



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

95000322 - Modelos Numéricos En Biomedicina

PLAN DE ESTUDIOS

09BM - Grado En Ingenieria Biomedica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - 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.....	7
6. Actividades y criterios de evaluación.....	10
7. Recursos didácticos.....	16
8. Otra información.....	17

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000322 - Modelos Numéricos en Biomedicina
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Tercero curso
Semestre	Quinto semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	09BM - Grado en Ingeniería Biomedica
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
Curso académico	2023-24

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Pedro Navas Almodovar	1-15 (ETSICCP)	pedro.navas@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
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
Valentin De La Rubia Hernandez	A-313	valentin.delarubia@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
Letamendia Andres, Unai	unai.letamendia@upm.es	Navarro Valero, Francisco Jose

2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Kaian Fernandes Shahateet	kaians@gmail.com	UPM/Erlangen-Nürnberg
Javier Naranjo Pérez	javier.naranjo@externos.upm.es	Universidad de Sevilla

3. Competencias y resultados de aprendizaje

3.1. Competencias

CE01 - 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.

CE03 - Comprender y saber aplicar al cálculo numérico la discretización de modelos continuos.

CE04 - Conocer las diferentes metodologías existentes para simulación de sistemas.

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

CG01 - Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.

CG02 - Aplicar de forma profesional a su trabajo los conocimientos adquiridos.

3.2. Resultados del aprendizaje

RA191 - 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

RA193 - Conocer los métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales y sus aplicaciones en ingeniería biomédica.

RA192 - 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 Conocer las bases teóricas y las limitaciones de dichos métodos

RA190 - Conocer los modelos de resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas lineales y no lineales

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 regla 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. Formulaciones 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 en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas 1a/1b Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Calificación prácticas 1a-1b EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:05
2	Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas 1b/1c Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Calificación prácticas 1b-1c EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:05
3	Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas 1b/1c Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Prueba práctica 1 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
4	Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica 2 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Calificación práctica 2 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:05
5	Temas 4/5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica 3 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Calificación práctica 3 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:05
6	Temas 5/6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica 4 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Test temas 2, 3 y 4 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:15 Calificación práctica 4 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:05
7	Tema 7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica 5 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Calificación práctica 5 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:05
8	Temas 6/7 (parte Matlab) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica 6 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Test temas 5, 6 y 7 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:15 Calificación práctica 6 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas

				Evaluación continua Presencial Duración: 00:05
9				Prueba práctica 2 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
10	Tema 8 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica (7) con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Cuestionarios y entregas de prácticas y teoría de la semana OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:05
11	Tema 9 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica (8) con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Cuestionarios y entregas de prácticas y teoría de la semana OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:05
12	Tema 10 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica (9) con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Cuestionarios y entregas de prácticas y teoría de la semana OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:05
13	Tema 11 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionarios y entregas de prácticas y teoría de la semana OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15 Test temas 8, 9, 10 y 11 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
14		Práctica (10) con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Elaboración cooperativa, por cada grupo de prácticas, de un informe sobre el conjunto de prácticas de laboratorio realizadas a lo largo del curso. Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		Cuestionarios y entregas de prácticas y teoría de la semana OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:05 Prueba práctica 3 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
15				Examen final evaluación progresiva. 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 Evaluación continua Presencial Duración: 02:00

16				IMPORTANTE: Para poder aprobar la asignatura por examen final es necesario obtener una nota mínima de 3,0 sobre 10 en sus dos partes (teoría y práctica), cuyo promedio debe ser mayor o igual que 5 para aprobar. EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:30
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.

6. Actividades y criterios de evaluación

6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

6.1.1. Evaluación (progresiva)

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	Presencial	00:05	1.5%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
2	Calificación prácticas 1b-1c	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:05	1.5%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
3	Prueba práctica 1	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	10%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
4	Calificación práctica 2	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:05	1.2%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
5	Calificación práctica 3	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:05	1.2%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
6	Test temas 2, 3 y 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:15	6.5%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
6	Calificación práctica 4	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:05	1.2%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
7	Calificación práctica 5	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:05	1.2%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01

