácticas	0%	20%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	10%	20%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	20%

Asignatura de la materia Matemática Fundamental

Denominación	Física matemática
Número total de créditos ECTS	6
Tipología	Optativa
Organización temporal	Segundo semestre
Asignaturas (en su caso)	
Idioma	Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje

Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

**HA6.** Interpretar adecuadamente la relevancia de nuevos resultados en Matemáticas, su aplicabilidad en situaciones particulares donde pudieran suponer nuevos avances y su relación con los resultados existentes.

### Competencias

**CP2.** Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

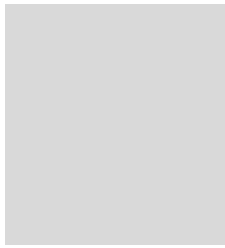
**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

**CP6.** Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.

### Contenidos específicos de la asignatura

1. Gravitación newtoniana, espacio tiempo, representación de materia, formulación geométrica;
2. Espacio tiempo de Minkowsky
3. Electromagnetismo,
4. Relatividad general, tensor de materia y ecuación de Einstein.
5. Introducción a la mecánica cuántica, observables,
6. Ecuación de Schrödinger, spin, el átomo de hidrógeno.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	10%
	SE3: Exámenes de teoría	40%	60%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	30%	50%
	SE5: Calificación de prácticas	0%	10%



SE6: Evaluación de proyectos individuales

0%

10%

SE7: Evaluación de proyectos por equipos

10%

20%

Asignatura de la materia Matemática Fundamental

Denominación Ampliación de Álgebra, Geometría y Aritmética

Número total de créditos ECTS 6

Tipología Optativa

Organización temporal Segundo semestre

Asignaturas (en su caso)

Idioma Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje  
 Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

**HA5.** Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.

Competencias

**CP1.** Utilizar programas informáticos especializados como laboratorio para diseñar, construir o validar hipótesis científicas en alguno de los ámbitos de las matemáticas.

Contenidos específicos de la asignatura

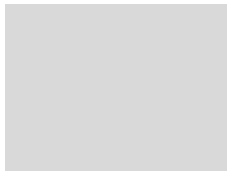
**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

1. Cohomología de haces, teorema de finitud.
2. Teoría de dualidad, haz dualizante y teorema de Riemann-Roch.
3. Haz de diferenciales y cálculo del haz dualizante.
4. Módulos proyectivos, inyectivos y planos, tores y extens.
5. Complejos de Koszul, sucesiones regulares y anillos Cohen-Macaulay.
6. Anillos regulares y teorema de Serre
7. Métodos computacionales en álgebra no conmutativa, factorización, extensiones de Ore.
8. Bases de Gröbner en anillos de Poincaré-Birkhoff-Witt, grupos cuánticos. Álgebra diferencial y en diferencias Conjuntos característicos.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	10%
	SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	30%	50%
	SE5: Calificación de prácticas	10%	20%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	0%	10%



SE7: Evaluación de proyectos  
por equipos

10%

20%

Asignatura de la materia Matemática Fundamental

Denominación Ampliación de Geometría y Topología

Número total de créditos ECTS 6

Tipología Optativa

Organización temporal Segundo semestre

Asignaturas (en su caso)

Idioma Español.

Resultados del proceso de formación y del aprendizaje  
Conocimientos y contenidos

**CO1.** Conocer una serie de métodos y teorías matemáticas avanzadas, próximos a la frontera del conocimiento, que permitan tener una amplia perspectiva en al menos tres de las siguientes áreas: Análisis Matemático, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales, Estadística y Ciencia de Datos, Álgebra, Geometría y Topología.

**CO2.** Conocer demostraciones matemáticas avanzadas que permitan relacionar de una manera rigurosa las hipótesis con las conclusiones en al menos tres de las áreas relacionadas en el CO1.

**CO3.** Conocer diversas aplicaciones de las teorías matemáticas y su modelización en otros entornos o disciplinas que permitan adaptar los conocimientos matemáticos a nuevos problemas.

Habilidades y destrezas

**HA1.** Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos e interesantes, de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.

**HA2.** Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.

**HA3.** Dominar el rigor matemático en las técnicas de demostración aprendidas para su posterior uso en el enunciado y demostraciones de nuevos teoremas.

**HA4.** Poseer destreza para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos de diferente dificultad en situaciones reales complejas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan, y valorando las hipótesis y conclusiones asociadas a cada nivel de dificultad del modelo.

Competencias

**CP3.** Seleccionar y comprender la bibliografía científica sobre un tema concreto, extrayendo la información relevante.

**CP4.** Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.

Contenidos específicos de la asignatura

**CP5.** Complementar la formación matemática de manera autónoma en avances específicos de las Matemáticas, seleccionando la bibliografía adecuada y planteando cuestiones de interés.

1. Fibrados vectoriales y cálculo diferencial valorado
2. Conexiones en fibrados.
3. Teorema del fibrado proyectivo, clases características. Grupo K.
4. Grupos y álgebras de Lie
5. Variedades simplécticas y de contacto
6. Variedades complejas, estructuras complejas y hermíticas.
7. Teoría local de funciones holomorfas, teorema de división y teorema de preparación de Weierstrass.
8. Variedades Kähler y teoría de Hodge.

Materia/Asignatura con carácter presencial	Actividades Formativas (Cf. Sección 4.2a)	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1: Clases Teóricas	45	45
	AF2: Clase de problemas y laboratorio	15	15
	AF3: Evaluación	4	4
	AF4: Estudio autónomo y tutoría académica	98	4
	<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>68</b>
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	SE1 Asistencia y participación en el aula	0%	10%
	SE2: Entregas evaluables	0%	10%
	SE3: Exámenes de teoría	30%	50%
	SE4: Exámenes escritos de problemas	30%	50%
	SE5: Calificación de prácticas	0%	10%
	SE6: Evaluación de proyectos individuales	10%	20%
	SE7: Evaluación de proyectos por equipos	10%	30%

MATERIA/ASIGNATURA			
<b>Denominación</b>	Trabajo Fin de Máster		
<b>Número total de créditos ECTS</b>	18		
<b>Tipología</b>	Obligatoria		
<b>Organización temporal</b>	Segundo semestre.		
<b>Asignaturas (en su caso)</b>			
<b>Idioma</b>	Español o Inglés		
<b>Resultados del proceso de formación y del aprendizaje</b>	<b>Conocimientos y contenidos</b>	No se definen conocimientos o contenidos específicos para esta materia.	
	<b>Habilidades y destrezas</b>	No se definen habilidades específicas para esta materia.	
<b>Competencias</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>CP4. Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.</li> <li>CP7. Elaborar un trabajo personal, original y riguroso, que integre la formación investigadora en matemáticas recibida; y presentarlo ante un tribunal universitario.</li> </ol>		
<b>Materia/Asignatura con carácter presencial</b>	<b>Actividades Formativas</b>	<b>Horas totales</b>	<b>Horas presenciales (8-12)</b>
	(Cf. sección 4.2c)	18 x 27 = 486	18 x 1 = 18
	<b>Total</b>	486	18
	<b>Sistemas de Evaluación</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
	Trabajos	50%	50%
	Presentaciones orales (cf. sección 4.3c)	50%	50%
<b>Total</b>			

