

**Guía docente de la asignatura (CURSO 2024-2025)**

<b>Asignatura</b>	SISTEMAS LINEALES		
<b>Materia</b>	FUNDAMENTOS DE SEÑALES Y SISTEMAS		
<b>Módulo</b>	MATERIAS BÁSICAS DE TELECOMUNICACIONES		
<b>Titulación</b>	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	460 (I.T.T.) 512 (I.T.E.T.)	<b>Código</b>	45009 (I.T.T.) 46609 (I.T.E.T.)
<b>Periodo de impartición</b>	2º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OBLIGATORIA
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	1º
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	Miguel Ángel Martín Fernández (MAMF) Rosa María Menchón Lara (RMML) Biagio Mandracchia (BM)		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	MAMF: email: <a href="mailto:migmar@uva.es">migmar@uva.es</a> RMML email: <a href="mailto:rosamaria.menchon@uva.es">rosamaria.menchon@uva.es</a> BM email: <a href="mailto:biagio.mandracchia@uva.es">biagio.mandracchia@uva.es</a>		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		
<b>Fecha de revisión por el Comité de Título</b>	08/07/2024		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

Sistemas Lineales es una asignatura obligatoria que se imparte en el segundo cuatrimestre del primer curso de las titulaciones de Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación y Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación, así como del doble Grado de Ingeniero en Tecnologías de Telecomunicación y Administración y Dirección de Empresas. La asignatura forma parte de la materia Fundamentos de Señales y Sistemas junto con la asignatura Señales Aleatorias y Ruido. Esta materia se enmarca dentro del bloque de Materias Básicas de Telecomunicaciones que comparten ambas titulaciones de grado.

A la hora de abordar distintos problemas de procesamiento de señal, comunicaciones o telemática, es necesario tener conocimiento de una serie de herramientas de análisis propias de estos ámbitos. Algunas metodologías, tales como la digitalización de una señal analógica, son fundamentales a la hora de trabajar en el marco de las nuevas tecnologías, en el que cada vez más señales son digitales.

La asignatura proporciona las herramientas necesarias para trabajar con señales y sistemas de manera rigurosa en distintos ámbitos. Procesados tan distintos como señal digital de televisión, fotografía digital, señal de RADAR, GPS, transmisión por radio, compresión de audio y vídeo, etc, tienen como base las herramientas de análisis que se verán a lo largo de la asignatura.

### 1.2 Relación con otras materias

La asignatura está relacionada con "Señales Aleatorias y Ruido" (SAR), con la que comparte cuatrimestre de impartición. Conocimientos de SL serán utilizados en SAR. La asignatura da la base teórica necesaria para las asignaturas de teoría de la señal: "Teoría de la Comunicación", asignatura cursada en el primer cuatrimestre del segundo curso común a todos los grados.

Por otra parte, los conocimientos adquiridos en la asignatura serán usados en asignaturas específicas de alguno de los grados, como:

- "Tratamiento Digital de la Señal", asignatura obligatoria cursada en el segundo cuatrimestre del tercer curso correspondiente al bloque de Materias Específicas de Tecnologías de Telecomunicación para el Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación.
- "Procesado Discreto de Señales y Sistemas": asignatura obligatoria cursada en el segundo cuatrimestre del tercer curso correspondiente al bloque de Materias Específicas de la Mención en Telemática para el Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación.
- "Tratamiento de Señales": asignatura obligatoria cursada en el segundo cuatrimestre del tercer curso correspondiente al bloque de Materias Específicas de la Mención en Sistemas de Telecomunicación para el Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación.
- "Tratamiento Avanzado de Señales": asignatura optativa cursada en el primer cuatrimestre del cuarto curso correspondiente al bloque de Materias Específicas de la Mención en Sistemas de Telecomunicación para el Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación.

### 1.3 Prerrequisitos

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, aunque sí recomendaciones lógicas que el alumno debería tener en cuenta. Son necesarios conocimientos básicos de Álgebra Lineal y Cálculo, así como conocimientos matemáticos de bachillerato.

En particular, en la asignatura "Cálculo" se introduce el cálculo diferencial e integral en una variable. Estas herramientas, junto con el manejo fluido de exponenciales complejas repasados en la asignatura "Álgebra Lineal" son imprescindibles para dominar en la práctica los conceptos relativos a los dominios transformados, por ejemplo. Por otra parte, otros de los conceptos introducidos en "Álgebra Lineal", como espacio vectorial, base, autovectores y autovalores, y la resolución de sistemas de ecuaciones lineales, resultan también de utilidad para la asignatura, si bien de un modo más abstracto. Otros conceptos de matemáticas dados a lo largo del bachillerato también son necesarios, en especial la trigonometría y las sumas de series geométricas y aritméticas.

