

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

GUÍA DE APRENDIZAJE

SEÑALES BIOMÉDICAS

GRADO EN INGENIERIA BIOMEDICA

CURSO ACADÉMICO
2026-27CÓDIGO
95000320CURSO
3CRÉDITOS
6 ECTSCARÁCTER
OBLIGATORIASEMESTRE
**PRIMER
SEMESTRE**IDIOMA
ESPAÑOLCENTRO RESPONSABLE
E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONDEPARTAMENTO RESPONSABLE
TECNOLOGÍA FOTÓNICA Y BIOINGENIERÍA

COORDINADOR/A

IGNACIO OROPESA GARCÍA - i.oropesa@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

—

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

- SISTEMAS Y SEÑALES (95000318)
- ESTADÍSTICA (95000305)

OTRAS RECOMENDACIONES

El alumno deberá tener experiencia en MATLAB o adquirirla durante el curso, por ejemplo a través de MATLAB Onramp:
<https://matlabacademy.mathworks.com/es/details/matlab-onramp/gettingstarted>

RESULTADOS

RD-1393/2007

Competencias

- CG06** Adoptar una actitud ante los problemas de su competencia que considere que su papel no es exclusivamente aportar soluciones sino, siempre que sea posible, participar además en la propia identificación u definición de dichos problemas
- CG10** Formular, diseñar y elaborar proyectos siendo capaz de liderar grupos de trabajo y buscar en distintas fuentes de información e integrar nuevos conocimientos en su investigación
- CG01** Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.
- CE42** Conocer técnicas de muestreo y procesado de señales e imágenes para diversas aplicaciones en relación con la Ingeniería Biomédica.
- CG15** Transmitir la información adquirida, las ideas, los problemas y las soluciones de forma oral y escrita en castellano e inglés.
- CE11** Calcular y representar gráficamente los parámetros más relevantes de un experimento utilizando funciones matemáticas.
- CE12** Saber buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biomédicas y bibliográficos.
- CE38** Conocer los principios y las técnicas de medida de las magnitudes más relevantes en Ingeniería Biomédica.
- CG09** Tener capacidad de descripción, cuantificación, análisis y evaluación de resultados experimentales.
- CE40** Conocer los principales tipos de dispositivos terapéuticos empleados en ingeniería biomédica.
- CG11** Elaborar y defender argumentos y resolver los problemas de forma efectiva y creativa.
- CE43** Capacidad de análisis e interpretación de señales e imágenes biomédicas.

Resultados de aprendizaje

- RA159** Estimar la información espectral de una señal biomédica haciendo uso de métodos paramétricos y no paramétricos

RA163	Interpretar las principales señales biomédicas asociadas tanto con sujetos sanos como con distintas patologías
RA165	Presentar de forma oral o escrita las conclusiones más relevantes de un trabajo de investigación
RA157	Enumerar los principales dispositivos para la adquisición y procesamiento de señales biomédicas
RA162	Enumerar las distintas aplicaciones del análisis y procesamiento de las señales biomédicas
RA156	Describir los principios fisiológicos que influyen en la generación de señales biomédicas
RA158	Aplicar distintas técnicas de filtrado para el tratamiento de ruido en señales biomédicas
RA164	Realizar búsquedas bibliográficas y extraer/analizar las conclusiones más importantes
RA161	Aplicar distintas técnicas para la detección de eventos en señales biomédicas
RA160	Realizar e interpretar un análisis tiempo-frecuencia de una señal biomédica

DESCRIPCIÓN

El objetivo de la asignatura es que el alumno conozca las principales señales biomédicas del cuerpo, así como las principales técnicas de procesamiento de señal que pueden aplicarse para su análisis.

El temario de la asignatura está dividido en dos grandes bloques:

BLOQUE 1: Tipos de señales biomédicas. El objetivo de este bloque es que el alumno conozca las bases fisiológicas, los medios de adquisición, y la caracterización de las principales señales biomédicas. Además, el alumno deberá conocer las principales aplicaciones clínicas que involucren el análisis de señales biomédicas.