<b>MATERIA/ASIGNATURA</b>		
<b>Denominación</b>	Prácticas académicas externas	
<b>Número total de créditos ECTS</b>	6	
<b>Tipología</b>	Optativa	
<b>Organización temporal</b>	Materia compuesta por una asignatura de prácticas externas que puede cursarse en el segundo semestre.	
<b>Asignaturas (en su caso)</b>	Prácticas académicas externas (PAE)	
<b>Idioma</b>	Español	
<b>Resultados del proceso de formación y del aprendizaje</b>	<b>Conocimientos y contenidos</b>	
		No se definen conocimientos o contenidos específicos para esta materia.
	<b>Habilidades y destrezas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>HA1. Aplicar los conocimientos matemáticos adquiridos a la resolución de problemas nuevos de una manera crítica, generando hipótesis de trabajo claras, definiciones precisas, nuevos enfoques con fundamento matemático y soluciones originales.</li> <li>HA2. Ser capaz de abstraer y detectar las dificultades relevantes ante problemas complejos para poder plantearlos correctamente y resolverlos con técnicas matemáticas avanzadas.</li> <li>HA5. Adaptar teorías y técnicas matemáticas avanzadas al estudio de problemas en otros ámbitos con criterio científico para valorar su repercusión y formular las hipótesis adecuadas.</li> </ol>
	<b>Competencias</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>CP2. Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares que involucren conocimientos matemáticos avanzados en áreas teóricas o aplicadas.</li> <li>CP4. Comunicar de forma oral y escrita conocimientos y conclusiones científicas, valorando diferentes interpretaciones en públicos especializados y no especializados de una manera clara y rigurosa.</li> <li>CP6. Reflexionar sobre la relevancia social y ética de la aplicación de los conocimientos adquiridos a determinados problemas.</li> </ol>

Materia/Asignatura con carácter presencial			
	Actividades Formativas	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF4: Trabajo autónomo. Esta actividad se hará presencialmente en el centro de realización.	142	142
	AF4: Tutoría Académica	20	20
	<b>Total</b>	162	162
	Sistemas de Evaluación	MÍNIMO	MÁXIMO
	Informe del tutor académico, informe del tutor de la empresa y/o institución	50%	70%
Memoria o presentación oral realizada por el estudiante	30%	50%	
<b>Total</b>			

La carga docente correspondiente a las prácticas externas será como máximo de 6 ECTS y su realización no será obligatoria. 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 y 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](http://www.upm.es/UPM/NormativaLegislacion/LegislacionNormativa/NormativaAlumnos)

La tramitación de las prácticas se realiza en la plataforma informática <https://practicas-externas.upm.es/> en la que se proponen, tramitan y gestionan las ofertas de prácticas de las entidades colaboradoras para ser desarrolladas por estudiantes de la Universidad Politécnica de Madrid’.

## 4.2. Actividades y metodologías docentes

### 4.2.a) Materias básicas, obligatorias y optativas

Las actividades formativas son aquellas que el profesor propone a los alumnos y mediante las cuales estos adquieren los conocimientos, las habilidades y las competencias previstas. Los sistemas de evaluación son las herramientas con las que se valora el grado de adquisición de los resultados de aprendizaje anteriores.

Las actividades formativas y los métodos docentes deben ser variados dentro de cada materia, ya que ninguno por sí solo es suficiente para producir un aprendizaje de alto nivel que permita adquirir los resultados de aprendizaje en las tres categorías propuestas: conocimientos/contenidos, habilidades y competencias.

Las actividades formativas propuestas comparten dos características: 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 clases de ejercicios y problemas:** la docencia de las matemáticas suele mezclar estas actividades. En la lección magistral el profesor presenta conceptos, desarrolla contenidos y resuelve ejercicios. El aprendizaje de las matemáticas pasa necesariamente por la resolución personal de ejercicios y problemas. La resolución puede ser en clase, con la guía del profesor, o fuera de ella, individualmente o en grupos. Si se proponen problemas entonces la actividad permite alcanzar los niveles comprensión y aplicación del aprendizaje ya que un problema 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. Es conveniente impartir estas clases en grupos reducidos de modo que el profesor pueda prestar suficiente atención a cada estudiante. Esto se hará en el aula normal con los portátiles que lleven los alumnos, de manera que no harán falta recursos adicionales a los que ya tienen las aulas.

**AF3, actividad de evaluación (exámenes, trabajos y otras pruebas):** aunque su objetivo es obtener indicadores sobre el grado de aprendizaje de los estudiantes, toda evaluación es formativa, sobre todo 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 y se prevee sólo un pequeño porcentaje presencial. Esta actividad formativa constituye una actividad no presencial, a diferencia de las anteriores, que son presenciales

Las anteriores actividades formativas pueden desarrollarse con una variedad de métodos docentes (MD), como se indica a continuación. Las materias propuestas se pueden beneficiar 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 los docentes.

**MD2, aprendizaje por indagación:** se basa en la idea de adquirir conocimientos y destrezas a partir del planteamiento de preguntas y problemas. Este método confronta al estudiante con sus propias dudas y le conmina a responderlas a través de la indagación. De este modo, construye el conocimiento y no se le da construido; se traspa la responsabilidad de encontrar las fronteras de su conocimiento al estudiante, 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 problemas resueltos individualmente, así como problemas resueltos en grupo.

**MD4, aprendizaje basado en proyectos:** se propone la realización de un proyecto. El profesor 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 formación de nivel de máster.

**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.

**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 profesorado 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.

#### 4.2.b) Prácticas académicas externas (~~obligatorias~~)

Las prácticas académicas externas no son obligatorias (Cf. Sección 4.1.b). En caso de cursarlas la metodología será basada en proyectos y cooperativa tal y como se describe en MD4 y MD5 (Cf. Sección 4.2.a). En este periodo el alumno tendrá asignadas funciones que tengan que ver con la modelización, análisis, simulación y visualización de problemas de interés científico o tecnológico, aplicando técnicas matemáticas avanzadas de un nivel similar a los contenidos en las asignaturas del máster.

#### 4.2.c) Trabajo Fin de Máster

El Trabajo Fin de Máster (TFM) constituye una parte esencial de la formación en la que el alumno se enfrenta a una situación nueva y original, propuesta por el tutor, poniendo en práctica los conocimientos y habilidades aprendidos hasta el momento en las diferentes materias. Además, debe servir para adquirir nuevos resultados de aprendizaje basados en la difusión, comunicación y desarrollo de la autonomía a la hora de resolver problemas.

Siguiendo la descripción del Libro Blanco, el TFM debe ser un proyecto individual de cada alumno con trabajo esencialmente autónomo, y una importante aportación del estudiante. Como resultado del proyecto el alumno deberá entregar un documento que habrá de ser defendido ante un tribunal.

La Comisión Académica del Máster (ver apartado 3.1.b) propondrá las condiciones de realización del Trabajo Fin de Máster de acuerdo con la normativa de la UPM.

### 4.3. Sistemas de evaluación

#### 4.3.a) Evaluación de las materias básicas, obligatorias y optativas

Se describe aquí un abanico de sistemas de evaluación para el conjunto de las materias del máster. Al igual que en el caso de las actividades formativas, las herramientas de evaluación deben ser variadas 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 de los métodos de evaluación disponibles, sin perjuicio de otros que se puedan definir posteriormente, 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.

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.

**SE4, exámenes escritos de ejercicios:** resolución de ejercicios de la materia u, ocasionalmente, de problemas y demostración de resultados.

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 profesorado, a ejercicios cuya resolución necesita el uso del ordenador.

**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. 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 apunta directamente el máximo nivel de aprendizaje.

#### **4.3.b) Evaluación de las Prácticas académicas externas (~~obligatorias~~)**

Las prácticas académicas externas no son obligatorias (Cf. Sección 4.1.b). En caso de cursarlas la evaluación seguirá lo establecido para los proyectos individuales y por equipos descrito en SE6 y SE7 (Cf. Sección 4.3.a).

#### **4.3.c) Evaluación del Trabajo Fin de Máster**

La Comisión Académica del Máster (ver apartado 3.1.b) establecerá, de acuerdo con la [normativa de evaluación de la UPM](#), las condiciones para la defensa de Trabajo Fin de Máster, que será pública, y la composición de los tribunales. Los criterios de valoración del TFM tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Trabajo escrito. Se valorarán la originalidad, rigor matemático, claridad y conclusiones.
- Presentación oral. Se valorarán la claridad de la exposición, rigor matemático en las explicaciones y las aclaraciones a las preguntas del tribunal.