## 2. Competencias

### 2.1 Generales

- GB1 Capacidad de razonamiento, análisis y síntesis.
- GB3 Capacidad de toma de decisiones en la resolución de problemas básicos de ingeniería de telecomunicación, así como identificación y formulación de los mismos.
- GB5 Conocimiento de materias básicas, científicas y tecnologías, que le capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y tecnologías.
- GBE2 Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- GBE3 Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- GC1 Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC3 Capacidad para trabajar en cualquier contexto, individual o en grupo, de aprendizaje o profesional, local o internacional, desde el respeto a los derechos fundamentales, de igualdad de sexo, raza o religión y los principios de accesibilidad universal, así como la cultura de paz.

### 2.2 Específicas

- B1 Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.
- B4 Comprensión y dominio de los conceptos básicos de sistemas lineales y las funciones y transformadas relacionadas, teoría de circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, principio físico de los semiconductores y familias lógicas, dispositivos electrónicos y fotónicos, tecnología de materiales y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

## 3. Objetivos

Objetivos conceptuales:

- Conocer y comprender los conceptos de señal y sistema y ver ejemplos reales de los mismos, especialmente los relacionados con las telecomunicaciones.
- Conocer y comprender las señales básicas que permitirán obtener otras señales más complejas. Conocer los tipos de señales y sus parámetros básicos.
- Conocer y comprender los distintos tipos de sistemas y sus propiedades. Entender las distintas formas de interconectar sistemas.
- Conocer y comprender los fundamentos del análisis y caracterización de sistemas lineales invariantes en el tiempo y su relación con problemas físicos asociados básicamente a los estudios de telecomunicación.
- Conocer y comprender la fundamentación de los análisis en los dominios real y transformado, poniendo especial relevancia en los dominios tiempo-frecuencia.
- Comprender la diferencia entre los mundos continuo y discreto, así como su relación con el procesado de señal analógico y digital, y conocer las herramientas que permiten ligar ambos dominios a través del teorema de muestreo.
- Conocer y comprender la fundamentación de gran parte de las herramientas de análisis que luego se utilizarán en un gran número de asignaturas a lo largo de la carrera.

Objetivos procedimentales y actitudinales son:

- Lograr una capacidad para la resolución de problemas nuevos a partir de los conocimientos previos y las herramientas a su alcance.
- Adquirir capacidad de búsqueda en fuentes bibliográficas, prestando especial atención a la bibliografía en inglés.
- Desarrollar la intuición matemática para la resolución de problemas.
- Adquirir capacidad de visualización e intuición de los dominios transformados (en especial los dominios de frecuencia).
- Adquirir intuición sobre las herramientas que permiten traducir sistemas LTI continuos en sus análogos discretos.



## 4. Bloques temáticos

### Bloque 1: Señales y sistemas

Carga de trabajo en créditos ECTS: 

2.4
-----

#### a. Contextualización y justificación

Este bloque introduce varios de los conceptos centrales de toda la asignatura: señales, sistemas, sistemas LTI y convolución. Además, se plantea la notación básica que se empleará a la hora de trabajar con señales y sistemas, y se van introduciendo señales y sistemas habituales, así como sus propiedades.

#### b. Objetivos de aprendizaje

- Comprender el concepto de “señal” y “sistema”, así como sus distintos tipos.
- Conocer los principales problemas de procesamiento de señales. Ver algunos ejemplos de señales y áreas de aplicación de éstas.
- Entender la diferencia entre señales y sistemas continuos y discretos, así como su notación y representación en el ámbito de teoría de la señal.
- Conocer los tipos básicos de señales y sus características.
- Entender los distintos tipos de simetría de señales y ser capaz de descomponer una señal a partir de estas simetrías.
- Comprender el concepto de periodicidad y de periodo fundamental.
- Conocer los parámetros de interés de una señal y saber lo que son señales de energía y de potencia.
- Conocer los tipos de sistemas, con especial atención a los sistemas LTI, ser capaces de analizar sus propiedades y conocer los tipos de interconexión para formar sistemas más complejos.
- Entender los conceptos de base de señales y caracterización de sistemas.
- Realizar operaciones básicas de procesamiento de señal, con especial atención a la convolución.
- Analizar sistemas y modelar sus características.