- TEMA 1 PRINCIPALES SEÑALES BIOMÉDICAS: Origen de la señal bioeléctrica y su naturaleza aleatoria, EEG, potenciales evocados, MEG, EMG, ECG.

BLOQUE 2: Procesamiento de señales biomédicas. El objetivo de este bloque es que el alumno conozca y aplique los principales algoritmos para el procesamiento y análisis de las señales biomédicas.

- TEMA 2 FILTRADO DE SEÑALES BIOMÉDICAS: Señales y sistemas lineales (repaso), caracterización de fuentes de ruido, filtros en el dominio del tiempo, filtros en el dominio de la frecuencia, filtros adaptativos, separación de fuentes.
- TEMA 3a ESTIMACIÓN ESPECTRAL: CARACTERIZACIÓN EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA: Transformada de Fourier (repaso), estimación de la densidad espectral de potencia, técnicas de periodograma.
- TEMA 3b ESTIMACIÓN ESPECTRAL: MODELADO DE SEÑALES BIOMÉDICAS: Estimación espectral paramétrica.
- TEMA 4 ANÁLISIS DE SEÑALES NO ESTACIONARIAS: STFT, Wavelets.

- TEMA 5 DETECCIÓN DE EVENTOS: Procesamiento de señal de ECG, procesamiento de señal de EEG y análisis de conectividad.

La asignatura combinará distintas técnicas docentes para su impartición: clases magistrales, prácticas en laboratorio, aprendizaje invertido, resolución de problemas.

TEMARIO

- Principales señales biomédicas
- Filtrado de señales biomédicas
- Estimación espectral
 - Caracterización en el dominio de la frecuencia
 - Modelado de señales biomédicas
- Análisis de señales no estacionarias
- Detección de eventos

ACTIVIDADES



Actividad evaluable



Actividad formativa

	Presentación de la asignatura e Introducción a las señales biomédicas.				SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
	PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO																
	Presencial	02h 20m	Aula (en horario)	Normal																
	TEMAS T1																			
METODOLOGÍA Lección Magistral																				



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Participación activa

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

00h 00m

Aula (en horario)

Progresiva

5%

0

TEMAS

T1T2T3T4T5

METODOLOGÍA

Otras técnicas

RESULTADOS EVALUADOS

CG06CG09CG15CE42CE43

Tema 1 - Principales señales biomédicas

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

GRUPO

Presencial

14h 00m

Aula (en horario)

Normal

TEMAS

T1

METODOLOGÍA

Lección MagistralOtras actividades

Tema 2 - Filtrado de señales biomédicas

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

T2

METODOLOGÍA

Lección MagistralOtras actividades

Trabajos en grupo - ACTIVIDAD OBLIGATORIA

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

T1

METODOLOGÍA

Otras actividades

 Trabajos en grupo - ACTIVIDAD OBLIGATORIA		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 00h 00m	LUGAR Aula (en horario)	EVALUACIÓN Progresiva, Global, Extraordinaria		PONDERACIÓN 13%		NOTA MÍNIMA 0 No recup.									
RECUPERABLE No		JUSTIFICACIÓN La tarea no es recuperable ya que sus objetivos de aprendizaje están estrechamente relacionados con la capacidad de presentar las conclusiones de un trabajo ante un gran público (CG11, CG15).														
METODOLOGÍA Presentación en Grupo Proyecto en grupo																
RESULTADOS EVALUADOS CG01 CG06 CG10 CG11 CG15 CE12 CE38 CE40 CE43 RA165 RA164 RA162																

 Tema 3 - Estimación espectral		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 T3																
METODOLOGÍA Lección Magistral Otras actividades																

 Caso Práctico 1		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 20m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Reducido													
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio																

 Introducción a las prácticas		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 20m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal													
METODOLOGÍA Lección Magistral																