### **4.4. Estructuras curriculares específicas**

No procede

## 5. PERSONAL ACADÉMICO Y DE APOYO A LA DOCENCIA

### 5.1. Perfil básico del profesorado

#### 5.1.a) Descripción de la plantilla de profesorado del título

La docencia de la futura oferta formativa que aquí se plantea será impartida por profesorado de los cinco departamentos de matemática aplicada existentes en la UPM, que tienen una estructura transversal con secciones departamentales en trece centros. Enumeramos a continuación estos departamentos (con enlaces a sus portales en el [Observatorio I+D+i](#) de la UPM) y las escuelas en las que imparten docencia en asignaturas de matemáticas:

- Departamento de Matemática Aplicada ([DMA](#)) con sedes en:
  - Escuela Técnica Superior de Arquitectura ([ETSAM](#))
  - 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](#))
- Departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial ([DMAIA](#)) con sede en:
  - Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio ([ETSIAE](#))
- Departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería Industrial ([DMAII](#)) con sedes en:
  - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales ([ETSII](#))
  - Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial ([ETSIDI](#))
- Departamento de Matemática Aplicada a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones ([DMATIC](#)) con sedes en:
  - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación ([ETSIT](#))
  - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos ([ETSINF](#))
  - Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos ([ETSISI](#))
  - Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación ([ETSIST](#))
- Departamento de Matemática e Informática Aplicadas a las Ingenierías Civil y Naval ([DMIAICN](#)) con sedes en:
  - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos ([ETSICCP](#))
  - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales ([ETSIN](#))

Estos cinco departamentos totalizan una cifra disponible de Personal docente e investigador (PDI) de 225 profesores. Su distribución por categoría en los departamentos implicados es la siguiente (solo mostramos los datos de las categorías que se indican):

- DMA
  - Catedráticos de Universidad: 3
  - Titulares de Universidad: 20
  - Profesores Permanentes Laborales: 10
  - Ayudantes Doctores: 2
- DMAIA

- Catedráticos de Universidad: 4
- Titulares de Universidad: 19
- Profesores Permanentes Laborales: 6
- DMAIL
  - Catedráticos de Universidad: 1
  - Titulares de Universidad: 12
  - Profesores Permanentes Laborales: 10
  - Ayudantes Doctores: 6
- DMATIC
  - Catedráticos de Universidad: 7
  - Titulares de Universidad: 26
  - Profesores Permanentes Laborales: 16
  - Ayudantes Doctores: 12
- DMIAICN
  - Catedráticos de Universidad: 3
  - Titulares de Universidad: 13
  - Profesores Permanentes Laborales: 6
  - Ayudantes Doctores: 5

Asimismo, dado el carácter inter-centro de los departamentos y el contenido multidisciplinar del máster, 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 el profesorado que esté impartiendo docencia en asignaturas de las áreas de conocimiento propias de un máster en matemáticas pero que no está adscrito a los cinco departamentos mencionados.

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

- DMA: Máster en Agricultura de Precisión, Máster Habilitante en Arquitectura, Máster en Gestión de la Edificación, Máster en Ingeniería de Montes, Máster en Ejecución de Obras de Rehabilitación y Restauración
- DMAIA: Máster Universitario en Matemática Industrial, Máster Universitario en Sistemas Espaciales, Máster Universitario en Sistemas del Transporte Aéreo, Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica
- DMAIL: Máster en Ingeniería Industrial, Máster Universitario en Ingeniería de Producción, Quantum Computing Technology (Máster propio)
- DMATIC: Máster Universitario en Tratamiento Estadístico-Computacional de la Información, MSc in Signal Theory and Communications, Máster Universitario en Ingeniería Ambiental, Máster Universitario Ingeniería de Telecomunicación, Máster Universitario Ingeniería de Materiales, Máster

Universitario en Ingeniería de Redes y Servicios Telemáticos, Máster Universitario en Ciberseguridad, Máster Universitario en Aprendizaje Automático y Datos Masivos, Máster Universitario en Software de Sistemas Distribuidos y Empotrados, Máster Universitario en Ingeniería Informática, Máster Universitario en Innovación Digital, MSc in Data Science.

- DMIAICN: Máster de Formación del Profesorado (especialidad Matemáticas), Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Por último, cabe señalar que el espíritu del máster es atraer a profesores de la UPM (tanto de los departamentos de matemática aplicada como de otros departamentos) para que aporten su experiencia en la aplicación de las matemáticas desde su conocimiento de la ingeniería, la arquitectura, la física u otras ciencias y para impartir docencia de carácter más transversal como, por ejemplo, la relacionada con la simulación y la modelización, la física-matemática o la matemática industrial, etc.

Tabla 5a. Agrupaciones de alumnos

Modalidad	Número de grupos	Número de estudiantes por grupo
Presencial	1	40
Híbrido		
Virtual		

Tabla 5b. Prácticas académicas externas y Dirección de TFG/TFM

Modalidad	Actividad del profesor	Horas de dedicación docente del profesorado
Presencial	Dirección de TFG/TFM	900
	Supervisión PE	300
Híbrido	Dirección de TFG/TFM	
	Supervisión PE	
Virtual	Dirección de TFG/TFM	
	Supervisión PE	

La Tabla 5b recoge una estimación de la dedicación del profesorado a las actividades TFM e Iniciación a la Investigación (TFM+II), y Prácticas Académicas Externas. [El Modelo de Estimación de la Actividad de los Departamentos de la UPM](#) reconoce, posteriormente a su realización, la dedicación del profesorado a tareas de tutela de trabajos fin de titulación de estudiantes 0,5 h/semana para 12 ECTS en este tipo de actividades, contabilizando 30 semanas. Esto representa en el caso de este Máster 22,5 horas de dedicación de profesor por alumno (18 ECTS de TFM) y un total de 900 horas si consideramos 40 estudiantes. Haciendo una consideración similar para las Prácticas Académicas Externas (6 ECTS), la dedicación del profesorado sería de 300 horas, que incluye tanto las tutorías programadas como la evaluación de presentación e informes.

### 5.1.b) Estructura de profesorado

Para calcular las necesidades docentes del Máster en Matemáticas por la UPM se debe tener en cuenta que se ofertan 40 plazas en cada curso académico. Por tanto, en cada curso, esto da lugar a la existencia de un grupo de teoría en el que desarrollar la actividad docente programada y, a lo sumo, dos grupos de prácticas, a cada uno de los cuales se asignará, como máximo, un profesor. Según el capítulo 4 de esta memoria, la dedicación de horas de prácticas está en una horquilla que va del 10 %

al 50 % de las horas totales presenciales del alumnado. Como máximo, las actividades presenciales contabilizarán 9 horas por crédito. Con estos datos, la necesidad de dedicación presencial de PDI a las clases se encuentra en una horquilla que va desde un mínimo de 416 horas hasta un máximo de 567, aproximadamente, para los 42 ECTS en asignaturas de las Materias de Matemáticas Fundamental y Matemática Aplicada. Se ha tenido en cuenta un grupo de 40 alumnos en las clases teóricas y dos de 20 cada uno en las prácticas o talleres para los 42 ECTS de esas materias. Si a esto le sumamos las 900 horas de dedicación al Trabajo Fin de Máster y las 300 horas de dedicación a las Prácticas académicas externas, se obtiene una horquilla que va desde un mínimo de 1.616 horas hasta un máximo de 1.767 horas. 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 se ha hecho una estimación del PDI que participará de facto en la docencia de la titulación.

