



## Guía docente de la asignatura

|  |  |                      |                                    |
|--|--|----------------------|------------------------------------|
| <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<br>GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN   |                      |                                    |
| <b>Plan</b>                                    | 460 (I.T.T.)<br>512 (I.T.E.T.)   | <b>Código</b>        | 45009 (I.T.T.)<br>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>               | Rodrigo de Luis García (RLG)<br>Carlos Alberola López (CAL)  |                      |                                    |
| <b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b> | RLG: 983 423000 ext. 5533 EMAIL: <a href="mailto:rodlui@tel.uva.es">rodlui@tel.uva.es</a><br>CAL: 983 423000 ext. 5544 EMAIL: <a href="mailto:caralb@tel.uva.es">caralb@tel.uva.es</a>   |                      |                                    |
| <b>Horario de tutorías</b>                     | Ver tutorías del grado de Tecnologías Específicas en:<br><a href="http://www.uva.es/export/sites/uva/2.docencia/2.01.grados/2.01.02.ofertaformativagrados/2.01.02.01.alfabetica/Grado-en-Ingenieria-de-Tecnologias-Especificas-de-Telecomunicacion/">http://www.uva.es/export/sites/uva/2.docencia/2.01.grados/2.01.02.ofertaformativagrados/2.01.02.01.alfabetica/Grado-en-Ingenieria-de-Tecnologias-Especificas-de-Telecomunicacion/</a><br>Ver tutorías del grado de Tecnologías de Telecomunicación en:<br><a href="http://www.uva.es/export/sites/uva/2.docencia/2.01.grados/2.01.02.ofertaformativagrados/2.01.02.01.alfabetica/Grado-en-Ingenieria-de-Tecnologias-de-Telecomunicacion/">http://www.uva.es/export/sites/uva/2.docencia/2.01.grados/2.01.02.ofertaformativagrados/2.01.02.01.alfabetica/Grado-en-Ingenieria-de-Tecnologias-de-Telecomunicacion/</a> |                      |                                    |
| <b>Departamento</b>                            | TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA  |                      |                                    |



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

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 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", "Sistemas de Comunicación".

### 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.



## 2. Competencias

### 2.1 Generales

- GB1 Capacidad de razonamiento, análisis y síntesis.
- GB2 Capacidad para relacionar conceptos y adquirir una visión integrada, evitando enfoques fragmentarios.
- 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.
- T1 Capacidad para aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.
- T3 Capacidad para utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica.

## 3. Objetivos

Objetivos conceptuales:

- Comprender y conocer 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.
- Comprender y conocer la fundamentación de los análisis en los dominios real y transformado, poniendo especial relevancia en los dominios tiempo-frecuencia.
- Comprender y conocer 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.

Los 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).



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

| ACTIVIDADES PRESENCIALES                           | HORAS     | ACTIVIDADES NO PRESENCIALES           | HORAS     |
|--|-----------|---------------------------------------|-----------|
| Clases teórico-prácticas (T/M)                     | 35        | Estudio y trabajo autónomo individual | 90        |
| Clases prácticas de aula (A)                       | 15        | Estudio y trabajo autónomo grupal     | 0         |
| Laboratorios (L)                                   | 0         |                                       |           |
| Prácticas externas, clínicas o de campo            | 0         |                                       |           |
| Seminarios (S)                                     | 5         |                                       |           |
| Tutorías grupales (TG)                             | 0         |                                       |           |
| Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes) | 5         |                                       |           |
| <b>Total presencial</b>                            | <b>60</b> | <b>Total no presencial</b>            | <b>90</b> |





## 5. Bloques temáticos

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

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.2

#### a. Contextualización y justificación

Se introduce el concepto de señal y sistema tal y como se desarrollarán en la asignatura y en el grado. Se plantea la notación básica a la hora de trabajar con señales y sistemas y se introducen los sistemas LTI, así como la noción de convolución.

#### b. Objetivos de aprendizaje

- Comprender las nociones de “señal” y “sistema”.
- Aprender y utilizar la notación matemática básica para señales y sistemas empleada en el ámbito de teoría de la señal.
- Iniciarse en el trabajo con señales y sistemas discretos.
- Conocer el marco de trabajo de la asignatura: clasificación de señales y sistemas.
- Aprender a realizar operaciones básicas de procesado de señal, con especial atención a la convolución.
- Aprender a analizar sistemas y extraer sus características.

