

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

GUÍA DE APRENDIZAJE

BIOMECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS

GRADO EN INGENIERIA BIOMEDICA

CURSO ACADÉMICO	CÓDIGO	CURSO	CRÉDITOS	CARÁCTER	SEMESTRE
2026-27	95000316	2	6 ECTS	OBLIGATORIA	SEGUNDO SEMESTRE

IDIOMA	CENTRO RESPONSABLE
ESPAÑOL	E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION

DEPARTAMENTO RESPONSABLE
MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS Y TEORÍA DE ESTRUCTURAS

COORDINADOR/A
PEDRO NAVAS ALMODÓVAR - pedro.navas@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

- FÍSICA (95000301)
- FUNDAMENTOS DE BIOMECÁNICA (95000313)
- CÁLCULO (95000303)
- FÍSICA II (95000309)

OTRAS RECOMENDACIONES

Algebra lineal, Ecuaciones diferenciales

RESULTADOS

RD-1393/2007

Competencias

- CE07** Saber aplicar las ecuaciones elementales de la mecánica de fluidos en el cálculo de sistemas de conducción convencionales macroscópicos y en microfluídica.
- CG01** Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.
- CE44** Conocer las principales propiedades y comportamiento mecánico de los tejidos y sistemas fisiológicos animales, especialmente humanos.
- CG15** Transmitir la información adquirida, las ideas, los problemas y las soluciones de forma oral y escrita en castellano e inglés.
- CG11** Elaborar y defender argumentos y resolver los problemas de forma efectiva y creativa.
- CE06** Comprender y saber calcular el equilibrio y la dinámica de sistemas mecánicos
- CG07** Ser capaz de utilizar el método científico.

Resultados de aprendizaje

- RA208** Conocer y comprender el concepto de medio continuo, así como comprender y analizar las tensiones como fuerzas internas en el mismo, sabiendo calcular sus distintas componentes y medidas
- RA214** Conocimiento de la estructura y propiedades y mecánicas más importantes de los tejidos del cuerpo humano, y su relevancia para la función fisiológica y en el desarrollo de patologías.
- RA207** Conocer los tipos de tejidos del cuerpo humano y comprender su comportamiento mecánico, incluyendo los tejidos duros y blandos así como los el flujo sanguíneo
- RA211** Conocer comprender y analizar los modelos de materiales que dependen de la velocidad de deformación como los sólidos viscoelásticos y los fluidos Newtonianos
- RA212** Conocer, comprender y analizar las ecuaciones de balance y principios de conservación que rigen el equilibrio y la dinámica en los medios continuos
- RA209** Conocer, comprender y analizar las ecuaciones de la elasticidad como relaciones básicas del comportamiento de los sólidos y tejidos biológicos

- RA210** Conocer, aplicar y analizar las distribuciones de tensiones y deformaciones en problemas bidimensionales de elasticidad
- RA206** Conocimiento de los fundamentos de la mecánica de los sólidos reales
- RA213** Comportamiento mecánico de los materiales biológicos

DESCRIPCIÓN

Curso de mecánica de medios continuos orientado a la aplicación biomédica. Se desarrolla en primer lugar el concepto de medio continuo y el encaje dentro de dicho modelo del estudio de los tejidos del cuerpo humano y prótesis. A continuación se repasan brevemente los conceptos de álgebra vectorial y tensorial y de cálculo necesarios para la asignatura. Se desarrollan los conceptos de la medida del movimiento a través de las deformaciones, con énfasis en las deformaciones infinitesimales pero explicando también las grandes deformaciones; los conceptos de fuerzas en un medio continuo, con especial hincapié en las fuerzas internas o tensiones; las ecuaciones de balance y conservación, en especial las de equilibrio de tensiones; las ecuaciones de comportamiento de los materiales, principalmente la elasticidad, viscoelasticidad e hiperelasticidad y el comportamiento de los fluidos. Se refuerzan los conocimientos con el estudio de las aplicaciones a tejidos blandos y duros humanos, así como de hemodinámica, desde el punto de vista tanto conceptual como práctico mediante cálculo por elementos finitos.