Dado que cada estudiante tiene que elegir a lo sumo 42 ECTS de asignaturas en las materias optativas, el número de ECTS que en cada curso tendrán que elegir los 40 estudiantes matriculados es de 1680 ECTS. Según el Modelo de Estimación de la Actividad de los Departamentos de la UPM, antes mencionado, se contabilizan los grupos de docencia con al menos 15 estudiantes de máster. Por lo tanto, para tratar de hacer un uso óptimo de los recursos y maximizar el cómputo de la actividad docente de los departamentos, se estima que en cada curso se ofertarán asignaturas de las materias optativas "Matemática fundamental" y "Matemática aplicada" por un total de, a lo sumo, 112 ECTS. Contabilizando un máximo de 9 horas por ECTS de clase presencial para el alumnado, esto hace un total de 1008 horas por curso de estas dos materias. Si a esto se suman las 900 horas de dedicación a la Materia TFM y 300 horas de dedicación a la materia de Prácticas Académicas Externas, se obtiene un total de 2208 horas. Esta estimación, hecha por categoría de profesorado, figura en la Tabla 5c. Para simplificar la información de esta tabla y de la siguiente, no se consideraron modalidades docentes que precisaran de más de un profesor por grupo y por eso se realiza el cómputo considerando que cada ECTS requiere de un solo profesor para las 9 horas presenciales en el aula.

Tabla 5c. Resumen del profesorado asignado al título

Categoría (*)	Núm.	ECTS asignados (%)	Horas de actividades docentes asignadas	Doctores/as (%)	Acreditados/as (%)
CU	6	31,58 %	697	100,00 %	100,00 %
TU	7	36,84 %	813	100,00 %	100,00 %
PPL/PCD	4	21,05 %	465	100,00 %	100,00 %
PAYD	2	10,53 %	232	100,00 %	100,00 %
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>100,00 %</b>	<b>2208</b>	<b>100,00 %</b>	<b>100,00 %</b>

(\*) Las abreviaturas corresponden respectivamente a Catedrático de Universidad, Titular de Universidad, Profesor Permanente Laboral/Profesor Contratado Doctor y Profesor Ayudante Doctor.

De la información de la Tabla 5c se desprende que hay capacidad docente suficiente para afrontar 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, a excepción de los Profesores Ayudantes Doctores cuya carga lectiva presencial máxima es de 6 horas/semana, la capacidad docente total del profesorado que figura en la tabla 5c es de 4.200 horas/curso. Considerando una oferta de asignaturas optativas de 112 ECTS, por las razones antes indicadas, las necesidades docentes de la titulación propuesta son de 2208 horas/año; por lo que la dedicación del PDI indicado en la Tabla 5c a esta titulación será del 52,6% (el 4% si se considera la capacidad docente total de los departamentos

que participan en esta propuesta que se deduce de los datos del Observatorio I+D+i de la UPM antes mencionado). Por lo tanto, estos recursos humanos permiten atender las necesidades docentes de la oferta formativa prevista. En estas condiciones, para iniciar esta propuesta (dos primeros cursos), no se estima necesario contar con recursos adicionales a los existentes en la UPM; bastará, en su caso, cubrir las posibles vacantes de PDI (y también de Personal Técnico de Gestión y de Administración y Servicios - PTGAS) que se generen según la normativa vigente.

## 5.2. Perfil detallado del profesorado

### 5.2.a) Especificación del profesorado asignado al título por ámbito de conocimiento

De los datos que se han aportado hasta ahora se puede concluir que, con el PDI contemplado, la UPM cuenta con los recursos suficientes para desarrollar con éxito la titulación propuesta. Además, el personal de la UPM puede cubrir con solvencia las asignaturas de esta oferta formativa, que podrán asumirse por profesorado con dilatada experiencia y un currículum docente e investigador interdisciplinar muy cualificado en los temas académicos contemplados en esta memoria. Los perfiles concretos para impartir las actividades docentes programas se establecen en las tablas 5e y 5e.

El PDI previsto para la enseñanza del Máster en Matemáticas por la UPM que aquí se propone posee una formación muy amplia en todas las materias propias de una oferta formativa de este tipo. Esta formación viene avalada por su dilatada experiencia en la participación en otras titulaciones de grado y máster ofertadas por la UPM (esta última indicada en el apartado 5.1.a), así como la participación en los grupos de investigación de la UPM que se indican más abajo y que cubren todas las áreas de las Matemáticas indicadas en la oferta formativa (apartado 4). 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 máster 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 Máster en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid.

En lo referente a la actividad investigadora, el profesorado de los cinco departamentos de matemática aplicada de la UPM tiene un total de 317 sexenios de investigación reconocidos y de 5 sexenios de transferencia reconocidos. Por otra parte, participa activamente en 25 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 Portal Científico de la UPM en este [enlace](#) o en este otro [enlace](#) que corresponde al Observatorio I+D+i de la UPM. 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 que se ofertan en propuesta de máster universitario. Esta es la lista con enlaces a información más detallada de los Grupos de Investigación:

- [Acústica Arquitectónica](#)
- [Análisis Matemático y Aplicaciones](#)
- [Análisis y Experimentación en Mecánica de Fluidos y Combustión](#)
- [Dinámica y Estabilidad no Lineal en Ingeniería Aeroespacial](#)
- [Geometría y sus Aplicaciones](#)
- [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](#)
- [Métodos y Aplicaciones Numéricas a la Tecnología Aeroespacial](#)
- [Modelización Matemática, Análisis y Simulación Aplicadas a la Ingeniería](#)
- [Modelos Matemáticos no Lineales](#)
- [Tecnologías para Ciencias de la Salud](#)
- [Teoría de Aproximación Constructiva y Aplicaciones](#)

Obviamente, esta actividad investigadora repercute en el programa formativo, dado que, en lo posible, el profesorado incorporará en él las metodologías y resultados que de ella se derivan. Además, en una parte importante de los proyectos de investigación se podrá incorporar alumnado con becas para desarrollar su Trabajo Fin de Máster.

Para una información más detallada, la actividad investigadora de los departamentos responsables de la docencia de esta propuesta puede consultarse en el portal de la UPM a través del Portal Científico o del Observatorio I+D+i de la UPM antes mencionados.

Además, cabe destacar que los departamentos de matemáticas del UPM participan en el programa de doctorado IMEIO (Ingeniería Matemática, Estadística e Investigación Operativa). Se trata de un programa conjunto de doctorado de la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad Politécnica de Madrid, que lideran el Campus de Excelencia Internacional CEI-Moncloa. IMEIO se constituye en lugar de encuentro de un amplio número de investigadores del ámbito de la Matemática de ambas universidades. Está inscrito en el Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT), con códigos de área ISCED de Matemáticas y estadística e Ingeniería y profesiones afines. Se rige por un convenio de cooperación académica entre ambas universidades, firmado en 2013. Se implantó como tal en el curso 2013-14 y se imparte en castellano e inglés desde entonces. Más información en este [enlace](#).

