



## Proyecto/Guía docente de la asignatura

<b>Asignatura</b>	TRATAMIENTO AVANZADO DE SEÑALES		
<b>Materia</b>	SEÑALES Y SISTEMAS		
<b>Módulo</b>	MATERIAS ESPECÍFICAS DE LA MENCIÓN EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Titulación</b>	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	512	<b>Código</b>	46633
<b>Periodo de impartición</b>	1º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA DE LA MENCIÓN
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	4º
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	LUIS MIGUEL SAN JOSÉ REVUELTA ANTONIO TRISTÁN VEGA		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5543 / ext. 3715 E-MAIL: <a href="mailto:lsanjose@tel.uva.es">lsanjose@tel.uva.es</a> / <a href="mailto:antonio.tristan@tel.uva.es">antonio.tristan@tel.uva.es</a>		
<b>Horario de tutorías</b>	Véase <a href="http://www.uva.es">www.uva.es</a> → Centros → Campus de Valladolid → Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación → Tutorías		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		
<b>Fecha de revisión por el Comité de Título</b>	8 de julio de 2024		

## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

El estudio de los sistemas de procesamiento de señal ha cambiado significativamente en la última década debido al auge de nuevos algoritmos y posibilidades de procesamiento de datos a escala masiva. El diseño tradicional de sistemas de filtrado tanto analógicos como digitales se ha visto complementado con técnicas basadas en Computación Natural e Inteligencia Artificial, concretamente métodos de Machine Learning. Estos métodos se han aplicado satisfactoriamente tanto al caso unidimensional (redes neuronales) como al caso bidimensional (especialmente las redes neuronales convolucionales).

El planteamiento de una asignatura de diseño de sistemas de filtrado y extracción de características ha de cubrir tanto los interesantes y modernos sistemas basados en redes multicapa, como sus fundamentos teóricos y prácticos a través del estudio de los sistemas de diseño selectivo en frecuencia tradicionales. Estos últimos constituyen la base sobre la que edificar sólidamente los primeros.

El enfoque de la asignatura pretende lograr una alta motivación del alumno tanto a través de los contenidos planteados (incidiendo sobre las aplicaciones actuales de la Inteligencia Artificial y las Redes Neuronales) como a través de las metodologías empleadas (basadas en una evaluación continua que permitirá superar la asignatura a través de las pruebas individuales de cada tema propuesto). De este modo, se da importancia fundamentalmente en el Bloque II- a la descripción de algunas de las aplicaciones actuales de los sistemas que aquí se estudian, en campos como, por ejemplo, el Internet de las Cosas (IoT), síntesis de imágenes/voz, síntesis inteligente de código, traducción automática, conducción inteligente, etc. La descripción y análisis de los módulos y subrutinas necesarias para el diseño de estos sistemas, llevará a la obtención de sistemas cada vez más sencillos, y a algoritmos que, en parte, serán estudiados en la asignatura.

Dentro del primer bloque de la asignatura se abordarán los sistemas tradicionales de procesamiento de señal, con énfasis en los sistemas selectivos en frecuencia. Para ello se estudiarán inicialmente los sistemas de síntesis de filtros analógicos que constituirán la base de los sistemas de procesamiento digital recursivo.

Estos sistemas de procesamiento son necesarios hoy en día para entender numerosas aplicaciones reales del procesamiento de señal y, más concretamente, del ámbito de los nuevos estándares de comunicaciones móviles (WiFi 802.11, WiMax, LTE, Bluetooth, etc.) los cuales requieren un profundo nivel de conocimientos de procesamiento de señal para la comprensión y el diseño de equipos eficientes, específicamente a nivel de transmisores/receptores, a la hora de eliminar ruido, interferencias –ya sean estas cocanal, de canal adyacente, intersimbólicas o de acceso múltiple– y de procesar la propia señal de interés.

