

## ANÁLISIS NUMÉRICO DE ECUACIONES EN DERIVADAS PARCIALES

Curso 2017-2018

(Fecha última actualización: 22/06/2017)

(Fecha de aprobación en Consejo de Departamento: 23/06/2017)

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Comp. de Matemática Aplicada	Análisis Numérico de Ecuaciones en Derivadas Parciales	4º	2º	6	Optativa
PROFESORES <sup>(1)</sup>			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
<ul style="list-style-type: none"><li>Juan Calvo Yagüe (coordinador de la asignatura): Parte I “Diferencias Finitas”</li><li>Pedro González Rodelas: Parte II “Elementos Finitos”</li></ul>			Dpto. Matemática Aplicada, 2ª planta, Facultad de Ciencias, Despacho nº 56 y Dpto. Matemática Aplicada, Escuela de Ingeniería Civil, Despacho nº 46. Correo electrónico: juancalvo@ugr.es y prodelas@ugr.es		
			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS <sup>(1)</sup>		
			Jueves, de 11 a 13 horas (Profesor Calvo), lunes y miércoles de 10:30 a 13:30 horas (Profesor González)		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Matemáticas					
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES					
Se recomienda tener cursadas (o estar cursando) las asignaturas de los módulos de “Ecuaciones Diferenciales”, “Métodos Numéricos” y “Optimización y Modelización”.					
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)					

<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/ngc7121/>)



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

Página 1

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: MIGUEL ANGEL PIÑAR GONZALEZ 25957107C

Sello de tiempo: 27/06/2017 23:53:18 Página: 1 / 6



fdQqTqpT8YwAxuRWE1OFSH5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

Diferencias finitas, elementos finitos, métodos variacionales y soluciones numéricas.

#### COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

- CG1. Poseer los conocimientos básicos y matemáticos de las distintas materias que, partiendo de la base de la educación secundaria general, y apoyándose en libros de texto avanzados, se desarrollan en esta propuesta de título de Grado en Matemáticas.
- CG2. Saber aplicar esos conocimientos básicos y matemáticos a su trabajo o vocación de una forma profesional y poseer las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de las Matemáticas y de los ámbitos en que se aplican directamente.
- CG3. Saber reunir e interpretar datos relevantes (normalmente de carácter matemático) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- CG4. Poder transmitir información, ideas, problemas y sus soluciones, de forma escrita u oral, a un público tanto especializado como no especializado.
- CG5. Haber desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- CG6. Utilizar herramientas de búsqueda de recursos bibliográficos.
- CB1. Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- CB2. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro su área de estudio.
- CB3. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- CB4. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y sus soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- CB5. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- CT1. Desarrollar cierta habilidad inicial de “emprendimiento” que facilite a los titulados, en el futuro, el autoempleo mediante la creación de empresas.
- CT2. Fomentar y garantizar el respeto a los Derechos Humanos y a los principios de accesibilidad universal, igualdad ante la ley, no discriminación y a los valores democráticos y de la cultura de la paz.
- CE1. Comprender y utilizar el lenguaje matemático. Adquirir la capacidad de enunciar proposiciones en distintos campos de las matemáticas, para construir demostraciones y para transmitir los conocimientos matemáticos adquiridos.
- CE2. Conocer demostraciones rigurosas de algunos teoremas clásicos en distintas áreas de las Matemáticas.
- CE3. Asimilar la definición de un nuevo objeto matemático, en términos de otros ya conocidos, y ser capaz de utilizar este objeto en diferentes contextos.
- CE4. Saber abstraer las propiedades estructurales (de objetos matemáticos, de la realidad observada, y de otros ámbitos) y distinguirlas de aquellas puramente accidentales, y poder comprobarlas con demostraciones o refutarlas con contraejemplos, así como identificar errores en razonamientos incorrectos.
- CE5. Resolver problemas matemáticos, planificando su resolución en función de las herramientas disponibles y de las restricciones de tiempo y recursos.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

Página 2

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
grados.ugr.es

Firmado por: MIGUEL ANGEL PIÑAR GONZALEZ 25957107C

Sello de tiempo: 27/06/2017 23:53:18 Página: 2 / 6



fdQqTqpT8YwAxuRWE1OFSH5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

- CE6. Proponer, analizar, validar e interpretar modelos de situaciones reales sencillas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan.
- CE7. Utilizar aplicaciones informáticas de análisis estadístico, cálculo numérico y simbólico, visualización gráfica, optimización u otras para experimentar en matemáticas y resolver problemas.
- CE8. Desarrollar programas que resuelvan problemas matemáticos utilizando para cada caso el entorno computacional adecuado.

#### OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

- Comprender, analizar e implementar métodos de resolución aproximada de EDPs
- Capacidad de critica con los resultados de un problema
- Conocer los métodos numéricos básicos del programa

#### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

##### TEMARIO TEÓRICO:

- Tema 1. Introducción a los métodos en diferencias finitas para EDPs.
  - 1.1. Recordatorio: fórmulas de aproximación de derivadas y de cuadratura. Normas matriciales.
  - 1.2. Problemas de valores en la frontera, consistencia, estabilidad y convergencia.
  - 1.3. Problemas elípticos de contorno.
  - 1.4. Problemas de evolución: ecuaciones de difusión e hiperbólicas.
    - 1.4.1. Esquemas en diferencias finitas para la ecuación del calor.
    - 1.4.2. Esquemas para la ecuación de advección.
    - 1.4.3. Esquemas en diferencias para la ecuación de ondas.
- Tema 2. El método de elementos finitos.
  - 2.1. Resolución de EDPs mediante técnicas variacionales: formulación débil y teorema de Lax-Milgram.
  - 2.2. Recordatorio: interpolación mediante funciones spline. Presentación del método de elementos finitos en dimensión 1.
  - 2.3. Espacios de elementos finitos. Lemas de Cea. El operador de interpolación.
  - 2.4. Problemas de evolución temporal.
  - 2.5. Apéndice: El método del gradiente conjugado.

##### TEMARIO PRÁCTICO:

##### Seminarios/Talleres

- P1. Resolución numérica de EDPs mediante métodos en diferencias con Octave.
- P2. Resolución numérica de EDPs mediante elementos finitos con Python y FreeFem++.

##### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- [1] R. J. Leveque, Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, SIAM,



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

Página 3

**INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR**  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: MIGUEL ANGEL PIÑAR GONZALEZ 25957107C

Sello de tiempo: 27/06/2017 23:53:18 Página: 3 / 6



fdQqTqpT8YwAxuRWE1OFSH5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

Philadelphia, 2007.

- [2] J. C. Strikwerda, Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations, SIAM Philadelphia, 2004.
- [3] H. Brezis, Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations, Springer, 2011.
- [4] P. A. Raviart, J. M. Thomas, Introduction a l'Analyse Numerique des Equations aux Derivees Partielles, Masson, París, 1988.
- [5] C. Johnson, Numerical solutions of partial differential equations by the finite element method, Cambridge University Press, 1987.
- [6] 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>
- [7] Eaton, J.W., Bateman, D. Hauberg, S., GNU Octave, A high-level interactive language for numerical computations, La edición 4 para la versión 4.0.1. de Octave de Marzo 2015. <https://www.gnu.org/software/octave/octave.pdf>
- [8] A. Delgado, J.J. Nieto, A. M. Robles, O. Sánchez, Métodos Numéricos básicos con Octave, Ed. Técnica AVICAM (Fleming), Granada 2016.
- [9] F. Hecht, FreeFem++, version 3.40, <http://www.freefem.org/ff++/ftp/freefem++doc.pdf>, julio 2016.