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Entrega caso práctico 1

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

PRESENCIALIDAD
No presencial, sin docente

DURACIÓN TOTAL
00h 00m

EVALUACIÓN
Progresiva, Global, Extraordinaria

PONDERACIÓN
5%

NOTA MÍNIMA
0

TEMAS
T2

METODOLOGÍA
Trabajo en Grupo Trabajo Individual

RESULTADOS EVALUADOS
CG09 CE11 CE38 CE42 CE43 RA158

Tema 4 - Análisis de señales no estacionarias

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
T4METODOLOGÍA
Lección Magistral Otras actividades

Caso Práctico 2

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

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
02h 20m

LUGAR
Aula (en horario)

GRUPO
Reducido

TEMAS
T3METODOLOGÍA
Prácticas de Laboratorio

	Entrega caso práctico 2	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E		
PRESENCIALIDAD No presencial, sin docente	DURACIÓN TOTAL 00h 00m	EVALUACIÓN Progresiva, Global, Extraordinaria	PONDERACIÓN 5%	NOTA MÍNIMA 0
TEMAS T3				
METODOLOGÍA Trabajo en Grupo Trabajo Individual				
RESULTADOS EVALUADOS CG09 CE11 CE38 CE42 CE43 RA159				

	Tema 5 - Detección de eventos	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 T5			
METODOLOGÍA Lección Magistral			

	Caso Práctico 3	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 20m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Reducido
TEMAS T4			
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio			

	Caso Práctico 4	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 20m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Reducido
TEMAS T5			
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio			

 Entrega caso práctico 3		SEMANAS															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD No presencial, sin docente	DURACIÓN TOTAL 00h 00m	EVALUACIÓN Progresiva, Global, Extraordinaria				PONDERACIÓN 5%				NOTA MÍNIMA 0							
TEMAS T4																	
METODOLOGÍA Trabajo en Grupo Trabajo Individual																	
RESULTADOS EVALUADOS CG09 CE11 CE38 CE42 CE43 RA160																	

 Tema 6 - Taller		SEMANAS															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 20m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Reducido														
TEMAS T5																	
METODOLOGÍA Aprendizaje basado en investigación																	

 Evaluación taller - ACTIVIDAD OBLIGATORIA		SEMANAS																
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 00h 00m	LUGAR Otro	EVALUACIÓN Progresiva, Global, Extraordinaria				PONDERACIÓN 2%				NOTA MÍNIMA 0 No recup.							
RECUPERABLE No	JUSTIFICACIÓN La tarea se basa en dinámicas de grupo, donde los alumnos analizarán distintos artículos científicos y harán puestas en común de sus principales conclusiones. Actividad orientada a la adquisición de las competencias CG01, CG06, CG09, CG10 y CG15.																	
METODOLOGÍA Trabajo en Grupo Otras técnicas																		
RESULTADOS EVALUADOS CG01 CG06 CG10 CG15 CE12 CE43 CG09 RA165 RA164 RA162																		

Entrega caso práctico 4		SEMANAS																
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN		PONDERACIÓN		NOTA MÍNIMA												
No presencial, sin docente	00h 00m	Progresiva, Global, Extraordinaria		5%		0												
TEMAS																		
T5																		
METODOLOGÍA																		
Trabajo en Grupo Trabajo Individual																		
RESULTADOS EVALUADOS																		
CG09 CE11 CE38 CE42 CE43 RA161																		

Caso Práctico 5		SEMANAS																
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO															
Presencial	02h 20m	Aula (en horario)	Reducido															
METODOLOGÍA																		
Prácticas de Laboratorio																		

Entrega caso práctico 5		SEMANAS																
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN		PONDERACIÓN		NOTA MÍNIMA												
No presencial, sin docente	00h 00m	Progresiva, Global, Extraordinaria		5%		0												
TEMAS																		
T5																		
METODOLOGÍA																		
Trabajo en Grupo Trabajo Individual																		
RESULTADOS EVALUADOS																		
CG09 CE11 CE38 CE42 CE43 RA161 RA160 RA159 RA158																		