En los tres primeros cursos de los actuales estudios de grado los alumnos se encuentran con varias asignaturas donde se establecen las bases teórico-prácticas para el estudio de la teoría general de señales y sistemas lineales, tanto en su componente determinista (sistemas lineales) como aleatoria (señales aleatorias y ruido). Además, en Tratamiento de Señales, se profundiza en el procesamiento discreto a través del análisis en el dominio transformado, la estimación espectral y la simulación discreta de sistemas continuos. Estas materias constituyen las herramientas matemáticas para el procesamiento selectivo en frecuencia de señales de tiempo continuo y discreto, así como de los algoritmos de optimización y estimación empleados en las modernas redes de procesamiento de datos.

## 1.2 Relación con otras materias

---

Esta asignatura está especialmente relacionada con “Tratamiento de Señales”, pues, especialmente el Bloque I, es continuación de los contenidos relacionados con el diseño de filtros de tiempo discreto iniciado en dicha asignatura a través de los filtros FIR. Como conocimientos básicos podemos citar la asignatura “Sistemas Lineales”, ya que en “Tratamiento Avanzado de Señales” haremos uso de algunas herramientas allí estudiadas.

## 1.3 Prerrequisitos

---

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, aunque sí recomendaciones lógicas que el alumno debería tener en cuenta. Es recomendable haber cursado las materias “Sistemas Lineales” y “Tratamiento de Señales”, pues parte de la materia que aquí se explica es continuación y ampliación de los contenidos de estas dos asignaturas.

Para la parte práctica es recomendable un nivel de conocimientos básico del entorno de simulación MatLab/Octave, si bien todas las prácticas aquí propuestas serán guiadas y autocontenidas de modo que puedan realizarse a partir de conocimientos básicos de programación.

## 2. Competencias

---

### 2.1 Generales

---

- GB1. Capacidad de razonamiento, análisis y síntesis.
- 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.
- GBE4. Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- GE2. Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y multilingüe, responsabilizándose de la dirección de actividades objeto de los proyectos del ámbito de su especialidad y consiguiendo resultados eficaces.
- GC1. Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC2. Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
- B2. Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

### 2.2 Específicas

---

- T5. Capacidad para evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital.
- ST1. Capacidad para construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado,

almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.

- ST6. Capacidad para analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesamiento analógico y digital de señal.

### 3. Objetivos

---

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los conceptos fundamentales relacionados con el diseño de redes selectivas en frecuencia. Conocer algunos de los ámbitos de aplicación, así como ejemplos sencillos de sistemas prácticos con discriminación en frecuencia.
- Distinguir las particularidades de los filtros analógicos y digitales, y conocer sus ventajas e inconvenientes, así como la relación conceptual existente entre ambos.
- Conocer los fundamentos del diseño de filtros analógicos mediante el estudio de la teoría clásica de filtros, conocida habitualmente como teoría de la aproximación, y de las transformaciones en frecuencia más habituales. Conocer las características diferenciadoras de las diferentes aproximaciones clásicas: filtros de Butterworth, de Chebychev (Directos e Inversos) y Elípticos.
- Conocer y diferenciar los principales tipos de filtros digitales, FIR e IIR, enfatizando en las ventajas y limitaciones de cada uno de ellos. Conocer su descripción y caracterización en diferentes dominios.
- Describir y aplicar el método del enventanado para el diseño de filtros digitales de tipo FIR. Evaluar las soluciones de compromiso o *trade-off* entre las diferentes opciones de diseño disponibles en cada caso.
- Conocer los fundamentos de diseño de filtros digitales IIR y, de forma muy especial, su relación con el diseño de filtros analógicos clásicos. Conocer y comparar diferentes métodos de diseño.
- Conocer las principales estructuras y mecanismos de implementación de los filtros digitales, tanto FIR como IIR.
- Conocer los conceptos básicos del filtrado adaptativo, sus fundamentos de diseño y algunos de los campos o ejemplos de aplicación.
- Conocer las principales áreas de la Inteligencia Artificial, y del Machine Learning en particular, para el procesamiento, extracción de características, clasificación y regresión.
- Conocer los principios del entrenamiento, validación y test, así como los principales algoritmos de error y optimizadores.
- Conocer las principales aplicaciones y líneas de investigación actuales del Machine Learning.
- Conocer las limitaciones de los sistemas actuales de Machine Learning, así como las principales líneas futuras de desarrollo.