**Tabla 5d. Detalle del profesorado asignado al título**

	Área de conocimiento	Categoría	Doctorado	Acreditación	Nivel de idioma (*)	Asignaturas	Créditos	Horas de dedicación para las actividades docentes de las asignaturas por modalidad en la que se imparte la titulación		
								Presencial (**)	Híbrida	Virtual
<b>Perfil 1</b>	Matemática aplicada	CU	Sí	Sí	C1	Ampliación de análisis numérico	6	110		

<b>Perfil 2</b>	Matemática aplicada	CU	Sí	Sí	C1	Ecuaciones diferenciales ordinarias y aplicaciones	6	110		
<b>Perfil 3</b>	Matemática aplicada	CU	Sí	Sí	C1	Ampliación de estadística y ciencia de datos	6	110		
<b>Perfil 4</b>	Matemática aplicada	CU	Sí	Sí	B2	Ecuaciones en derivadas parciales y su aproximación numérica	6	110		
<b>Perfil 5</b>	Matemática aplicada	CU	Sí	Sí	B2	Física matemática	6	110		
<b>Perfil 6</b>	Matemática aplicada	CU	Sí	Sí	B2	Estadística avanzada	6	110		
<b>Perfil 7</b>	Matemática aplicada	TU	Sí	Sí	C1	Geometría diferencial y compleja avanzadas	6	110		
<b>Perfil 8</b>	Matemática aplicada	TU	Sí	Sí	C2	Análisis avanzado	6	110		
<b>Perfil 9</b>	Matemática aplicada	TU	Sí	Sí	B2	Complementos de modelización	6	110		
<b>Perfil 10</b>	Matemática aplicada	TU	Sí	Sí	B2	Optimización y cálculo de variaciones	6	110		
<b>Perfil 11</b>	Matemática aplicada	TU	Sí	Sí	C1	Ampliación de análisis	6	110		
<b>Perfil 12</b>	Matemática aplicada	TU	Sí	Sí	B2	Ampliación de geometría y topología	6	110		
<b>Perfil 13</b>	Matemática aplicada	TU	Sí	Sí	B2	Ampliación de ecuaciones diferenciales y optimización	6	110		
<b>Perfil 14</b>	Matemática aplicada	PCD/PPL	Sí	Sí	C1	Álgebra avanzada y fundamentos	6	110		
<b>Perfil 15</b>	Matemática aplicada	PCD/PPL	Sí	Sí	C1	Aprendizaje automático: modelos y aplicaciones	6	110		
<b>Perfil 16</b>	Matemática aplicada	PCD/PPL	Sí	Sí	C1	Ampliación de álgebra,	6	110		

						geometría y aritmética				
<b>Perfil 17</b>	Matemática aplicada	PCD/PPL	Sí	Sí	B2	Geometría algebraica y aritmética avanzadas	6	110		
<b>Perfil 18</b>	Matemática aplicada	PAYD	Sí	Sí	C1	Topología avanzada	6	83		
<b>Perfil 19</b>	Matemática aplicada	PAYD	Sí	Sí	C2	Sistemas dinámicos avanzados	6	83		

(\*) Tiene un nivel C1 acreditado en Inglés por ente oficial, la propia UPM o es asimilable por estancias académicas o postdoctorales en universidades de países con el Inglés como lengua oficial; impartición de cursos, seminarios o conferencias en Inglés; participación en proyectos internacionales; dirección de TFM o tesis doctorales en Inglés; etc.

(\*\*) No se establecen perfiles concretos para la dirección de TFM y la tutoría de PAE. La dedicación a estas labores docentes se reparte homogéneamente entre los diferentes perfiles atendiendo a la carga máxima que estable legislación vigente para cada categoría la.

Según normativa propia de la UPM, las horas de dedicación presencial para las actividades docentes del profesorado que se consignan en la Tabla 5d se deben calcular como la dedicación en créditos multiplicada por 9 h / ECTS.

Tabla 5e (opcional). Detalle del profesorado asignado al título.

	<i>Sexenio vivo Sí/no</i>	<i>Méritos de investigación</i>	<i>Experiencia docente</i>
<b>Perfil de profesorado 1</b>	Sí	NP (*)	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Aeroespaciales, del Máster en Matemática Industrial y del Grado en Matemáticas Álgebra Lineal, Cálculo Numérico II, Problemas Inversos y Reconstrucción de Imágenes
<b>Perfil de profesorado 2</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI de Telecomunicación Cálculo, Fundamentos de Matemáticas II, Grafos y redes
<b>Perfil de profesorado 3</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI de Telecomunicación y del Máster en Tratamiento Estadístico-Computacional de la Información Análisis Estadístico, Análisis Vectorial; Estadística, Fundamentos de Big Data
<b>Perfil de profesorado 4</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Caminos, Puertos y Canales y del Grado en Matemáticas Ecuaciones en Derivadas Parciales, Teoría de campos, Análisis de Series Temporales y Procesamiento Digital de la Imagen
<b>Perfil de profesorado 5</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Naval Cálculo II, Cálculo III, Ampliación de Matemáticas, Métodos Matemáticos de Ingeniería I, Métodos Matemáticos de Ingeniería II
<b>Perfil de profesorado 6</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Caminos, Puertos y Canales Estadística, Matemáticas II, Cálculo II
<b>Perfil de profesorado 7</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETS de Arquitectura y del Grado en Matemáticas Geometría afín y Proyectiva, Curvas y Superficies, Modelización y Simulación III
<b>Perfil de profesorado 8</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETS de Arquitectura y del Grado en Matemáticas Geometría afín y Proyectiva, Cálculo, Probabilidad
<b>Perfil de profesorado 9</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Aeroespaciales, del Máster en Matemática Industrial Matemáticas I, Dinámica de Fluidos Computacional, Técnicas de Modelado Reducido
<b>Perfil de profesorado 10</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI de Sistemas Informáticos y en el Máster en Aprendizaje Automático y Datos masivos Análisis Matemático, Computación Cuántica, Ingeniería Inversa, Optimización Exacta y Aproximada

<b>Perfil de profesorado 11</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Naval y del Grado en Matemáticas Ampliación de Matemáticas, Cálculo II, Teoría de la Señal, Ecuaciones Diferenciales Ordinarias II
<b>Perfil de profesorado 12</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Caminos, Puertos y Canales y del Grado en Matemáticas. Álgebra Lineal y Geometría Analítica, Cálculo Infinitesimal, Matemáticas I, Matemáticas II, Geometría II
<b>Perfil de profesorado 13</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Industrial Ampliación de Cálculo, Ecuaciones en Derivadas Parciales y Análisis de Fourier, Matemáticas de la Especialidad de Sistemas Industriales
<b>Perfil de profesorado 14</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETS de Arquitectura y del Grado en Matemáticas Cálculo, Curvas y superficies, Ecuaciones Algebraicas
<b>Perfil de profesorado 15</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Industrial Machine Learning en la Ingeniería Industrial, Modelo Matemáticos en Ingeniería Eléctrica, Ampliación de Cálculo
<b>Perfil de profesorado 16</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Informática, del Grado en Matemáticas e Informática y del Grado en Matemáticas Geometría diferencial de Curvas y Superficies, Geometría y Topología Computacional, Sistemas Dinámicos Caos y Fractales
<b>Perfil de profesorado 17</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Caminos, Puertos y Canales y del Grado en Matemáticas Álgebra Lineal y Geometría Analítica, Álgebra y Geometría Computacional
<b>Perfil de profesorado 18</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Caminos, Puertos y Canales y del Grado en Matemáticas Cálculo I, Álgebra Lineal II, Topología y Cálculo Diferencial, Matemáticas, Álgebra y Topología, Topología
<b>Perfil de profesorado 19</b>	Sí	NP	Asignaturas de matemáticas de los grados de la ETSI Industrial y del Grado en Matemáticas Ecuaciones diferenciales, EDO, Curvas y Dinámica, Ampliación de Ecuaciones Diferenciales

(\*) No procede

## 5.2.b) Méritos docentes del profesorado no acreditado y/o méritos de investigación del profesorado no doctor

No procede.

## 5.2.c) Perfil del profesorado necesario y no disponible y plan de contratación

No procede.