Examen		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	02h 00m	Aula de examen	Progresiva, Global, Extraordinaria		60%		4											
METODOLOGÍA																		
Examen Escrito																		
RESULTADOS EVALUADOS																		
CG06 CG09 CG15 CE11 CE12 CE38 CE40 CE42 CE43 RA156 RA157 RA158 RA159 RA160 RA161 RA162 RA163																		



PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad evaluable Actividad formativa Semana con actividad E Período de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
Presentación de la asignatura e Introducción a las señales biomédicas.																
Participación activa																
Tema 1 - Principales señales biomédicas																
Tema 2 - Filtrado de señales biomédicas																
Trabajos en grupo - ACTIVIDAD OBLIGATORIA																
Trabajos en grupo - ACTIVIDAD OBLIGATORIA																
Tema 3 - Estimación espectral																
Caso Práctico 1																
Introducción a las prácticas																
Entrega caso práctico 1																
Tema 4 - Análisis de señales no estacionarias																
Caso Práctico 2																
Entrega caso práctico 2																
Tema 5 - Detección de eventos																
Caso Práctico 3																
Caso Práctico 4																



Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 Entrega caso práctico 3													•			
 Tema 6 - Taller													•			
 Evaluación taller - ACTIVIDAD OBLIGATORIA													•			
 Entrega caso práctico 4															•	
 Caso Práctico 5															•	
 Entrega caso práctico 5															•	
 Examen																•

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

Disposiciones generales

La asignatura sigue un sistema de evaluación progresiva.

La asignatura se aprobará cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 5 puntos sobre un total de 10, según las normas que se indican en este apartado.

Todas las entregas y actividades que se realicen deben ser fruto del trabajo personal del alumno, aunque se fomentará la discusión y el trabajo en grupo para ayudar a entender mejor los problemas que se intentan resolver. La copia supondrá el suspenso de la actividad de forma automática, tanto para quien copia como para quien se deja copiar.

Cualquier evaluación o entrega realizada podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno sin ayuda de sistemas de Inteligencia Artificial.

Liberación de bloques

Las notas de los trabajos en grupo y las prácticas pueden ser guardadas dentro de una convocatoria, así como para convocatorias sucesivas, siempre que el profesorado lo considere oportuno. No obstante, el alumno siempre podrá

presentarse de nuevo a ellas para subir nota. Los resultados del taller se guardan para las convocatorias de un año académico, pero no entre años sucesivos.

■ Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

Actividades de evaluación progresiva

Prácticas: Habrá 5 prácticas en la asignatura. Las prácticas se harán por parejas, salvo que el alumno tenga problemas de asistencia, en cuyo caso deberá hacerlas de forma individual como parte de la evaluación global. Cada práctica conllevará una entrega que supondrá un 5% de la nota final.

Examen: El examen supondrá un 60% de la nota final y tendrá nota mínima de 4/10.

La **participación** puede ser utilizada por los profesores para proporcionar una bonificación sobre la puntuación final. Este ítem se evaluará mediante pruebas/preguntas cortas de clase (por ejemplo: utilizando recursos como Wooclap o Kahoot, entre otros), participación en foros de discusión de Moodle, participación en clase, etc. Esta bonificación no superará en ningún caso el 5% de peso del total de la nota. La puntuación máxima en el curso es de 10/10.

Actividades de evaluación obligatorias no recuperables

La actividad de **trabajos en grupo** es obligatoria no recuperable, ya que es fundamental para la adquisición de las competencias CG06, CG10, CG11 y CG15. Su peso máximo en la calificación es del 13%, y no será recuperable ni en la prueba de evaluación global ni en la convocatoria extraordinaria. La asistencia a las sesiones de trabajo en grupo es obligatoria.