#### 4. Contenidos y bloques temáticos

##### Bloque 1: Técnicas clásicas de diseño filtros selectivos en frecuencia

Carga de trabajo en créditos ECTS: 4

###### a. Contextualización y justificación

El primer bloque de la asignatura se centra en el diseño de una de las herramientas básicas del procesado de señal, concretamente en los filtros selectivos en frecuencia. En el primer tema del bloque se presentan las herramientas básicas y los conceptos fundamentales relacionados con el análisis y diseño de redes eléctricas selectivas en frecuencia. El segundo tema introduce al alumno en el campo del diseño de filtros en su versión analógica mediante el estudio de la teoría clásica de filtros, –conocida habitualmente como *teoría de la aproximación*–, y de las transformaciones en frecuencia más habituales para la obtención de filtros con característica de amplitud-frecuencia selectiva. A continuación, los temas tres y cuatro abordan el diseño de filtros digitales, de tipo FIR e IIR respectivamente. Se presentan los diferentes tipos de filtros digitales, sus técnicas de diseño, así como su relación con la teoría clásica de síntesis filtros analógicos. El tema 5 consiste en una extensión de los contenidos previos al caso variante en el tiempo (filtrado adaptativo) realizando una introducción a los algoritmos básicos de estimación adaptativa de la respuesta al impulso del filtro (Wiener y LMS). Cada tema finaliza con ejemplos de aplicación de los conceptos estudiados en los mismos. Asimismo, irán acompañados de prácticas de laboratorio, donde el alumno podrá afianzar y visualizar el conocimiento adquirido en las sesiones teóricas.

###### b. Objetivos de aprendizaje

Véanse los objetivos en la sección 3.

###### c. Contenidos

**TEMA 1: Herramientas de procesado de señal para diseño de filtros**

**TEMA 2: Diseño de filtros de tiempo continuo**

**TEMA 3: Diseño de filtros de tiempo discreto I (MA)**

**TEMA 4: Diseño de filtros de tiempo discreto II (ARMA)**

###### d. Métodos docentes

Véase apartado 5.

---

**e. Plan de trabajo**

---

Véase el Anexo I.

---

**f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.
- Informe realizado por grupos de alumnos sobre las prácticas y ejercicios propuestos.
- Evaluación continua al finalizar cada tema.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre (en caso de no aprobar en evaluación continua, o con el propósito de mejorar la calificación).

---

**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/5046818720005774?auth=SAML](https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC_UVA/lists/5046818720005774?auth=SAML)

---

**g.1 Bibliografía básica**

---

- L. M. San José Revuelta, *Introducción al diseño de circuitos eléctricos selectivos en frecuencia. Analógicos y digitales*, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, Universidad de Valladolid, 2003.
- W. K. Chen (Editor), *The circuits and filters handbook. Passive, active and digital filters*, 3<sup>rd</sup>. Edition, CRC Press, 2009.
- R. Schaumann, H. Xiao, M. E. Van Valkenburg, *Design of Analog Filters*, 2<sup>nd</sup>. Edition, Oxford University Press, 2009.
- E. C. Ifeachor, B. W. Jervis, *Digital Signal Processing: A Practical Approach*, 2<sup>nd</sup>. Edition, Prentice-Hall, 2002.

---

**g.2 Bibliografía complementaria**

---

- V. Oppenheim, R. W. Schafer, *Discrete-time signal processing*, 3<sup>a</sup> edición, Pearson, 2014.
- T. W. Parks, C. S. Burrus, *Digital filter design*, John Wiley & Sons, 1987.
- W. D. Stanley, *Transform circuit analysis for engineering and technology*, 3<sup>rd</sup>. edition, Prentice-Hall, 1997.
- M. Gaston, *Practical introduction to digital filter design: basic FIR IIR filter design structures*, Independently published, 2021.

---

**g.3 Otros recursos telemáticos**

---

- Material audiovisual complementario y de apoyo facilitado por el profesor y disponible en el Campus Virtual.

## h. Recursos necesarios

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

- Pizarra, ordenador y cañón de proyección en las aulas para las clases magistrales participativas.
- Laboratorio con veinte ordenadores con el sistema operativo Windows® o Linux y licencia de Matlab® para la realización de las prácticas de laboratorio.
- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle, ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

## i. Temporalización

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Bloque I	4 ECTS	Semanas 1 a 10

## Bloque 2: Métodos emergentes basados en Machine Learning para el diseño de filtros

Carga de trabajo en créditos ECTS:

### a. Contextualización y justificación

El segundo bloque de la asignatura pretende fundamentalmente introducir al alumno en el procesado de señal basado en inteligencia artificial/*machine learning*. A partir del estudio genérico de los problemas clásicos de reconocimiento de patrones (clasificación binaria, clasificación multi-clase, regresión) y de las dificultades a ellos asociadas (selección de características, dimensionalidad, complejidad computacional), se introducirán las técnicas de machine learning clásicas de manera comprensiva.

Posteriormente se profundizará en los fundamentos matemáticos y algorítmicos de diversas técnicas que se consideran especialmente relevantes (especialmente, los referidos a métodos de optimización y entrenamiento de redes), y que servirán para justificar a los alumnos el origen y los fundamentos de las modernas técnicas de Deep Learning.

Al final de esta parte el alumno conocerá las herramientas básicas para el diseño e implementación de un sistema de procesado neuronal aplicado al diseño de filtros y, con sencillas modificaciones, a multitud de problemas de estimación y clasificación. Las prácticas guiadas permitirán al alumno visualizar y poner en práctica los conceptos estudiados.

### b. Objetivos de aprendizaje

Véanse los objetivos en la sección 3.

### c. Contenidos

## TEMA 5: INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL MACHINE LEARNING

**TEMA 6: FUNDAMENTOS DE REDES NEURONALES****TEMA 7: APLICACIÓN: FILTRADO ADAPTATIVO CON REDES NEURONALES**

---

**d. Métodos docentes**

Véase apartado 5.

---

**e. Plan de trabajo**

Véase el Anexo I.

---

**f. Evaluación**

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.
- Informe realizado por grupos de alumnos sobre las prácticas y ejercicios propuestos.
- Evaluación continua al finalizar cada tema.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre (en caso de no aprobar en evaluación continua, o con el propósito de mejorar la calificación).

---

**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/5046818720005774?auth=SAML](https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC_UVA/lists/5046818720005774?auth=SAML)

---

**g.1 Bibliografía básica**

- S. Haykin, *Neural networks: A comprehensive foundation*, Macmillan College Foundation, 1994.
- F. Collet, *Deep Learning con Python*, Ediciones Anaya Multimedia, 2020.
- J. Torres, *Python Deep Learning. Introducción práctica con Keras y TensorFlow 2*, Ed. Marcombo, S.L., 2020.

---

**g.2 Bibliografía complementaria**

- A. Gerón, *Aprende Machine Learning con Scikit-Learn, Keras y TensorFlow*, 2ª edición, Ediciones Anaya Multimedia, 2020.
- C. C. Aggarwal, *Neural Networks and Deep Learning. A textbook*, Springer International Publishing AB, 2018.
- F. Berzal, *Redes Neuronales & Deep Learning - Volumen 1: Entrenamiento de redes neuronales artificiales*, Edición Independiente, 2018.
- F. Berzal, *Redes Neuronales & Deep Learning - Volumen 2: Regularización, optimización y arquitecturas*, Edición Independiente, 2018.
- I. Goodfellow, Y. Bengio & A. Courville, *Deep Learning*, MIT Press, 2016.



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

---

- Material audiovisual complementario y de apoyo facilitado por el profesor y disponible en el Campus Virtual.

### **h. Recursos necesarios**

---

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

- Pizarra, ordenador y cañón de proyección en las aulas para las clases magistrales participativas.
- Laboratorio con veinte ordenadores con el sistema operativo Windows® o Linux y licencia de Matlab® para la realización de las prácticas de laboratorio.
- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle, ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

### **i. Temporalización**

---

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Bloque II	2 ECTS	Semanas 11 a 15

## **5. Métodos docentes y principios metodológicos**

---

- Clase magistral participativa
- Aprendizaje colaborativo
- Estudio de casos, presentación y resolución de ejercicios en aula
- Simulación y resolución de problemas en el laboratorio
- Aprendizaje colaborativo

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

---



ACTIVIDADES PRESENCIALES O PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	20	Estudio y trabajo autónomo individual	60
Clases prácticas de aula (A)	10	Estudio y trabajo autónomo grupal	30
Laboratorios (L)	20		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	7		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	3		
<b>Total presencial</b>	<b>60</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>90</b>
<b>TOTAL presencial + no presencial</b>			<b>150</b>

- (1) Actividad presencial a distancia es aquella en la que un grupo de alumnos sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Evaluación continua Bloque I: Resolución de ejercicios en 3 seminarios evaluables al finalizar los temas 2, 3 y 4	50%	Resolución individual o en grupo de ejercicios escritos. Al final de las temas 2, 3 y 4.
Valoración de las prácticas y ejercicios de laboratorio del Bloque 1.	15%	Se valorará mediante observación sistemática en las propias sesiones de laboratorio, así como en preguntas específicas escritas añadidas en cada uno de los tres seminarios de evaluación continua del Bloque 1.
Valoración de las prácticas y ejercicios de laboratorio del Bloque 2.	35%	Se valorará tanto mediante observación sistemática en las propias sesiones de laboratorio como de las memorias que en su caso puedan solicitarse relativas a las prácticas del Bloque 2. Es imprescindible su entrega en el plazo fijado.
Examen final escrito.	65%	Examen final de la asignatura. Consistirá en la resolución de problemas del Bloque 1, y cuestiones relacionadas con sus prácticas de laboratorio.  La parte relativa al bloque 1, se realizará si no se ha aprobado mediante la evaluación continua y la valoración de las prácticas y ejercicios de laboratorio de este bloque. Se considera aprobada la evaluación continua si se ha conseguido al menos el 50% de los 6,5 puntos posibles. En caso de no llegar a ese 50% de puntuación, será obligatorio realizar, al menos, el ejercicios relativos al/los tema/s no superados en la evaluación continua.

Todas las actividades de evaluación mostradas en la tabla anterior son de carácter presencial.

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Convocatoria ordinaria:</b> De acuerdo con la tabla anterior. La calificación final será la suma de las calificaciones obtenidas en el Bloque 1 y en el Bloque 2. Para aprobar la asignatura es necesario aprobar por separado ambos bloques (superar el 50% de la puntuación máxima de cada una).</li> <li><b>Convocatoria extraordinaria:</b> Se mantiene la calificación obtenida en los temas y prácticas aprobados. Podrán evaluarse de nuevo los temas (2, 3 y/o 4) no aprobados del Bloque 1 y/o entregar las prácticas no aprobadas del Bloque 2.</li> </ul>

## 8. Consideraciones finales

- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se facilitará al comienzo de la asignatura a través del campus virtual.