



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

95000028 - Tratamiento Digital de Señales

### PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - 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.....	10
8. Recursos didácticos.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000028 - Tratamiento Digital de Señales
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Miguel Angel Garcia Izquierdo	B-408	miguelangel.garcia.izquierdo@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.
Jose Parera Bermudez	B-405	jose.parera@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.

Jesus Gustavo Cuevas Del Rio	B-409	gustavo.cuevas@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.
Juan Fco. Gomez Mena (Coordinador/a)	B-405.1	j.gomez@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.
Juan Miguel Santos Suarez	B-405	juan.santos.suarez@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.

\* 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

- Algebra
- Calculo
- Analisis Vectorial
- Señales Y Sistemas
- Señales Aleatorias

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

El plan de estudios Grado en Ingenieria de Tecnologias y Servicios de Telecomunicacion no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE-SI1 - Capacidad de construir, explotar y gestionar servicios y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, tratamiento analógico y digital, codificación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, reproducción, gestión y presentación de servicios audiovisuales e información multimedia.

CG1 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio

CG11 - Liderazgo de equipos

CG2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CG5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

CG6 - Uso de la lengua inglesa

CG7 - Trabajo en equipo

CG9 - Uso de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA636 - Conocer la DFT y sus aplicaciones, así como un algoritmo de cálculo rápido.

RA524 - Conocer los fundamentos y aplicaciones del análisis de transformadas.

RA526 - Saber analizar, diseñar e implementar filtros digitales. Conocer las estructuras básicas para los filtros IIR y FIR y representarlas mediante Flujogramas. Conocer los efectos de la cuantificación de los coeficientes de un filtro.

RA530 - Conocer las técnicas básicas de análisis espectral. Análisis de Fourier de señales aleatorias estacionarias: el periodograma. Análisis de Fourier de señales aleatorias mediante la estimación de la secuencia de la secuencia de autocorrelación.

RA527 - Conocer los dispositivos de procesado digital de señales: FPGAs y DSP, así como los fabricantes de referencia.

RA525 - Conocer los teoremas y conceptos relacionados con el muestreo de señales continuas y los cambios de velocidad de muestreo utilizando técnicas digitales.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La forma más contundente de explicar la importancia del procesado digital de señales es medir su impacto en nuestra vida cotidiana. ¿A qué tendríamos que renunciar si no existiera el procesado digital de señales? Ciñéndonos a las tecnologías de la información y comunicaciones la lista es exhaustiva: telefonía móvil, acceso a las redes de comunicaciones mediante módems o WIFI, transmisión/recepción de contenidos multimedia (audio, video, imágenes fijas), voz sobre Internet. Y en el terreno de los dispositivos, teléfonos móviles, reproductores MP3, cámaras digitales, tabletas. Pero el alcance del tratamiento numérico de señales va mucho más allá y abarca a cualquier proceso cuantitativo que se pueda medir.

Para el currículo de un Ingeniero de Telecomunicaciones el procesado digital de señales debe ser una piedra angular que le permita entender y actuar en el actual universo tecnológico que nos rodea. El objetivo de esta asignatura es instruir al futuro ingeniero en los conceptos básicos del tratamiento numérico de señales:

- El muestreo de señales continuas como puerta de acceso al mundo discreto.
- El estudio e implementación de los sistemas discretos racionales, comúnmente llamados filtros digitales.

- Análisis y diseño en los dominios transformados, con especial hincapié en el análisis espectral.
- Exposición de los avances tecnológicos más recientes en procesadores de señal y en convertidores A/D y D/A.