#### c. Contenidos

##### TEMA 0: Presentación y repaso de conocimientos previos

1. Contextualización de la asignatura.
2. Objetivos.
3. Contenidos y metodología.
4. Planificación de la asignatura.
5. Bibliografía básica y complementaria.
6. Aspectos logísticos de la asignatura.
7. Métodos y criterios de evaluación.
8. Repaso de conocimientos previos necesarios.

##### TEMA 1: Introducción a las señales y los sistemas

1. Introducción.
  - Señales y sistemas.
  - Problemas de procesamiento de señal.
  - Clases de señales.
  - Ejemplos reales de señales y sistemas.
2. Señales continuas y discretas.
  - Clases de señales.
  - Señales periódicas.
  - Parámetros de interés.
  - Señales de energía y potencia.
3. Señales elementales.
  - Exponenciales y senoidales continuas y discretas.
  - Impulso y escalón discretos y continuos.
4. Sistemas continuos y discretos.
  - Ejemplos de sistemas.
  - Sistemas elementales.



- Interconexión de sistemas.
5. Propiedades básicas de los sistemas.
- Memoria. Causalidad. Invertibilidad. Estabilidad.
  - Invarianza en el tiempo. Linealidad.

## TEMA 2: Sistemas lineales e invariantes en el tiempo (LTI)

1. Introducción.
2. Caracterización de los sistemas LTI discretos.
  - El impulso unitario discreto.
  - Propiedad de selección del impulso unitario y respuesta al impulso.
  - La convolución discreta (suma de convolución).
  - Propiedades de la convolución discreta.
  - Ejemplos de cálculo de convoluciones discretas.
3. Caracterización de los sistemas LTI continuos.
  - El impulso unitario continuo.
  - Propiedad de selección del impulso unitario y respuesta al impulso.
  - La convolución continua (integral de convolución).
  - Propiedades de la convolución continua.
  - Ejemplos de cálculo de convoluciones continuas
4. Propiedades de los sistemas LTI a través de su respuesta al impulso.
5. Caracterización de los sistemas LTI mediante su respuesta al escalón.
6. Sistemas descritos mediante ecuaciones en diferencias y ecuaciones diferenciales.

### d. Métodos docentes

---

Véase el apartado 5 de esta guía docente.

### e. Plan de trabajo

---

Véase el cronograma detallado de la asignatura.

### f. Evaluación

---

Véase el apartado 7 de esta guía docente.

### g. Material docente

---

Véase enlace a la Plataforma Leganto de la Biblioteca de la UVa con la bibliografía recomendada:

[https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC\\_UVA/lists/4833950410005774?auth=SAML](https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC_UVA/lists/4833950410005774?auth=SAML)

#### g.1 Bibliografía básica

---

La asignatura Sistemas Lineales se engloba dentro una la familia de asignaturas conocidas con el nombre de *Señales y Sistemas* (o *Signals and Systems*) impartidas en escuelas de Ingeniería de Telecomunicaciones, Eléctrica o Electrónica en muchos países. Es por eso, que se dispone de una bibliografía muy abundante y completa. Casi cualquier libro cuyo título sea una variante de *Signals and Systems* puede ser usado en la asignatura. A continuación, se muestra una pequeña selección bibliográfica.

Bibliografía básica:

- A.V. Oppenheim, A.S. Willsky, I.T. Young, *Signal and Systems* (2nd Ed), Prentice-Hall International, 1997. Existe una versión traducida al castellano. Es un clásico en el campo de procesado de señal, y muy accesible a los alumnos. Tiene muchos ejemplos, las explicaciones son claras pero rigurosas, abunda en problemas y la organización de los capítulos es muy didáctica. En la segunda edición ha realizado un cambio de notación respecto a la Transformada de Fourier. Este cambio hace la notación más complicada para un neófito. La notación de la primera edición es bastante clara y más acorde con lo que se ve en la asignatura. Cada tema tiene una sección de problemas con soluciones, problemas resueltos y problemas avanzados.
- S. Aja Fernández, R. de Luis García, M.A. Martín Fernández, A. Tristán Vega, *Problemas Resueltos de Señales y Sistemas*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valladolid, 2014. ISBN: 978-84-8448-772-2. Libro



de problemas realizado por los profesores de la asignatura con problemas complementarios a los que se verán en clase.

