

| SEMESTRE                                       | CRÉDITOS | CARÁCTER  | TIPO DE ENSEÑANZA                 | IDIOMA DE IMPARTICIÓN |
|--|----------|---|-----------------------------------|-----------------------|
| 1º   | 6 ECTS   | Optativa  | Presencial/Semipresencial/Virtual | Español               |
| <b>MÓDULO</b>                                  |          | Biomatemática y Biofísica   |                                   |                       |
| <b>MATERIA</b>                                 |          | Análisis Numérico de EDP y aproximación   |                                   |                       |
| <b>CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO</b>           |          | Escuela Internacional de Posgrado   |                                   |                       |
| <b>MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE</b>             |          | Máster Universitario en Física y Matemáticas (FISYMAT)  |                                   |                       |
| <b>CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA</b> |          | Facultad de Ciencias  |                                   |                       |
| <b>PROFESORES<sup>(1)</sup></b>                |          |   |                                   |                       |
| <b>Óscar Sánchez Romero (Coordinador)</b>      |          |   |                                   |                       |
| <b>DIRECCIÓN</b>                               |          | Facultad de Ciencias. Dpto. Matemática Aplicada, Planta Baja,. Despacho n.º 10.<br>Correo electrónico: ossanche@ugr.es                            |                                   |                       |
| <b>TUTORÍAS</b>                                |          | Véase la información actualizada en la web del departamento:<br><a href="http://www.ugr.es/local/mateapli/">http://www.ugr.es/local/mateapli/</a> |                                   |                       |
| <b>Domingo Barrera Rosillo</b>                 |          |   |                                   |                       |
| <b>DIRECCIÓN</b>                               |          | E.T.S Ingenieros de Caminos, C. y P.. Dpto. Matemática Aplicada, Despacho n.º 47.<br>Correo electrónico: dbarrera@ugr.es                          |                                   |                       |
| <b>TUTORÍAS</b>                                |          | Véase la información actualizada en la web del departamento:<br><a href="http://www.ugr.es/local/mateapli/">http://www.ugr.es/local/mateapli/</a> |                                   |                       |
| <b>Teresa E. Pérez Fernández</b>               |          |   |                                   |                       |
| <b>DIRECCIÓN</b>                               |          | Facultad de Ciencias. Dpto. Matemática Aplicada, Planta Baja,. Despacho n.º 9.<br>Correo electrónico: tperez@ugr.es                               |                                   |                       |
| <b>TUTORÍAS</b>                                |          | Véase la información actualizada en la web del departamento:<br><a href="http://www.ugr.es/local/mateapli/">http://www.ugr.es/local/mateapli/</a> |                                   |                       |

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" (<http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/>!)

## COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

### COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

CG3 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

G04 - Saber comunicarse con la comunidad académica y científica en su conjunto, con la empresa y con la sociedad en general acerca de la Física y/o Matemáticas y sus implicaciones académicas, productivas o sociales

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CT3 - Desarrollar el razonamiento crítico y la capacidad de crítica y autocrítica

CT5 - Capacidad de aprendizaje autónomo y responsabilidad (análisis, síntesis, iniciativa y trabajo en equipo)

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

CE1 - Resolver problemas físicos y matemáticos, planificando su resolución en función de las herramientas disponibles y de las restricciones de tiempo y recursos

CE2 - Desarrollar la capacidad de decidir las técnicas adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Modelización en Ciencias e Ingeniería, Astrofísica, Física, y Matemáticas

CE5 - Saber obtener e interpretar datos de carácter físico y/o matemático que puedan ser aplicados en otras ramas del conocimiento

CE7 - Capacidad para comprender y poder aplicar conocimientos avanzados de matemáticas y métodos numéricos o computacionales a problemas de biología, física y astrofísica, así como elaborar y desarrollar modelos matemáticos en ciencias, biología e ingeniería.

CE8 - Capacidad de modelar, interpretar y predecir a partir de observaciones experimentales y datos numéricos

## OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

- Comprender las características específicas de las ecuaciones elípticas, parabólicas e hiperbólicas que los métodos numéricos han de tratar adecuadamente.
- Conocer y comprender los conceptos básicos de consistencia, estabilidad y convergencia de un esquema numérico en este contexto, así como su interrelación.
- Comprender el diseño teórico de un método de tipo elementos finitos, diferencias finitas, volúmenes finitos y espectrales, a partir de técnicas analíticas ya conocidas (formulaciones variacionales, desarrollos de Taylor, fórmulas de integración por partes).
- Aprender a utilizar algunas herramientas del Análisis básico y el Análisis Funcional para llevar a cabo el análisis numérico de un método.
- Conocer algunas herramientas de software que permitan resolver completamente un problema en el ordenador, lo que conlleva saber programar, generar una malla computacional, aplicar el módulo de cálculo conveniente y visualizar la solución numérica. Resolución práctica de problemas.