## 5.2.d) Perfil básico de otros recursos de apoyo a la docencia necesarios

En cuanto al personal de apoyo a la docencia, la titulación requiere perfiles de administración, informática y audiovisuales, y biblioteca. Como se detalla en la dimensión 6 de recursos para el aprendizaje de esta memoria, el centro donde se impartirá la docencia de este máster es la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas de la UPM. La relación de puestos de trabajo de personal técnico, de gestión, administración y servicios de este centro cubre adecuadamente estos tres perfiles. Para organizar y coordinar todos los procesos de gestión relacionados con el alumnado, los perfiles de administración incluyen: administración de centro, jefaturas de sección de gestión económica y administrativa, puestos técnicos de administración, jefaturas de negociado, secretaría y puestos base. Respecto a los medios informáticos y audiovisuales necesarios para la docencia, existen perfiles de dirección de informática de centro, puestos técnicos de informática y puestos técnicos auxiliares. Finalmente, en cuanto a los perfiles de biblioteca, se cuenta con: dirección de biblioteca, jefatura de sección, jefaturas de negociado de sala, ayudante de biblioteca y puestos técnicos auxiliares de biblioteca.

La Universidad Politécnica de Madrid garantiza la adecuación de estos perfiles a las tareas de apoyo a sus titulaciones y establece planes de formación continua para su actualización profesional.

## 6. RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE: MATERIALES E INFRAESTRUCTURALES, PRÁCTICAS Y SERVICIOS

### 6.1. Recursos materiales y servicios

A continuación, se detallan los medios materiales y servicios disponibles necesarios para el desarrollo de las actividades formativas planificadas y la adquisición de los resultados previstos: espacios para la docencia; aulas; biblioteca; recursos digitales y otros servicios y recursos.

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) es el centro que facilita a la Escuela Politécnica de Enseñanza Superior (EPES) los espacios necesarios para la docencia del Máster 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. Mientras que la EPES, centro de impartición responsable de la docencia, custodia expedientes y gestión administrativa, para el alumnado de esta oferta formativa, será en la Secretaría del alumnado de la ETSIAAB donde se realizarán los trámites relacionados con esta propuesta. De esta forma no será necesario que el alumnado 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). Señalemos que esta forma de actuar ya se está realizando con total satisfacción con el alumnado del Grado en Matemáticas por la UPM cuyo centro responsable de la docencia es la EPES. Estos servicios se consideran suficientes para esta oferta de estudios oficiales de máster.

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 que se indican en los párrafos siguientes.

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.

En el curso 2020-2021 finalizó la docencia de dos grados: el Grado en Ingeniería y Ciencia Agronómica y Grado en Tecnologías de las Industrias Agrarias y Alimentarias (la matriculación en estos dos grados se ha permitido hasta el curso 2022-23, solo en asignaturas de cuarto curso).

El título universitario que aquí se propone hará uso de las mismas infraestructuras y servicios que desde el curso académico 2021-22 la ETSIAAB pone al servicio del Grado en Matemáticas por la UPM. A continuación, se exponen los medios materiales y servicios que la ETSIAAB pone a disposición de la oferta formativa de Máster en Matemáticas por la UPM en tres aspectos: aulas, biblioteca y fondos documentales, recursos digitales y otros servicios y recursos.

## **Aulas**

La ETSIAAB tiene 67 aulas para docencia, con capacidad para 4123 alumnos y 12 para informática, empleadas para docencia, con capacidad para 331 alumnos (20-30 puestos/aula). De las 67 aulas de docencia, 34 cuentan con más de 50 puestos, el tamaño varía ente las 60 y 100 plazas. Además, se dispone de una gran aula con capacidad para 244 alumnos que se utiliza para realizar exámenes finales y organizar actividades formativas (jornadas, reuniones técnicas, actividades culturales, etc.) que precisen espacios grandes. También se dispone de aulas destinadas exclusivamente a trabajo cooperativo o que, por el tipo de mobiliario, permiten realizar dichas metodologías docentes.

Por otra parte, el estado de conservación, funcionalidad, iluminación, climatización y equipamiento de estas aulas es muy satisfactorio. Todos tienen equipamiento suficiente para desarrollar en ellas las actividades presenciales previstas en el programa formativo de las materias del plan de estudios de esta memoria.

Por su parte, se utilizarán estas mismas aulas para integrar sesiones prácticas de análisis y visualización de datos, computación, programación, simulación y modelado, empleando pizarra electrónica, equipos portátiles del alumnado y el software que se detalla más adelante en el apartado de Recursos digitales.

Teniendo en cuenta el RD 640/2021, de 27 de julio, de creación, reconocimiento y autorización de universidades y centros universitarios, y acreditación institucional de centros universitarios, en cuanto a los requerimientos relacionados con las instalaciones y equipamientos necesarios para el desarrollo adecuado y de calidad de las actividades formativas, tanto en cifras totales, como en distribución por tamaños, se cuenta con capacidad suficiente para cubrir las necesidades de la oferta formativa de máster propuesto, de acuerdo a las previsiones relativas al número de alumnos y de grupos. Además, la ETSIAAB muestra una preocupación constante por mantenimiento y mejora de su equipamiento docente.

## **Biblioteca y fondos documentales**

Actualmente, la biblioteca de la ETSIAAB tiene una superficie de 2322 m<sup>2</sup>, 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 que se han enriquecido recientemente con la adquisición de nuevos textos para el alumnado del Grado en Matemáticas de la UPM.

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

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 interbibliotecario, préstamo de ordenadores portátiles, calculadoras gráficas y lectores de documentos electrónicos, información bibliográfica y atención al usuario.

## **Recursos digitales**

El software específico que se utilizará para la docencia del máster incluye programas de cálculo simbólico como Maple, entornos de computación como Mathematica, plataformas de programación y cálculo numérico como MATLAB y modeladores 3D versátiles como Rhino. Para todos ellos, se dispone de licencia institucional UPM. También se emplearán entornos de software libre como R para el análisis estadístico y visualización de datos, Geogebra para geometría dinámica, o el ecosistema Python como lenguaje de programación multiparadigma, incluyendo Anaconda, una distribución de código abierto de los lenguajes de Python y R para aprendizaje automático y procesamiento de datos a gran escala. Los programas con licencia UPM se pueden instalar a través del Portal de Software de la UPM usando la red privada virtual (VPN) de la Universidad. Además, la Universidad cuenta con un servicio de escritorios remotos que permiten utilizar en remoto estos programas.

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 Teleeducación (GATE), tanto en lo relativo a la gestión como en lo relativo a la adecuación a su utilización para la docencia. Actualmente la UPM pone a disposición del personal docente y el alumnado un amplio abanico de servicios y herramientas dirigidos a la teleenseñanza como, por ejemplo, la plataforma de aprendizaje Moodle, herramientas de teleconferencia Skype Empresarial, Zoom o Microsoft Teams, o la plataforma de trabajo colaborativo Office 365 que permite acceso a todas las herramientas de Microsoft desde Office, OneDrive o la propia Microsoft Teams.

Los servicios informáticos de la ETSIAAB 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 como los escritorios remotos o el almacenamiento en la nube, son gestionados directamente por la UPM a través del Vicerrectorado antes indicado. Más información sobre estos servicios de la UPM se puede encontrar [en este enlace](#).

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.

## **Otros servicios y recursos**

Finalmente, se cuenta con recursos materiales y servicios importantes para el desarrollo de este programa formativo: secretarías de dirección y de alumnado, indispensables para la 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 de acuerdo con el RD 640/2021, de 27 de julio, 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.

### **Observaciones finales**

En febrero de 2023, según datos de la Memoria de Actividades 2022 de la ETSIAAB ([enlace](#)), el número total de alumnos matriculados en esta Escuela era de 1907. Por otra parte, el número de aulas disponibles para la docencia en la ETSIAAB es de 67. La titulación que se propone en esta Memoria solamente necesita un aula para los 40 estudiantes previstos. Por tanto, los recursos que requerirían se pueden estimar de forma aproximada en un 2% de los recursos totales de la Escuela.

