



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

2019/20 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

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

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000123 - Modelos Numericos 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	09IB - Grado En Ingenieria Biomedica
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
Curso académico	2019-20

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Sergio Blanco Ibañez	T9-8 (ETSICCP)	sergio.blanco@upm.es	M - 13:00 - 14:00 M - 16:00 - 18:00 J - 13:00 - 14:00 J - 16:00 - 18:00
Francisco Jose Navarro Valero (Coordinador/a)	A302-4 (ETSIT)	francisco.navarro@upm.es	X - 08:00 - 11:00 V - 08:00 - 11:00

Jose Maria Goicolea Ruigomez	T9-7 (ETSICCP)	jose.goicolea@upm.es	L - 12:00 - 14:00 L - 16:30 - 17:30 M - 12:00 - 14:00 M - 16:30 - 17:30
Jaime Otero Garcia	A-302-1 (ETSIT)	jaime.otero@upm.es	M - 13:00 - 15:00 X - 14:00 - 15:00 J - 13:00 - 15:00 V - 14:00 - 15:00

* 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
De Andres Marruedo, Eva	eva.deandres@upm.es	Navarro Valero, Francisco Jose

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: Análisis de errores
 - 2.1. Aritmética finita y errores de truncamiento/redondeo.
 - 2.2. Error absoluto y relativo; cotas de error.
 - 2.3. Propagación de errores.
3. Tema 3: Resolución de sistemas lineales
 - 3.1. Métodos directos (Gauss).
 - 3.2. Métodos iterativos (Jacobi, Gauss-Seidel).
4. Tema 4: Métodos iterativos de resolución de ecuaciones y sistemas no lineales
 - 4.1. Método de bisección.
 - 4.2. Iteración de punto fijo. Convergencia en los métodos iterativos.
 - 4.3. Métodos de Newton-Raphson, la secante y regla falsi.
5. Tema 5: Aproximación
 - 5.1. Aproximación discreta por mínimos cuadrados.
6. Tema 6: Interpolación
 - 6.1. Interpolación 1D: Lagrange, Hermite, splines.
7. Tema 7: Integración numérica
 - 7.1. Integración de Newton-Cotes.
 - 7.2. Cuadratura de Gauss.
8. Tema 8: Resolución numérica de problemas de valor inicial
 - 8.1. Métodos de Runge-Kutta
 - 8.2. Métodos multipaso predictores-correctores
9. Tema 9: Resolución numérica de problemas de valores iniciales y de contorno
 - 9.1. Aproximaciones de diferencias finitas de las derivadas parciales

9.2. Aproximaciones de diferencias finitas para ecuaciones parabólicas: el método explícito clásico

10. Tema 10: Elementos finitos para biomecánica: principios básicos

10.1. Ecuación de difusión. Formulaciones fuerte y débil.

10.2. Funciones de forma y Discretización mediante elementos finitos.

10.3. Interpolación de Galerkin. Ecuaciones matriciales y su resolución.

10.4. Aplicación: problemas unidimensionales de difusión.

11. Tema 11: Elementos finitos para biomecánica: problemas lineales

11.1. Ecuaciones de la elasticidad lineal. Forma débil: principio de los trabajos virtuales.

11.2. Aproximación: elementos isoparamétricos. Generación de mallas.

11.3. Aplicación: modelos elásticos para biomecánica de huesos.

12. Tema 12: Elementos finitos para biomecánica: aplicaciones no lineales

12.1. Elasticidad no lineal. Forma débil y principios variacionales multicampo. Aproximación mediante elementos finitos.

12.2. Resolución numérica: método de Newton. Rigidez tangente.

12.3. Aplicación: biomecánica de tejidos blandos.

12.4. Aplicación: deformación inelástica de endoprótesis metálicas.

13. Tema 13: Elementos finitos para biomecánica: modelos de difusión

13.1. Ecuación de difusión. Modelos físicos: transmisión de calor, potencial eléctrico, concentración de especies.

13.2. Forma débil y aproximación de Galerkin.

13.3. Aplicación: sistema de conducción eléctrica en el corazón.

14. Tema 14: Elementos finitos para biomecánica: mecánica de fluidos

14.1. Modelos de convección-difusión. Fluidos Newtonianos. Ecuaciones de Navier-Stokes.

14.2. Aproximación de Galerkin con estabilización upwind.

14.3. Aplicación: hemodinámica.

5. Cronograma

5.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 1 (1h) y Prácticas Tema 2 (1h) Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Calificación prácticas Tema 2 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00
2	Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas Tema 3 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Test temas 2 y 3 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30 Calificación prácticas Tema 3 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00
3	Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas Tema 4 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Test tema 4 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30 Calificación prácticas Tema 4 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00
4	Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas Tema 5, parte 1 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Test tema 5 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30
5	Tema 6, parte 1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas Tema 5, parte 2 (1h) y Prácticas Tema 6 (2h) Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Calificación prácticas Temas 5 y 6 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00
6	Tema 6, parte 2 (1h) y Tema 7 (2h) Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas Tema 7 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Test temas 6 y 7 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:00 Calificación prácticas Tema 7 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00
7	Tema 8 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

