



## Proyecto/Guía docente de la asignatura

<b>Asignatura</b>	PROCESADO DE SEÑALES EN COMUNICACIONES		
<b>Materia</b>	TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES		
<b>Módulo</b>	TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Titulación</b>	MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	736	<b>Código</b>	55251
<b>Periodo de impartición</b>	1 <sup>er</sup> CUATRIMESTRE (2 <sup>o</sup> bimestre)	<b>Tipo/Carácter</b>	OBLIGATORIA
<b>Nivel/Ciclo</b>	MÁSTER	<b>Curso</b>	1 <sup>o</sup>
<b>Créditos ECTS</b>	3 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	ROBERTO HORNERO SÁNCHEZ LUIS MIGUEL SAN JOSÉ REVUELTA		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5570 / ext. 5543 E-MAIL: <a href="mailto:robhor@tel.uva.es">robhor@tel.uva.es</a> , <a href="mailto:lsanjose@tel.uva.es">lsanjose@tel.uva.es</a>		
<b>Departamento</b>	Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática		
<b>Fecha de revisión por el Comité de Título</b>	15 de julio de 2024		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

Esta asignatura se enmarca dentro de la materia de Tecnologías de Telecomunicaciones. Su objetivo es presentar al alumno un conjunto de técnicas y algoritmos de procesamiento de señal empleados habitualmente en los actuales sistemas de comunicaciones, con especial énfasis en las técnicas de estimación de canal así como en los sistemas de codificación avanzada. El curso comprende dos bloques principales: en el primero se presentan técnicas de detección y estimación —tanto clásicas como bayesiana— particularizadas para escenarios de comunicaciones móviles digitales, empleando procedimientos basados en computación natural para reducir la complejidad de los algoritmos canónicos. En esta primera parte se introducen también los sistemas con diversidad MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) que emplean codificación espacio-temporal por bloques. El segundo bloque se centra en el estudio de diferentes tipos de codificación avanzada del canal, tales como los códigos cíclicos, los convolucionales o los turbo códigos.

La asignatura presenta una continuación a asignaturas como Teoría de la Comunicación, habituales en los cursos de grado. Así mismo, se realizará un ejercicio práctico de simulación para el afianzamiento de los conceptos teóricos estudiados en la primera parte, así como varios ejercicios analíticos para poner en práctica los contenidos de la segunda parte. Dado que la asignatura pertenece a estudios de máster, cada una de las partes presentará el material y conocimientos básicos sobre el tema y se facilitará al alumno información y referencias suficientes para que éste aborde el estudio más detallado y la puesta en práctica de los diferentes conceptos.

La materia objeto de estudio en esta asignatura es de gran utilidad en los sistemas actuales reales de comunicaciones móviles donde se encuentra presente en numerosos estándares ya comercializados.

### 1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está especialmente relacionada con “Infraestructuras de Telecomunicaciones”, pues dicha asignatura proporciona los conocimientos básicos para comprender los elementos y los principios de diseño de sistemas de comunicaciones, y con “Radiocomunicaciones y Radiodeterminación”, la cual profundiza en los principios de diseño de antenas de sistemas de comunicaciones y aborda además las técnicas de radar y sus aplicaciones, así como con “Taller de Proyectos I”.

### 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 para los Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas Electrónicos, haber cursado la asignatura “Estimación, Detección y Métodos Numéricos” de la materia “Complementos de Teoría de la Señal y Comunicaciones” del “Bloque de Materias de Complementos de Formación”. Además, es recomendable para los Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Telemática, haber cursado las asignaturas “Estimación, Detección y Métodos Numéricos” y “Complementos de Transmisores y Receptores” del “Bloque de Materias de Complementos de Formación”. Finalmente, es recomendable para los Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas de Telecomunicación, haber cursado la asignatura “Estimación, Detección y Métodos Numéricos” del “Bloque de Materias de Complementos de Formación”.



El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual.

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

- G1. Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación.
- G4. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinares afines.
- G7. Capacidad para la puesta en marcha, dirección y gestión de procesos de fabricación de equipos electrónicos y de telecomunicaciones, con garantía de la seguridad para las personas y bienes, la calidad final de los productos y su homologación.
- G8. Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos.
- G12. Poseer habilidades para el aprendizaje continuado, autodirigido y autónomo.

### 2.2 Específicas

- S1. Capacidad para aplicar métodos de la teoría de la información, la modulación adaptativa y codificación de canal, así como técnicas avanzadas de procesamiento digital de señal a los sistemas de comunicaciones y audiovisuales.
- S2. Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación.
- S3. Capacidad para implementar sistemas por cable, línea, satélite en entornos de comunicaciones fijas y móviles.

## 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los principales métodos clásicos y bayesianos de detección y estimación conjuntas aplicados a un receptor de comunicaciones móviles digitales.
- Analizar y proponer diversos mecanismos de limitación de la complejidad en igualadores ciegos bayesianos.
- Conocer el concepto de diversidad de un receptor y modulación adaptativa.



- Ser capaces de hacer una comparativa con juicio crítico de las ventajas y desventajas de los sistemas MIMO, SISO, MISO, y SIMO.
- Desarrollar sistemas eficientes de comunicación incorporando algoritmos emergentes de procesado.
- Conocer diferentes técnicas y códigos de codificación de canal, especialmente las relacionadas con los sistemas y estándares de comunicaciones digitales sobre medios conductores o transmisión inalámbrica.
- Identificar cuándo se debe utilizar cada una de las diferentes técnicas y códigos de codificación de canal en un sistema de comunicaciones.
- Encontrar y analizar información sobre técnicas y códigos de codificación de canal.
- Describir diversas arquitecturas de transmisores y receptores y valorar sus ventajas e inconvenientes.
- Aplicar métodos de la teoría de la información, la modulación adaptativa y codificación de canal, así como técnicas avanzadas de procesado digital de señal a los sistemas de comunicaciones.
- Simular sistemas de comunicaciones/procesado digitales empleando software de simulación.

#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: Procesado de Señales en Comunicaciones

Carga de trabajo en créditos ECTS:	3
------------------------------------	---

##### a. Contextualización y justificación

La asignatura consta de un único bloque temático dividido en 3 temas. El Tema 1 proporciona una visión global de la asignatura, describiendo sus diferentes temas, bibliografía, metodología de trabajo y criterios de evaluación. En el Tema 2 se estudian los principales algoritmos de igualación ciega bayesiana en un escenario de comunicaciones móviles digitales. Para ello, se abordan inicialmente los métodos clásicos y bayesianos tanto de detección de símbolos como de estimación de la respuesta impulsiva del canal, para, a continuación, derivar los algoritmos en su versión ciega. Se estudian finalmente los métodos para reducir la complejidad y hacer viables los igualadores propuestos, y se comenta brevemente sobre la estimación de la calidad del proceso conjunto (a través de la estimación de la BER) así como sobre el control de la convergencia. La última parte del segundo tema se dedica a ofrecer una introducción a los sistemas con diversidad y a analizar comparativamente los sistemas MIMO, SISO, MISO, y SIMO. Estos sistemas son ampliamente utilizados en la actualidad y persiguen el máximo aprovechamiento del canal de comunicaciones en entornos de comunicaciones complejos con la presencia de múltiples usuarios y/o espectro ensanchado, todos ellos compartiendo el mismo canal de forma simultánea. Finalmente, el Tema 3 se centra en las técnicas de codificación de canal. Comienza con un repaso de la capacidad de canal y el teorema de capacidad de información para posteriormente centrarse en los diferentes tipos de códigos utilizados en las comunicaciones digitales (códigos de bloques lineales, códigos cíclicos, códigos convolucionales, códigos turbo, etc.). Conviene mencionar que cada tema finaliza con ejemplos de aplicación de las técnicas analizadas en los mismos. Asimismo, irán acompañados de prácticas de laboratorio o ejercicios analíticos donde el alumno tendrá que aplicar el conocimiento adquirido en los correspondientes apartados.

---

## b. Objetivos de aprendizaje

---

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los principales algoritmos clásicos de estimación de canal y detección de símbolos en sistemas de comunicaciones digitales.
- Realizar la estimación de canal y la detección de símbolos, de forma conjunta y sin la ayuda de secuencias de entrenamiento, empleando algoritmos obtenidos mediante una aproximación bayesiana.
- Conocer las principales ventajas e inconvenientes de los algoritmos de estimación en función de su complejidad y carga computacional.
- Conocer la tecnología MIMO de comunicaciones y sus diferentes versiones.
- Describir los fundamentos básicos de las técnicas de codificación de canal.
- Enumerar distintas técnicas de codificación de canal existentes.
- Identificar cuándo se debe utilizar cada una de las diferentes técnicas de codificación de canal en un sistema de comunicaciones.
- Utilizar la herramienta informática MatLab<sup>®</sup>/Octave para simular el bloque de estimación de canal en un sistema de comunicaciones digitales.

---

## c. Contenidos

---

### TEMA 1: Introducción

- 1.1. Descripción general de la asignatura
- 1.2. Criterios de evaluación

### TEMA 2: Igualación en sistemas de comunicaciones móviles digitales

- 2.1 Modelo de canal. Parámetros fundamentales
- 2.2 Detectores óptimos bayesianos
- 2.3 Estimación de canal
- 2.4 Igualadores bayesianos. Detección y estimación conjuntas
- 2.5 Técnicas limitadoras de la complejidad
- 2.6 Estimación de la probabilidad de error y control de convergencia
- 2.7 Introducción a los igualadores ciegos bayesianos multiusuario
- 2.8 Introducción a los sistemas con diversidad. Sistemas SISO, MISO, SIMO y MIMO,

### TEMA 3: Codificación de canal

- 3.1. Introducción
- 3.2. Capacidad de canal
- 3.3. Códigos de bloques lineales
- 3.4. Códigos cíclicos
- 3.5. Códigos convolucionales
- 3.6. Códigos turbo y LDPC



---

#### d. Métodos docentes

---

- Clase magistral participativa.
- Prácticas en el laboratorio.
- Trabajo en grupo en el laboratorio (aprendizaje colaborativo).
- Trabajo en grupo en clase

---

#### e. Plan de trabajo

---

La planificación detallada (plan de trabajo) se entregará al comienzo de la asignatura.

---

#### f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Evaluación del laboratorio con cuestiones sobre la práctica realizada.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

---

#### 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/5394555910005774?auth=SAML](https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC_UVA/lists/5394555910005774?auth=SAML)

---

##### g.1 Bibliografía básica

---

- S. Glisic, B. Vucetic, *Spread Spectrum CDMA Systems for Wireless Communications*, Artech House Publishers, UK, 1997.
- S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, 3<sup>rd</sup> edition, Prentice-Hall Information and System Sciences Series, New Jersey, 1996.
- J. G. Proakis, M. Salehi, *Fundamentals of Communication Systems*, 2nd Ed. Prentice Hall, 2013.

---

##### g.2 Bibliografía complementaria

---

- V. P. Ipatov, *Spread Spectrum and CDMA: Principles and Applications*, Wiley, New York, 2005.
- S. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume I: Estimation Theory*, Prentice-Hall, 1993.
- S. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume II: Detection Theory*, Prentice-Hall, 1998.
- B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, 2nd Ed. Prentice Hall, 2001.
- A. F. Molisch, *Wireless Communications*, 2nd Ed, 2012.

---

##### g.3 Otros recursos telemáticos

---

- Podrán emplearse materiales escritos y/o audiovisuales proporcionados por el profesor para explicación o refuerzo de determinados contenidos incluidos del temario.

## h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la Universidad de Valladolid o el profesor:

- Documentación de apoyo.
- 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. Una pizarra en el laboratorio es también necesaria para que el profesor aclare conceptos generales a todos los alumnos.
- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle, ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- El alumno debe contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.

## i. Temporalización (por bloques temáticos)

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Bloque 1: Procesado de señales en comunicaciones	3 ECTS	Semanas 1 a 8

## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Clase magistral participativa.
- Prácticas en el laboratorio.
- Trabajo en grupo en el laboratorio.
- Trabajo en grupo en aula.

## 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	25
Clases prácticas de aula (A)	5	Estudio y trabajo autónomo grupal	20
Laboratorios (L)	4		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	0		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	1		
<b>Total presencial</b>	<b>30</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>45</b>
<b>TOTAL presencial + no presencial</b>			<b>75</b>



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

## 7. Sistema y características de la evaluación

Cada cuestionario de laboratorio evaluará los contenidos de la práctica de laboratorio del bloque correspondiente. El examen final abarcará los contenidos generales de los tres bloques, exceptuando las prácticas de laboratorio.

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Cuestionario sobre práctica de laboratorio	15%	Un 15% de la nota final se evalúa mediante una serie de cuestiones y/o de la calidad del código programado al finalizar la práctica de laboratorio. La evaluación se realizará de forma individual y está destinada a evaluar el grado de comprensión por parte del alumno de una serie de conceptos relacionados con el uso de MatLab®/Octave en el contexto de "Procesado de Señales en Comunicaciones".
Examen final escrito	85%	El examen consiste de una serie de cuestiones, que el alumno ha de resolver y que permiten evaluar el grado de comprensión de los conceptos fundamentales del temario de la asignatura.
Total	100%	

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Convocatoria ordinaria:</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ De acuerdo con la tabla anterior.</li></ul></li><li>• <b>Convocatoria extraordinaria:</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Se realizará el examen final escrito (85%).</li><li>○ Se conservará la nota obtenida durante la evaluación continua de la parte práctica de la asignatura (15%).</li></ul></li></ul>

## 8. Consideraciones finales

La planificación detallada (plan de trabajo) se entregará al comienzo de la asignatura.