## **6.2 Procedimiento para la gestión de las prácticas académicas externas**

Uno de los valores añadidos importantes de la oferta de Máster en Matemáticas por ser de la UPM es la posibilidad de realizar prácticas externas en empresas. Se trata de un servicio muy arraigado en la UPM que viene colaborando con un buen número de empresas. Actualmente, la UPM dispone de una nueva herramienta para la gestión de prácticas (<https://practic-externas.upm.es/>) donde los estudiantes pueden acceder a ofertas que distintas empresas/entidades públicas van realizando a lo largo del año. Se trata de una sofisticada herramienta que funciona en muchos aspectos como la conocida página 'Infojobs'. El alumnado que desea realizar prácticas externas rellena en la aplicación su perfil, señala sus intereses, adjunta un CV y tiene la posibilidad de adjuntar cartas de recomendación. Cuando una práctica es de su interés, puede aplicar a la misma para entrar a formar parte del proceso de selección, y es la empresa la que selecciona entre los distintos candidatos, que pueden pertenecer a distintas titulaciones de la UPM. Son numerosas las temáticas y las empresas/entidades públicas que ofertan prácticas en el ámbito de Matemáticas. Se han recibido ya ofertas desde empresas/entidades como las siguientes: Banco de España, Accenture, The Basement, Álamo Consulting, Cognifit, Grupo Danone, Met Energía España, Capgemini, Baobab, Deloitte Consulting. La oferta de prácticas es dinámica y va variando a lo largo del curso. En el momento actual, se ofertan 14 prácticas por parte de empresas como Satec, Sensia, Álamo Consulting, Galp Energía España, Hutchinson Industrias del Caucho y Nippon Gases Euro Holding.

La Escuela Politécnica de Enseñanza Superior (EPES) como centro de referencia de esta titulación de máster y responsable de la custodia de expedientes, dispone de una Oficina de Prácticas Externas que supervisa el proceso de gestión de estas prácticas, que van acompañadas de un convenio marco de cooperación educativa. Además, trabaja proactivamente en la selección de nuevas empresas y entidades. Como ejemplo, desde el comienzo del curso 2024/25, se ha contactado con el Instituto Nacional de Estadística, con la Agencia Estatal de Meteorología, con Accenture y con Caixabank.

## **6.3. Previsión de dotación de recursos materiales y servicios**

Periódicamente la ETSIAAB realiza actualizaciones de los recursos informáticos y de los medios audiovisuales. Salvo este tipo de renovaciones periódicas, no hay previsión de adquisición de nuevos recursos materiales ni de servicios adicionales a los existentes para la implantación de la nueva titulación ofertada por lo que no serán necesarios recursos financieros extraordinarios. No obstante, se necesitarán recursos financieros para garantizar la revisión y mantenimiento de los materiales y servicios, para lo que cada año se percibe una

dotación económica por parte de la UPM para el mantenimiento y la renovación, adaptación y actualización de equipamientos.

En el [Sistema de Aseguramiento Interno de Calidad de la ETSIAAB](#), que se puede consultar en este [enlace](#), se incluyen dos procedimientos que establecen la manera en la que se gestionan los servicios y los recursos materiales, así como su revisión y mantenimiento:

- PR/SO/003 Procedimiento Gestión de Servicios.
- PR/SO/004 Procedimiento Gestión de Recursos Materiales

## **7. CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN**

### **7.1. Cronograma de implantación del título**

Para los primeros cuatro cursos académicos de implantación del máster, se proponen 40 plazas de nuevo ingreso en cada curso.

### **7.2 Procedimiento de adaptación**

No procede: este máster no es adaptación de otro anterior.

### **7.3 Enseñanzas que se extinguen**

No procede: este máster no extingue enseñanzas.

## 8. SISTEMA INTERNO DE GARANTÍA DE LA CALIDAD

### 8.1. Sistema Interno de Garantía de la Calidad

El título está incluido en el Sistema de Aseguramiento Interno de la Calidad (SAIC) de la Universidad Politécnica de Madrid, basado en órganos y procesos destinados a la coordinación, control, revisión y mejora continua de la actividad universitaria:

<https://www.upm.es/UPM/Calidad/ModeloUPM>

En cuanto a los órganos involucrados en este SAIC, desde el Vicerrectorado de Calidad y Eficiencia de la UPM se establecen las líneas generales de actuación, contando con una Unidad de Calidad a nivel central, que se despliega en Unidades de Calidad en los diferentes centros que la componen. En el caso de la Escuela Politécnica de Enseñanza Superior (EPES), centro propio de la UPM al que se adscribe este plan de estudios, existe una Subdirección de Calidad y Estudiantes, así como una Comisión de Calidad en la que una representación de los distintos colectivos vinculados al centro trabaja para lograr los objetivos de calidad. Esta comisión incluye una sección específicamente dedicada a las titulaciones de Matemáticas: actualmente, el Grado en Matemáticas y, en el futuro, el presente título de Máster.

La Subdirección de Calidad de la EPES se coordina con el resto de las unidades de Calidad en el seno de la Comisión de Calidad de la Universidad Politécnica de Madrid y especialmente con la de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB), centro propio de la UPM en el que se desarrolla la docencia.

Además, en 2018, se creó el UPM QUALITY LAB, como proyecto para el desarrollo global del equipo de calidad de la UPM y el logro de resultados concretos en el ámbito de la calidad, entre otros, dar a conocer la importancia de la calidad a todos los grupos de interés e involucrarlos activamente en la mejora continua de la UPM, incentivando la cultura de la excelencia y de la innovación, convocando premios anuales a la calidad para distintos colectivos universitarios, incluido el estudiantado.

Respecto a los procesos de calidad, el SAIC de la UPM garantiza la adecuada implantación y desarrollo del plan de estudios al establecer procesos que persiguen de forma sistemática la coordinación y la mejora en los diversos ámbitos de la universidad: docencia, investigación, difusión del conocimiento y prestación de servicios. Estos procesos se estructuran en procesos clave, procesos estratégicos y procesos de soporte, diferenciados en procesos a nivel de universidad y procesos a nivel de centro,

En cada centro, el proceso estratégico PR/ES/001 Elaboración y revisión PAC v\_2.1 establece y realiza el seguimiento del Plan Anual de Calidad. Este plan incorpora los objetivos y las correspondientes acciones de mejora, identificadas a partir del análisis de los resultados de los procesos del SAIC. Además, el plan define los responsables de cada actividad y los indicadores asociados a la misma, para su seguimiento y mejora.

Además, a través del proceso clave PR/CL/001 Coordinación de las enseñanzas v\_2.2 se coordina la organización docente y la planificación de los sistemas de evaluación de cada titulación.

Los procesos del SAIC se actualizan periódicamente adaptándolos a las nuevas normativas y directrices de evaluación de la calidad. Actualmente, la versión 2.1 y algunas de sus actualizaciones están disponibles en: <https://www.upm.es/UPM/Calidad/ModeloUPM>

## 8.2. Medios para la información pública

El SAIC cuenta con procesos para la gestión de la información que posibilitan el seguimiento y el análisis del desarrollo del plan de estudios, entre ellos los indicados a continuación.

El proceso [PR/ES/002 Gestión de Títulos Oficiales v3.2](#) aborda el diseño, la verificación, la modificación y la extinción de títulos oficiales y las relaciones de estas acciones entre sí. Todo ello, cumpliendo las directrices tanto externas a la UPM como internas, de manera que la oferta educativa colabore con el cumplimiento del compromiso institucional de la UPM con la sociedad, ofreciéndole garantías de calidad.

El proceso [PR/ES/003 Seguimiento de Títulos Oficiales v 2.1](#) establece las bases para asegurar un adecuado seguimiento de la implantación de los diferentes títulos oficiales, con el objetivo de conducir a una toma de decisiones que mejore de forma continua la calidad de los resultados obtenidos y, así mismo, de disponer de mecanismos para una apropiada rendición de cuentas sobre el desarrollo de los títulos oficiales.