- M. J. Roberts, *Signals and Systems: Analysis of Signals Through Linear Systems*, McGraw-Hill, 2003. (Existe edición en Español: *Señales y Sistemas. Análisis mediante métodos de transformada y MATLAB*, McGraw-Hill, México, 2004.) Libro pensado para estudiantes de ingeniería. Los conceptos están muy bien explicados, hay bastantes ejemplos y abundante código de MATLAB que permite reforzar los conceptos vistos en clase. Puede servir como futuro libro de consulta.
- S.S. Soliman M.D. Srinath, *Continuous and discrete signals and systems*, 2ª ed, Prentice-Hall, 1998. Existe edición en español (*Señales y sistemas continuos y discretos*, Madrid 1999).

## g.2 Bibliografía complementaria

- S. Haykin, B. Van Veen, *Signals and Systems*, Wiley, 2ª ed., octubre 2002.
- B. Girod, R. Rabenstein, A. Stenger, *Signals and Systems*, Wiley, 2001. Sigue el temario de la asignatura, abunda en ejemplos y tiene problemas con soluciones. La notación es un poco distinta a los anteriores, y las explicaciones más someras.
- F.J. Taylor, *Principles of signals and systems*, Mc Graw-Hill International, 1994.
- E. Soria Olivas y otros, *Tratamiento digital de señales. Problemas y ejercicios resueltos*, Pearson - Prentice Hall, 2003. Colección de problemas sobre señales discretas.

## g.3 Otros recursos telemáticos

Se dispondrá de toda la información y contenido de la asignatura a través del Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

## h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma *Moodle* ubicada en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Apuntes y transparencias (pueden complementarse con la bibliografía).
- Boletines de problemas y soluciones.
- Tablas de propiedades y pares transformados.
- Problemas de ampliación.
- Material complementario de los temas: exámenes resueltos, ejemplos y textos de apoyo.

## i. Temporalización

TEMA	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
<b>TEMA 0: Presentación y repaso de conocimientos previos.</b>	Semanas 1-2.
<b>TEMA 1: Introducción a las señales y los sistemas.</b>	Semanas 1-4
<b>TEMA 2: Sistemas lineales invariantes en el tiempo (LTI).</b>	Semanas 3-7



## Bloque 2: Análisis espectral

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.9

### a. Contextualización y justificación

Este segundo bloque trata con las Transformadas de Fourier, así como con operaciones relacionadas, como las series de Fourier.

Este dominio transformado nos permite una representación alternativa de las señales, que es de especial interés dentro de los sistemas LTI.

La transformada de Fourier tiene una interpretación física directa, y permite trabajar en el dominio de frecuencias de una señal, lo que es especialmente útil a la hora de tratar con canales, anchos de banda y sistemas de transmisión.

Comenzaremos estudiando el caso de señales continuas en el tiempo, para abordar posteriormente el estudio del caso discreto. Se hace así por las peculiaridades de la no linealidad de la frecuencia discreta, para la que mayor frecuencia no siempre significa mayor velocidad de variación, como intuitivamente ocurre en el caso continuo.

### b. Objetivos de aprendizaje

- Entender la utilidad del análisis de Fourier para la descripción de señales y de sistemas LTI.
- Conocer las diferentes variantes de análisis de Fourier en tiempo continuo o discreto y para señales de energía o de potencia.
- Comprender la representación de señales en el dominio transformado de Fourier y la dualidad tiempo-frecuencia.
- Conocer las ecuaciones de análisis y de síntesis para las series y transformadas de Fourier, tanto de tiempo continuo, como de tiempo discreto.
- Conocer las propiedades, y entender la dualidad existente entre ellas, para el desarrollo en serie de Fourier y transformada de Fourier, tanto de tiempo continuo, como de tiempo discreto.
- Comprender las similitudes y diferencias que presenta la variable frecuencial para el caso de tiempo continuo y el caso de tiempo discreto. Entender cuál es su origen y ser capaz de inferir sus consecuencias.
- Trabajar con señales y sistemas de manera complementaria en los dominios temporal y transformado.
- Saber caracterizar sistemas LTI a partir de su respuesta en frecuencia.
- Comprender y aplicar el concepto de autovalor y autofunción de un operador, y entender que las exponenciales complejas son autofunciones de cualquier sistema LTI.
- Aprender a resolver problemas relacionados con la caracterización de sistemas LTI mediante análisis de Fourier.

### c. Contenidos

#### TEMA 3: Análisis de Fourier para señales en tiempo continuo

1. Introducción.
2. Representación de señales periódicas: la serie de Fourier en tiempo continuo.
  - Exponenciales complejas, autofunciones de los sistemas LTI continuos.
  - Fórmulas de análisis y síntesis.
  - Convergencia de la serie de Fourier. Condiciones de Dirichlet. Fenómeno de Gibbs.
  - Particularización para señales reales.
  - Propiedades de la serie de Fourier en tiempo continuo.
3. Representación de señales aperiódicas: la transformada de Fourier en tiempo continuo.
  - Fórmulas de análisis y síntesis.
  - Convergencia de la transformada de Fourier.
  - Transformada de Fourier de señales periódicas.
  - Propiedades de la Transformada de Fourier en tiempo continuo.
4. Sistemas descritos mediante ecuaciones diferenciales.

#### TEMA 4: Análisis de Fourier para señales en tiempo discreto

1. Introducción.
2. Representación de señales periódicas: la serie de Fourier en tiempo discreto.
  - Determinación de los coeficientes de la serie de Fourier.



- Serie de Fourier de señales reales.
  - Propiedades de la serie discreta de Fourier.
3. Representación de señales aperiódicas: la transformada de Fourier de tiempo discreto.
- Fórmula de análisis y síntesis.
  - Convergencia de la transformada de Fourier.
  - Transformada de Fourier de señales periódicas.
  - Propiedades de la Transformada de Fourier en tiempo discreto.
4. Sistemas descritos mediante ecuaciones en diferencias.

---

#### **d. Métodos docentes**

---

Véase el apartado 5 de esta guía docente.

---

#### **e. Plan de trabajo**

---

Véase el cronograma detallado de la asignatura.

---

#### **f. Evaluación**

---

Véase el apartado 7 de esta guía docente.

---

#### **g. Material docente**

---

Véase enlace a la Plataforma Leganto de la Biblioteca de la UVa con la bibliografía recomendada:

[https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC\\_UVA/lists/4833950410005774?auth=SAML](https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC_UVA/lists/4833950410005774?auth=SAML)

---

##### **g.1 Bibliografía básica**

---

Véase el apartado de bibliografía básica correspondiente al bloque 1 de esta guía docente.

---

##### **g.2 Bibliografía complementaria**

---

Véase el apartado de bibliografía complementaria correspondiente al bloque 1 de esta guía docente.

---

##### **g.3 Otros recursos telemáticos**

---

Se dispondrá de toda la información y contenido de la asignatura a través del Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

---

#### **h. Recursos necesarios**

---

Véase el apartado de recursos necesarios correspondiente al bloque 1 de esta guía docente.

## i. Temporalización

TEMA	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
TEMA 3: Análisis de Fourier para señales en tiempo continuo	Semanas 6-9
TEMA 4: Análisis de Fourier para señales en tiempo discreto	Semanas 9-11

## Bloque 3: Aplicaciones de sistemas LTI

Carga de trabajo en créditos ECTS: 

### a. Contextualización y justificación

A lo largo de los bloques 1 y 2 se ha mantenido un desarrollo en paralelo y por separado para el mundo continuo y el mundo discreto. El tercer bloque tiende un puente entre ambos mundos mediante dos de las aplicaciones más usuales de sistemas LTI, como son el filtrado selectivo en frecuencia y el teorema de muestreo, ambos desde la perspectiva ideal, dejando los casos reales para asignaturas más avanzadas de las respectivas titulaciones.

A lo largo de la asignatura se han puesto como ejemplo algunos sistemas que dejan pasar un rango de frecuencias, mientras que eliminan o amortiguan el resto, como por ejemplo en los sistemas de transmisión por radio, o en los ecualizadores de audio. En el primer tema de este bloque se hará un recorrido por los tipos de filtros selectivos en frecuencia, tanto en el dominio continuo como discreto, centrándose en los filtros ideales, y dando unas pinceladas de los filtros realizables.

Por otra parte, el proceso de muestreo es de enorme importancia en el estudio de señales y sistemas de comunicación. Mientras que una aplastante mayoría de señales extraídas de procesos físicos pertenecen de manera inherente al dominio continuo (las señales de voz; las señales de audio en una obra musical; las lecturas de los acelerómetros en los sensores del control de estabilidad de un automóvil; la señal de radiofrecuencia emitida por los tejidos blandos dentro de un escáner de resonancia magnética), el procesado de señal con circuitería analógica es cada vez más infrecuente. El muestreo es precisamente la primera etapa en la digitalización de una señal analógica para su posterior procesado, cuyas metodologías específicas se abordan en posteriores asignaturas de grado. Este bloque comprende también el concepto de interpolación entendido como el proceso inverso al de muestreo, es decir, la conversión de una señal discreta en una señal continua. Ello implica la necesidad de definir el concepto de filtro de interpolación (paso-bajo).