8	Test temas 5, 6 y 7	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:15	6.5%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
8	Calificación práctica 6	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:05	1.2%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
9	Prueba práctica 2	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	12.5%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
10	Cuestionarios y entregas de prácticas y teoría de la semana	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:05	1.2%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
11	Cuestionarios y entregas de prácticas y teoría de la semana	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:05	1.2%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
12	Cuestionarios y entregas de prácticas y teoría de la semana	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:05	1.2%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
13	Cuestionarios y entregas de prácticas y teoría de la semana	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:15	1.2%	0 / 10	CG01 CG02 CE01
13	Test temas 8, 9, 10 y 11	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:15	7%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
14	Cuestionarios y entregas de prácticas y teoría de la semana	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:05	1.2%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
14	Prueba práctica 3	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	12.5%	0 / 10	CE03 CE04 CE22 CE01
15	Examen final evaluación progresiva. 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	CG01 CG02 CE03 CE04 CE22 CE01

6.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	IMPORTANTE: Para poder aprobar la asignatura por examen final es necesario obtener una nota mínima de 3,0 sobre 10 en sus dos partes (teoría y práctica), cuyo promedio debe ser mayor o igual que 5 para aprobar.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:30	100%	5 / 10	CG01 CG02 CE03 CE04 CE22 CE01

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
IMPORTANTE: Para poder aprobar la asignatura por examen final extraordinario es necesario obtener una nota mínima de 3,0 sobre 10 en sus dos partes (teoría y práctica), cuyo promedio debe ser mayor o igual que 5 para aprobar	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:30	100%	5 / 10	CG01 CG02 CE03 CE04 CE22 CE01

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 mediante evaluación progresiva, si bien podrán optar a la evaluación por prueba de evaluación global (única) sin más requisito que presentarse a la misma. Esta prueba de evaluación global 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 de evaluación global usará los mismos tipos de técnicas de evaluación que se usan en la evaluación progresiva (EX, ET, PL, etc.).

EVALUACIÓN PROGRESIVA

La evaluación progresiva consistirá en la realización, a lo largo del curso, de las actividades y evaluaciones asociadas que se describen a continuación:

- 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 (15%).
- 2) 3 controles de prácticas realizados durante el curso (35%).
- 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. Esta prueba será de carácter obligatorio para superar la asignatura por evaluación progresiva y será necesario obtener en ella una puntuación de al menos 3,0 sobre 10. 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 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: Véanse también las NOTAS 1 y 2 de la siguiente sección.

PRUEBA DE EVALUACIÓN GLOBAL (CONVOCATORIA ORDINARIA)

Esta prueba 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 esta prueba de evaluación global será la misma que la prueba final escrita (4) de la evaluación progresiva. A los alumnos que se examinen mediante evaluación progresiva, 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 progresiva,
- b) la resultante de asignar el 50% al conjunto de PRUEBAS PRÁCTICAS de evaluación progresiva realizadas durante el curso (que, en modalidad de evaluación progresiva, aportaban un máximo del 35%), y un 50% a la parte (2) de la prueba de evaluación global (coincidente con la prueba final escrita (4) de evaluación progresiva).

NOTA 2: Si un alumno que ha seguido la modalidad de evaluación progresiva durante el curso realizara la parte (2) (parte práctica) de la prueba de evaluación global, se tomará como calificación de esta parte práctica la más alta entre ella y el conjunto de PRUEBAS PRÁCTICAS de evaluación progresiva realizadas durante el curso (que, en modalidad de evaluación progresiva, aportaban un máximo del 35%), pero en este caso la ponderación de la parte práctica será del 50% (y la de la parte teórica escrita el 50% restante).

NOTA 3: A los alumnos cuya calificación ponderada sea mayor o igual que 5,0 pero, sin embargo, no superen la

prueba de evaluación global 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 de la prueba de evaluación global 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.

PRUEBA DE EVALUACIÓN GLOBAL (CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA)

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará mediante una prueba de evaluación global que 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 progresiva, durante EL MISMO CURSO ACADÉMICO. En este sentido, la superación del conjunto de las pruebas prácticas durante el curso puede considerarse que liberan de la materia (práctica) correspondiente, pero sólo durante el propio curso académico.

COMENTARIOS ADICIONALES:

- 1) Las soluciones de los exámenes de tipo test no se publicarán, puesto que cada alumno responde a preguntas aleatorias de un banco de preguntas.
- 2) Cualquier evaluación o entrega realizada podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno y sin ayuda externa o de sistemas de Inteligencia artificial.

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	http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales
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).