Estos dos procesos se apoyan en una serie de procesos de soporte:

[PR/SO/005 Medición de la satisfacción e identificación de necesidades](#)

[PR/SO/006 Gestión de quejas, sugerencias y felicitaciones \(versión 5 4 16\)](#)

[PR/SO/007 DOCENTIA UPM v3 febrero21](#)

[PR/SO/008 Sistema de Encuestación UPM v2.5](#)

Además de la gestión de la información, el Sistema de Aseguramiento Interno de la Calidad de la Universidad Politécnica de Madrid, organiza la publicación y actualización de información relevante para todos los grupos de interés, según el proceso siguiente:

[PR/ES/004 Publicación de la Información v 2.2](#)

que incluye una relación detallada de lo que debe publicarse para cada título.

Por una parte, el estudiantado, a través del sitio web de la UPM, puede conocer las cuestiones relevantes a nivel general en las distintas etapas de su relación con la universidad. En particular, en la etapa de sus estudios de máster, la sección

[https://www.upm.es/Estudiantes/Estudios\\_Titulaciones/Estudios\\_Master](https://www.upm.es/Estudiantes/Estudios_Titulaciones/Estudios_Master)

incluye información sobre: admisión, matrícula, calendario, y programas.

Así mismo, tanto el estudiantado como el profesorado, los empleadores y la sociedad en su conjunto, pueden acceder a través del sitio web de la UPM a un amplio abanico informativo sobre cuestiones relacionadas con los programas de máster, como la movilidad (ver apartado 3.3) y las prácticas curriculares y extracurriculares (ver apartado 6.2):

<https://www.upm.es/Estudiantes/Movilidad>

<https://www.upm.es/Estudiantes/EmpleoPracticas>

Por otro lado, el sitio web de la Escuela Politécnica de Enseñanza Superior, <https://www.epes.upm.es/>, centro al que se adscribe este plan de estudios, en el que se coordinan diversos recursos y servicios de la UPM, proporciona a todos los agentes implicados el acceso estructurado a los contenidos esenciales de cada una de sus titulaciones, a saber: Presentación, Plan de Estudios, Guías de aprendizaje, Calendario, Horarios, Pruebas de evaluación, Trabajo Fin de

Titulación, Claustro. Toda esta información, ubicada en la sección de 'Estudios', junto con la adicional incorporada en las secciones de 'Futuro Alumno' y 'Alumno' resulta especialmente útil para el alumnado.

Además, desde la web de la UPM y desde la web de la EPES, se accede fácilmente al sitio web de cada una de sus titulaciones, donde todos los colectivos de interés pueden informarse con más detalle sobre el plan de estudios correspondiente. En el caso de este plan de estudios de máster, como se mencionaba en el apartado 3.1. b), está previsto disponer de un sitio web coordinado con el existente en la actualidad para el Grado en Matemáticas por la UPM, titulación adscrita también a la EPES, con presencia en las redes sociales,

<https://matematicas.epes.upm.es/>

Para los distintos sitios web mencionados, existen responsables específicos de la publicación y actualización de la información, que se coordinan con los responsables de calidad, de acuerdo con el proceso del SAIC antes mencionado:

[PR/ES/004 Publicación de la Información v 2.2](#)

Este proceso despliega el plan de comunicación de la universidad para el conocimiento de la comunidad universitaria y rendición de cuentas a los distintos grupos de interés.

Además, la UPM pone a disposición de cada estudiante una cuenta de correo electrónico personal, que sirve como cuenta de acceso a la plataforma de tele-enseñanza de la universidad, <https://moodle.upm.es/>, estructurada por titulaciones, que actúa como vía de comunicación directa entre estudiantado y profesorado.

## 9. OTRA INFORMACIÓN: FICHAS DE LAS MATERIAS DEL GEM

A continuación, se incluyen las fichas de las materias 'Ecuaciones Diferenciales', 'Métodos Numéricos' y 'Matemáticas de la Complejidad y Análisis de Datos' del Grado en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid. Estas fichas están mencionadas en el apartado 3.1 a) de la memoria ya que incluyen los complementos formativos para algunos perfiles de acceso.

## **9. OTRA INFORMACIÓN: FICHAS DE LAS MATERIAS DEL GEM**

A continuación, se incluyen las fichas de las materias ‘Ecuaciones Diferenciales’, ‘Métodos Numéricos’ y ‘Matemáticas de la Complejidad y Análisis de Datos’ del Grado en Matemáticas por la Universidad Politécnica de Madrid. Estas fichas están mencionadas en el apartado 3.1 a) de la memoria ya que incluyen los complementos formativos para algunos perfiles de acceso.

## FICHA DE MATERIA

<b>Materia</b>	Ecuaciones diferenciales
<b>Módulo</b>	Obligatorias
<b>Créditos</b>	18
<b>Horas de trabajo</b>	486
<b>Semestres</b>	3, 5, 6
<b>Competencias</b>	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.

<b>Contenidos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ecuaciones diferenciales de primer orden. Métodos de resolución.</li> <li>◦ Problemas de valor inicial. Existencia y unicidad de soluciones.</li> <li>◦ Ecuaciones diferenciales lineales de orden superior. Métodos de resolución.</li> <li>◦ Otros métodos de resolución: métodos aproximados y transformada de Laplace.</li> <li>◦ Sistemas de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden. Métodos de resolución.</li> <li>◦ Modelización matemática mediante ecuaciones diferenciales.</li> <li>◦ Sistemas dinámicos. Introducción a la teoría cualitativa.</li> <li>◦ Dependencia continua de parámetros y datos iniciales.</li> <li>◦ 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.</li> <li>◦ Diagrama de fases.</li> <li>◦ Existencia de ciclos límite.</li> <li>◦ Ecuaciones en derivadas parciales de primer orden. Método de las características. Leyes de conservación y ecuaciones de Hamilton-Jacobi.</li> <li>◦ Problema de Sturm-Liouville.</li> <li>◦ Existencia de soluciones. Método de separación de variables.</li> <li>◦ Ecuación de Laplace-Poisson, funciones armónicas, funciones de Green. Principios del máximo. Unicidad de soluciones.</li> <li>◦ Ecuación del calor. Principios del máximo, métodos de energía. Unicidad de soluciones.</li> <li>◦ Ecuación de ondas. Solución de D'Alembert, Principio de Duhamel, métodos de energía. Unicidad de soluciones.</li> </ul>	
<b>Actividades formativas</b>	
<b>AF1:</b> Lección magistral y clase de ejercicios	162 h
<b>AF2:</b> Clase práctica y seminario o taller	36 h
<b>AF3:</b> Actividades de evaluación	18 h
<b>AF4:</b> Estudio autónomo y tutoría académica	270 h
<b>Sistemas de evaluación</b>	
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**

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

<b>Materia</b>	Matemática de la complejidad y análisis de datos
<b>Módulo</b>	Optativas
<b>Créditos</b>	42 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
<b>Horas de trabajo</b>	1134 (asumiendo toda la optatividad en esta materia)
<b>Semestres</b>	7, 8
<b>Competencias</b>	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.

<b>Contenidos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 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.</li> <li>◦ 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.</li> <li>◦ 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.</li> <li>◦ Geometría fractal: medidas invariantes de conjuntos de puntos, dimensiones fractales, geometría auto-semejante, multifractales.</li> <li>◦ 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.</li> <li>◦ Análisis de series temporales: modelos auto-regresivos, análisis de correlaciones temporales, aplicaciones a series temporales reales en econometría y ciencias sociales.</li> </ul>	
<b>Actividades formativas</b>	
<b>AF1:</b> Lección magistral y clase de ejercicios	210 h
<b>AF2:</b> Clase práctica y seminario o taller	252 h
<b>AF3:</b> Actividades de evaluación	42 h
<b>AF4:</b> Estudio autónomo y tutoría académica	630 h
<b>Sistemas de evaluación</b>	
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.