TEMARIO

1. Tema 1: Preliminares matemáticos
2. Tema 2: Concepto de medio continuo, cinemática y análisis de las deformaciones
3. Tema 3: Análisis de tensiones
4. Tema 4: Leyes de balance y conservación
5. Tema 5: Modelos para tejidos duros: elasticidad lineal
6. Tema 6: Modelos para tejidos blandos: viscoelasticidad e hiperelasticidad
7. Tema 7: Modelos para hemodinámica: Fluidos
8. Prácticas en laboratorio computacional
 - 8.1. P1. Introducción



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



- 8.2. P2. Cálculo de deformaciones
- 8.3. P3. Cálculo de tensiones
- 8.4. P4. Ecuaciones de elasticidad
- 8.5. P5. Elementos finitos: cálculo de tensiones y deformaciones en huesos

ACTIVIDADES

Actividad evaluable

Actividad formativa

Tema 1 Introducción, teoría y ejercicios (4 h 40 min)

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

04h 40m

LUGAR

Aula (en horario)

GRUPO

Normal

TEMAS

T1

METODOLOGÍA

Lección Magistral

Clase de Problemas

Tema 2: Teoría y ejercicios (8 h 10 min)

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

08h 10m

LUGAR

Aula (en horario)

GRUPO

Normal

TEMAS

T2

METODOLOGÍA

Lección Magistral

Clase de Problemas

Tema 3: Teoría y ejercicios (8 h 10 min)

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

08h 10m

LUGAR

Aula (en horario)

GRUPO

Normal

TEMAS

T3

METODOLOGÍA

Lección Magistral

Clase de Problemas



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



 Práctica P1		SEMANAS																
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO															
Presencial	01h 30m	Laboratorio	Reducido															
TEMAS																		
T1 T8																		
METODOLOGÍA																		
Prácticas de Laboratorio																		

 Tema 4: Teoría y ejercicios (4 h 40 min)		SEMANAS																
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO															
Presencial	04h 40m	Aula (en horario)	Normal															
TEMAS																		
T4																		
METODOLOGÍA																		
Clase de Problemas Lección Magistral																		

 Práctica P2		SEMANAS																
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO															
Presencial	01h 30m	Laboratorio	Reducido															
TEMAS																		
T2 T8																		
METODOLOGÍA																		
Prácticas de Laboratorio																		

 Tema 5: Teoría y ejercicios (15 h 10 min)		SEMANAS																
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO															
Presencial	15h 10m	Aula (en horario)	Normal															
METODOLOGÍA																		
Lección Magistral Clase de Problemas																		



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Práctica P3

SEMANAS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
01h 30m

LUGAR
Laboratorio

GRUPO
Reducido

TEMAS

T3 T8

METODOLOGÍA

Prácticas de Laboratorio



Primer parcial

SEMANAS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
02h 00m

LUGAR
Aula de examen

EVALUACIÓN
Progresiva

PONDERACIÓN
40%

NOTA MÍNIMA
3

TEMAS

T1 T2 T3 T4

METODOLOGÍA

Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS

RA208 RA206 RA212 RA209 CE06 CG15 CG07 CG11 CE44 CG01



Tema 6: Teoría y ejercicios (8 h 10 min)

SEMANAS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
08h 10m

LUGAR
Aula (en horario)

GRUPO
Normal

TEMAS

T6

METODOLOGÍA

Lección Magistral Clase de Problemas



Práctica P4

SEMANAS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
01h 30m

LUGAR
Laboratorio

GRUPO
Reducido

TEMAS

T8 T5

METODOLOGÍA

Prácticas de Laboratorio

 Práctica P5		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 01h 30m	LUGAR Laboratorio	GRUPO Reducido														
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio																	

