



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería y Sistemas  
de Telecomunicación

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**595010349 - Biomedical Digital Signal Processing**

### PLAN DE ESTUDIOS

59SC - Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Requisitos previos obligatorios.....	2
4. Conocimientos previos recomendados.....	2
5. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
6. Descripción de la asignatura y temario.....	5
7. Cronograma.....	6
8. Actividades y criterios de evaluación.....	8
9. Recursos didácticos.....	10
10. Otra información.....	11

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	595010349 - Biomedical Digital Signal Processing
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<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>	59SC - Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación
<b>Centro responsable de la titulación</b>	59 - Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas 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>
Cesar Benavente Peces	7007	cesar.benavente@upm.es	Sin horario. Cita previa
David Luengo Garcia (Coordinador/a)	7011	david.luengo@upm.es	Sin horario. Cita previa
Jose David Oses Del Campo	7006	josedavid.oses@upm.es	Sin horario. Cita previa

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

### 3. Requisitos previos obligatorios

---

#### 3.1. Asignaturas previas requeridas para cursar la asignatura

- Estadística y Procesos Estocásticos
- Procesado Digital de la Señal

#### 3.2. Otros requisitos previos para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado En Ingeniería De Sistemas De Telecomunicación no tiene definidos requisitos para esta asignatura.

### 4. Conocimientos previos recomendados

---

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

- Señales Y Sistemas
- Estadística Y Procesos Estocásticos

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

- Matlab

## 5. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 5.1. Competencias

CE B1 - Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.

CE B2 - Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

CE B3 - Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

CE B4 - Comprensión y dominio de los conceptos básicos de sistemas lineales y las funciones y transformadas relacionadas, teoría de circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, principio físico de los semiconductores y familias lógicas, dispositivos electrónicos y fotónicos, tecnología de materiales y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

CE TEL08 - Capacidad de utilizar herramientas de procesado para el modelado de sistemas y el análisis y tratamiento de señales.

CG 02 - Capacidad de búsqueda y selección de información, de razonamiento crítico y de elaboración y defensa de argumentos dentro del área.

CG 03 - Capacidad para expresarse correctamente de forma oral y escrita y transmitir información mediante documentos y exposiciones en público.

CG 04 - Capacidad de abstracción, de análisis y de síntesis y de resolución de problemas.

CG 11 - Habilidades para la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

## 5.2. Resultados del aprendizaje

RA250 - Discutir trabajos y resultados finales, propios y ajenos.

RA251 - Redactar una memoria del trabajo.

RA243 - Relacionar el problema estudiado con otros ya conocidos con anterioridad.

RA300 - Organizar la información obtenida a partir de la información que se ha consultado.

RA105 - Realizar un análisis en frecuencia de señales de tiempo discreto

RA1 - Adquirir capacidad de ordenar y relacionar ideas con ayuda de los métodos matemáticos

RA100 - Análisis y caracterización de señales en tiempo discreto

RA101 - Realizar operaciones básicas con señales y funciones

RA156 - Manejar herramientas matemáticas de análisis y diseño de sistemas de tiempo discreto.

RA10 - Manejar las herramientas numéricas y gráficas del análisis de datos estadísticos

RA104 - Realizar un análisis en frecuencia de señales de tiempo continuo

RA112 - Ser capaz de describir el diagrama de bloques de un sistema de procesado digital de señal en tiempo real enumerando los parámetros significativos de cada bloque.

RA244 - Analizar un problema en diferentes niveles de abstracción

## 6. Descripción de la asignatura y temario

---

### 6.1. Descripción de la asignatura

En esta asignatura se pretende realizar una introducción al procesado digital de señales biomédicas. En primer lugar, se realizará una introducción a los principios de la bioingeniería, a los distintos tipos de señales biomédicas existentes y a los principios generales de adquisición y análisis de esta clase de señales. A continuación, la asignatura se centrará en dos de las principales señales biomédicas: el electrocardiograma (ECG) y el electroencefalograma (EEG). En ambos casos, se describirán brevemente los principios fisiológicos subyacentes, sus características, modo de adquisición y aplicaciones, y diversos algoritmos para la eliminación de ruido, la separación de la señal deseada frente a señales interferentes y la detección de patologías (tales como fibrilación auricular o crisis epilépticas). Por último, se dedicará un último tema a la presentación de otras señales biomédicas de interés (como el electromiograma) y al procesado multi-modal (esto es, el procesado conjunto de múltiples señales biomédicas). La asignatura incluirá un importante componente práctico, implementándose varios de los algoritmos descritos (con la ayuda de Matlab) y probándose con señales reales disponibles en repositorios on-line (como Physionet) y, en la medida de lo posible, con señales reales adquiridas en el laboratorio.

### 6.2. Temario de la asignatura

1. Introducción al Procesado de Señales Biomédicas
2. Procesado de Señales Cardíacas: Electrocardiograma
3. Procesado de Señales Neurológicas: Electroencefalograma
4. Otras Señales Biomédicas: Procesado de Señales Multi-Modales

## 7. Cronograma

### 7.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1: Introducción al Procesado de Señales Biomédicas</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2		<b>Práctica 1: Physionet</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Test 1</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:30
3	<b>Tema 2: Procesado de Señales Cardíacas: Electrocardiograma</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Entrega de Práctica 1</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
4	<b>Tema 2: Procesado de Señales Cardíacas: Electrocardiograma</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5		<b>Prácticas 2: ECG</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	<b>Tema 2: Procesado de Señales Cardíacas: Electrocardiograma</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7		<b>Práctica 3: ECG</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Test 2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:30
8				
9		<b>Práctica 4: Fonocardiograma</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
10	<b>Tema 3: Procesado de Señales Neurológicas: Electroencefalograma</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Entrega de Práctica 2</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00  <b>Entrega de Práctica 3</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00



11	<b>Tema 3: Procesado de Señales</b> <b>Neurológicas: Electroencefalograma</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12		<b>Práctica 5: EEG</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13	<b>Tema 3: Procesado de Señales</b> <b>Neurológicas: Electroencefalograma</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Entrega de Práctica 4</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
14	<b>Tema 4: Otras Señales Biomédicas:</b> <b>Procesado de Señales Multi-Modales</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Test 3</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:30
15				<b>Entrega de Práctica 5</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
16				
17				<b>Examen Final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00  <b>Entrega de Trabajo en Grupo</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00

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.

## 8. Actividades y criterios de evaluación

### 8.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 8.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Test 1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	5%	/ 10	CE B3 CE TEL08 CG 04 CE B1 CE B4
3	Entrega de Práctica 1	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	5%	/ 10	CE B2 CG 02 CG 03 CG 04
7	Test 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	/ 10	CE B3 CE B4 CE TEL08 CG 04 CE B1
10	Entrega de Práctica 2	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	10%	/ 10	CG 04 CE B2 CG 02 CG 03
10	Entrega de Práctica 3	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	10%	/ 10	CG 02 CG 03 CG 04 CE B2
13	Entrega de Práctica 4	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	10%	/ 10	CG 04 CE B2 CG 02 CG 03
14	Test 3	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	/ 10	CE B3 CE B4 CE TEL08 CG 04 CE B1
15	Entrega de Práctica 5	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	10%	/ 10	CG 02 CG 03 CG 04 CE B2

17	Entrega de Trabajo en Grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	30%	/ 10	CE TEL08 CG 04 CE B1 CE B3 CE B4 CE B2 CG 02 CG 03 CG 11
----	-----------------------------	---------------------------------------	------------	-------	-----	------	--

### 8.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	/ 10	CE B3 CE B4 CE TEL08 CG 04 CE B1 CE B2 CG 02 CG 03 CG 11

### 8.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 8.2. Criterios de evaluación

Por defecto se asumirá que los alumnos seguirán la evaluación continua, en cuyo caso la evaluación consistirá en tres test en clase (con un peso total del 30% sobre la nota final), la entrega de las prácticas individuales (con un peso total del 45% sobre la nota final) y la entrega de la práctica final/trabajo en grupo (con un peso total del 25% sobre la nota final). Para estos alumnos la asistencia a clase será obligatoria, tanto a las sesiones de teoría como de laboratorio.

Aquellos alumnos que no deseen seguir la evaluación continua deberán notificarlo mediante el correspondiente cuestionario de Moodle, en cuyo caso serán evaluados mediante un único examen final que incluirá tanto preguntas de teoría como una parte correspondiente al laboratorio.

## 9. Recursos didácticos

### 9.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Sornmo y Laguna, 2005	Bibliografía	Leif Sörnmo y Pablo Laguna, "Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications", Academic Press, 2005.
Bronzino, 1999	Bibliografía	Joseph D. Bronzino, "Biomedical engineering handbook (Vols. 1 y 2)" CRC Press, 1999.
Clifford et al., 2006	Bibliografía	Gari D. Clifford, Francisco Azuaje y Patrick E. McSharry, "Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis", Artech House, 2006.
Sanei y Chambers, 2007	Bibliografía	Saeid Sanei y Jonathan A. Chambers, "EEG Signal Processing", John Wiley & Sons, 2007.
Mainardi et al., 2008	Bibliografía	Luca Mainardi, Leif Sörnmo y Sergio Cerutti, "Understanding atrial fibrillation: The signal processing contribution (Partes I y II)", Synthesis Lectures on Biomedical Engineering, 2008.

Physionet	Recursos web	<a href="https://www.physionet.org/">https://www.physionet.org/</a>
Tompkins, 2000	Bibliografía	Willis J. Tompkins, "Biomedical Digital Signal Processing", Prentice Hall, 2000.

## 10. Otra información

---

### 10.1. Otra información sobre la asignatura

En relación con el cronograma, el formato de docencia y la evaluación es necesario realizar los siguientes comentarios:

1. El cronograma es provisional y podría variar una vez que se conozca el calendario definitivo para la primavera de 2021, con los correspondientes días festivos.

2. El formato de docencia propuesto asume que se pueda llevar a cabo la misma de manera presencial en el aula durante el semestre de primavera 2021. En caso de que esto no fuera posible, se llevaría a cabo la docencia de manera telemática:

\* Clases de teoría: Docencia telemática a través de alguna de las plataformas disponibles (como MS Teams o Blackboard Collaborate) en los horarios asignados.

\* Laboratorio: Realización de las prácticas por parte de los alumnos, gracias a la licencia de campus disponible de Matlab, y supervisión telemática a través de alguna de las plataformas disponibles (como MS Teams o Blackboard Collaborate) en los horarios asignados.

3. La evaluación propuesta asume que se pueda llevar a cabo la misma de manera presencial en el aula durante el semestre de primavera 2021. En caso de que esto no fuera posible, la evaluación se realizaría de manera telemática a través de Moodle.