



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

**95000332 - Laboratorio de Señales Biomédicas**

### PLAN DE ESTUDIOS

09BM - Grado en Ingeniería Biomedica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	15

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000332 - Laboratorio de Señales Biomédicas
<b>No de créditos</b>	4 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Séptimo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09BM - Grado en Ingeniería Biomedica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Daniel Gonzalez Nieto	NEUROLOGIA ,PL-1	daniel.gonzalez.nieto@upm. es	M - 11:00 - 13:00 Es necesario acordar previamente con el profesor la fecha y hora de la tutoría.

Bryan Strange	CTB	bryan.strange@upm.es	M - 10:00 - 11:00 Es necesario acordar previamente con el profesor la fecha y hora de la tutoría.
Ignacio Oropesa Garcia (Coordinador/a)	D-213	i.oropesa@upm.es	J - 10:00 - 11:00 Es necesario acordar previamente con el profesor la fecha y hora de la tutoría.

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

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

#### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Sistemas Y Señales
- Señales Biomédicas

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- El alumno debe tener experiencia en representación y manejo de señales en MATLAB o adquirirla al inicio del curso.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

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.

CE40 - Conocer los principales tipos de dispositivos terapéuticos empleados en ingeniería biomédica.

CE42 - Conocer técnicas de muestreo y procesado de señales e imágenes para diversas aplicaciones en relación con la Ingeniería Biomédica.

CE43 - Capacidad de análisis e interpretación de señales e imágenes biomédicas.

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.

CG03 - Ser capaz de manejar todas las tecnologías de la información y las comunicaciones.

CG09 - Tener capacidad de descripción, cuantificación, análisis y evaluación de resultados experimentales.

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

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

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA127 - Aplicar técnicas avanzadas en procesamiento de señales para la resolución de problemas de señales biomédicas.

RA126 - Registrar señales biomédicas propias como por ejemplo registros de EEG espontáneos y evocados o de ECG.

RA128 - Desarrollar la capacidad de presentación oral pública.

RA129 - Identificar, a partir de inspección visual y técnicas de procesamiento, distintos patrones de señales biomédicas tanto en registros de pacientes sanos como aquellos que presenten una patología.

RA125 - Desarrollar la capacidad de realizar un trabajo en equipo, en la planificación del trabajo común, la búsqueda de fuentes de información y la presentación de resultados.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

El objetivo de la asignatura es que los alumnos se familiaricen, a través de la práctica, con distintos métodos de adquisición y procesamiento de señales biomédicas. Durante el curso el alumno trabajará con señales biomédicas, ya sean propias (obtenidas en el aula mediante sistemas de registro) o extraídas de bases de datos de señales fisiológicas. De esta forma, el alumno podrá adquirir un conjunto de herramientas básicas que le permita en el futuro enfrentarse a distintos problemas relacionados con el procesamiento de señales biomédicas. Para el presente curso se plantean las siguientes prácticas:

- **Práctica 1 - Introducción a MATLAB para el procesamiento de señales biomédicas:** Práctica introductoria orientada a formar al alumno en los conceptos básicos del entorno MATLAB para la representación y procesamiento de señales, así como a introducir las librerías que se usarán en el curso. Para la consolidación de conceptos, los estudiantes trabajarán tanto con señales sintéticas como de señal de EMG.
- **Práctica 2 - Adquisición de la señal de EEG para análisis de potenciales evocados :** Práctica orientada a entender la señal de EEG aplicada al registro de respuestas evocadas usando el sistema 10-20.
- **Práctica 3 - Adquisición y procesamiento de la señal de MEG :** Práctica orientada a conocer el sistema de la MEG, incluyendo Jaula de Faraday y la colocación del sujeto en la MEG; así como a registrar

actividad con ojos abiertos vs ojos cerrados y a realizar análisis espectral.

- **Práctica 4 - Procesamiento de la señal de EEG:** Práctica orientada a que el alumno se familiarice con algunas de las técnicas más usadas para el procesamiento de la señal de electroencefalografía y sepa programarlas en MATLAB.
- **Práctica 5 - Activación sensorial en corteza cerebral sana y patológica:** práctica está orientada a entender los mecanismos básicos de generación de potenciales de campo provocados en la corteza somatosensorial. Se realizará el estudio de registros electrofisiológicos obtenidos de ratones sanos o de ratones con lesión del área somatosensorial sometidos a un tratamiento neuroprotector. Se analizarán los potenciales evocados generados en ambos hemisferios cerebrales en respuesta a la estimulación eléctrica alterna de ambas extremidades delanteras.
- **Práctica 6 - Determinación de relaciones conductancia/voltaje y cinéticas de activación en canales iónicos:** práctica orientada a entender los mecanismos de activación de corrientes en canales iónicos sensibles a cambios del potencial de membrana celular. Se plantea el estudio del canal de potasio KCNQ4, que juega un papel esencial en la regulación de la excitabilidad neuronal y en particular en las células sensoriales del órgano de Corti (cóclea). Este estudio se realizará mediante el análisis electrofisiológico de registros obtenidos de sistemas celulares exógenos expresando el canal KCNQ4 silvestre y una versión mutada del mismo.
- **Práctica 7 - Procesamiento de la señal de ECG:** Práctica orientada a que el alumno se familiarice con algunas de las técnicas más usadas para el procesamiento de la señal de electrocardiografía (filtrado, detección de complejos QRS) y sepa programarlas en MATLAB.

