



# Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación 30312 - Procesado digital de señales

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 2, Semestre: 1, Créditos: 6.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- **Santiago Cruz Llanas** cruzll@unizar.es
- **Luis Vicente Borrueal** lvicente@unizar.es

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

El profesorado encargado de impartir la docencia pertenece al Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones.

Es recomendable que el alumno haya cursado la asignatura de *Señales y Sistemas* impartida en el segundo semestre del grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación.

### Actividades y fechas clave de la asignatura

La asignatura se imparte en el primer semestre del segundo curso de la titulación. Entre las principales actividades previstas se encuentran la exposición de los contenidos teóricos, el planteamiento y resolución de problemas, la realización de prácticas de laboratorio y la realización de trabajos prácticos tutelados.

Las fechas de inicio y fin de las clases teóricas y de problemas, así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio y las pruebas de evaluación global serán las fijadas por la Escuela. Las fechas de entrega y seguimiento de los trabajos prácticos tutelados se darán a conocer con suficiente antelación en clase y en la página web de la asignatura en el anillo digital docente, <https://moodle.unizar.es/>.

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:**  
[R1] Conoce la representación y caracterización de señales y sistemas en el dominio transformado Z, así como sus propiedades fundamentales
- 2:**  
[R2] Describe el diagrama de bloques de un sistema de procesado digital de señal en tiempo real

enumerando los parámetros significativos de cada bloque.

- 3:**  
[R3] Utiliza el lenguaje Matlab para la programación de algoritmos de procesamiento digital de señal.
- 4:**  
[R4] Define correctamente la DFT y la relaciona con otras transformadas: Transformada de Fourier, Desarrollo en Series de Fourier. Transformada rápida de Fourier. Utiliza la DFT para el análisis espectral de secuencias.
- 5:**  
[R5] Define las estructuras básicas de los sistemas en tiempo discreto. Estructuras de respuesta impulsional infinita IIR, estructuras de respuesta impulsional finita FIR. Conoce los efectos de la precisión numérica finita.
- 6:**  
[R6] Define y describe correctamente un filtro digital, sus aplicaciones fundamentales y diferencia los tipos de filtro digitales en función de las características de su respuesta impulsional.
- 7:**  
[R7] Describe los métodos básicos de diseño de filtros FIR e IIR.
- 8:**  
[R8] Define un sistema multitasa, plantea la solución a problemas de cambio de velocidad de muestreo y aplica el cambio racional de la velocidad de muestreo a la solución de problemas.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Esta asignatura forma parte de la materia **Señal y Comunicaciones**, del módulo de formación común de la rama de Telecomunicación, al igual que la asignatura de *Señales y Sistemas*, que la precede y fundamenta. En esta asignatura se profundiza en las técnicas de procesamiento digital de señales desde varios puntos de vista: análisis y diseño de sistemas, implementación práctica, eficiencia y aplicaciones. Los sistemas de procesamiento digital fundamentales en que se centra la asignatura son los filtros digitales, tanto FIR como IIR, los sistemas multitasa y los bancos de filtros.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

El objetivo de la asignatura *Procesado Digital de Señal* es dotar al alumno de las metodologías básicas para la síntesis de los sistemas digitales más habituales de tratamiento de señal. El énfasis se centra en la realización práctica de los sistemas, incluyendo el caso de sistemas de tiempo real, y considerando especialmente la eficiencia de la implementación. La aplicación fundamental de estos sistemas se encuentra en los sistemas de comunicaciones y de acondicionamiento de señal.

#### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura de *Procesado Digital de Señal* se imparte en el 3<sup>er</sup> semestre del grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación. Junto a las asignaturas de *Señales y Sistemas* (2<sup>o</sup> semestre), *Teoría de la Comunicación* (3<sup>er</sup> semestre), *Propagación y Medios de Transmisión* (4<sup>o</sup> semestre) y *Comunicaciones Digitales* (4<sup>o</sup> semestre), conforman la materia de **Señal y Comunicaciones** del módulo de formación común de la rama de Telecomunicación.

La asignatura de *Procesado Digital de Señal* supone una continuación de la asignatura *Señales y Sistemas*, que los alumnos ya han cursado en el segundo semestre y que les ha dotado de las herramientas básicas para el estudio de sistemas y señales deterministas en los dominios de análisis temporal y frecuencial. En la presente asignatura se introduce el análisis transformado Z y se familiariza al alumno con los sistemas de procesamiento digital de señal en tiempo real y la programación

de algoritmos para su implementación, tanto en dominio temporal como frecuencial. Además, se presentan métodos básicos de diseño de filtros digitales, FIR e IIR, y se incide en sus aplicaciones.

Las técnicas de procesamiento digital introducidas en esta asignatura se utilizarán en otras posteriores, como las restantes asignaturas de la propia materia de **Señal y Comunicaciones** de la que forma parte, o las asignaturas de *Sistemas Electrónicos con Microprocesadores* (5º semestre, común de la rama de Telecomunicación) y *Aplicaciones de Procesado Digital de Señal* (5º semestre, itinerario de Sistemas de Telecomunicación).

### **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:**  
[C4] Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico
- 2:**  
[C5] Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano
- 3:**  
[C6] Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma
- 4:**  
[C11] Aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería
- 5:**  
[CRT1] Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.
- 6:**  
[CRT2] Utilizar aplicaciones de comunicación e informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación y electrónica.
- 7:**  
[CRT3] Utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica.
- 8:**  
[CRT4] Analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones.
- 9:**  
[CRT5] Evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital.

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

La importancia de los resultados de aprendizaje diseñados para esta asignatura radica en que el alumno adquiere destreza para el diseño, análisis e implementación de sistemas de procesamiento digital, que son la base de un gran número de aplicaciones en distintos ámbitos de las tecnologías y servicios de telecomunicación. Algunas de estas aplicaciones se abordarán en esta asignatura y de un modo más extenso en asignaturas posteriores de la titulación, así como en el ejercicio profesional del futuro ingeniero. Esta asignatura pretende asimismo dotar al alumno de capacidad crítica para la evaluación de distintas alternativas que se le presentarán a la hora de implementar sistemas de procesamiento digital.

---

## **Evaluación**

---

## Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**  
**[E1] Examen final (60%)**

Examen escrito, con puntuación de 0 a 10 puntos, común para todos los grupos de la asignatura. Para superar la asignatura es necesaria una puntuación mínima de 4.5 puntos en el examen final.

**2:**  
**[T1] Trabajos prácticos tutelados y resolución de problemas (25%)**

Puntuación de 0 a 10 puntos. En la evaluación de los trabajos tutelados propuestos a lo largo del semestre se tendrá en cuenta tanto la memoria presentada, como la idoneidad y originalidad de la solución propuesta. Los problemas resueltos serán evaluados por su solución, así como por su presentación y/o explicación. Los alumnos que no realicen estas actividades de evaluación en las fechas asignadas deberán presentarse a una prueba alternativa en la misma fecha del examen final.

**3:**  
**[T2] Prácticas de laboratorio (15%)**

Puntuación de 0 a 10 puntos. La evaluación de las prácticas se realizará a través de los informes presentados en las mismas, así como del trabajo realizado en el laboratorio. Los alumnos que no las realicen en las fechas asignadas deberán presentarse a una prueba alternativa en la misma fecha del examen final.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Con objeto de que los alumnos alcancen los resultados de aprendizaje descritos anteriormente y adquieran las competencias diseñadas para esta asignatura, se proponen las siguientes metodologías de enseñanza-aprendizaje:

- [M1] Clase magistral participativa
- [M4] Aprendizaje basado en problemas
- [M8] Prácticas de aula
- [M9] Prácticas de laboratorio
- [M10] Tutoría
- [M11] Evaluación del progreso del estudiante
- [M13] Trabajos prácticos

La siguiente tabla recoge las distintas metodologías de enseñanza-aprendizaje y los correspondientes resultados de aprendizaje y competencias generales y de formación común de la rama de telecomunicación que se espera que adquieran los alumnos a través de las dichas metodologías:

Metodologías	Resultados	Competencias
M1	R1-R8	C4, C5, CRT2, CRT4-CRT5
M4	R1-R8	C4, C6, C11, CRT1-CRT5
M8	R1,R2, R4-R8	C4, C5, CRT1, CRT2, CRT4, CRT5
M9	R1-R8	C4, C6, C11, CRT2, CRT4, CRT5

<b>M10</b>	<b>R1-R8</b>	<b>C5, CRT3</b>
<b>M11</b>	<b>R1-R8</b>	<b>C4-C6, C11, CRT2, CRT4, CRT5</b>
<b>M13</b>	<b>R1-R8</b>	<b>CRT2, CRT4, CRT5</b>

## Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

### **Clase magistral participativa.**

Esta actividad se realizará de forma presencial en el aula (40 horas de duración) y en ella el profesor realizará la exposición de los contenidos de la asignatura, que abarcarán el siguiente temario:

#### 1. Procesado digital de señales analógicas

##### 1.1 Introducción

##### 1.2 Muestreo y reconstrucción de señales analógicas

#### 2. Análisis de sistemas

##### 2.1 Transformada Z

##### 2.2 Función de transferencia

##### 2.3 Respuesta frecuencial

##### 2.4 Sistemas especiales

#### 3. Diseño de filtros digitales

##### 3.1 Filtros ideales y reales

##### 3.2 Diseño de filtros FIR de fase lineal

##### 3.3 Diseño de filtros IIR

#### 4. Sistemas multitasa

##### 4.1 Diezmado e interpolación

##### 4.2 Cambio de la frecuencia de muestreo

##### 4.3 Aplicaciones

##### 4.4 Bancos de filtros

#### 5. Implementación de sistemas digitales

##### 5.1 Realización mediante EDF

##### 5.2 Técnicas de convolución rápida

##### 5.3 Implementación de sistemas multitasa

Como parte de la tarea expositiva de las clases magistrales, se presentarán a los alumnos variados ejemplos relativos a la utilización del software Matlab para la resolución de ejercicios y problemas.

## **2: Prácticas de laboratorio.**

Esta actividad se realizará de forma presencial en un aula informática. Comprenderá 5 sesiones de 2 horas de duración cada una de ellas. Con carácter previo a la sesión de laboratorio, los alumnos realizarán un estudio previo con el que se familiarizarán con los conceptos que serán tratados en la práctica. Al finalizar la sesión, los alumnos presentarán un informe de resultados que recogerá las principales conclusiones del trabajo realizado.

## **3: Prácticas de aula.**

Esta actividad se desarrollará en el aula (10 horas de duración) y será abordada por los alumnos de forma individual y/o en grupo. El profesor propondrá a los alumnos la resolución de problemas y casos prácticos relacionados con el temario de la asignatura y se encargará de la tutorización de los mismos. Los alumnos resolverán los problemas y casos propuestos y presentarán por escrito y/o de forma oral los resultados obtenidos.

## **4: Resolución de problemas.**

Con cierta periodicidad, los profesores propondrán a los alumnos la resolución, fuera del aula y de modo individual o en grupo, de problemas relativos al temario de la asignatura y cuyo nivel de dificultad será similar al del examen final. En las fechas límite establecidas en cada caso, los alumnos entregarán sus soluciones a los problemas propuestos. También se les podrá solicitar la realización de informes comparativos entre su solución y otras proporcionadas por los profesores.

## **4: Trabajos prácticos tutelados.**

En esta actividad el profesor propondrá a los alumnos la resolución de varios trabajos prácticos relacionados con los contenidos abordados en la asignatura. Los alumnos trabajarán de forma grupal en la aplicación de los conocimientos necesarios para resolver con éxito los casos prácticos planteados. Finalizada la realización del trabajo práctico, cada grupo de alumnos entregará un documento que recoja los resultados obtenidos. El profesor supervisará periódicamente el avance del estado del trabajo y resolverá las dudas que cada grupo de alumnos plantee en la resolución del mismo.

# **Planificación y calendario**

## **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

El calendario de la asignatura, tanto de las sesiones presenciales en el aula como de las sesiones de laboratorio, estará determinado por el calendario académico que el centro establezca para el curso correspondiente.

# **Bibliografía y Recursos**

## **Bibliografía Recomendada**

- Oppenheim, A.V., Schaffer, R.W. Tratamiento de señales en tiempo discreto. 2ª edición, Prentice Hall, 2000.
- Proakis, J.G., Manolakis, D. G. Tratamiento digital de señales. 4ª edición, Prentice Hall, 2007.
- Página de la asignatura en el anillo digital docente, <https://moodle.unizar.es/>

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- Oppenheim, Alan Victor. Tratamiento de señales en tiempo discreto / Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schafer ; traducción Javier Portillo ; revisión técnica Emilio Soria Olivas, Luis Vergara Domínguez, Antonio Albiol Colomer ; revisión técnica para Latinoamérica Alejandro Furfaro ... et al.] . - 3ª ed. Madrid : Pearson Educación, D.L. 2011
- Proakis, John G.. Tratamiento digital de señales / John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis ; traducción Vuelapluma . - 4ª ed. Madrid [etc.] : Pearson Educación, D. L. 2007