



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



GUÍA DE APRENDIZAJE

SEÑALES Y SISTEMAS

GRADO EN INGENIERIA Y SISTEMAS DE DATOS

CURSO ACADÉMICO	CÓDIGO	CURSO	CRÉDITOS	CARÁCTER	SEMESTRE
2026-27	95000509	1	6 ECTS	BÁSICA	SEGUNDO SEMESTRE
IDIOMA	CENTRO RESPONSABLE				
ESPAÑOL	E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION				
DEPARTAMENTO RESPONSABLE					
SEÑALES, SISTEMAS Y RADIOCOMUNICACIONES					

COORDINADOR/A
JUAN ALBERTO BESADA PORTAS - juanalberto.besada@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

- ÁLGEBRA (95000500)
- CÁLCULO (95000501)

OTRAS RECOMENDACIONES

Se recomienda encarecidamente haber cursado las asignaturas de matemáticas del primer cuatrimestre de primero, Álgebra y Cálculo, y especialmente esta última.

RESULTADOS

RD-1393/2007

Resultados de aprendizaje

- RA010** Comprender las diferentes transformadas aplicables a señales, para su caracterización como funciones del tiempo.
- RA011** Entender y saber manejar los modelos de sistemas lineales y las herramientas básicas de tratamiento de señales.

Competencias

- CE01** Que los estudiantes sean capaces de aplicar los conceptos y las herramientas fundamentales de la matemática a la formalización y resolución de los problemas en el ámbito de la titulación.
- CB05** Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía
- CG09** Desarrollar la capacidad de aprendizaje a lo largo de la vida (lifelong learning) para adaptarse a un sector tecnológico en continua evolución.

DESCRIPCIÓN

La asignatura introduce los conceptos básicos de análisis y procesamiento de señal, así como algunas aplicaciones prácticas de los mismos de especial relevancia para los ingenieros de datos. Para ello se estudiarán las señales como herramienta de modelado de la evolución temporal de las magnitudes físicas y se estudiará el concepto de sistema como elemento que permite la transformación o procesamiento de señales. Se definirán propiedades de las señales (p.ej. periodicidad, energía, potencia, etc.) y de los sistemas (linealidad, invarianza, estabilidad o invertibilidad). Se estudiarán en detalle tanto señales en tiempo continuo como en tiempo discreto (secuencias), y herramientas matemáticas para su análisis tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia (transformadas de Fourier). Por su especial relevancia en los procesos de ingesta de datos, también se estudiarán en detalle los procesos de señal basados en transformaciones lineales e invariantes, y se modelará su comportamiento tanto en el dominio del tiempo (convolución, respuesta al impulso) como en el dominio de la frecuencia (filtrado, respuesta en frecuencia). También se estudiarán las propiedades de las transformadas de Fourier, enfocándonos especialmente en sus consecuencias para ciertos tipos de procesos de señal habituales al analizar señales. A estos efectos, se enfatizarán las similitudes y diferencias entre las transformadas de Fourier de señales en tiempo continuo y de secuencias.

Tras establecer las bases teóricas anteriores se introducirán los conceptos de análisis y procesamiento digital de señales. Para ello se estudiará en el tiempo y en la frecuencia el muestreo de señales de banda limitada (conversión de señales de tiempo continuo a sus equivalentes en tiempo discreto), que habilita el análisis y

procesado digital de señales físicas en tiempo continuo en computadores. A continuación, se estudiará la DFT como herramienta de análisis en frecuencia de señales discretas y continuas. Finalmente se introducirá el procesamiento digital de señal, para lo que se introducirá la transformada Z, y se relacionará con los sistemas definidos mediante ecuaciones en diferencias. Otros temas que se ilustrarán en estas introducciones al análisis y procesamiento de señal serán la simulación discreta de sistemas continuos, la interpolación y decimado, los filtros FIR e IIR y el filtrado rápido.

Los conceptos teóricos se ilustrarán con problemas y prácticas en computador, que se realizarán utilizando Python. A estos efectos, cabe destacar que, si bien el cronograma propuesto separa específicamente las horas para problemas y laboratorio, éste se realizará mayoritariamente en el aula, y las sesiones de problemas y laboratorio al final de cada tema estarán alineadas y coordinadas. Adicionalmente, las horas de presenciales del cronograma están asociadas tanto a la impartición de la teoría como a la realización de problemas ilustrativos que la complementen. Nótese que el alumno necesitará disponer de un ordenador personal en aula para la realización de las prácticas.

TEMARIO

1. Presentación

- 1.1. Presentación de motivación, objetivos, programa, metodología, métodos de evaluación y bibliografía básica
- 1.2. Repaso a conceptos básicos de cálculo (funciones complejas, series, integrales propias e impropias, ...).

2. Análisis en el dominio temporal de señales y sistemas de tiempo continuo

- 2.1. Definición de señal continua, operaciones y parámetros (energía, potencia, periodo).
- 2.2. Señales básicas: sinusoidal, exponencial, impulso unitario, escalón.
- 2.3. Conceptos generales sobre sistemas en tiempo continuo: Definición, asociación de sistemas (serie y paralelo) y propiedades de los sistemas (invertibilidad, estabilidad, linealidad e invariancia temporal).
- 2.4. Caracterización de sistemas SLI en tiempo continuo mediante la respuesta al impulso: Integral de convolución y propiedades del operador de convolución.
- 2.5. Problemas resumen tema 2.

3. Análisis en el dominio de la frecuencia de señales y sistemas de tiempo continuo.

- 3.1. La senoide compleja y los sistemas SLI. Concepto de autofunción y de respuesta en frecuencia.
- 3.2. Definición de las Series de Fourier (SF) de señales periódicas.

3.3.	Definición de la Transformada de Fourier (TF) y condiciones de existencia. TF generalizada de señales periódicas y relación con SF.
3.4.	Propiedades de la TF.
3.5.	Aplicaciones de la transformada de Fourier al análisis de señales y sistemas: Filtrado Ideal; Enventanado (Resolución temporal y frecuencial).
3.6.	Problemas resumen tema 3.
4.	Análisis en el dominio temporal de secuencias y sistemas de tiempo discreto.
4.1.	Definición de secuencia, operaciones y parámetros (energía, potencia, periodo). Secuencias básicas: sinusoidal, exponencial, impulso unitario, escalón.
4.2.	Conceptos generales sobre sistemas en tiempo discreto: Definición, Asociación de sistemas (serie y paralelo) y propiedades de los sistemas (invertibilidad, estabilidad, linealidad e invariancia temporal).
4.3.	Caracterización de sistemas SLI en tiempo continuo mediante la respuesta al impulso: Suma de convolución y propiedades del operador de convolución.
4.4.	Problemas resumen tema 5.
4.5.	Implementación práctica en Python.
5.	Análisis en el dominio de la frecuencia de secuencias y sistemas de tiempo discreto.
5.1.	La senoide compleja discreta y los sistemas SLI. Concepto de autofunción y de respuesta en frecuencia.
5.2.	Definición de las Series de Fourier (SF) de secuencias periódicas.
5.3.	Definición de la Transformada de Fourier (TF) de secuencias y condiciones de existencia. TF generalizada de secuencias periódicas y relación con SF.
5.4.	Aplicaciones de la transformada de Fourier al análisis de señales y sistemas: Filtrado Ideal; Enventanado (Resolución temporal y frecuencial)
5.5.	Problemas resumen tema 5.
6.	Muestreo e Introducción al Análisis Digital de Señal
6.1.	Muestreo ideal en el dominio temporal. Definición de muestreo ideal. Solapamiento espectral y Condición de Nyquist. Reconstrucción ideal de banda limitada. Interpolación temporal.

6.2. Interpolación y diezmado. Definición. Efectos en la TF de secuencias.

6.3. Discrete Fourier Transform (DFT): Definición; Relación con las Series de Fourier de secuencias; Interpretación física (muestreo en frecuencia).

6.4. Problemas resumen tema 6.

6.5. Implementación práctica en Python.

7. Introducción al Procesado Digital de Señal.

7.1. Simulación en tiempo discreto de sistemas en tiempo continuo.

7.2. Sistemas descritos por ecuaciones en diferencias. Filtros reales (FIR y IIR).

7.3. Introducción a la transformada Z (y definición de Transformada de Laplace).

7.4. Análisis de sistemas descritos por ecuaciones en diferencias utilizando la Transformada Z (diagramas polo-cero, invertibilidad y estabilidad). Sistema Inverso.

7.5. Filtrado rápido usando DFT (FFT). Método overlapp-add; Método overlap-save.

7.6. Problemas resumen tema 7.

7.7. Implementación práctica en Python.

ACTIVIDADES



Actividad evaluable



Actividad formativa

 Tema 1: Presentación		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO													
Presencial	02h 00m	Aula (en horario)	Normal													
METODOLOGÍA																
Lección Magistral																



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



 Teoría y Problemas Tema 2		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	09h 00m	Aula (en horario)	Normal														
TEMAS																	
T2																	
METODOLOGÍA																	
Lección Magistral Clase de Problemas																	

 Teoría y Problemas Tema 3		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	06h 30m	Aula (en horario)	Normal														
TEMAS																	
T3																	
METODOLOGÍA																	
Lección Magistral Clase de Problemas																	

 Prueba teoría temas 1, 2 y 3		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 15m	Aula (en horario)	Progresiva	10%	0												
TEMAS																	
T1 T2 T3																	
METODOLOGÍA																	
Examen Escrito																	
RESULTADOS EVALUADOS																	
RA010 RA011 CE01																	

 Teoría y Problemas Tema 4		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	04h 00m	Aula (en horario)	Normal														
TEMAS																	
T4																	
METODOLOGÍA																	
Lección Magistral Clase de Problemas																	



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



 Práctica Tema 4			SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	02h 00m	Laboratorio	Reducido														
TEMAS																	
T4																	
METODOLOGÍA																	
Prácticas de Laboratorio																	

 Prueba Práctica Tema 4				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 15m	Laboratorio	Progresiva	5%	0													
TEMAS																		
T4																		
METODOLOGÍA																		
Examen de Prácticas																		
RESULTADOS EVALUADOS																		
RA010 RA011 CE01 CB05 CG09																		

 Teoría y Problemas Tema 5			SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	05h 00m	Aula (en horario)	Normal														
TEMAS																	
T5																	
METODOLOGÍA																	
Lección Magistral Clase de Problemas																	



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Prueba teoría temas 4 y 5

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

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
00h 15m

LUGAR
Aula (en horario)

EVALUACIÓN
Progresiva

PONDERACIÓN
10%

NOTA MÍNIMA
0

TEMAS
T4 T5

METODOLOGÍA
Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS
RA010 RA011 CE01

Teoría y Problemas Tema 6

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

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
06h 00m

LUGAR
Aula (en horario)

GRUPO
Normal

TEMAS
T6

METODOLOGÍA
Lección Magistral Clase de Problemas

Práctica Tema 6

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

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
03h 00m

LUGAR
Laboratorio

GRUPO
Reducido

TEMAS
T6

METODOLOGÍA
Prácticas de Laboratorio



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Prueba Práctica Tema 6			SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 00h 15m	LUGAR Laboratorio	EVALUACIÓN Progresiva	PONDERACIÓN 5%	NOTA MÍNIMA 0													
TEMAS T6																		
METODOLOGÍA Examen de Prácticas																		
RESULTADOS EVALUADOS RA010 RA011 CB05 CG09																		

Teoría y Problemas Tema 7			SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 10h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal															
TEMAS T7																		
METODOLOGÍA Lección Magistral Clase de Problemas																		

Práctica Tema 7			SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 03h 00m	LUGAR Laboratorio	GRUPO Reducido															
TEMAS T7																		
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio																		



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Prueba Práctica Tema 7			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 15m	Laboratorio	Progresiva	10%	0														
TEMAS																			
T7																			
METODOLOGÍA																			
Examen de Prácticas																			
RESULTADOS EVALUADOS																			
RA011 CE01 CG09																			

Prueba teoría temas 6 y 7			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 15m	Aula de examen	Progresiva	10%	0														
TEMAS																			
T6 T7																			
METODOLOGÍA																			
Examen Escrito																			
RESULTADOS EVALUADOS																			
RA011 CE01 CB05 CG09																			

Examen final de problemas			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	50%	4														
TEMAS																			
T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7																			
METODOLOGÍA																			
Examen Escrito																			
RESULTADOS EVALUADOS																			
CE01 RA010 RA011 CB05 CG09																			



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Examen de prácticas

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 30m

Aula de examen

Global, Extraordinaria

20%

0

TEMAS

T4T6T7

METODOLOGÍA

Examen de Prácticas

RESULTADOS EVALUADOS

CE01RA011CB05CG09

Examen final de teoría

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 30m

Aula de examen

Global, Extraordinaria

30%

0

TEMAS

T1T2T3T4T5T6T7

METODOLOGÍA

Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS

RA010RA011CE01CB05CG09

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad evaluable

Actividad formativa

Semana con actividad

Período de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
Tema 1: Presentación	.															
Teoría y Problemas Tema 2	.	.	.													
Teoría y Problemas Tema 3			.	.												
Prueba teoría temas 1, 2 y 3					.											
Teoría y Problemas Tema 4					.											