La actividad de **taller** es obligatoria no recuperable, ya que será una tarea con dinámicas de grupo orientada a la adquisición de las competencias CG01, CG06, CG09, CG10 y CG15. Su peso máximo en la calificación es del 2%, y no será recuperable ni en la prueba de evaluación global ni en la convocatoria extraordinaria.

Actividades

- Participación activa (5%)
- Trabajos en grupo - ACTIVIDAD OBLIGATORIA (13%)
- Entrega caso práctico 1 (5%)
- Entrega caso práctico 2 (5%)
- Entrega caso práctico 3 (5%)
- Evaluación taller - ACTIVIDAD OBLIGATORIA (2%)
- Entrega caso práctico 4 (5%)
- Entrega caso práctico 5 (5%)
- Examen (60%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

Criterios de evaluación

Prueba de evaluación global

La prueba de evaluación global consistirá en un **examen** y la nota obtenida en todos los **casos practicos** entregados en fecha. Será posible la recuperación de prácticas suspensas/no entregadas en evaluación progresiva, bajo solicitud previa al coordinador. Las actividades de **trabajos en grupo** y **taller** deben llevarse a cabo en la fecha programada en el calendario. La nota mínima del examen es de 4/10.

Actividades

- Trabajos en grupo - ACTIVIDAD OBLIGATORIA (13%)
- Entrega caso práctico 1 (5%)
- Entrega caso práctico 2 (5%)
- Entrega caso práctico 3 (5%)
- Evaluación taller - ACTIVIDAD OBLIGATORIA (2%)
- Entrega caso práctico 4 (5%)
- Entrega caso práctico 5 (5%)
- Examen (60%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

Criterios de evaluación

Prueba de evaluación extraordinaria

La prueba de evaluación extraordinaria consistirá en un **examen** y la nota obtenida en todos los **casos practicos** entregados en fecha. Será posible la recuperación de prácticas suspensas/no entregadas en evaluación progresiva/global, bajo solicitud previa al coordinador. Las actividades de **trabajos en grupo** y **taller** deben llevarse a cabo en la fecha programada en el calendario. La nota mínima del examen es de 4/10.

Actividades

- Trabajos en grupo - ACTIVIDAD OBLIGATORIA (13%)
- Entrega caso práctico 1 (5%)
- Entrega caso práctico 2 (5%)
- Entrega caso práctico 3 (5%)
- Evaluación taller - ACTIVIDAD OBLIGATORIA (2%)
- Entrega caso práctico 4 (5%)
- Entrega caso práctico 5 (5%)

- Examen (60%)

RECURSOS

Bibliografía

Rangayyan RM. Biomedical signal analysis. 2nd ed. IEEE Press - Wiley; 2015

Libro de referencia de la asignatura, sobre todo para los temas relacionados con procesamiento y análisis de la señal. Aborda las distintas técnicas mediante el uso de ejemplos reales con un enfoque muy didáctico.

Sörnmo L, Laguna P. Bioelectrical signal processing in cardiac and neurological applications. Elsevier Inc. / Academic Press; 2005

Libro de referencia en el campo del procesamiento y análisis de señal biomédica.

Bronzino JD. The Biomedical Engineering Handbook (2nd ed), Bronzino JD. (ed), CRC Press LLC; 2000

Oppenheim AV, Willsky A. Signals and Systems, Prentice Hall; 1997

Oppenheim AV, Schaffer RW. Discrete-Time Signal Processing, 3rd Ed., Prentice Hall; 2019

Otros recursos

MATLAB + EEGLAB

Todos los casos prácticos se llevarán a cabo en MATLAB, haciendo uso de librerías específicas del procesamiento de señal biomédica (por ejemplo: EEGLAB).

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Salud y bienestar



Educación de calidad



OTRA INFORMACIÓN

Esta asignatura se relaciona con el **ODS3** (Salud y Bienestar) y **ODS4** (Educación de Calidad).