



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**95000123 - Modelos Numericos en Biomedicina**

### PLAN DE ESTUDIOS

09IB - Grado en Ingenieria Biomedica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
4. Descripción de la asignatura y temario.....	4
5. Cronograma.....	6
6. Actividades y criterios de evaluación.....	9
7. Recursos didácticos.....	13
8. Otra información.....	15

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000123 - Modelos Numericos en Biomedicina
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09IB - Grado en Ingenieria Biomedica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Francisco Jose Navarro Valero (Coordinador/a)	A302-4 (ETSIT)	francisco.navarro@upm.es	Sin horario. Las tutorías se publicarán al inicio del curso académico en el Moodle de la asignatura

Jose Maria Goicolea Ruigomez	T9-7 (ETSICCP)	jose.goicolea@upm.es	Sin horario. Las tutorías se publicarán al inicio del curso académico en el Moodle de la asignatura
Jaime Otero Garcia	A-302-1 (ETSIT)	jaime.otero@upm.es	Sin horario. Las tutorías se publicarán al inicio del curso académico en el Moodle de la asignatura
Pedro Navas Almodovar	Lab Mat ETSICCP	pedro.navas@upm.es	Sin horario. Las tutorías se publicarán al inicio del curso académico en el Moodle de la asignatura

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Muñoz Hermosilla, Jose Manuel	jm.muñoz@upm.es	Otero Garcia, Jaime

## 3. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 3.1. Competencias

CE1 - Saber resolver problemas de ingeniería utilizando cálculo diferencial, las ecuaciones diferenciales, el cálculo integral, el álgebra lineal y la geometría. Aplicación al plano complejo y métodos de transformación.

CE22 - Saber desarrollar algoritmos para la resolución de problemas informáticos en Ingeniería Biomédica.

CE3 - Comprender y saber aplicar al cálculo numérico la discretización de modelos continuos.

CE4 - Conocer las diferentes metodologías existentes para simulación de sistemas.

CG1 - Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.

CG2 - Aplicar de forma profesional a su trabajo los conocimientos adquiridos.

### 3.2. Resultados del aprendizaje

RA194 - Conocer los modelos de resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas lineales y no lineales

RA196 - Conocer y saber aplicar los modelos de cálculo por ordenador de Elementos Finitos y Diferencias Finitas. Conocer las bases teóricas y las limitaciones de dichos métodos

RA197 - Conocer y saber aplicar los métodos anteriores a los siguientes problemas de biomecánica: difusión de especies y de transmisión de calor, sólidos y estructuras asimilables a vigas y láminas, fluidos estacionarios y transitorios, comportamiento mecánico no lineal de tejidos

RA195 - Conocer los métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales y sus aplicaciones en ingeniería biomédica.

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

Los modelos matemáticos de los problemas biomédicos a menudo no pueden resolverse de forma exacta, bien porque no exista un método de solución exacta para ese tipo de problema, o bien porque sea inabordable el construir una solución analítica o exacta. En tales casos, los métodos numéricos pueden proporcionar una solución aproximada del problema. El objetivo de esta asignatura es presentar los principales métodos numéricos y cómo pueden aplicarse a resolver problemas de ingeniería biomédica, estimado además el error de la solución aproximada obtenida con el método numérico. Al tratarse de métodos numéricos, la asignatura tiene una componente muy importante de prácticas de laboratorio (informático, para matemática computacional).

### 4.2. Temario de la asignatura

1. Tema 1: Refuerzo de Matlab
  - 1.1. El entorno Matlab. Estructuras de datos.
  - 1.2. Manejo de matrices. Control de flujo.
  - 1.3. Scripts y funciones. Gráficos 2D y 3D. Toolboxes.
2. Tema 2: Resolución de sistemas lineales
  - 2.1. Métodos directos (Gauss).
  - 2.2. Métodos iterativos (Jacobi, Gauss-Seidel).
3. Tema 3: Métodos iterativos de resolución de ecuaciones y sistemas no lineales
  - 3.1. Método de bisección.
  - 3.2. Iteración de punto fijo. Convergencia en los métodos iterativos.
  - 3.3. Métodos de Newton-Raphson, la secante y regula falsi.
4. Tema 4: Aproximación
  - 4.1. Aproximación discreta por mínimos cuadrados.
5. Tema 5: Interpolación
  - 5.1. Interpolación 1D: Lagrange, Hermite, splines.
6. Tema 6: Integración numérica
  - 6.1. Integración de Newton-Cotes.

