



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

**95000328 - Biomateriales**

### PLAN DE ESTUDIOS

09BM - Grado En Ingenieria Biomedica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo 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.....	5
6. Actividades y criterios de evaluación.....	8
7. Recursos didácticos.....	13
8. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000328 - Biomateriales
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Sexto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09BM - Grado en Ingenieria Biomedica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Blanca De Los Reyes Gonzalez Bermudez	Dep C Mater	blanca.gbermudez@upm.es	Sin horario. Contactar previamente para concertar tutoría
Gustavo Ramon Plaza Baonza (Coordinador/a)	Dep C Mater	gustavo.plaza@upm.es	Sin horario. Contactar previamente para concertar tutoría

Rafael Daza Garcia	Dep C Mater	rafael.daza@upm.es	Sin horario. Profesor de laboratorio. Contactar previamente para concertar tutoría.
Nuria Mari Buye	Dep C Mater	nuria.mari@upm.es	Sin horario. Contactar previamente para concertar tutoría

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

### 3. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 3.1. Competencias

CE16 - Saber escoger y aplicar un material a partir de sus propiedades y comportamiento eléctrico, magnético, mecánico y químico.

CE44 - Conocer las principales propiedades y comportamiento mecánico de los tejidos y sistemas fisiológicos animales, especialmente humanos.

CE45 - Saber analizar y diseñar equipos de apoyo a o sustitución de tejidos fisiológicos

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.

CG11 - Elaborar y defender argumentos y resolver los problemas de forma efectiva y creativa.

CG12 - Tener capacidad de iniciativa, integración, colaboración y potenciación de la discusión crítica en el ámbito del trabajo en equipo.

CG13 - Ser capaz de colaborar con grupos internacionales, interdisciplinarios y multiculturales.

CG14 - Reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, económica, científica o ética.

CG15 - Transmitir la información adquirida, las ideas, los problemas y las soluciones de forma oral y escrita en castellano e inglés.

### 3.2. Resultados del aprendizaje

RA27 - Conocer las teorías más relevantes de degradación y corrosión química y biológica de los biomateriales.

RA28 - Conocer los materiales biológicos y los biomateriales utilizados en los implantes y los dispositivos médicos, sabiendo en cada caso cuáles son las propiedades relevantes para su aplicación en el cuerpo humano.

RA29 - Entender, asimilar y manejar los conceptos básicos que describen el comportamiento químico, mecánico y biológico de los biomateriales en su interacción con el medio humano. Conocer y saber relacionar dicho comportamiento con la estructura del material y su jerarquización a diferentes escalas atómico, molecular y macroscópico.

RA26 - Conocer y comprender los procesos de obtención y procesamiento de las distintas familias de biomateriales

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

Estructura de los materiales. Diagramas de fases y transformaciones. Defectos. Solicitaciones de los materiales biológicos y biomateriales. Materiales Biológicos Duros. Materiales Biológicos Blandos. Biomateriales metálicos. Biomateriales cerámicos. Biomateriales poliméricos. Biomateriales compuestos. Biomateriales biológicos. Procesos biológicos implicados en la biocompatibilidad. Degradación de Biomateriales.

## 4.2. Temario de la asignatura

1. Estructura de los materiales
  - 1.1. Interacciones moleculares
  - 1.2. Sólidos cristalinos
2. Diagramas de fase
  - 2.1. Equilibrio
  - 2.2. Diagramas de fase
3. Solicitaciones mecánicas
  - 3.1. Esfuerzos, esfuerzo axil
  - 3.2. Flexión
  - 3.3. Fractura
  - 3.4. Dependencia del tiempo
4. Materiales biológicos
  - 4.1. Materiales biológicos duros
  - 4.2. Materiales biológicos blandos
5. Biomateriales metélicos
6. Biomateriales poliméricos y compuestos
7. Biomateriales cerámicos
8. Biomateriales biológicos
9. Procesos biológicos implicados en la biocompatibilidad
10. Degradación de biomateriales

## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Tema 1.1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1.1</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Entrega de problemas a través de Moodle</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
2	<p><b>Tema 1.2.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>tema 1.2.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Entrega de problemas a través de Moodle</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
3	<p><b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Entrega de problemas a través de Moodle</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
4	<p><b>Tema 3.1.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3.1.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Entrega de problemas a través de Moodle</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
5	<p><b>tema 3.2.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3.2.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Entrega de problemas a través de Moodle</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
6	<p><b>Tema 3.3.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3.3.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Entrega de problemas a través de Moodle</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>