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- [10] G. D. Smith. Numerical solution of partial differential equations: finite difference methods, Clarendon Press, Oxford, 1985.
- [11] A. Ern, J. L. Guermond, Theory and Practice of Finite Elements, Springer-Verlag, New York, 2004.
- [12] B. Lucquin, O. Pironneau, Introduction au calcul scientifique, Masson, París, 1996.
- [13] 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>
- [14] W. Gautschi, Numerical Analysis, Birkhäuser-Boston, 2012, Accessible version electronica desde UGR <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-8176-8259-0>

#### ENLACES RECOMENDADOS

Toda la información sobre la asignatura, así como el material docente y las calificaciones, podrán verse en la plataforma SWAD: <https://swad.ugr.es>

Páginas web de paquetes de software empleados en el curso:

GNU Octave: [www.gnu.org/software/octave/](http://www.gnu.org/software/octave/)



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

Página 4

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: MIGUEL ANGEL PIÑAR GONZALEZ 25957107C

Sello de tiempo: 27/06/2017 23:53:18 Página: 4 / 6



fdQqTqpT8YwAxuRWE1OFSH5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

Python: [www.python.org](http://www.python.org)

FreeFem++: [www.freefem.org/ff++/](http://www.freefem.org/ff++/)

Página web de la actividad de formación docente en centros, titulaciones y departamentos, de la Universidad de Granada: Introducción al cálculo científico con Octave: [www.ugr.es/~jimnieto/octave/](http://www.ugr.es/~jimnieto/octave/)

Páginas web de algunos líderes científicos del campo:

Randall Leveque: <http://faculty.washington.edu/rjl/>

Alfio Quarteroni: <http://cmcs.epfl.ch/people/quarteroni>

#### METODOLOGÍA DOCENTE

El desarrollo de la asignatura se estructura en torno a varios ejes: las sesiones de teoría, las sesiones de problemas (con y sin ordenador), los seminarios y las tutorías

- Sesiones teóricas: Sesiones para todo el grupo de alumnos en las que el profesor explicará los contenidos teóricos fundamentales de cada tema y su importancia en el contexto de la materia.
- Sesiones prácticas de laboratorio y ordenador que permitan aplicar los conceptos teóricos impartidos.
- Tutorías: los alumnos disponen de las tutorías para realizar cualquier consulta o plantear cualquier cuestión al profesor.
- Exposición y defensa de trabajos realizados por los alumnos de forma individual.

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

De acuerdo a la normativa de evaluación y calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada (BOUGr 112, 9 de Noviembre de 2016), existen dos tipos de evaluación: Evaluación Continua y Evaluación Única Final, a las que el alumno tiene derecho a acogerse siguiendo el procedimiento indicado en dicha normativa.

Con objeto de evaluar la adquisición de los contenidos y competencias a desarrollar en la materia, se utilizará preferentemente un sistema de evaluación continua diversificado, seleccionando las técnicas de evaluación más adecuadas para la asignatura en cada momento, que permita poner de manifiesto los diferentes conocimientos y capacidades adquiridos por el alumnado al cursarla. Se utilizarán pruebas objetivas, resolución de problemas personalizados, pruebas de respuesta breve, informes y/o exposiciones de trabajos orales en clase, individuales o en grupo, sobre contenidos de la asignatura (seminario). Las pruebas objetivas tendrán un peso en la calificación del 50 por ciento del total mientras que el resto de actividades supondrán el 40 por ciento del total. La asistencia y



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

Página 5

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: MIGUEL ANGEL PIÑAR GONZALEZ 25957107C

Sello de tiempo: 27/06/2017 23:53:18 Página: 5 / 6



fdQqTqpT8YwAxuRWE1OF5H5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

participación activa del alumno en clase, seminarios y tutorías representarán un peso del 10 por ciento de la calificación total, a partes iguales.

Todos los aspectos relativos a la evaluación se regirán por las normativas vigentes de la Universidad de Granada: "Normativa de evaluación y calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" (<http://secretariageneral.ugr.es/bougr/pages/bougr71/ncg712/>).

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"

Los alumnos que no puedan seguir el sistema de evaluación continua, deberán **solicitar al Director del Departamento la evaluación única final en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura**, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua. La evaluación única constará de una prueba escrita de carácter teórico que supondrá el 60% de la calificación final y una prueba práctica en ordenador que representará el 40% restante de la evaluación final. La convocatoria extraordinaria seguirá las mismas directrices que la evaluación única final.

INFORMACIÓN ADICIONAL



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

Página 6

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: MIGUEL ANGEL PIÑAR GONZALEZ 25957107C

Sello de tiempo: 27/06/2017 23:53:18 Página: 6 / 6



fdQqTqpT8YwAxuRWE1OFSH5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.