La asignatura propondrá distintas metodologías docentes de cara a que los alumnos puedan adquirir las competencias esperadas. Estas incluirán la realización de prácticas guiadas en parejas, técnicas de aula invertida combinadas con el uso de la herramienta Kahoot!, o la presentación de un trabajo en grupo a final de curso.

\*Todas las sesiones serán de carácter presencial. Sin embargo, como consecuencia de la emergencia sanitaria se tomarán precauciones adicionales, como que los miembros de una pareja de trabajo no puedan coincidir en el aula y se turnen para venir a los laboratorios. En función del avance de la crisis, algunas prácticas podrán sufrir modificaciones tanto en el contenido como en la forma de impartirse.\*

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción a MATLAB para el procesamiento de señales biomédicas
2. Adquisición de la señal de EEG para análisis de potenciales evocados
3. Adquisición y procesamiento de la señal de MEG
4. Procesamiento de la señal de EEG
5. Activación sensorial en corteza cerebral sana y patológica
6. Determinación de relaciones conductancia/voltaje y cinéticas de activación en canales iónicos
7. Procesamiento de la señal de ECG

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Introducción</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>PRÁCTICA 1</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2		<b>PRÁCTICA 1</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3		<b>PRÁCTICA 2 y 3</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Memoria Práctica 1</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 15:00
4		<b>PRÁCTICA 2 y 3</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5		<b>PRÁCTICA 4</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6		<b>PRÁCTICA 4</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7		<b>PRÁCTICA 5</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Memoria Práctica 4</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 15:00
8		<b>PRÁCTICA 5</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
9		<b>PRÁCTICA 6</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
10		<b>PRÁCTICA 6</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

11		<b>PRÁCTICA 7</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Memoria Práctica 6</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 15:00
12		<b>PRÁCTICA 7</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13			<b>Presentación trabajos grupo</b> Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Memoria Práctica 7</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 15:00  <b>Trabajo en grupo</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00
14				
15				
16				
17				<b>Memoria Práctica 1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 15:00  <b>Memoria Práctica 4</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 15:00  <b>Memoria Práctica 6</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 15:00  <b>Memoria Práctica 7</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 15:00  <b>Trabajo individual</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 10:00

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.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	Memoria Práctica 1	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	15:00	20%	4 / 10	CE40 CE38 CE42 CG01 CG03 CE43 CE11 CG09
7	Memoria Práctica 4	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	15:00	20%	4 / 10	CE38 CE42 CG01 CG03 CE11 CG09 CE43 CE40
11	Memoria Práctica 6	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	15:00	20%	4 / 10	CE43 CE38 CE42 CE11 CE12 CG09
13	Memoria Práctica 7	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	15:00	20%	4 / 10	CE43 CE40 CE38 CE42 CG01 CG03 CG11 CG09
13	Trabajo en grupo	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	10:00	20%	5 / 10	CE40 CE38 CE42 CG15 CG02 CG03 CE11 CE12 CG11

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Memoria Práctica 1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	15:00	20%	4 / 10	CE43 CE40 CE38 CE42 CG01 CG03 CE11 CG09
17	Memoria Práctica 4	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	15:00	20%	4 / 10	CE43 CE40 CE38 CE42 CG01 CG03 CE11 CG09
17	Memoria Práctica 6	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	15:00	20%	4 / 10	CE43 CE38 CE42 CE11 CE12 CG09
17	Memoria Práctica 7	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	15:00	20%	4 / 10	CE43 CE40 CE38 CE42 CG01 CG03 CE11 CG09
17	Trabajo individual	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	No Presencial	10:00	20%	5 / 10	CE40 CE38 CE42 CG15 CG02 CG03 CE11 CE12 CG11

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	20%	5 / 10	CE43 CE40 CE42 CG15 CG02 CG11 CG09
Memorias Prácticas 1,4,6,7	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	60:00	80%	4 / 10	CE43 CE40 CE38 CE42 CG01 CG03 CE11 CE12 CG09

## 7.2. Criterios de evaluación

### Disposiciones generales

*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 (formada por una o más actividades de evaluación global de la asignatura), deberá comunicarlo por escrito a través de la plataforma de tele-enseñanza Moodle de la UPM al coordinador de la asignatura antes de que transcurran tres semanas desde el inicio de la asignatura.*

*La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX, ET, TG, etc.), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final. En este caso, se podrán realizar dichas actividades de evaluación a lo largo del curso.*

*La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final.*

- 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 prácticas 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 de entregas supondrá el suspenso de la actividad de evaluación, tanto para quien copia como para quien se deja copiar.