8	<p>Tema 9, parte 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas Tema 8 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test tema 8 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p> <p>Calificación prácticas Tema 8 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00</p>
9	<p>Tema 9, parte 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas Tema 9 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test tema 9 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p> <p>Calificación prácticas Tema 9 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00</p>
10	<p>Tema 10 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p>Tema 11 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test tema 10 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p> <p>Calificación prácticas Tema 11 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00</p>
12	<p>Tema 12 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Calificación prácticas Tema 12 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00</p> <p>Test tema 11 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p>
13	<p>Tema 13 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test tema 12 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p> <p>Calificación prácticas Tema 13 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00</p>
14	<p>Tema 14 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Prácticas con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test temas 13 y 14 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:00</p> <p>Calificación prácticas Tema 14 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:00</p>

15			<p>Elaboración cooperativa, por cada grupo de prácticas, de un informe sobre el conjunto de prácticas de laboratorio realizadas a lo largo del curso.</p> <p>Duración: 02:00</p> <p>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p>Examen final modalidad evaluación continua. IMPORTANTE: Para poder aprobar la asignatura por la modalidad de evaluación continua es necesario obtener una nota mínima de 3,5 en este examen final.</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua</p> <p>Duración: 02:00</p>
16				<p>Examen final</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final</p> <p>Duración: 02:30</p>
17				

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

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 Tema 2	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	2.5%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
2	Test temas 2 y 3	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	4%	0 / 10	CE4
2	Calificación prácticas Tema 3	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	2.5%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
3	Test tema 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2%	0 / 10	CE4
3	Calificación prácticas Tema 4	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	4%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
4	Test tema 5	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2%	0 / 10	CE4
5	Calificación prácticas Temas 5 y 6	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	5%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
6	Test temas 6 y 7	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	3.5%	0 / 10	CE4

6	Calificación prácticas Tema 7	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	3.5%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
8	Test tema 8	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2%	0 / 10	CE4
8	Calificación prácticas Tema 8	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	3.5%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
9	Test tema 9	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2%	0 / 10	CE4
9	Calificación prácticas Tema 9	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	5%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
11	Test tema 10	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2%	0 / 10	
11	Calificación prácticas Tema 11	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	3.5%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
12	Calificación prácticas Tema 12	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	3.5%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
12	Test tema 11	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2%	0 / 10	CE4
13	Test tema 12	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2%	0 / 10	
13	Calificación prácticas Tema 13	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	3.5%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
14	Test temas 13 y 14	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	3.5%	0 / 10	CE4

14	Calificación prácticas Tema 14	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	3.5%	0 / 10	CE3 CG2 CE22 CG1
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 3,5 en este examen final.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	35%	3.5 / 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	02:30	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

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. El estudiante que desee renunciar a la evaluación continua y optar a la evaluación por prueba final, deberá comunicarlo por escrito a través de carta dirigida al Coordinador de la asignatura, Francisco Navarro, Depto. Matemática Aplicada a las TIC, ETSIT Telecomunicación, despacho A302-4, entregada con registro de entrada en cualquier registro de la UPM no más tarde de la 8ª semana del semestre.

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura, usando distintos tipos de técnicas (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 (20%).
- 2) Controles de prácticas realizados durante el curso (20%).
- 3) Pequeñas pruebas, tipo test, sobre los contenidos teóricos de cada tema (25%).
- 4) Prueba final escrita, de carácter teórico-práctico, recopilatoria de los conocimientos adquiridos durante el curso (35%). Podrá incluir un test y preguntas de tipo desarrollo. Para superar la asignatura por evaluación continua será necesario obtener una puntuación de al menos 3,5 sobre 10 en esta prueba final.

EVALUACIÓN POR PRUEBA FINAL (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 evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX, ET, PL, etc.), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre.

En función de ello, 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%).
- 2) Examen práctico utilizando el software empleado durante las prácticas del curso (50%).

Debido a su contenido, la duración de este examen podría llegar a superar las 3h, en cuyo caso se establecería un descanso intermedio 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 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 descritas 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 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	http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales
Laboratorio computacional	Equipamiento	Laboratorio computacional
Sala de trabajo en grupo	Otros	Sala de trabajo en grupo