- 6.2. Cuadratura de Gauss.
- 7. Tema 7: Resolución numérica de problemas de valor inicial y de problemas de valores iniciales y de contorno
  - 7.1. Problemas de valor inicial: métodos unipaso
  - 7.2. Problemas de valores iniciales y de contorno: métodos de diferencias finitas
- 8. Tema 8: Elementos finitos para biomecánica: principios básicos
  - 8.1. Ecuación de difusión. Formulación fuerte y débil.
  - 8.2. Funciones de forma y Discretización mediante elementos finitos.
  - 8.3. Interpolación de Galerkin. Ecuaciones matriciales y su resolución.
  - 8.4. Aplicación: problemas unidimensionales de difusión.
- 9. Tema 9: Elementos finitos para biomecánica: problemas lineales
  - 9.1. Ecuaciones de la elasticidad lineal. Forma débil: principio de los trabajos virtuales.
  - 9.2. Aproximación: elementos isoparamétricos. Generación de mallas.
  - 9.3. Aplicación: modelos elásticos para biomecánica de huesos.
- 10. Tema 10: Elementos finitos para biomecánica: aplicaciones no lineales
  - 10.1. Elasticidad no lineal. Forma débil y principios variacionales multicampo. Aproximación mediante elementos finitos.
  - 10.2. Resolución numérica: método de Newton. Rigidez tangente.
  - 10.3. Aplicación: biomecánica de tejidos blandos.
  - 10.4. Aplicación: deformación inelástica de endoprótesis metálicas.
- 11. Tema 11: Elementos finitos para biomecánica: mecánica de fluidos y modelos de difusión
  - 11.1. Modelos de difusión: Ecuación de difusión. Modelos físicos (transmisión de calor, potencial eléctrico, concentración de especies).
  - 11.2. Modelos de difusión: Forma débil y aproximación de Galerkin.
  - 11.3. Modelos de difusión: Ejemplo de aplicación (sistema de conducción eléctrica en el corazón).
  - 11.4. Mecánica de fluidos: Modelos de convección-difusión. Fluidos Newtonianos. Ecuaciones de Navier-Stokes.
  - 11.5. Mecánica de fluidos: Aproximación de Galerkin con estabilización upwind.
  - 11.6. Mecánica de fluidos: Ejemplo de aplicación (hemodinámica).

## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Practicas 1a/1b</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 1 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Practicas 1a/1b (en remoto)</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Calificación prácticas 1a-1b</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:05
2	<b>Tema 2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas 1b/1c</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 2 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Practicas 1b/1c (en remoto)</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Calificación prácticas 1b-1c</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:05
3	<b>Tema 3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 3 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prueba práctica 1</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
4	<b>Tema 3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 2</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 3 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 2 (en remoto)</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Calificación práctica 2</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:05
5	<b>Temas 4/5</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 3</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Temas 4/5 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 3 (en remoto)</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Calificación práctica 3</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:05
6	<b>Temas 5/6</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 4</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Temas 5/6 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 4 (en remoto)</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Test temas 2, 3 y 4</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:15  <b>Calificación práctica 4</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:05



7	<p><b>Tema 7</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica 5</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Tema 7 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Práctica 5 (en remoto)</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Calificación práctica 5</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:05</p>
8	<p><b>Temas 6/7 (parte Matlab)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica 6</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Temas 6/7 (parte Matlab) (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Práctica 6 (en remoto)</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Test temas 5, 6 y 7</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:15</p> <p><b>Calificación práctica 6</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:05</p>
9				<p><b>Prueba práctica 2</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
10	<p><b>Tema 8</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica (7) con modelos de elementos finitos</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Tema 8 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Práctica (7) con modelos de elementos finitos (en remoto)</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Calificación práctica 7</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:05</p>
11	<p><b>Tema 9</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica (8) con modelos de elementos finitos</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Tema 9 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Práctica (8) con modelos de elementos finitos</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Calificación práctica 8</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:05</p>
12	<p><b>Tema 10</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica (9) con modelos de elementos finitos</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Tema 10 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Práctica (9) con modelos de elementos finitos</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Calificación práctica 9</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua No presencial Duración: 00:05</p>
13	<p><b>Tema 11</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p><b>Tema 11 (en remoto)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Pruebas tipo kahoot o similar</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15</p> <p><b>Test temas 8, 9, 10 y 11</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:15</p>

14		<p><b>Práctica (10) con modelos de elementos finitos</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Práctica (10) con modelos de elementos finitos (en remoto)</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Calificación práctica 10</b></p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas</p> <p>Evaluación continua</p> <p>No presencial</p> <p>Duración: 00:05</p> <p><b>Prueba práctica 3</b></p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Presencial</p> <p>Duración: 01:00</p>
15			<p><b>Elaboración cooperativa, por cada grupo de prácticas, de un informe sobre el conjunto de prácticas de laboratorio realizadas a lo largo del curso.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p><b>Examen final modalidad evaluación continua. IMPORTANTE: Para poder aprobar la asignatura por la modalidad de evaluación continua es necesario obtener una nota mínima de 3,0 sobre 10 en este examen final.</b></p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Presencial</p> <p>Duración: 02:00</p>
16				<p><b>Examen final</b></p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación sólo prueba final</p> <p>Presencial</p> <p>Duración: 03:00</p>
17				