Los materiales de la asignatura se impartirán en una vertiente teórica (70%), acompañada de una vertiente práctica (30%) basada en simulaciones MATLAB de los conceptos más fundamentales. La evaluación será continua a lo largo del curso.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción a las señales y sistemas discretos
  - 1.1. Introducción
  - 1.2. Señales y sistemas
  - 1.3. Transformadas
2. Muestreo y cambio de velocidad de muestreo
  - 2.1. Introducción
  - 2.2. Muestreo periódico de señales paso bajo
  - 2.3. Procesado en tiempo discreto de señales en tiempo continuo
  - 2.4. Cambios de la frecuencia de muestreo
  - 2.5. Limitaciones prácticas
  - 2.6. Sobremuestreo y conformación espectral del ruido de cuantificación
3. Filtros digitales
  - 3.1. Introducción al análisis y diseño de Sistemas LTI
  - 3.2. Sistemas con función de transferencia racional
  - 3.3. Filtros LTI notables
  - 3.4. Sistemas de fase lineal
  - 3.5. Estructuras para la realización de filtros digitales
4. Transformadas de secuencias finitas
  - 4.1. Introducción
  - 4.2. Relación entre la DFT y la TFD
  - 4.3. Propiedades de la DFT

4.4. Aplicaciones de la DFT

4.5. Cálculo de la DFT

5. Analisis espectral

5.1. Introducción

5.2. Análisis de Fourier de señales mediante la DFT

5.3. Análisis de señales sinusoidales mediante la DFT

5.4. Análisis de Fourier de señales aleatorias estacionarias: el periodograma

5.5. Análisis de Fourier de señales aleatorias mediante la estimación de la secuencia de autocorrelación

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<b>Presentación</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 1</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
2	<b>Tema 2.1 / 2.2 / 2.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2.1 / 2.2</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica 1</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:30
3	<b>Tema 2.1 / 2.2 / 2.3</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Tema 2.4 / 2.5</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 2</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:30
4	<b>Tema 2.4 / 2.5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2.4 / 2.5</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Certificación de haber seguido el curso de MATLAB</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 02:00
5	<b>Tema 2.6</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2.6</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica 3</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:30
6	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Tema 3.1 / 3.2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

7	<p><b>Tema 3.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3.1 / 3.2 / 3.3</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica 4</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:30</p>
8	<p><b>Tema 3.4</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3.4</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Examen primer parcial (4 de noviembre de 2019)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:30</p>
9	<p><b>Tema 3.5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica 5</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:30</p>
10	<p><b>Tema 3.5</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3.5</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 4.1 / 4.2 / 4.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>Tema 4.4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica 6</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:30</p>
12	<p><b>Temas 4.1 / 4.2 / 4.3 / 4.4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica 7</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:30</p>
13	<p><b>Tema 4.5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
14	<p><b>Tema 5</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4 / 5</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica 8</b> Duración: 01:10 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 00:30</p> <p><b>Examen Trabajo Final (a acordar)</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua</p>

				Duración: 00:20
15				
16				
17				<p><b>Examen segundo parcial (fecha establecida por Jefatura de Estudios)</b>  EX: Técnica del tipo Examen Escrito  Evaluación continua  Duración: 01:30</p> <p><b>Examen final</b>  EX: Técnica del tipo Examen Escrito  Evaluación sólo prueba final  Duración: 03:00</p> <p><b>Examen final Laboratorio</b>  EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas  Evaluación sólo prueba final  Duración: 01:00</p>

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

## 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
2	Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	1.1%	4 / 10	CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1 CG7
3	Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	1.1%	4 / 10	CG7 CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1
4	Certificación de haber seguido el curso de MATLAB	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	02:00	1.1%	4 / 10	CG1 CG6 CE-SI1 CG9 CG2
5	Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	1.1%	4 / 10	CG7 CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1
7	Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	1.1%	4 / 10	CG7 CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1
8	Examen primer parcial (4 de noviembre de 2019)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	35%	4 / 10	CG5 CG2 CG1 CG6 CE-SI1

9	Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	1.1%	4 / 10	CG7 CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1
11	Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	1.1%	4 / 10	CG7 CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1
12	Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	1.1%	4 / 10	CG7 CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1
14	Examen de conocimientos de Teoría y Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	1.2%	4 / 10	CG7 CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1
14	Examen Trabajo Final (a acordar)	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	00:20	20%	4 / 10	CG7 CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1
17	Examen segundo parcial (fecha establecida por Jefatura de Estudios)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	35%	4 / 10	CG5 CG2 CG1 CG6 CE-SI1