### b. Objetivos de aprendizaje

- Conocer y manejar el proceso de filtrado como una aplicación inmediata del procesado mediante sistemas LTI y las transformadas de Fourier.
- Conocer los distintos tipos de filtros selectivos en frecuencia, tanto en el dominio continuo como en el discreto.
- Ser capaz de obtener la respuesta al impulso de los distintos tipos de filtros ideales selectivos en frecuencia.
- Conocer y comprender el proceso para transformar una señal continua limitada en banda en una señal discreta, así como su relación con la conversión analógico a digital (y viceversa).
- Conocer y comprender el teorema de Nyquist-Shannon y el concepto de aliasing.
- Aplicar los conocimientos adquiridos previamente en la asignatura para caracterizar el problema concreto del muestreo.
- Caracterizar los problemas de muestreo y reconstrucción tanto en el dominio temporal como en el dominio transformado de Fourier.
- Ser capaz de inferir las consecuencias de la modificación de las características de alguno de los elementos integrantes de los procesos de muestreo e interpolación.
- Comprender cómo un sistema LTI continuo puede emularse mediante un sistema LTI discreto para señales limitadas en banda (procesado discreto de señales continuas).
- Integrar los conocimientos previamente adquiridos en la asignatura.

### c. Contenidos



### TEMA 5: Filtros selectivos en frecuencia

1. Introducción.
2. Filtros selectivos en frecuencia ideales.
  - Filtros continuos y discretos.
  - Caracterización en frecuencia: paso-bajo, paso-alto, paso-banda y elimina-banda.
  - Caracterización en el dominio del tiempo.
3. Filtros selectivos en frecuencia realizables.

### TEMA 6: Teorema de muestreo.

1. Introducción. Señales de banda limitada.
2. Muestreo.
  - Caracterización del muestreo en el dominio temporal.
  - Caracterización del muestreo en el dominio frecuencial.
  - Teorema de Nyquist-Shannon. Tasa mínima de muestreo.
3. Interpolación.
  - Caracterización del muestreo en el dominio frecuencial.
  - Caracterización del muestreo en el dominio temporal.
4. Procesado discreto de señales continuas limitadas en banda.

#### d. Métodos docentes

---

Véase el apartado 5 de esta guía docente.

#### e. Plan de trabajo

---

Véase el cronograma detallado de la asignatura.

#### f. Evaluación

---

Véase el apartado 7 de esta guía docente.

#### g. Material docente

---

Véase enlace a la Plataforma Leganto de la Biblioteca de la UVA con la bibliografía recomendada:

[https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC\\_UVA/lists/4833950410005774?auth=SAML](https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC_UVA/lists/4833950410005774?auth=SAML)

##### g.1 Bibliografía básica

---

Véase el apartado de bibliografía básica correspondiente al bloque 1 de esta guía docente.

##### g.2 Bibliografía complementaria

---

Véase el apartado de bibliografía complementaria correspondiente al bloque 1 de esta guía docente.

##### g.3 Otros recursos telemáticos

---

Se dispondrá de toda la información y contenido de la asignatura a través del Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.



## h. Recursos necesarios

Véase el apartado de recursos necesarios correspondiente al bloque 1 de esta guía docente.

## i. Temporalización

TEMA	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
TEMA 5: Filtros selectivos en frecuencia	Semanas 10-12
TEMA 6: Teorema de muestreo	Semanas 11-13

## Bloque 4: Transformadas complejas

Carga de trabajo en créditos ECTS:

### a. Contextualización y justificación

Si bien el análisis de Fourier proporciona una extraordinaria herramienta para el estudio y caracterización de señales y sistemas LTI, no está exento de ciertos problemas. Por otro lado, los sistemas descritos mediante ecuaciones en diferencias (o ecuaciones diferenciales) se han propuesto como casos de estudio especialmente relevantes en la asignatura, pero el formalismo de la transformada de Fourier no permite la inclusión de valores iniciales para dichas ecuaciones. Esto es una limitación importante en disciplinas como teoría de circuitos, donde el estado inicial de voltajes e intensidades determina el régimen transitorio. Por otra parte, sólo para los sistemas estables la transformada de Fourier de la respuesta al impulso converge.