7	<p><b>Tema 3.4.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3.4.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Entrega de problemas a través de Moodle</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
8	<p><b>Temas 4 y 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 4 y 5</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Clase de exhibición de laboratorio</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Entrega de problemas a través de Moodle</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
9	<p><b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 6</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Clase de exhibición de laboratorio</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Entrega de problemas a través de Moodle</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
10	<p><b>Repaso</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Clase de exhibición de laboratorio</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Prueba de evaluación intermedia</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Entrega de problemas a través de Moodle</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
11	<p><b>temas 7 y 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 7 y 8</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
12	<p><b>Tema 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 8</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p><b>Temas 8 y 9</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>temas 9 y 10</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			



14				<b>Exposiciones de artículos científicos</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 04:00
15				
16				
17				<b>Prueba de evaluación final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 03:00  <b>Prueba de evaluación final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00

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	Entrega de problemas a través de Moodle	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	1.5%	0 / 10	CG11
2	Entrega de problemas a través de Moodle	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	1.5%	0 / 10	CG11
3	Entrega de problemas a través de Moodle	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	1.5%	0 / 10	CG11
4	Entrega de problemas a través de Moodle	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	1.5%	0 / 10	CG11
5	Entrega de problemas a través de Moodle	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	1.5%	0 / 10	CG11
6	Entrega de problemas a través de Moodle	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	1.5%	0 / 10	CG11
7	Entrega de problemas a través de Moodle	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	1.5%	0 / 10	CG11
8	Entrega de problemas a través de Moodle	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	1.5%	0 / 10	CG11

9	Entrega de problemas a través de Moodle	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	1.5%	/ 10	CG11
10	Prueba de evaluación intermedia	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	25%	3 / 10	CG01 CE16 CE44
10	Entrega de problemas a través de Moodle	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	1.5%	0 / 10	CG11
14	Exposiciones de artículos científicos	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	04:00	10%	3 / 10	CG12 CG13 CG15
17	Prueba de evaluación final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	50%	3 / 10	CG01 CG02 CG11 CG14 CG15 CE16 CE44 CE45

### 6.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Prueba de evaluación final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG01 CG02 CG11 CG12 CG13 CG14 CG15 CE16 CE44 CE45

### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG01 CG02 CG11 CG14 CG15 CE16 CE44 CE45

## 6.2. Criterios de evaluación

La evaluación continua incluye (a) las entregas de problemas realizadas en clase o, fundamentalmente a través de la plataforma Moodle, (b) la exposición de un artículo científico o técnico que será analizado y expuesto en grupos de dos personas, (c) una prueba escrita de evaluación intermedia y (d) una prueba escrita de evaluación final. En la exposición se valorará la comprensión, por parte de los alumnos, de la aplicación de los conceptos estudiados en la asignatura al estudio de un problema concreto. Las dos pruebas de evaluación escrita consistirán en la resolución de problemas y respuesta a cuestiones breves.

En aplicación de la normativa vigente en la UPM, el alumno que lo desee podrá ser evaluado únicamente mediante examen final. La evaluación continua no podrá suponer que la nota resultante por evaluación continua sea inferior a la obtenida en la prueba escrita de evaluación final, de forma que la nota final del alumno será la mayor de las obtenidas en el examen final y la media ponderada de las diferentes actividades evaluadas durante el curso.

=====

Posibilidad de trabajo en búsqueda de solución a un reto y evaluación progresiva

=====

En el caso de que sea posible, en la asignatura se ofrecerá la posibilidad de trabajar en un reto, buscando una

solución para un problema real. En ese caso, los alumnos podrán elegir participar en el reto, con una dedicación de 1 crédito ECTS.

Cronograma: actividades relacionadas con el reto

Para los alumnos que participen en el trabajo de reto, realizarán las siguientes actividades, con la duración aproximada que se indica:

1. Sesión de presentación del reto (1 h, en horario de tarde).
2. Sesiones sobre técnicas de caracterización de biomateriales (2 h, en horario de tarde).
3. Sesiones con expertos invitados (2 h, en horario de tarde): sesiones en las que los expertos explican un campo de aplicación de biomateriales y dialogan con los estudiantes. Se prevé que sean presenciales.
4. Sesión intermedia con invitado de la entidad que ha propuesto el reto (1 h, en horario de tarde).
5. Sesión en laboratorio (2 h, en horario de tarde): permitirá asistir a demostraciones de experimentos de caracterización de biomateriales.
6. Trabajo en grupo (7 h): a lo largo de varias sesiones, los alumnos trabajan en su propuesta para el reto planteado.
7. Trabajo individual (3.5 h): cada alumno desarrolla individualmente un bloque de su propuesta según acordado por el grupo.
8. Presentación y defensa del trabajo en grupo (0.5 h, en horario de tarde).