- Interpretación de la solución numérica obtenida y juicio crítico de su calidad. Relación con la ciencia aplicada a que hace referencia.
- Adquirir la capacidad de resolver un problema concreto en equipo: desde la elección de un método adecuado hasta la presentación oral y escrita de los resultados obtenidos tras la implementación del mismo.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

Revisión de métodos numéricos para resolución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales y teoría de aproximación.

#### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

##### TEMARIO TEÓRICO:

- **Tema 1:** Métodos en diferencias finitas en ecuaciones clásicas y leyes de conservación. Métodos en elementos finitos y volúmenes finitos. Métodos espectrales.
- **Tema 2:** Teoría de aproximación. Funciones especiales. Polinomios ortogonales.
- **Tema 3:** Curvas de Bezier. Aproximación spline. B-splines. Aplicaciones.

##### TEMARIO PRÁCTICO:

- Práctica 1: Resolución numérica de problemas de valores en la frontera.
- Práctica 2: Resolución numérica de problemas de evolución.

##### PRÁCTICAS DE LABORATORIO:

Se llevarán a cabo prácticas de computación.

##### PRÁCTICAS DE CAMPO:

No procede.

#### BIBLIOGRAFÍA

##### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- R. A. DeVore, G. G. Lorentz, Constructive Approximation, Springer Verlag, 1993.
- G. Farin, Curves and surfaces for computer aided geometric design. A practical guide, 4th edition, Academic Press, 1990.
- W. Gautschi, "Numerical Analysis", Birkhäuser-Boston, 2012, Accessible version electronica desde UGR <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-8176-8259-0>
- W. Gautschi, "Orthogonal Polynomials: Computation and Approximation", Oxford University Press, Oxford, 2004
- M. E. H. Ismail, "Classical and quantum orthogonal polynomials in one variable". Encyclopedia of Mathematics and its Applications, 98. Cambridge University Press, Cambridge, 2009.
- C. Johnson, "Numerical solutions of partial differential equations by the finite element method", Cambridge University Press, 1987.
- R. Koekoek, P. Lesky, R. Swarttouw, "Hypergeometric Orthogonal Polynomials and Their q- Analogues", Springer Monographs in Mathematics, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. Accessible version electronica desde UGR <http://www.springer.com/us/book/9783642050138>
- R. LeVeque, "Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems", Cambridge University Press, 2002.
- R. J. LeVeque, "Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations", SIAM, Philadelphia, 2007.
- A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, "Numerical Mathematics", Text in Applied Mathematics, V. 37, Springer-Verlag, New-York, 2007. Accessible version electronica desde UGR <http://link.springer.com/book/10.1007%2Fb98885>



- A. Quarteroni, Numerical Models for Differential Problems, Series: MSA, Vol 2, 2009, Accesible cómo libro electrónico desde la UGR <http://dx.doi.org/10.1007/978-88-470-1071-0>
- J.C. Strikwerda, “Finite Difference Schemes and partial Differential Equations”, SIAM, Philadelphia, 2004.
- G. Szegő, “Orthogonal polynomials”, 4th edition, vol. 23. Amer. Math. Soc. Colloq. Publ., Providence RI, 1978.
- N. Trefethen, “Spectral methods in Matlab”, SIAM, Philadelphia, 2000.

#### ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

- Páginas web de paquetes de software empleados en el curso:
  1. GNU Octave: <http://www.gnu.org/software/octave/>
  2. FreeFem++: <http://www.freefem.org/ff++/>
- A. Delgado, J.J Nieto, A.Robles, O. Sánchez, Métodos Numéricos Básicos con Octave, texto y códigos disponibles en <https://github.com/oscarsanchezromero/Calculo-Cientifico-Octave>
- Páginas web de científicos destacados del campo:
  1. Randall Leveque: <http://faculty.washington.edu/rjl/>
  2. Alfio Quarteroni: <http://cmcs.epfl.ch/people/quarteroni>
- Páginas web con herramientas para resolución numérica de EDPs
  1. Códigos contenidos en el texto: R. J. Leveque, Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, SIAM, Philadelphia, 2007. <http://faculty.washington.edu/rjl/fdmbook/index.html>
- NIST Digital Library of Mathematical Functions
  1. Hypergeometric functions <http://dlmf.nist.gov/15>
  2. Orthogonal polynomials <http://dlmf.nist.gov/18>
- Paquete de Matlab: “OPQ: a Matlab Suite of Programs for Generating Orthogonal Polynomials and Related Quadrature Rules” que acompaña al texto: W. Gautschi, “Orthogonal Polynomials: Computation and Approximation”, Oxford University Press, Oxford, 2004 <http://www.cs.purdue.edu/archives/2002/wxg/codes>

#### METODOLOGÍA DOCENTE

- Lección magistral
- Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- Prácticas de laboratorio
- Seminarios
- Tutorías académicas
- Realización de trabajos individuales o en grupos

#### EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

##### CONVOCATORIA ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la **evaluación continua** del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

- Valoración de las pruebas, ejercicios, prácticas o problemas realizados individualmente o en grupo a lo largo del curso (**Ponderación 70%**).
- Realización, exposición y defensa final de informes, trabajos, proyectos y memorias realizadas de forma individual o en grupo (**Ponderación 20%**).
- Valoración de la asistencia y participación del alumno en clase y en los seminarios, y sus aportaciones en las actividades desarrolladas (**Ponderación 10%**).

