

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

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- **Santiago Cruz Llanas** cruzll@unizar.es
- **Jesús Lázaro Plaza** jlazarop@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 procesamiento 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. Ciertos sistemas de procesamiento digital reciben un tratamiento especial dentro de la asignatura como es el caso de los filtros digitales, tanto FIR como IIR, o los sistemas multitasa.

---

## 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 de convocatoria oficial (50%).**

Examen escrito con puntuación de 0 a 10 puntos consistente en la resolución de ejercicios y problemas.

**2:**

**T1: Tareas con entregas asociadas (30%).**

Puntuación de 0 a 10 puntos. Aquí se valorará la calidad del material entregado (código fuente, soluciones de problemas o informes) solicitado durante el desarrollo de la asignatura. No se incluye el material asociado a las prácticas de laboratorio que computa en T2. Como se indica en el apartado de actividades de aprendizaje programadas, se trata de entregas a realizar con una periodicidad quincenal de naturaleza diversa (resolución de problemas, uso de herramientas software, elaboración de informes). Cada vez que se plantee una actividad de este tipo se fijará una fecha tope de entrega que ha de ser respetada.

**3:**

**T2: Trabajo asociado a prácticas de laboratorio (20%).**

Puntuación de 0 a 10 puntos. En este apartado se tendrá en cuenta tanto la actitud y aptitud observada en el desarrollo de las sesiones de laboratorio como la calidad de la documentación solicitada al respecto. Esta documentación debe ser aportada en su momento: al inicio de cada sesión de prácticas los documentos de estudio previo y al final de la misma los resultados de los cuestionarios de los que se hará entrega en el laboratorio.

Para promediar de acuerdo a los porcentajes indicados es necesaria una puntuación mínima de 4.5 en E1 y de 5 en cada uno de los ítems T1 y T2.

Los ítems T1 y T2, tal y como se han descrito hasta este punto, serían evaluados de forma continua, pero se pueden evaluar de forma alternativa mediante examen individual en un puesto de laboratorio donde el alumno sea capaz de demostrar que trabajando de forma autónoma ha adquirido competencias equivalentes a las que se les han requerido a los alumnos evaluados de forma continua. Dicho examen tendría lugar en convocatoria oficial, una vez finalizado el examen de E1.

En primera convocatoria se establecerán fechas tope para que los alumnos decidan si desean que T1 y T2 (en bloque) se les evalúen de forma continua o mediante examen. La recomendación de los profesores es que sólo se decanten por la modalidad de examen los alumnos con imposibilidad de asistir a las prácticas o realizar las entregas por causas como la incompatibilidad con horarios laborales.

En segunda convocatoria, si T1 o T2 ya fueron superados en primera convocatoria (nota igual o superior a 5), los alumnos no serán reevaluados en el ítem correspondiente y conservarán su nota. En otro caso, el ítem T1 o T2 no superado previamente será evaluado mediante examen individual en puesto de laboratorio tal y como se ha descrito anteriormente.

---

## 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  |
| M10          | R1-R8        | C5, CRT3                       |
| M11          | R1-R8        | C4-C6, C11, CRT2, CRT4, CRT5   |
| M13          | R1-R8        | CRT2, CRT4, CRT5               |

### 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:**
  - **Sesiones presenciales en aula teórica.** En esta actividad se engloban las clases magistrales participativas consistentes en la impartición del temario (40 horas de duración) y las prácticas de aula consistentes en la proposición y resolución de ejemplos y problemas asociados a dicho temario (10 horas de duración). El temario referido comprende los puntos:
    - Procesado híbrido analógico↔digital
    - Transformada Discreta de Fourier
    - Transformada Z
    - Análisis y síntesis de sistemas usando transformada Z
    - Función de transferencia y respuesta en frecuencia
    - Sistemas especiales (fase mínima, paso todo, fase lineal)
    - Diseño FIR
    - Diseño IIR
    - Sistemas multitasa
- 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.
- 3:**
  - **Tareas con entrega asociada.**

Con una periodicidad de 2 semanas se pedirá que se realice una entrega evaluable. Con relación a los contenidos que se han impartido durante ese periodo, lo que se puede solicitar para estas entregas es: 1. Resolución de problemas (por ejemplo, típicamente se toman de convocatorias de examen de años anteriores); 2. Resolución de ejercicios y proyectos usando herramientas informáticas apropiadas para la asignatura como matlab; 3. Informes del trabajo realizado o informes de autoevaluación para una entrega realizada anteriormente (en este caso, se proporcionarían soluciones de los profesores para comparar). Para este tipo de tareas con entregable asociado se establecerán grupos de 3 alumnos para que trabajen conjuntamente y/o pongan en común sus puntos de vista a la hora de afrontar la tarea encomendada.

Aparte de lo descrito en el párrafo anterior antes de la realización de cada sesión de laboratorio los alumnos realizarán un estudio previo con el que se familiarizarán con los conceptos que serán tratados en la práctica y que será recogido al comienzo de la misma. También, durante la realización de la práctica, se hará entrega de cuestionarios que hay que completar para la evaluación de la misma.

## **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**

- Manolakis D.G., Ingle V.K. Applied Digital Signal Processing – Theory and Practice, Cambridge University Press, 2011.
- 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**

- Manolakis, D.G. Applied Digital Signal Processing □ Theory and Practice / Manolakis D.G., Ingle V.K Cambridge University Press, 2011.
- 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