#### c. Contenidos

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

1. Introducción.
  - Señales y Sistemas
  - Problemas de Procesado 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 Potencia y Energía.
3. Sistemas continuos y discretos
  - Ejemplos de sistemas.
  - Propiedades básicas.
  - Interconexión de sistemas.
4. Sistemas elementales; transformación de la variable independiente.
5. Señales elementales.

##### TEMA 2:

##### Sistemas lineales invariantes en el tiempo (LTI).

1. Introducción.
2. Caracterización de los sistemas LTI discretos.
  - La Delta discreta.
  - La respuesta al impulso.
  - La convolución discreta (suma de convolución).
  - Propiedades de la convolución discreta.
3. Caracterización de los sistemas LTI continuos.
  - El impulso unitario: la Delta de Dirac.
  - La respuesta al impulso.
  - La convolución continua (integral de convolución). Propiedades
4. Caracterización de los sistemas mediante la respuesta al escalón.
  - Relación escalón-impulso.
5. Propiedades de los sistemas LTI.
6. Sistemas descritos mediante ecuaciones en diferencias y ecuaciones diferenciales.
7. Representación de sistemas mediante diagramas de bloques.





#### d. Métodos docentes

Se basará en

**Lección magistral:** Los principales contenidos teóricos de la asignatura serán expuestos en clase. Por cada hora de clase el alumno dedicará otra hora en casa a complementar y comprender lo expuesto. Se proporcionará material y bibliografía necesaria para que el alumno pueda llevar cada tema leído previamente.

**Problemas en clase:** Se dedicará una hora semanal a realizar en pizarra los principales problemas de la asignatura. Se espera que el alumno dedique en casa 2 horas de trabajo por cada hora de problemas en clase.

**Tutorías:** Integradas dentro de las horas lectivas. Se plantean tutorías de tres tipos:

1. Resolución de dudas de alumnos sobre contenidos de la asignatura.
2. Resolución de dudas propuestas por el profesor por los alumnos en grupos.
3. Resolución por parte de los alumnos de dudas y retos propuestos por otros alumnos.

**Problemas para entregar:** Para fomentar el aprendizaje significativo por parte del alumno, se propondrá un problema para realizar durante una de las clases para entregar al final de la misma. La entrega de estos problemas resueltos contará para la evaluación final.

#### e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

#### f. Evaluación

La evaluación de la asignatura se realizará mediante una prueba escrita que estará en coherencia con los objetivos de la asignatura. En ella se tratará de comprobar si el alumno ha desarrollado una capacidad de aplicación práctica de los distintos conocimientos. La prueba constará de una serie de problemas relacionados con los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura. La nota de esta prueba constituye del 50 al 100% de la calificación global. Se realizará además un examen parcial (opcional) de los bloques 1 y 2 de la asignatura, que contará un 25% cada uno. En el examen final habrá un problema de los bloques 1 y 2 con valor 25% cada bloque más otros dos problemas. Se tomará como nota final el máximo entre el problema de cada bloque y el correspondiente parcial.

Un alumno ha de alcanzar al menos el 50% de la evaluación total para poder superar la asignatura.

#### g. Bibliografía básica

La asignatura Sistemas Lineales se engloba dentro de 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 muestro una pequeña selección bibliográfica.

Bibliografía básica:

- 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.
- 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 procesamiento 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.
- 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).

#### **h. 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.

#### **Bibliografía on-line**

Diversos recursos on-line proveen de explicaciones con abundantes ejemplos gráficos y animaciones que pueden ayudar a la comprensión de la asignatura, así como páginas de referencia rápida.

Wikipedia:

[http://en.wikipedia.org/wiki/LTI\\_system\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/LTI_system_theory) (Sistemas LTI)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Impulse\\_response](http://en.wikipedia.org/wiki/Impulse_response) (Respuesta al impulso)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Dirac\\_delta\\_function](http://en.wikipedia.org/wiki/Dirac_delta_function) (Delta de Dirac)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Time-invariant\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Time-invariant_system) (Sistemas Invariantes en el tiempo)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_system) (Sistemas Lineales)

Mathworld

<http://mathworld.wolfram.com/Convolution.html> (Convolución)

#### **i. Recursos necesarios**

---

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

- Apuntes y transparencias de los temas 1 y 2. (Pueden complementarse con la bibliografía)
- Hojas de problemas de los temas 1 y 2.
- Problemas de ampliación.
- Material complementario de los temas: exámenes resueltos, ejemplos y textos de apoyo.
- Página web de la asignatura.

**Bloque 2: Dominios transformados**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.6

**a. Contextualización y justificación**

Este segundo bloque trata con los principales dominios transformados: Transformadas de Fourier, Laplace y Z, así como con operaciones relacionadas, como las series de Fourier.

Los dominios transformados nos permiten una representación alternativa de las señales, que es de especial interés dentro de los sistemas LTI.

En la asignatura del primer cuatrimestre Circuitos Eléctricos ya se vio la utilidad de la transformada de Laplace para caracterizar circuitos eléctricos. En este bloque se hará especial énfasis en las transformadas de Fourier. Esta transformada 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.

**b. Objetivos de aprendizaje**

- Comprender la representación de señales en los dominios transformados, especialmente los dominios de frecuencia.
- Ser capaz de trabajar con señales y sistemas de manera complementaria en los dominios temporal y transformado.
- Aprender a caracterizar sistemas en los dominios transformados.
- Comprender el concepto de autofunción.
- Adquirir destreza en la transformación de señales en diferentes dominios. Manejo de las herramientas básicas.

**c. Contenidos****TEMA 3: Análisis de Fourier para señales continuas**

1. Señales exponenciales y sistemas LTI. Autofunciones.
2. Representación de señales periódicas: la serie de Fourier.
  - Representación ortogonal de señales continuas.
  - Determinación de los coeficientes de la serie de Fourier.
  - Serie de Fourier de señales reales.
  - Convergencia de las series continuas de Fourier.
  - Propiedades de la serie continua de Fourier.
3. Representación de señales aperiódicas: la transformada de Fourier.
  - Convergencia de la transformada de Fourier.
  - Transformada de Fourier de señales periódicas.
  - Propiedades de la Transformada de Fourier.
4. Sistemas descritos mediante ecuaciones diferenciales.

**TEMA 4: Análisis de Fourier para señales discretas**

1. Señales exponenciales discretas. Autofunciones.
2. Representación de señales periódicas: Series discretas de Fourier.
  - 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.
  - Transformada de Fourier de señales periódicas.
  - Propiedades de la Transformada de Fourier
4. Sistemas descritos mediante ecuaciones en diferencias.
5. Apéndice al Tema: Apuntes históricos sobre Fourier.

**TEMA 5: La Transformada Z**

1. Introducción.
  - Generalización de la Transformada de Fourier de tiempo discreto.





- La transformada Z.
- 2. Regiones de convergencia.
  - Propiedades de las regiones de convergencia.
- 3. Transformada inversa
  - Expresión analítica.
  - Métodos prácticos.
- 4. Propiedades de la Transformada Z.
- 5. Análisis y caracterización de sistemas LTI mediante la Transformada Z.
  - Propiedades de los Sistemas LTI.
  - Ecuaciones en diferencias.

#### d. Métodos docentes

---

Se basará en

**Lección magistral:** Los principales contenidos teóricos de la asignatura serán expuestos en clase. Por cada hora de clase el alumno dedicará otra hora en casa a complementar y comprender lo expuesto. Se proporcionará material y bibliografía necesaria para que el alumno pueda llevar cada tema leído previamente.

**Problemas en clase:** Se dedicará una hora semanal a realizar en pizarra los principales problemas de la asignatura. Se espera que el alumno dedique en casa 2 horas de trabajo por cada hora de problemas en clase.

**Tutorías:** Integradas dentro de las horas lectivas. Se plantean tutorías de tres tipos:

1. Resolución de dudas de alumnos sobre contenidos de la asignatura.
2. Resolución de dudas propuestas por el profesor por los alumnos en grupos.
3. Resolución por parte de los alumnos de dudas y retos propuestos por otros alumnos.

**Problemas para entregar:** Para fomentar el aprendizaje significativo por parte del alumno, se propondrá un problema para realizar durante una de las clases para entregar al final de la misma. La entrega de estos problemas resueltos contará para la evaluación final.

#### e. Plan de trabajo

---

Véase el Anexo I.

#### f. Evaluación

---

La evaluación de la asignatura se realizará mediante una prueba escrita que estará en coherencia con los objetivos de la asignatura. En ella se tratará de comprobar si el alumno ha desarrollado una capacidad de aplicación práctica de los distintos conocimientos. La prueba constará de una serie de problemas relacionados con los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura. La nota de esta prueba constituye del 50 al 100% de la calificación global. Se realizará además un examen parcial (opcional) de los bloques 1 y 2 de la asignatura, que contará un 25% cada uno. En el examen final habrá un problema de los bloques 1 y 2 con valor 25% cada bloque más otros dos problemas. Se tomará como nota final el máximo entre el problema de cada bloque y el correspondiente parcial.

Un alumno ha de alcanzar al menos el 50% de la evaluación total para poder superar la asignatura.

#### g. 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 muestro una pequeña selección bibliográfica.

Bibliografía básica:

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

- 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).

---

#### **h. Bibliografía complementaria**

- R.J. Beerdends y otros, *Fourier and Laplace Transforms*, Cambridge University Press, 2003.
- R. D. Strum, *Z Transform and Its Applications*, Prentice Hall, 2002.
- W. Bolton, *Laplace and Z-Transforms*, Longman Publishing Group, 1997.
- 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.

#### **Bibliografía on-line**

Diversos recursos on-line proveen de explicaciones con abundantes ejemplos gráficos y animaciones que pueden ayudar a la comprensión de la asignatura, así como páginas de referencia rápida.

Wikipedia:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Fourier\\_transform](http://en.wikipedia.org/wiki/Fourier_transform) (Transformada de Fourier)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Fourier\\_series](http://en.wikipedia.org/wiki/Fourier_series) (Series de Fourier)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Laplace\\_transform](http://en.wikipedia.org/wiki/Laplace_transform) (Transformada de Laplace)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Z\\_transform](http://en.wikipedia.org/wiki/Z_transform) (Transformada Z)

Mathworld

<http://mathworld.wolfram.com/FourierTransform.html> (Transformada de Fourier)  
<http://mathworld.wolfram.com/FourierSeries.html> (Series de Fourier)

---

#### **i. Recursos necesarios**

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

- Apuntes y transparencias de los temas 3 al 6. (Pueden complementarse con la bibliografía)
- Hojas de problemas de los temas 3 al 6.
- Problemas de ampliación.
- Material complementario de los temas: exámenes resueltos, ejemplos y textos de apoyo.
- Página web de la asignatura.

**Bloque 3: Muestreo**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.2

**a. Contextualización y justificación**

En este tercer bloque se estudia el muestreo de señales continuas. El muestreo es la primera etapa en la digitalización de una señal analógica. En diversas asignaturas del grado se estudian procesados específicos de señales digitales.

**b. Objetivos de aprendizaje**

- Conocer y comprender el proceso para transformar una señal continua en discreta. Limitaciones y teorema del muestreo.
- Ser capaz de entender y representar el proceso del muestreo en los dominios temporal y transformado.
- Utilizar los conocimientos adquiridos en la asignatura para caracterizar un problema concreto: el muestreo.
- Extrapolar la metodología usada para resolver el problema del muestreo a otros problemas de señales.
- Integrar los conocimientos adquiridos en la asignatura.

**c. Contenidos****TEMA 6: Muestreo de señales continuas**

1. Introducción. Señales discretas y señales digitales.
  - Ejemplos prácticos.
2. Introducción al filtrado.
  - El problema del filtrado.
  - Filtros selectivos en frecuencia ideales.
  - Caracterización en el dominio de la frecuencia.
  - Caracterización en el dominio temporal.
  - Filtros selectivos en frecuencia no ideales.
3. Muestreo. Teorema del muestreo.
4. Interpolación.
5. Procesado discreto de señales continuas

**d. Métodos docentes**

Se basará en

**Lección magistral:** Los principales contenidos teóricos de la asignatura serán expuestos en clase. Por cada hora de clase el alumno dedicará otra hora en casa a complementar y comprender lo expuesto. Se proporcionará material y bibliografía necesaria para que el alumno pueda llevar cada tema leído previamente.

**Problemas en clase:** Se dedicará una hora semanal a realizar en pizarra los principales problemas de la asignatura. Se espera que el alumno dedique en casa 2 horas de trabajo por cada hora de problemas en clase.

**Tutorías:** Integradas dentro de las horas lectivas. Se plantean tutorías de tres tipos:

1. Resolución de dudas de alumnos sobre contenidos de la asignatura.
2. Resolución de dudas propuestas por el profesor por los alumnos en grupos.
3. Resolución por parte de los alumnos de dudas y retos propuestos por otros alumnos.

**Problemas para entregar:** Para fomentar el aprendizaje significativo por parte del alumno, se propondrá un problema para realizar durante una de las clases para entregar al final de la misma. La entrega de estos problemas resueltos contará para la evaluación final.

**e. Plan de trabajo**

Véase el Anexo I.





## f. Evaluación

---

La evaluación de la asignatura se realizará mediante una prueba escrita que estará en coherencia con los objetivos de la asignatura. En ella se tratará de comprobar si el alumno ha desarrollado una capacidad de aplicación práctica de los distintos conocimientos. La prueba constará de una serie de problemas relacionados con los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura. La nota de esta prueba constituye del 50 al 100% de la calificación global. Se realizará además un examen parcial (opcional) de los bloques 1 y 2 de la asignatura, que contará un 25% cada uno. En el examen final habrá un problema de los bloques 1 y 2 con valor 25% cada bloque más otros dos problemas. Se tomará como nota final el máximo entre el problema de cada bloque y el correspondiente parcial.

Un alumno ha de alcanzar al menos el 50% de la evaluación total para poder superar la asignatura.

## g. Bibliografía básica

---

La asignatura Sistemas Lineales se engloba dentro de 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 muestro una pequeña selección bibliográfica.

Bibliografía básica:

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

## h. Bibliografía complementaria

---

- R.J. Beerdends y otros, *Fourier and Laplace Transforms*, Cambridge University Press, 2003.
- R. D. Strum, *Z Transform and Its Applications*, Prentice Hall, 2002.
- W. Bolton, *Laplace and Z-Transforms*, Longman Publishing Group, 1997.
- 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*, McGraw-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.

## Bibliografía on-line

Diversos recursos on-line proveen de explicaciones con abundantes ejemplos gráficos y animaciones que pueden ayudar a la comprensión de la asignatura, así como páginas de referencia rápida.

Wikipedia:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Fourier\\_transform](http://en.wikipedia.org/wiki/Fourier_transform) (Transformada de Fourier)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Fourier\\_series](http://en.wikipedia.org/wiki/Fourier_series) (Series de Fourier)



[http://en.wikipedia.org/wiki/Laplace\\_transform](http://en.wikipedia.org/wiki/Laplace_transform) (Transformada de Laplace)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Z\\_transform](http://en.wikipedia.org/wiki/Z_transform) (Transformada Z)

Mathworld

<http://mathworld.wolfram.com/FourierTransform.html> (Transformada de Fourier)

<http://mathworld.wolfram.com/FourierSeries.html> (Series de Fourier)

### i. Recursos necesarios

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

- Apuntes y transparencias de los temas 3 al 6. (Pueden complementarse con la bibliografía)
- Hojas de problemas de los temas 3 al 6.
- Problemas de ampliación.
- Material complementario de los temas: exámenes resueltos, ejemplos y textos de apoyo.
- Página web de la asignatura.

## 6. Temporalización (por bloques temáticos)

| BLOQUE TEMÁTICO                                     | CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO |
|---|------------|--------------------------------|
| Bloque 1: Introducción a las señales y los sistemas | 2.2 ECTS   | Semanas 1 a 5                  |
| Bloque 2: Dominios transformados                    | 2.6 ECTS   | Semanas 6 a 13                 |
| Bloque 3: Muestreo                                  | 1.2 ECTS   | Semanas 13 a 15                |





## 7. Sistema de calificaciones – Tabla resumen

### CONVOCATORIA ORDINARIA

| INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO | PESO EN LA NOTA FINAL | OBSERVACIONES   |
|---------------------------|-----------------------|---|
| 2 Exámenes parciales      | 2x25%                 | Se realizará un examen parcial teórico/práctico) al finalizar los bloques 1 y 2 de la asignatura, con un valor cada uno del 25% de la nota. En el examen final habrá dos problemas equivalentes. Como nota final se considerará la máxima nota entre cada uno de esos problemas y la de cada uno de los exámenes parciales. |
| Examen final escrito      | 50%-100%              | (Ver observaciones sobre examen parcial)  |

Un alumno ha de alcanzar al menos el 50% de la evaluación total para poder superar la asignatura.

### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

Se mantiene el mismo sistema de calificación que la ordinaria. Las notas de los parciales se guardan para esta convocatoria.

## 8. Consideraciones finales

Además de una evaluación de las capacidades y conocimientos adquiridos por el alumno, se propone una evaluación complementaria del profesor y de la asignatura. Se realizará una evaluación de los objetivos propuestos y de la metodología empleada que consta de 2 partes:

1. Por parte del alumno: mediante una encuesta adicional a la encuesta docente se pretende evaluar la visión objetiva y subjetiva de la asignatura y del profesor por los alumnos.
2. Por parte del profesor: en función de los resultados obtenidos y el análisis de las clases.

La finalidad de esta evaluación es adecuar la asignatura a la consecución de los objetivos planteados por el mayor número de alumnos posibles.