Además, si bien algunas propiedades de los sistemas LTI son fácilmente caracterizables a través de su respuesta en frecuencia (como puede ser la memoria o estabilidad), no es éste el caso para otras propiedades (como puede ser la causalidad).

En este último bloque se pretende proporcionar dos herramientas adicionales para el estudio de sistemas LTI, las que se refieren a técnicas de variable compleja. A diferencia del análisis de Fourier, donde la variable temporal unidimensional se mapea en otra variable unidimensional, la transformada Z y la transformada de Laplace mapean la variable temporal en el plano complejo, lo que provee una herramienta adicional de análisis muy potente: la región de convergencia.

### b. Objetivos de aprendizaje

- Comprender las diferencias y la relación entre el análisis espectral (variable real) y las transformadas de variable compleja.
- Calcular la transformada Z de señales en tiempo discreto y la transformada de Laplace de señales en tiempo continuo, incluidas sus respectivas regiones de convergencia.
- Conocer las propiedades de las regiones de convergencia de la transformada Z y de la transformada de Laplace.
- Calcular la transformada inversa Z y de Laplace para cocientes de polinomios mediante el método de expansión en fracciones simples.
- Caracterizar las propiedades de un sistema LTI, ya sea discreto o continuo, a partir de la región de convergencia de su transformada Z o su transformada de Laplace.
- Resolver ecuaciones en diferencias o ecuaciones diferenciales mediante transformada Z o transformada de Laplace.

### c. Contenidos

#### TEMA 7: La transformada Z

1. Introducción.
2. Definición.
  - Limitaciones de la transformada de Fourier en tiempo discreto.



- Definición de la transformada Z. Relación con la transformada de Fourier.
  - Transformada Z de funciones relevantes. Exponenciales.
3. Convergencia de la transformada Z.
- Regiones de convergencia.
  - Propiedades de las regiones de convergencia.
  - Propiedades de la transformada Z.
4. Métodos prácticos de inversión de la transformada Z.
5. Análisis y caracterización de sistemas LTI mediante la transformada Z.
- Propiedades de los sistemas LTI.
  - Estudio de sistemas caracterizados por ecuaciones en diferencias.

#### **TEMA 8: La transformada de Laplace**

1. Introducción.
2. Definición.
- Limitaciones de la transformada de Fourier en tiempo continuo.
  - Definición de la transformada de Laplace. Relación con la transformada de Fourier.
  - Transformada de Laplace de funciones relevantes. Exponenciales.
3. Convergencia de la transformada de Laplace.
- Regiones de convergencia.
  - Propiedades de las regiones de convergencia.
  - Propiedades de la transformada de Laplace.
4. Métodos prácticos de inversión de la transformada de Laplace.
5. Análisis y caracterización de sistemas LTI mediante la transformada Laplace.
- Propiedades de los sistemas LTI.
  - Estudio de sistemas caracterizados por ecuaciones en diferenciales.

#### **d. Métodos docentes**

---

Véase el apartado 5 de esta guía docente.

#### **e. Plan de trabajo**

---

Véase el cronograma detallado de la asignatura.

#### **f. Evaluación**

---

Véase el apartado 7 de esta guía docente.

#### **g. Material docente**

---

Véase enlace a la Plataforma Leganto de la Biblioteca de la UVa con la bibliografía recomendada:

[https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC\\_UVA/lists/4833950410005774?auth=SAML](https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC_UVA/lists/4833950410005774?auth=SAML)

#### **g.1 Bibliografía básica**

---

- Véase el apartado de bibliografía básica correspondiente al bloque 1 de esta guía docente.

#### **g.2 Bibliografía complementaria**

---

Véase el apartado de bibliografía complementaria correspondiente al bloque 1 de esta guía docente.

#### **g.3 Otros recursos telemáticos**

---

Se dispondrá de toda la información y contenido de la asignatura a través del Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

#### **h. Recursos necesarios**

---



Véase el apartado de recursos necesarios correspondiente al bloque 1 de esta guía docente.

### i. Temporalización

TEMA	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
TEMA 7: Transformada Z	Semanas 12-14
TEMA 8: Transformada de Laplace	Semanas 14-15

## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

Se basará en:

**Lección magistral:** En las clases de teoría se presentan de manera estructurada los contenidos básicos de la asignatura, siguiendo el denominado método expositivo o lección magistral, comúnmente utilizado en el ámbito universitario. El principal propósito de estas sesiones es el de proporcionar las herramientas necesarias para aplicar de forma práctica los contenidos fundamentales de la asignatura en la resolución analítica de problemas que dará lugar a un aprendizaje más significativo. Se proporcionará material y bibliografía necesaria para que el alumno pueda llevar cada tema leído previamente. Durante las clases de teoría también se realizarán ejemplos prácticos sencillos que permitirán ilustrar y ayuden a entender los conceptos teóricos previamente explicados.