 Tema 7: Teoría y ejercicios (7 h)		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 07h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal														
TEMAS T7																	
METODOLOGÍA Lección Magistral Clase de Problemas																	

 Segundo parcial		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 30m	LUGAR Aula de examen	EVALUACIÓN Progresiva	PONDERACIÓN 60%	NOTA MÍNIMA 3												
TEMAS T5 T6 T7																	
METODOLOGÍA Examen Escrito																	
RESULTADOS EVALUADOS CG01 CG07 CG11 CG15 CE06 CE07 CE44																	

 Examen final ordinario- solo final (4 h)		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 04h 00m	LUGAR Aula de examen	EVALUACIÓN Global	PONDERACIÓN 100%	NOTA MÍNIMA 5												
TEMAS T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8																	
METODOLOGÍA Examen Escrito																	
RESULTADOS EVALUADOS CG01 CG07 CG11 CG15 CE06 CE07 CE44																	



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Examen final extraordinario- solo final (4 h)

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

04h 00m

Aula de examen

Extraordinaria

100%

5

TEMAS

T1

T2

T3

T4

T5

T6

T7

T8

METODOLOGÍA

Examen Escrito

Examen de Prácticas

RESULTADOS EVALUADOS

CG01

CG07

CG11

CG15

CE06

CE07

CE44

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad evaluableActividad formativaSemana con actividad

E

Período de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
Tema 1 Introducción, teoría y ejercicios (4 h 40 min)																
Tema 2: Teoría y ejercicios (8 h 10 min)																
Tema 3: Teoría y ejercicios (8 h 10 min)																
Práctica P1																
Tema 4: Teoría y ejercicios (4 h 40 min)																
Práctica P2																
Tema 5: Teoría y ejercicios (15 h 10 min)																
Práctica P3																
Primer parcial																
Tema 6: Teoría y ejercicios (8 h 10 min)																
Práctica P4																

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 Práctica P5											•					
 Tema 7: Teoría y ejercicios (7 h)											•	•				
 Segundo parcial																•
 Examen final ordinario- solo final (4 h)																•
 Examen final extraordinario- solo final (4 h)																•

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

Se recomienda seguir la asignatura por evaluación progresiva, pues permite un aprendizaje mucho más eficaz y será más fácil aprobar y obtener buena nota, pues se puede liberar materia del primer parcial a mitad de curso. Se describen a continuación las diferentes modalidades. Dos apuntes generales para todas las formas de evaluación:

- 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.
- Las soluciones de los exámenes de tipo test no se publicarán, puesto que cada alumno responde a preguntas aleatorias de un banco de preguntas.

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

Consta de 2 elementos: 1) examen parcial 1; 2) examen parcial 2.

- **PE1.** El **examen parcial 1**, programado y anunciado con antelación, constará de un test de opción múltiple y dos problemas. Engloba los temas 1, 2, 3 y 4. El peso en el total de la nota será del 40%. Se requiere una puntuación mínima de 3/10 en esta parte.
- **PE2.** El **examen parcial 2**, que deberá realizarse coincidente con la parte correspondiente del examen final. Engloba los temas 5, 6 y 7. Constará de un test de opción múltiple y tres problemas. El peso en el total de la nota será del 60%. Se requiere una puntuación mínima de 3/10 en esta parte.

La media ponderada de las notas PE1 (40%) y PE2 (60%) ha de ser superior a 4.5 para poder superar la asignatura.

Sobre el contenido de las prácticas se realizará un ejercicio corto (PE3) en el segundo parcial, con una nota de 1 punto, que se sumará a lo obtenido en PE1 y PE2.

Para superar la asignatura, la nota de la suma de PE1, PE2 y PE3 debe ser superior a 5.