Con la anterior evaluación los alumnos podrán alcanzar el 100% de la evaluación. Alternativamente, los alumnos tendrán la opción de superar la asignatura mediante la realización de un examen final escrito cuya ponderación supondrá el 100% de la nota.



## CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

## DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación en tal caso consistirá en un examen final escrito cuya ponderación supondrá el 100% de la nota.

## ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

### ATENCIÓN TUTORIAL

| HORARIO<br>(Según lo establecido en el POD)   | HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL<br>(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)         |
|---|--|
| Véase la información actualizada en la web del departamento:<br><a href="http://www.ugr.es/local/mateapli/">http://www.ugr.es/local/mateapli/</a> | Correo electrónico, videoconferencia (zoom, Adobe Connect, Google meet u otras plataformas disponibles). |

### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Dependiendo del número de alumnos matriculados en la asignatura y de la capacidad del aula, las clases se podrán dar de forma presencial. Los alumnos que así lo necesiten podrán asistir utilizando las salas de videoconferencia asociadas al máster.
- Si el número de alumnos es muy elevado y es imposible la reserva de un aula más grande, las clases se impartirán de forma virtual o el grupo se dividirá en tantos subgrupos como fuese necesario. Las sesiones de las clases presenciales se alternarán entre los subgrupos creados. En cada sesión, los subgrupos que no tengan clase presencial, asistirán de forma remota y síncrona a través de las salas de videoconferencia habilitadas en el máster.

### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

#### Convocatoria Ordinaria

- La evaluación es continua. Los trabajos se entregan en las plataformas docentes correspondientes. Las defensas se pueden hacer por videoconferencia.
- La revisión se realizará a través de videoconferencia, a petición del alumnado vía correo electrónico y en las fechas fijadas para ello.

#### Convocatoria Extraordinaria



- Si no fuese posible la evaluación presencial, se hará de forma remota utilizando un sistema de videoconferencia/examen virtual.
- Las calificaciones se notificarán a través de las actas preliminares o mediante la plataforma de docencia. La revisión se realizará a través de videoconferencia, a petición del alumnado vía correo electrónico y en las fechas fijadas para ello.

#### Evaluación Única Final

- Si no fuese posible la evaluación presencial, se hará remotamente utilizando un sistema de videoconferencia/examen virtual.
- Las calificaciones se notificarán a través de las actas preliminares o mediante la plataforma de docencia. La revisión se realizará a través de videoconferencia, a petición del alumnado vía correo electrónico y en las fechas fijadas para ello.
- La solicitud de esta modalidad dependerá de la sede en la que esté matriculado el alumno.

#### ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

#### ATENCIÓN TUTORIAL

| HORARIO<br>(Según lo establecido en el POD)  | HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL<br>(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)         |
|--|--|
| Véase la información actualizada en la web del departamento: <a href="http://www.ugr.es/local/mateapli/">http://www.ugr.es/local/mateapli/</a> | Correo electrónico, videoconferencia (zoom, Adobe Connect, Google meet u otras plataformas disponibles). |

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Las clases se impartirán por videoconferencia.

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

#### Convocatoria Ordinaria

- La evaluación es continua. Los trabajos se entregan en las plataformas docentes correspondientes. Las defensas se pueden hacer por videoconferencia.
- Las calificaciones se notificarán a través de las actas preliminares o mediante la plataforma de docencia. La revisión se realizará a través de videoconferencia, a petición del alumnado vía correo electrónico y en las fechas fijadas para ello.

#### Convocatoria Extraordinaria

- Si no fuese posible la evaluación presencial, se hará remotamente utilizando un sistema de videoconferencia.
- Las calificaciones se notificarán a través de las actas preliminares o mediante la plataforma de docencia. La revisión se realizará a través de videoconferencia, a petición del alumnado vía correo electrónico y en las fechas fijadas para ello.



---

### Evaluación Única Final

- Si no fuese posible la evaluación presencial, se hará remotamente utilizando un sistema de videoconferencia.
- Las calificaciones se notificarán a través de las actas preliminares o mediante la plataforma de docencia. La revisión se realizará a través de vídeoconferencia, a petición del alumnado vía correo electrónico y en las fechas fijadas para ello.