Las fechas y horas de las sesiones de tarde estarán disponibles al inicio del semestre.

Criterios de evaluación para alumnos que participan en el reto

Los alumnos que cursen la asignatura con evaluación progresiva (evaluación por curso), podrán optar por uno de estos dos sistemas de evaluación: (A) Clases y evaluaciones parciales y finales sin trabajo en reto. (B) Clases reducidas, evaluaciones parciales y finales adaptadas y trabajo en reto, siendo dicho trabajo equivalente a 1

crédito ECTS.

Los alumnos indicarán si prefieren el sistema de evaluación progresiva sin participación en reto o si prefieren realizar el reto, a través de una encuesta en Moodle durante los primeros días del semestre.

Los alumnos que opten por el sistema de evaluación progresiva que incluye el reto (opción B) serán evaluados con los siguientes criterios:

- Respuesta, en principio empleando móvil, a preguntas planteadas en el aula durante las clases que no serán objeto de examen (previstas aproximadamente 8 h, de las cuales el alumno habrá respondido en menos al 80% de las sesiones). No será necesario que se examinen de esa parte de la asignatura ni hagan entregas de ejercicios de esa parte, pues se espera que el desarrollo y evaluación del reto permitirá la adquisición de los conocimientos y su evaluación.
- Respuesta, en principio empleando móvil, a preguntas planteadas en el aula durante las sesiones de tarde (previstas aproximadamente 8.5 h, de las cuales el alumno habrá respondido al menos en el 50% de las sesiones).
- En caso de no cumplir los requisitos de respuestas a preguntas durante las sesiones, la nota correspondiente al trabajo de reto será de 0 puntos.
- La nota de la presentación y defensa del trabajo en reto será la asignada a esta actividad (con peso equivalente a la dedicación de 1 crédito ECTS).
- No será necesario que los alumnos realicen ningún trabajo grupal adicional al reto. La única actividad grupal por la que serán evaluados será el trabajo del reto.
- Los alumnos que elijan realizar la actividad de reto deben tener en cuenta que algunas sesiones, así como la presentación y defensa de su propuesta, podrán ser en lengua inglesa.
- El listado de las clases no necesarias para los alumnos participantes en el reto estará disponible al inicio del semestre.

## 7. Recursos didácticos

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Bibliografía recomendada "Biomateriales"	Bibliografía	"Introduction to Biomaterials", C. M. Agrawal, J. L. Ong, M.R. Appleford, G. Mani, Cambridge University Press, 2013. "Biomaterials: principles and applications", J.B. Park (ed). CRC Press, 2002.
Otra bibliografía recomendada	Bibliografía	Disponible en plataforma Moodle
moodle.upm.es	Recursos web	- Documentos en PDF de los temas de la asignatura. - Cuestionarios. - Enunciados y soluciones de todos los exámenes de cursos previos.
Laboratorio para sesión de demostraciones	Equipamiento	
Aula asignada por jefatura de estudios	Equipamiento	
Biblioteca	Equipamiento	

## 8. Otra información

---

### 8.1. Otra información sobre la asignatura

Clases de teoría: Se empleará el método de la lección magistral para la exposición de los conocimientos teóricos y los temas deductivos de la asignatura.

Clases de problemas: Se resolverán los problemas que el alumno debe haber resuelto previamente en casa.

Clases de laboratorio: La materia Biomateriales incluye otras dos asignaturas de laboratorio. Por ello, en esa asignatura se presentan los conocimientos fundamentales del campo y tienen una mayor importancia los conocimientos teóricos. Se realizarán tres sesiones en laboratorio, en las que se explicará la aplicación de las técnicas experimentales a la caracterización de materiales biológicos y biomateriales.

Trabajo autónomo: El alumno resolverá problemas de forma individual. Su entrega, fundamentalmente a través de la plataforma Moodle, forma parte de la evaluación por curso de la asignatura.

Trabajos en grupo: En grupo, los alumnos analizarán y expondrán un artículo científico/técnico.

Tutorías: Los horarios de tutorías serán flexibles. Los alumnos que lo deseen se dirigirán al profesor del tema de interés para concretar fecha y lugar para la realización de la tutoría.

Importante: en caso de necesidad por razones sanitarias, las actividades docentes y de evaluación pasarán a tener lugar en modalidad telemática.

La asignatura está relacionada con el ODS3.