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 6. Actividades y criterios de evaluación

### 6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 6.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Calificación prácticas 1a-1b	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	.75%	0 / 10	CE22 CG1 CE3 CG2
2	Calificación prácticas 1b-1c	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	.75%	0 / 10	CE22 CG1 CE3 CG2
3	Prueba práctica 1	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	10%	0 / 10	CE22 CG1 CE3 CG2
4	Calificación práctica 2	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	.7%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CE1
5	Calificación práctica 3	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	.7%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
6	Test temas 2, 3 y 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:15	6.5%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
6	Calificación práctica 4	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	.7%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
7	Calificación práctica 5	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	.7%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22

8	Test temas 5, 6 y 7	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:15	6.5%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
8	Calificación práctica 6	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	.7%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
9	Prueba práctica 2	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	15%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
10	Calificación práctica 7	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	1%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
11	Calificación práctica 8	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	1%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
12	Calificación práctica 9	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	1%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
13	Pruebas tipo kahoot o similar	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:15	1%	0 / 10	CE1 CG1
13	Test temas 8, 9, 10 y 11	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:15	7%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
14	Calificación práctica 10	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:05	1%	0 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22
14	Prueba práctica 3	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	15%	0 / 10	CG2 CE1 CE3 CE22
15	Examen final modalidad evaluación continua.  IMPORTANTE: Para poder aprobar la asignatura por la modalidad de evaluación continua es necesario obtener una nota mínima de 3,0 sobre 10 en este examen final.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	3 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22 CE4 CG1

### 6.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE1 CE3 CG2 CE22 CE4 CG1

### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 6.2. Criterios de evaluación

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura, usando distintos tipos de técnicas (EX, ET, PL, etc.).

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua, si bien podrán optar a la evaluación por prueba final única sin más requisito que presentarse a la misma, que tendrá lugar en la fecha fijada por la Junta de Escuela para la prueba final de la convocatoria ordinaria. Puesto que la evaluación pretende comprobar si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas de evaluación que se usan en la evaluación continua (EX, ET, PL, etc.).

### EVALUACIÓN CONTINUA

La calificación de la asignatura mediante evaluación continua se llevará a cabo mediante los siguientes elementos:

- 1) Desarrollo de prácticas de laboratorio, supervisadas por el profesor, más entregas de pequeños ejercicios planteados por el profesor y realizados en casa o el aula (10%).
- 2) 3 controles de prácticas realizados durante el curso (40%).
- 3) 3 pruebas tipo test, realizados durante el curso, sobre contenidos teóricos o teórico-prácticos de conjuntos de temas (20%).
- 4) Prueba final escrita, de carácter teórico-práctico, recopilatoria de los conocimientos adquiridos durante el curso

(30%). Podrá incluir un test y preguntas de tipo desarrollo. Para superar la asignatura por evaluación continua será necesario obtener una puntuación de al menos 3,0 sobre 10 en esta prueba final (en consecuencia, es una prueba de realización obligatoria para superar la asignatura por evaluación continua). Esta prueba se realizará en la misma fecha fijada por la Junta de Escuela para la prueba final de la convocatoria ordinaria.

A los alumnos de evaluación continua cuya calificación final ponderada sea mayor o igual que 5,0 pero, sin embargo, no superen la asignatura por haber obtenido una calificación inferior a 3,0 sobre 10 en la prueba final escrita (4), se les asignará en las actas una calificación final de 4,5.

**IMPORTANTE:** Véase también, para los alumnos por evaluación continua, las NOTAS 1 y 2 de la siguiente sección.

### **EVALUACIÓN SOLO POR PRUEBA FINAL (CONVOCATORIA ORDINARIA)**

La evaluación por examen final constará de:

- 1) Examen final escrito, de carácter teórico-práctico, que podrá incluir un test y preguntas de tipo desarrollo, recopilatorio de los conocimientos adquiridos durante el curso (50%). Para superar la asignatura, en esta parte del examen deberá obtenerse una calificación mínima de 3,0 sobre 10.
- 2) Examen práctico utilizando el software empleado durante las prácticas del curso (50%). Para superar la asignatura, en esta parte del examen deberá obtenerse una calificación mínima de 3,0 sobre 10.

NOTA 1: La parte (1) de este examen final ordinario será la misma que la prueba final escrita (4) de la evaluación continua. A los alumnos que se examinen mediante evaluación continua, se les asignará como calificación final la mejor de las dos siguientes:

- a) la resultante de asignar el 70% a las pruebas prácticas, test y entregas durante el curso, más el 30% por la prueba final escrita de evaluación continua,
- b) la resultante de asignar el 50% al conjunto de PRUEBAS PRÁCTICAS de evaluación continua realizadas durante el curso (que, en modalidad de evaluación continua, aportaban un máximo del 40%), y un 50% a la parte (2) del examen sólo por prueba sólo final (coincidente con la prueba final escrita (4) de evaluación continua).

