



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Informaticos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

105000450 - Procesado De Señales Y Sus Aplicaciones

### PLAN DE ESTUDIOS

10ML - Grado En Matematicas E Informática

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - 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.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	13

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	105000450 - Procesado de Señales y Sus Aplicaciones
<b>No de créditos</b>	6 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>	10ML - Grado en Matematicas e Informática
<b>Centro responsable de la titulación</b>	10 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Informaticos
<b>Curso académico</b>	2024-25

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Nazario Felix Gonzalez	4210	n.felix@upm.es	Sin horario.
Francisco Naveros Arrabal (Coordinador/a)	4208	francisco.naveros@upm.es	Sin horario.
Marco Xavier Rivera Gonzalez	4211	marco.rivera@upm.es	Sin horario.

Angel Mario Garcia Pedrero	4207	angelmario.garcia@upm.es	Sin horario.
Rafael Martinez Olalla	4208	rafael.martinezo@upm.es	Sin horario.

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

### 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Isabel López De Mingo	Isabel.lopez@ctb.upm.es	Center for Biomedical Technology

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

El plan de estudios Grado en Matemáticas e Informática no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- Representación de señales continuas en el tiempo.
- Series de Fourier.
- Representación de señales en el dominio de la frecuencia.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE37 - Combinar la teoría y la práctica para realizar tareas informáticas.

CE43 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CG01 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA120 - Identificar, planificar, seguir y evaluar las acciones necesarias para definir y alcanzar un objetivo dentro de una estrategia empresarial.

RA121 - Capacidad para identificar y asegurar el cumplimiento de los valores y principios éticos, legales, democráticos, de igualdad y derechos fundamentales dentro de una organización.

RA123 - RA129 - Capacitación para formar parte de un equipo de trabajo en los diferentes cargos que se le asignen.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

#### INTRODUCCIÓN

El procesado digital de señales o DSP (Digital Signal Processing) es la manipulación matemática de una señal de información para modificarla o mejorarla en algún sentido. Este está caracterizado por la representación en el dominio del tiempo discreto, en el dominio frecuencia discreta, u otro dominio discreto de señales por medio de una secuencia de números o símbolos y el procesado de esas señales.

El procesado digital de señales es especialmente útil para la representación y análisis de señales analógicas y digitales en tiempo real. Para ello se necesita de algoritmos matemáticos optimizados a fin de que los sistemas trabajen a gran velocidad, minimizando el uso de recursos computacionales.

El objetivo fundamental de los sistemas de procesado es: analizar, representar, transformar, manipular señales y el contenido de la información.

## APLICACIONES DEL PROCESADO DIGITAL DE SEÑALES

Las principales aplicaciones del procesado digital de señales que incluye el curso son:

- Procesado de señales de audio.
- Procesado de imágenes.
- Procesado de imágenes biomédicas.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. DEFINICIÓN DE SEÑALES

- 1.1. SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO
- 1.2. FUNCIONES EN TIEMPO CONTINUO
- 1.3. SEÑALES EN TIEMPO DISCRETO
- 1.4. FUNCIONES EN TIEMPO DISCRETO
- 1.5. ADQUISICION DE SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO Y CONVERSION A TIEMPO DISCRETO

#### 2. REPRESENTACION EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

- 2.1. SERIES DE FOURIER DE SEÑALES CONTINUAS Y DISCRETAS
- 2.2. TRANSFORMADA DE FOURIER DE SEÑALES CONTINUAS Y DISCRETAS
- 2.3. MUESTREO: TEOREMA DE NYQUIST

#### 3. ADQUISICIÓN DE SEÑALES DIGITALES

- 3.1. INTRODUCCIÓN A LA PLATAFORMA ARDUINO
- 3.2. SENSORES Y ACTUADORES
- 3.3. ADQUISICIÓN DE SEÑALES DIGITALES

#### 4. TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

- 4.1. INTRODUCCION A LOS FILTROS ANALOGICOS DIGITALES
- 4.2. FILTROS RESPUESTA AL IMPULSO FINITO
- 4.3. FILTROS RESPUESTA AL IMPULSO INFINITO

#### 5. APLICACIONES DEL TRATAMIENTO DIGITAL EN SEÑALES DE AUDIO

#### 6. APLICACIONES DEL TRATAMIENTO DIGITAL EN IMÁGENES

#### 7. APLICACIONES DEL TRATAMIENTO DIGITAL EN IMÁGENES BIOMEDICAS

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>T0. Presentación</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>T1. Definición de señales: 1. Señales en tiempo continuo 2. Funciones en tiempo continuo 3. Señales en tiempo discreto 4. Funciones en tiempo discreto 5. Adquisición de señales continuas y discretas</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>T2. Representación en el dominio de la frecuencia: 1. Series de Fourier de señales continuas y discretas 2. Transformada de Fourier de señales continuas y discretas</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Práctica 1: Introducción a MATLAB, representación de señales</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Memoria práctica 1</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>
3	<p><b>T2. Representación en el dominio de la frecuencia: 3. Teorema de muestreo 4. Convolución en tiempo continuo 5. Convolución en tiempo discreto 6. Integral de convolución 7. Aliasing</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Práctica 2: Señales en el dominio de la frecuencia, transformada de Fourier</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Memoria práctica 2</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>
4	<p><b>T3. Adquisición de señales digitales: 1. Introducción a los circuitos eléctricos 2. Componentes pasivos, resistores, condensadores e inductores 3. Semiconductores: Diodos, Transistores y Circuitos Integrados</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Práctica 3: Muestreo y Aliasing</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Memoria práctica 3</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>

	Laboratorio			
5	<p><b>T4. Tratamiento Digital de Señales: 1. Introducción a los filtros analógicos y digitales 2. Filtros de respuesta al impulso finita 3. Filtros de respuesta al impulso infinita 4. Ejemplos de aplicación de los filtros digitales</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Proyecto Laboratorio de Electrónica I: Introducción al entorno de Arduino</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Memoria proyecto laboratorio I</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>
6	<p><b>Práctica 4: Transformada Discreta de Fourier</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Proyecto Laboratorio de Electrónica II: Arduino como sistema digitalizador de señales analógicas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Memoria práctica 4</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p> <p><b>Memoria proyecto laboratorio II</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>
7	<p><b>Práctica 5: Filtros de Respuesta al Impulso Infinita, FIR (Realce de una señal de Electrocardiografía, ECG)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Proyecto Laboratorio de Electrónica III: Puertos de salida y entrada digitales</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Memoria práctica 5</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p> <p><b>Memoria proyecto laboratorio III</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>
8	<p><b>Examen de teoría</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> <p><b>Proyecto Laboratorio de Electrónica IV: Sensores y actuadores</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Examen de teoría</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Memoria proyecto laboratorio IV</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>
9	<p><b>Introducción a la programación Python para PDS</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Proyecto Laboratorio de Electrónica V: Complementaria</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Memoria proyecto laboratorio V</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>

10	<p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones prácticas en señales de Audio I</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones prácticas en señales de Audio II</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones prácticas en señales de Audio III</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones prácticas en señales de Audio IV</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Proyecto de aplicaciones en señales de audio</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>
12	<p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones prácticas en imágenes I</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones prácticas en imágenes II</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
13	<p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones prácticas en imágenes III</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones prácticas en imágenes IV</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Proyecto de aplicaciones imágenes</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>
14	<p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones en imágenes biomédicas I</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones en imágenes biomédicas II</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

15	<p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones en imágenes biomédicas III</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Aplicaciones del tratamiento digital en señales: Aplicaciones en imágenes biomédicas IV</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Proyecto de aplicaciones en imágenes biomédicas</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>
16				
17				<p><b>Prueba Global: examen de teoría</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Global Presencial Duración: 02:00</p>

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.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Memoria práctica 1	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
3	Memoria práctica 2	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
4	Memoria práctica 3	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
5	Memoria proyecto laboratorio I	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
6	Memoria práctica 4	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	4%	/ 10	CG01 CE37 CE43
6	Memoria proyecto laboratorio II	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
7	Memoria práctica 5	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	4%	/ 10	CG01 CE37 CE43
7	Memoria proyecto laboratorio III	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43

8	Examen de teoría	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	02:00	30%	5 / 10	CG01
8	Memoria proyecto laboratorio IV	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	4%	/ 10	CG01 CE37 CE43
9	Memoria proyecto laboratorio V	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	4%	/ 10	CG01 CE37 CE43
11	Proyecto de aplicaciones en señales de audio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	12%	/ 10	CG01 CE37 CE43
13	Proyecto de aplicaciones imágenes	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	12%	/ 10	CG01 CE37 CE43
15	Proyecto de aplicaciones en imágenes biomédicas	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	12%	/ 10	CG01 CE37 CE43

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Memoria práctica 1	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
3	Memoria práctica 2	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
4	Memoria práctica 3	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
5	Memoria proyecto laboratorio I	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
6	Memoria práctica 4	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	4%	/ 10	CG01 CE37 CE43

6	Memoria proyecto laboratorio II	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
7	Memoria práctica 5	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	4%	/ 10	CG01 CE37 CE43
7	Memoria proyecto laboratorio III	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	3%	/ 10	CG01 CE37 CE43
8	Memoria proyecto laboratorio IV	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	4%	/ 10	CG01 CE37 CE43
9	Memoria proyecto laboratorio V	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	4%	/ 10	CG01 CE37 CE43
11	Proyecto de aplicaciones en señales de audio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	12%	/ 10	CG01 CE37 CE43
13	Proyecto de aplicaciones imágenes	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	12%	/ 10	CG01 CE37 CE43
15	Proyecto de aplicaciones en imágenes biomédicas	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	12%	/ 10	CG01 CE37 CE43
17	Prueba Global: examen de teoría	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	02:00	30%	/ 10	CG01

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

### ORGANIZACIÓN DEL CURSO

El curso se organiza tanto en clases teóricas como prácticas. Dentro de las sesiones prácticas habrá 5 sesiones en MATLAB y otras 5 sesiones en el laboratorio de electrónica.

### EVALUACIÓN DEL CURSO PROGRESIVA Y GLOBAL

1. Examen teoría al término del tema IV: 30%
2. Informe de las prácticas de MATLAB: 17%
3. Informe de las prácticas de laboratorio: 17%
4. Proyecto de aplicaciones de señales de audio: 12%
5. Proyecto de aplicaciones de imágenes: 12%
6. Proyecto de aplicaciones de imágenes médicas: 12%

En la prueba global, aquellos alumnos que no hayan aprobado el examen de teoría tendrán la opción de recuperar la actividad.

Todas las entregas de informes de prácticas y proyectos de aplicaciones son no recuperables al ser tareas guiadas e incrementales.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA.

1. Examen de teoría: 30%
2. Proyecto que abarque lo desarrollado en MATLAB, sesiones de laboratorio de electrónica y alguna aplicación (señales de audio, imágenes o imágenes biomédicas). El proyecto sera definido en cada caso por los profesores de la asignatura: 70%

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Digital Signal Processing: Mathematical and Computational Methods, Software Development and Applications	Bibliografía	Introducción a los métodos modernos en el campo en desarrollo del Procesamiento Digital de Señales (DSP).
Foundations of Digital Signal Processing: Theory, Algorithms and Hardware Design	Bibliografía	Fundamentos del Procesamiento Digital de Señales: Teoría, Algoritmos y Diseño de Hardware
Advances in Digital Image Processing: Theory, Application, Implementation	Bibliografía	Avances en el Procesamiento Digital de Imágenes: Teoría, Aplicación, Implementación
Biomedical Signal Processing for Healthcare Applications	Bibliografía	Procesamiento de señales biomédicas para aplicaciones de atención médica
MATLAB	Equipamiento	Software especializado para el tratamiento digital de señales