### 7.1.2. 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	70%	4 / 10	CG5 CG2 CG1 CG6 CE-SI1
17	Examen final Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	30%	4 / 10	CG7 CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	70%	4 / 10	CG5 CG2 CG1 CG6 CE-SI1
Examen final Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	30%	4 / 10	CG7 CG9 CG2 CG1 CG11 CE-SI1

## 7.2. Criterios de evaluación

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 completar en el Moodle de la asignatura la tarea titulada "Renuncia a la evaluación continua" antes de la cuarta semana del semestre (la fecha concreta se anunciará en el Moodle).

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 calificación de la asignatura se realizará del siguiente modo:

### 1. Alumnos acogidos al régimen de evaluación continua

1.1. NOTA FINAL = 35% primer parcial + 35% segundo parcial + 10% controles de conocimiento de laboratorio + 20% trabajo final.

1.2. Para realizar el promedio anterior es necesario que cada una de las calificaciones tengan una nota igual o superior a 4 sobre 10. En caso contrario se considerará no superada la asignatura mediante evaluación continua y aparecerá una calificación máxima de 4 sobre 10.

1.3. En la calificación final habrá un 10% extra que cada profesor asignará en función de la participación en clase, resolución de problemas, etc. Sólo cuando la NOTA FINAL es mayor o igual a 4 se le sumará esta calificación extra.

1.4. Se considerará superada la asignatura mediante evaluación continua cuando el promedio sea de 5 sobre 10.

## **2. Alumnos NO acogidos al régimen de evaluación continua**

2.1. Examen final de teoría con una valoración del 70%.

2.2. Examen práctico de conocimientos de laboratorio con una valoración del 30%.

2.3. La nota final será la suma de la calificación teórica y práctica. Para realizar la suma será necesario obtener una calificación de 4 sobre 10 en teoría y de 4 sobre 10 en conocimientos de laboratorio. En caso contrario se considerará no superada la asignatura, apareciendo una calificación máxima de 4 sobre 10.

2.4. Se considerará superada la asignatura mediante esta evaluación cuando el promedio sea de 5 sobre 10.

## **3. Examen extraordinario**

3.1. Examen final de teoría con una valoración del 70%.

3.2. Examen práctico de conocimientos de laboratorio con una valoración del 30%.

3.2.1. Los alumnos que siguieron la evaluación continua, si lo desean están exentos de realizar este examen práctico de conocimientos de laboratorio siempre que hayan obtenido calificaciones mayores o iguales a 4 en los controles de conocimiento de laboratorio y el trabajo final.

3.3. La nota final será la suma de la calificación teórica y práctica. Para realizar la suma será necesario obtener una calificación de 4 sobre 10 en teoría y de 4 sobre 10 en prácticas. En caso contrario se considerará no

superada la asignatura, apareciendo una calificación máxima de 4 sobre 10.

3.4. Se considerará superada la asignatura mediante este examen cuando el promedio sea de 5 sobre 10.

#### 4. Documentación permitida en el examen

Sólo se podrá llevar un libro de Tratamiento Digital de Señales.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
A. V. Oppenheim, R.W. Schafer: Discrete-Time Signal Processing. Prentice-Hall, 3rd Ed, 2010.	Bibliografía	Libro de texto
G. Proakis, D. G. Manolakis, Digital Signal Processing. Prentice Hall, 4th Ed, 2007.	Bibliografía	
Sanjit K. Mitra, Digital Signal Processing. A Computer-Based Approach. Mc Graw-Hill, 4th Ed, 2011.	Bibliografía	
McClellan, Burrus, Oppenheim, Parks, Schaffer and Schuessler, Computer-Based Exercises for SIGNAL PROCESSING Using MATLAB 5. Prentice Hall, 1998.	Bibliografía	
Laboratorio de Señales y Comunicaciones A.202-L	Equipamiento	