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 Práctica Tema 4						.										
 Prueba Práctica Tema 4						.										
 Teoría y Problemas Tema 5						.	.									
 Prueba teoría temas 4 y 5								.								
 Teoría y Problemas Tema 6							.	.	.							
 Práctica Tema 6									.							
 Prueba Práctica Tema 6									.							
 Teoría y Problemas Tema 7										.	.	.				
 Práctica Tema 7												.				
 Prueba Práctica Tema 7												.				
 Prueba teoría temas 6 y 7																.
 Examen final de problemas																.
 Examen de prácticas																.
 Examen final de teoría																.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

La evaluación se compone de tres partes: teoría (30%), problemas (50%) y prácticas (20%). Las pruebas específicas para cada uno de los bloques se detallan más adelante.

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

La evaluación progresiva se realizará mediante una combinación de:

1) Evaluación teórica, en formato corto (tipo test o similar), en tres pruebas centradas en comprobar la comprensión de los conceptos básicos, que supone el 30% de la nota final:

- a. Temas 1, 2 y 3, al final de este último tema: 10%.
- b. Temas 4 y 5, al final de este último tema: 10%.
- c. Temas 6 y 7, en la misma fecha del examen final de problemas que se comenta a continuación: 10%.

2) Examen final de problemas, eliminatorio, que supondrá el 50% de la nota final. Será necesario que el alumno alcance una nota mínima de 4 puntos sobre 10 en este examen. Los problemas estarán orientados a comprobar la comprensión de los conceptos teóricos y aplicados introducidos en la asignatura.

3) Evaluación de prácticas en Python, al final de los temas 4, 6 y 7, que supone el 20% de la nota final. Las evaluaciones se basarán en la entrega de parte del SW desarrollado y/o la realización de una prueba (tipo test o similar) sobre la práctica. Los pesos de cada evaluación de prácticas son los siguientes:

- a. Práctica tema 4: 5%
- b. Práctica tema 6: 5%
- c. Práctica tema 7: 10%

Actividades

- Prueba teoría temas 1, 2 y 3 (10%)
- Prueba Práctica Tema 4 (5%)
- Prueba teoría temas 4 y 5 (10%)
- Prueba Práctica Tema 6 (5%)
- Prueba Práctica Tema 7 (10%)
- Prueba teoría temas 6 y 7 (10%)
- Examen final de problemas (50%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

Criterios de evaluación

En el caso de preferir evaluación global, ésta se realizará mediante un único examen, distinto de los de la evaluación progresiva, que comprenderá, tres partes:

- 1) un examen con preguntas/test de teoría, que supondrá el 30% de la nota final.
- 2) un examen de problemas, eliminatorio (Nota mínima 4.0), que supondrá el 50% de la nota final.
- 3) un examen de prácticas, que supondrá el 20% de la nota final.

Actividades

- Examen final de problemas (50%)
- Examen de prácticas (20%)
- Examen final de teoría (30%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

Criterios de evaluación

La evaluación extraordinaria seguirá el mismo esquema que la global.

Actividades

- Examen final de problemas (50%)
- Examen de prácticas (20%)
- Examen final de teoría (30%)

RECURSOS

Bibliografía

"Signals and Systems" , Segunda Edición, de A.V. Oppenheim, A.S. Willsky y S.H. Nawab, editorial Prentice Hall, 1997. (Reediciones de Pearson en 2013, 2017)

Libro de referencia para parte inicial de la asignatura

"Discrete-Time Signal Processing". Tercera Edición. Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schafer. Editorial Prentice-Hall Signal Processing Series. 2010.

Libro de referencia para parte final de la asignatura

"Signals and Systems", Segunda Edition. S. Haykin, B. Van Veen. Editorial John Wiley & Sons, 2002.

"Linear Systems and Signals Second Edition". B. P. Lathi. Editorial Oxford University Press 2005.

"Signals and Systems". Rao, K. Deergha. Editorial Birkhäuser Basel. 2018.

"Understanding Digital Signal Processing". Tercera Edition. Richard G. Lyons. Editorial Prentice Hall, 2010.

"Python for Signal Processing". José Unpingco. Springer International Publishing. 2014

Web

Página web de la asignatura <http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales>

Se proporcionarán por este canal: - Transparencias guión del profesor. - Colección de problemas resueltos. - Otros materiales.

<https://jupyter.org>

Se utilizarán cuadernos de Jupyter para las prácticas

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Educación de calidad



Industria, innovación e
infraestructura

OTRA INFORMACIÓN

En términos más generales, la matemática aplicada se emplea de forma exhaustiva en ingeniería y, en particular, incidirá en todo lo relativo a las infraestructuras de telecomunicaciones (ODS 9). La asignatura ayudará también a los subobjetivos 4.4: Aumentar considerablemente el número de personas con las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo y al emprendimiento; y 4.7: Asegurar que todos los estudiantes adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible.