



Guía docente de la asignatura (CURSO 2021-2022)

Asignatura	SISTEMAS LINEALES		
Materia	FUNDAMENTOS DE SEÑALES Y SISTEMAS		
Módulo	MATERIAS BÁSICAS DE TELECOMUNICACIONES		
Titulación	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN		
Plan	460 (I.T.T.) 512 (I.T.E.T.)	Código	45009 (I.T.T.) 46609 (I.T.E.T.)
Periodo de impartición	2º CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OBLIGATORIA
Nivel/Ciclo	GRADO	Curso	1º
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	Carlos Alberola López (CAL) Rodrigo de Luis García (RLG) Santiago Aja Fernández (SAF)		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	CAL: 983 423000 ext. 5544 EMAIL: caralb@tel.uva.es RLG: 983 423000 ext. 5533 EMAIL: rodlui@tel.uva.es SAF: 983 423000 ext. 5547 EMAIL: sanaja@tel.uva.es		
Horario de tutorías	Ver tutorías del grado de Tecnologías Específicas en: 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/ Ver tutorías del grado de Tecnologías de Telecomunicación en: 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/		
Departamento	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 procesado 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.

Teniendo en cuenta la situación sanitaria y atendiendo a la posible evolución de los acontecimientos, en esta asignatura se contempla la posible utilización de herramientas docentes *online* para la docencia y la evaluación. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y, si fuese preciso, con sistemas de videoconferencia. Para la evaluación del aprendizaje de esta asignatura el alumno acepta utilizar los mecanismos técnicos que constan en esta Guía y aquellos que la Universidad determine y/o facilite.



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. Bloques temáticos

Bloque 1: Introducción a las señales y los sistemas

Carga de trabajo en créditos ECTS:

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 procesamiento 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.



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. Se podrán realizar también pequeñas simulaciones y ejercicios en Matlab para ilustrar los conceptos más importantes. Debido a la situación sanitaria, por la necesidad de mantener medidas de distanciamiento social, estas clases se podrán realizar de manera “presencial online” (videoconferencia síncrona) si no puede realizarse de manera presencial habitual.

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.

Seminarios: Se dedicarán a las siguientes actividades:

1. Resolución de dudas de alumnos sobre contenidos de la asignatura.
2. Resolución por parte de los alumnos de preguntas y retos propuestos por el profesor.
3. Ilustración mediante ejemplos computacionales de los contenidos de la asignatura

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación se realizará mediante:

- Un examen parcial (opcional).
- Un examen final que contendrá una parte dedicada a este bloque.

El primer bloque tendrá una ponderación del 35% en la nota final de la asignatura. Se tomará como nota final para este bloque el máximo entre la calificación obtenida en este examen parcial y la parte correspondiente del examen final.

Un alumno ha de alcanzar al menos el 50% de la evaluación total para poder superar la asignatura, y además alcanzar al menos el 25% de la calificación máxima posible en cada uno de los tres bloques.

g. Material docente

g.1 Bibliografía básica

La asignatura Sistemas Lineales se engloba dentro una 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 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.
- 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.

Diversos recursos online 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 (Sistemas LTI)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Impulse_response (Respuesta al impulso)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Dirac_delta_function (Delta de Dirac)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Time-invariant_system (Sistemas Invariantes en el tiempo)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_system (Sistemas Lineales)

Mathworld

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

g.3 Otros recursos telemáticos

Se dispondrá, caso de ser necesario, de:

- Vídeos explicativos de los contenidos de cada tema del bloque.
- Vídeos de resolución de problemas de cada tema del bloque.
- Participación en foros de resolución de dudas.

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)
- Hojas de problemas.
- Problemas de ampliación.
- Material complementario de los temas: exámenes resueltos, ejemplos y textos de apoyo.

Dependiendo de la situación sanitaria, en esta asignatura se podrán utilizar herramientas *online* para la docencia y la evaluación. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y, si fuese preciso, con sistemas de videoconferencia. Para la evaluación del aprendizaje de esta asignatura el alumno deberá utilizar los mecanismos técnicos que constan en esta Guía y aquellos que la Universidad determine y/o facilite



i. Temporalización

TEMA	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
TEMA 1: Introducción a las señales y los sistemas.	Semanas 1-3
TEMA 2: Sistemas lineales invariantes en el tiempo (LTI).	Semanas 3-5

Bloque 2: Análisis de Fourier

Carga de trabajo en créditos ECTS:

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.

b. Objetivos de aprendizaje

- Comprender la representación de señales en el dominio de Fourier
- Ser capaz de trabajar con señales y sistemas de manera complementaria en los dominios temporal y transformado.
- Aprender a caracterizar sistemas en el dominio de Fourier
- 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.

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. Se realizarán también pequeñas simulaciones y ejercicios en Matlab para ilustrar los conceptos más importantes. Debido a la situación sanitaria y por la necesidad de mantener medidas de distanciamiento social, estas clases se podrán realizar de manera “presencial online” (videoconferencia síncrona) si no puede realizarse de manera presencial habitual.

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.

Seminarios: Se dedicarán a las siguientes actividades:

1. Resolución de dudas de alumnos sobre contenidos de la asignatura.
2. Resolución por parte de los alumnos de preguntas y retos propuestos por el profesor.

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación se realizará mediante:

- Un examen parcial (opcional).
- Un examen final que contendrá una parte dedicada a este bloque.

El segundo bloque tendrá una ponderación del 30% en la nota final de la asignatura. Se tomará como nota final para este bloque el máximo entre la calificación obtenida en este examen parcial y la parte correspondiente del examen final.

Un alumno ha de alcanzar al menos el 50% de la evaluación total para poder superar la asignatura, y además alcanzar al menos el 25% de la calificación máxima posible en cada uno de los tres bloques.

g. Material docente

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 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 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.

- 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.

Diversos recursos online 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 (Sistemas LTI)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Impulse_response (Respuesta al impulso)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Dirac_delta_function (Delta de Dirac)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Time-invariant_system (Sistemas Invariantes en el tiempo)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_system (Sistemas Lineales)

Mathworld

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

g.3 Otros recursos telemáticos

Se dispondrá, caso de ser necesario, de:

- Vídeos explicativos de los contenidos de cada tema del bloque.
- Vídeos de resolución de problemas de cada tema del bloque.
- Participación en foros de resolución de dudas.

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)
- Hojas de problemas.
- Problemas de ampliación.
- Material complementario de los temas: exámenes resueltos, ejemplos y textos de apoyo.



Dependiendo de la situación sanitaria, en esta asignatura se podrán utilizar herramientas *online* para la docencia y la evaluación. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y, si fuese preciso, con sistemas de videoconferencia. Para la evaluación del aprendizaje de esta asignatura el alumno deberá utilizar los mecanismos técnicos que constan en esta Guía y aquellos que la Universidad determine y/o facilite

i. Temporalización

TEMA	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
TEMA 3: Análisis de Fourier para señales continuas	Semanas 5-7
TEMA 4: Análisis de Fourier para señales discretas	Semanas 7-9





Bloque 3: Filtrado, Muestreo y Transformada Z

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.8

a. Contextualización y justificación

En este tercer bloque se introduce el concepto de filtrado, y 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.

Finalmente, se introduce la transformada Z, un nuevo dominio transformado que supone una generalización de la transformada de Fourier para señales discretas.

b. Objetivos de aprendizaje

- Conocer y comprender el concepto de filtrado
- Caracterizar y aplicar filtros selectivos en frecuencia
- 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.
- Comprender la representación de señales en dominios transformados más allá de la transformada de Fourier

c. Contenidos

TEMA 5: Filtrado

1. Introducción. Concepto de filtrado.
2. Filtros selectivos en frecuencia ideales
 - Caracterización en el dominio de la frecuencia
 - Caracterización en el dominio del tiempo
3. Filtros selectivos en frecuencia no ideales

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

TEMA 7: 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. Se realizarán también pequeñas simulaciones y ejercicios en Matlab para ilustrar los conceptos más importantes. Debido a la situación sanitaria por la necesidad de mantener medidas de distanciamiento social, estas clases se podrán realizar de manera “presencial online” (videoconferencia síncrona) si no puede realizarse de manera presencial habitual.

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.

Seminarios: Se dedicarán a las siguientes actividades:

1. Resolución de dudas de alumnos sobre contenidos de la asignatura.
2. Resolución por parte de los alumnos de preguntas y retos propuestos por el profesor.

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación se realizará mediante:

- Un examen parcial (opcional).
- Un examen final que contendrá una parte dedicada a este bloque.

El tercer bloque tendrá una ponderación del 35% en la nota final de la asignatura. Se tomará como nota final para este bloque el máximo entre la calificación obtenida en este examen parcial y la parte correspondiente del examen final.

Un alumno ha de alcanzar al menos el 50% de la evaluación total para poder superar la asignatura, y además alcanzar al menos el 25% de la calificación máxima posible en cada uno de los tres bloques.

g. Material docente

g.1 Bibliografía básica

La asignatura Sistemas Lineales se engloba dentro una 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 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.

- 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.

Diversos recursos online 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 (Sistemas LTI)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Impulse_response (Respuesta al impulso)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Dirac_delta_function (Delta de Dirac)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Time-invariant_system (Sistemas Invariantes en el tiempo)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_system (Sistemas Lineales)

Mathworld

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

g.3 Otros recursos telemáticos

Se dispondrá, caso de ser necesario, de:

- Vídeos explicativos de los contenidos de cada tema del bloque.
- Vídeos de resolución de problemas de cada tema del bloque.
- Participación en foros de resolución de dudas.

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)
- Hojas de problemas.
- Problemas de ampliación.
- Material complementario de los temas: exámenes resueltos, ejemplos y textos de apoyo.

Dependiendo de la situación sanitaria, en esta asignatura se podrán utilizar herramientas *online* para la docencia y la evaluación. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y, si fuese preciso, con sistemas de videoconferencia. Para la evaluación del aprendizaje de esta



asignatura el alumno deberá utilizar los mecanismos técnicos que constan en esta Guía y aquellos que la Universidad determine y/o facilite

i. Temporalización

TEMA	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
TEMA 5: Filtrado	Semanas 9-10
TEMA 6: Muestreo de señales continuas	Semanas 10-12
TEMA 7: Transformada Z	Semanas 13-14

5. Métodos docentes y principios metodológicos

La asignatura se impartirá mediante clases magistrales participativas, sesiones de problemas resueltos por el profesor y seminarios de resolución de problemas por parte de los alumnos y/o el profesor.

Todo ello se podría desarrollarse tanto de forma presencial, que sería lo deseable, como de forma no presencial. Si el escenario fuese el segundo, las clases impartidas por el profesor consistirán en videoconferencias asíncronas, las cuales se complementarán con sesiones de videoconferencias síncronas, en las que se resolverán dudas o se reforzarán conceptos teóricos y desarrollos prácticos.

Los exámenes parciales indicados en los tres bloques se celebrarán según calendario aprobado por el Centro; no será necesaria la presencia del alumno en el centro para su ejecución.

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	38	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)	4		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	3		
Total presencial	60	Total no presencial	90
TOTAL presencial + no presencial			150

7. Sistema y características de la evaluación



INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
3 exámenes parciales	35%+30%+35%	Se realizará un examen parcial para cada uno de los tres bloques de la asignatura, con un valor del 35, 30 y 35% de la nota, respectivamente. La nota final de cada bloque se calculará como el valor máximo entre cada uno de los exámenes parciales y la parte correspondiente a cada uno de los bloques en el examen final. Los parciales son voluntarios
Examen final	0%-100%	Constará de tres partes, cada una correspondiente a cada uno de los bloques

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - Por cada bloque habrá una evaluación consistente en un examen parcial (voluntario) y un contenido de ese bloque en el examen final.
 - La calificación de ese bloque será el máximo entre la calificación del examen parcial y la correspondiente a ese bloque en el examen final.
 - Por cada uno de los tres bloques se considerará un umbral igual al 25% de la calificación máxima posible en ese bloque.
 - En caso de superarse el umbral para cada uno de los tres bloques, la nota final será la suma ponderada de las calificaciones obtenidas en cada uno de los instrumentos arriba reseñados. La nota final será la suma de las calificaciones de cada bloque.
 - En caso de no alcanzarse alguno de esos umbrales, la calificación oficial será el mínimo entre la calificación total obtenida en los tres bloques y 4,9.
- **Convocatoria extraordinaria:**
 - Se mantiene el mismo sistema de calificación. Las notas de los parciales se guardan para la convocatoria extraordinaria. Igualmente, las notas del examen de la convocatoria ordinaria se pueden guardar también para la convocatoria extraordinaria.

8. Consideraciones finales

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