Actividades

- Primer parcial (40%)
- Segundo parcial (60%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

Criterios de evaluación

Constará de un único examen, dividido en dos partes, coincidentes con los contenidos y pesos de los parciales anteriormente descritos (PE1 y PE2), a los que se le sumará el ejercicio de prácticas (PE3). La suma de PE1 y PE2 debe ser mayor de 4.5. Independientemente, PE1 y PE2, deben ser superiores a 3.0. Para superar la asignatura, la nota de la suma de PE1, PE2 y PE3 debe ser superior a 5.

Los alumnos que deseen ser evaluados mediante un único examen final en cumplimiento de la Normativa de la Universidad Politécnica de Madrid no necesitarán hacer ninguna solicitud especial ni renunciar a la evaluación progresiva, bastará que acudan a dicho examen final. En el caso de no alcanzar la nota mínima establecida en el examen final, la nota que figurará en el acta será la de "solo examen final". Asimismo, la nota de prácticas (PE3) se guardará para convocatorias posteriores. Esta prueba se organizará de la siguiente manera:

Se realizará en primer lugar el examen de la parte 2 (PE2), coincidiendo con aquellos que realicen la PE2 correspondiente con la evaluación progresiva. Posteriormente, se realizará la PE1. La nota del primer parcial, PE1, se conservará para aquellos alumnos que así lo manifiesten y decidan no realizar esta prueba. La realización de la PE1 supondrá la sustitución de la nota del PE1 en el primer parcial por la obtenida durante la prueba ordinaria, no pudiendo no entregar este ejercicio.

La prueba del parcial 2 PE2 y el ejercicio de prácticas PE3 serán los mismos que los de la evaluación progresiva.

Actividades

- Examen final ordinario- solo final (4 h) (100%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

Criterios de evaluación

Constará de un único examen, dividido en dos partes, coincidentes con los contenidos y pesos de los parciales anteriormente descritos (PE1 y PE2), a los que se le sumará el ejercicio de prácticas (PE3). La suma de PE1 y PE2 debe ser mayor de 4.5. Para superar la asignatura, la nota de la suma de PE1, PE2 y PE3 debe ser superior a 5. PE1 y PE2 deben ser superiores a 3.0. Para un alumno que se presente a ambos, PE1 y PE2, no aplica este requisito, pero sí el de $PE1+PE2>4.5$ y $PE1+PE2+PE3>5$. Asimismo, la nota de prácticas (PE3) será la obtenida en el final

ordinario, no habiendo posibilidad de realizarlo en convocatoria extraordinaria. Esta prueba se organizará de la siguiente manera:

Se realizarán ambas pruebas, PE1 y PE2. Ambas notas pueden ser conservadas de convocatorias anteriores, si el alumno así lo manifiesta y decidan no realizar estas pruebas. La realización de cualquiera de las dos pruebas supondrá la sustitución de la nota obtenida anteriormente por la obtenida durante la prueba ordinaria, no pudiendo no entregar este ejercicio.

Actividades

- Examen final extraordinario- solo final (4 h) (100%)

RECURSOS

Bibliografía

Libro Oomens et al

Biomechanics. Concepts and computation. C.W.J. Oomens, M. Brekelmans y F. Baaijens. Cambridge University Press. 2009

Libro Epstein

The elements of continuum biomechanics. M. Epstein. John Wiley & Sons. 2012

Libro Oliver

Oliver, X. y Agelet de Saracibar, C. "Mecánica de medios continuos para ingenieros", ediciones UPC, Barcelona 2005

Equipamiento

Lab. computacional

Aula HP

Web

FE-Bio

<http://www.febio.org>

Apuntes de clase

sitio moodle de asignatura: <https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=4503>



Bibliografía

Vascular Biomechanics Concepts, Models, and Applications. T.C. Gasser, 2021
Para los temas de fluidos, hemodinámica y arterias.

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Salud y bienestar

OTRA INFORMACIÓN

Esta asignatura se relaciona con el ODS3.