**Problemas en clase:** Desde el principio de la asignatura se pondrá a disposición de los estudiantes una serie de boletines de problemas para cada uno de los temas, que van acompañados de sendas hojas con las soluciones a estos problemas como herramienta de apoyo para el estudio no presencial del estudiante. Se proporciona además un repositorio de problemas utilizados en las evaluaciones de la asignatura en pruebas pasadas del presente curso y de los cursos pasados. En las clases se resolverán problemas en la pizarra, tratando de que los alumnos participen en la resolución de estos. En algunas clases de problemas se revisan los conceptos teóricos necesarios para su resolución.

**Seminarios:** A lo largo de la asignatura está prevista la realización de 4 sesiones de seminario de una hora de duración cada una de ellas. En ellas se plantea complementar las sesiones presenciales de teoría y problemas mediante la propuesta y resolución grupal de ejercicios prácticos adicionales mediante el método colaborativo en grupos de 3/4 alumnos.

**Estudio y trabajo individual:** se recomienda que el alumno dedique al menos una hora por cada hora de teoría y dos horas por cada hora de problemas, aunque por supuesto esto es sólo una estimación y dependerá mucho de cada caso particular.

**Tutorías:** se ofrecerán tutorías tanto individuales como grupales, presenciales y telemáticas.

## 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	34	Estudio y trabajo autónomo individual	90
Clases prácticas de aula (A)	20	Estudio y trabajo autónomo grupal	0
Laboratorios (L)	0		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	4		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	2		
<b>Total presencial</b>	<b>60</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>90</b>
<b>TOTAL presencial + no presencial</b>			<b>150</b>

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Exámenes parciales (2)	0,0-5,0 puntos	Carácter voluntario. Primer parcial: bloque 1. 2,5 puntos. Segundo parcial: bloque 2. 2,5 puntos.
Entregas de ejercicios de seminarios	1,0 puntos	Resolución colaborativa de problemas en grupos de 3/4 alumnos. Seminario 1: Tema 1 (no evaluable). Seminario 2: Tema 2 (evaluable). Seminario 3: Bloque 2 (evaluable). Seminario 4: Bloque 3 (evaluable).
Examen final	4,0-9,0 puntos	Constará de cuatro preguntas. Pregunta 1: bloque 1: 2,5 puntos (convalidable por parcial 1). Pregunta 2: bloque 2: 2,5 puntos (convalidable por parcial 2). Preguntas 3 y 4: bloques 3 y 4: 4,0 puntos.

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria y extraordinaria:**
  - Los contenidos de la asignatura se evalúan en cuatro preguntas. Las dos primeras corresponden a los bloques 1 y 2 de la asignatura, respectivamente, mientras que la tercera y la cuarta se centran en los contenidos de los bloques 3 y 4, si bien pueden incluir contenidos de toda la asignatura.
  - Para cada uno de los dos primeros bloques habrá una evaluación en un examen parcial (voluntario) y una pregunta de esa parte en el examen final.
  - La calificación de esa parte será el máximo entre la calificación del examen parcial y la correspondiente a esa parte en el examen final.
  - La ponderación de cada pregunta sobre la calificación final será la siguiente:
    - Pregunta 1 (convalidable por parcial 1): 2,5 puntos.
    - Pregunta 2 (convalidable por parcial 2): 2,5 puntos.
    - Pregunta 3 + Pregunta 4: 4,0 puntos.
  - Habrá un umbral mínimo de un 25% en cada ítem (pregunta 1, pregunta 2 y preguntas 3+4) para poder superar la asignatura.
  - Además, se considerará la calificación de las entregas de los ejercicios planteados en los tres seminarios evaluables, con una ponderación de 1,0 puntos en el total de la calificación.
  - La nota final será sobre un máximo de 10,0 puntos:
    - En caso de superar todos los umbrales: la suma de las calificaciones obtenidas en cada uno de los instrumentos arriba reseñados.
    - En caso contrario: el mínimo entre la suma de las calificaciones obtenidas en cada uno de los instrumentos arriba reseñados y 4,9 puntos.

## 8. Consideraciones finales

- La planificación temporal detallada se entregará al comienzo de la asignatura.