### **Normativa de evaluación continua**

- El alumno deberá entregar en plazo las 4 memorias correspondientes a las prácticas desarrolladas durante el curso. La entrega fuera de plazo será penalizada en la puntuación final con hasta 2/10 puntos.

- Los alumnos deberán obtener una puntuación media de 4/10 en el total de las prácticas de cara a aprobar la asignatura.

- Los alumnos deberán obtener una calificación mínima de 5/10 en la presentación de trabajos en grupo de cara a poder aprobar la asignatura.

- La asistencia a todas las prácticas es obligatoria en evaluación continua, salvo que el profesor encargado de dicha práctica diga lo contrario. El profesor podrá penalizar la calificación de dicha práctica en caso de incomparecencia no justificada del alumno con hasta 2/10 puntos.

- La asistencia a las sesiones de trabajo en grupo es obligatoria. Se penalizará la calificación del trabajo en caso de incomparecencia no justificada del alumno con hasta 2/10 puntos.

- Los alumnos que suspendan en evaluación continua deberán recuperar la asignatura en la convocatoria extraordinaria.

### **Normativa de evaluación sólo prueba final**

- En evaluación solo prueba final, los alumnos deberán entregar en plazo las cuatro memorias correspondientes (o trabajo equivalente, según disponga el profesor) a las prácticas con evaluación asociada. Las entregas se harán de forma individual, salvo que el profesor indique lo contrario. Es responsabilidad del alumno realizar dichas prácticas por sus propios medios.

- El alumno deberá además realizar un trabajo final, que habrá de defender oralmente en la fecha reservada para la prueba final que se apruebe por Junta de Escuela.

- Los alumnos deberán obtener una puntuación media de 4/10 en el total de las prácticas de cara a aprobar la asignatura.
- Los alumnos deberán obtener una calificación mínima de 5/10 en la presentación del trabajo individual de cara a poder aprobar la asignatura.
- Los alumnos que suspendan en evaluación sólo prueba final deberán recuperar la asignatura en la convocatoria extraordinaria.

### **Normativa de evaluación convocatoria extraordinaria**

- La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final.
- La evaluación consistirá en un 80% de la nota en las memorias de las prácticas. Aquellos alumnos que durante la convocatoria ordinaria no hubiesen entregado las memorias de las prácticas deberán hacerlo en esta convocatoria. Igualmente, los alumnos que habiendo entregado las prácticas en convocatoria ordinaria, deban concurrir a convocatoria extraordinaria, deberán entregar al menos todas aquellas prácticas en las cuales su calificación fuese inferior a 4.
- Los alumnos deberán obtener una puntuación media de 4/10 en el total de las prácticas de cara a aprobar la asignatura.
- Se realizará un examen final (20% ponderación) en los que los alumnos deberán defender sus prácticas y demostrar las competencias adquiridas en ellas. El examen podrá constar de una parte oral y otra escrita/práctica.
- Los alumnos deberán obtener una calificación mínima de 5/10 en el examen de cara a poder aprobar la asignatura.
- En caso de no aprobar en convocatoria extraordinaria, no se guardarán las calificaciones de las prácticas de un año académico a otro.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Rangayyan RM. Biomedical signal analysis. 2nd ed. IEEE Press - Wiley; 2015	Bibliografía	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, y con un enfoque muy didáctico.
Semmlow JL. Biosignal and Medical Image Processing. MATLAB-Based Applications, 3rd ed. CRC Press; 2014.	Bibliografía	Este libro proporciona un conjunto completo de herramientas de procesamiento de señales para MATLAB
Sörnmo L, Laguna P. Bioelectrical signal processing in cardiac and neurological applications. Elsevier Inc. / Academic Press; 2005.	Bibliografía	Libro de referencia en el campo del procesamiento y análisis de señal biomédica.
Oppenheim AV, Schafer RW. Discrete-Time Signal Processing, 3rd Ed., Prentice Hall; 2019.	Bibliografía	Procesamiento de señales general
Oppenheim AV, Willsky A. Signals and Systems, Prentice Hall; 1997	Bibliografía	Procesamiento de señales general
MATLAB + EEGLAB + Wavelets Toolbox	Otros	Recursos software
Axon pCLAMP 10 Electrophysiology Data Acquisition & Analysis Software	Otros	
Herramienta Pide Turno	Otros	Herramienta para la gestión de turnos en el laboratorio. Disponible en iOS / Android.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Las prácticas 2 y 3 se realizan en el Centro de Tecnología Biomédica (Campus de Montegancedo). En función del número de alumnos, se habilitarán distintos turnos de asistencia.

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