NOTA 2: Si un alumno que ha seguido la modalidad de evaluación continua durante el curso realizara la parte (2) (parte práctica) del examen por sólo prueba final, se entenderá que la calificación de esta parte práctica SUSTITUYE a la del conjunto de PRUEBAS PRÁCTICAS de evaluación continua realizadas durante el curso (que, en modalidad de evaluación continua, aportaban un máximo del 40%). Aun así, se le seguirá aplicando la mejor de

las calificaciones resultantes del criterio especificado en la NOTA 1 (pero usando, en este caso, como nota de pruebas prácticas de evaluación continua la obtenida en la parte práctica (2) del examen sólo por prueba final).

NOTA 3: A los alumnos cuya calificación ponderada sea mayor o igual que 5,0 pero, sin embargo, no superen el examen sólo por prueba final por haber obtenido una calificación inferior a 3,0 sobre 10 en alguna de sus partes, se les asignará en las actas una calificación final de 4,5.

NOTA 4: Debido a su contenido, la duración del examen sólo por prueba final podría llegar a superar las 3h, en cuyo caso se establecería un descanso intermedio mínimo de 15 min. Por otro lado, la realización de la parte práctica de este examen requiere el uso de un aula informática que tenga instalado el mismo software utilizado durante el curso.

## EVALUACIÓN SOLO POR PRUEBA FINAL (CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA)

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final y tendrá las mismas características y pesos descritos para ésta en el apartado de convocatoria ordinaria.

Tendrá en este caso la particularidad de que, si el estudiante lo manifiesta expresamente antes del inicio del examen, podrá omitirse la parte de examen práctico, tomando para ella la calificación obtenida en las PRUEBAS PRÁCTICAS de la asignatura realizadas por el estudiante, en modalidad de evaluación continua, durante EL MISMO CURSO ACADÉMICO.

## 7. Recursos didácticos

---

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Bibliografía básica-1	Bibliografía	Burden, J.D. y Faires, R.L. (2002). Análisis Numérico, 7ª ed. International Thomson Editores, México.
Bibliografía básica-2	Bibliografía	Faires, R.L. y Burden, J.D. (2004). Métodos Numéricos, 3ª ed. Thomson-Paraninfo, Madrid.

Bibliografía básica-3	Bibliografía	Dunn, S., Constantinides, A. y Moghe, P.V. (2005). Numerical Methods in Biomedical Engineering. Academic Press.
Bibliografía básica-4	Bibliografía	Ottosen, N. y Peterson, H. (1992). Introduction to the finite element method. Prentice hall.
Bibliografía básica-5	Bibliografía	Oomens, C., Brekelmans, M. y Baaijens, F. (2009). Biomechanics, Concepts and computation. Cambridge University Press.
Bibliografía básica-6	Bibliografía	Maas, S., Rawlins, D., Weiss, J. y Ateshian, G. (2011). FEBio theory manual. Musculoskeletal Research Laboratories, University of Utah, Salt Lake City, Utah.
Bibliografía complementaria-1	Bibliografía	Trefethen, L.N. y Bau, L. (1997). Numerical Linear Algebra. SIAM. Philadelphia.
Bibliografía complementaria-2	Bibliografía	Lambert, J.D. (1991). Numerical Methods for Ordinary Differential Systems. John Wiley & Sons, Chichester.
Bibliografía complementaria-3	Bibliografía	Morton, K.W. y Mayers, D.F. (2005). Numerical Solution of Partial Differential Equations: An Introduction, 2nd ed. Cambridge University Press. New York.
Bibliografía complementaria-4	Bibliografía	Quarteroni, A. y Saleri, F. (2003). Scientific Computing with MATLAB, Springer-Verlag, Berlín.
Página web de la asignatura	Recursos web	<a href="http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales">http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales</a>
Laboratorio computacional	Equipamiento	Laboratorio computacional
Sala de trabajo en grupo	Otros	Sala de trabajo en grupo



## 8. Otra información

---

### 8.1. Otra información sobre la asignatura

CONTRIBUCIÓN A LA CONSECUCCIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS):

En esta asignatura se presentan y aplican distintas herramientas matemáticas que se emplean en el modelado de sistemas, en particular en modelos biológicos, así como diversas técnicas numéricas para la solución aproximada de estos modelos. Está vinculada, por lo tanto, con el ODS 3, que impulsa garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.

La asignatura contribuirá también a la consecución de los subobjetivos 4.4 (aumentar considerablemente el número de personas con las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo y al emprendimiento) y 4.7 (asegurar que todos los estudiantes adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible).