

**Guía docente de la asignatura**

Asignatura	PROCESADO DE SEÑALES EN COMUNICACIONES		
Materia	PROCESADO DE SEÑALES EN COMUNICACIONES		
Módulo			
Titulación	MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN		
Plan	544	Código	53814
Periodo de impartición	1 ^{er} . CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OBLIGATORIA
Nivel/Ciclo	MÁSTER	Curso	1º
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	ROBERTO HORNERO SÁNCHEZ LUIS MIGUEL SAN JOSÉ REVUELTA JUAN IGNACIO ARRIBAS SÁNCHEZ JESÚS POZA CRESPO		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5570 / ext. 5543 / ext. 5546 / ext. 5569 E-MAIL: robhor@tel.uva.es , lsanjose@tel.uva.es , jarribas@tel.uva.es , jespoz@tel.uva.es		
Horario de tutorías	Véase www6.uva.es → Centros → Campus de Valladolid → Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación → Tutorías		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Esta asignatura se enmarca dentro de los cursos de Tratamiento de Señal y Comunicaciones su objetivo es presentar al alumno un conjunto de técnicas y algoritmos de procesamiento de señal empleados en los actuales sistemas de comunicaciones, con especial énfasis en los sistemas MIMO que emplean varias antenas en transmisión y recepción, así como en los sistemas de codificación avanzada. El curso comprende tres grandes bloques. En el primero se presentan técnicas de detección y estimación bayesiana en entornos tanto mono- como multi-usuario. El segundo bloque se centra en los sistemas con diversidad MIMO que emplean codificación espacio-temporal por bloques. Por último, el tercer bloque estudia diferentes tipos de codificación avanzada del canal, tales como los códigos cíclicos, los convolucionales o los turbo.

La asignatura presenta una continuación a material como Teoría de la Comunicación, habituales en los cursos de grado. Así mismo, las prácticas y simulaciones realizadas sobre los diferentes temas pretenden el afianzamiento de los conceptos teóricos. 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 "Diseño y Simulación de Sistemas de Comunicaciones", pues dicha asignatura proporciona los conocimientos básicos para comprender los elementos y los principios de diseño de sistemas de comunicaciones, y con "Diseño y Aplicaciones de Sistemas de 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.

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".



2. Competencias

2.1 Generales

- G1. Capacidad para calcular y diseñar productos y procesos en 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
- 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
- G11. Capacidad para saber comunicar (de forma oral y escrita) las conclusiones – y los conocimientos y razones últimas que las sustentan – a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
- 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 las principales métodos 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.
- Conocer los mecanismos de funcionamiento, así como los algoritmos matemáticos básicos del funcionamiento de sistemas de comunicaciones con canal compartido por múltiples usuarios de forma óptima.
- Encontrar y saber analizar información técnica escrita sobre canales compartidos con diversidad en sistemas de comunicaciones modernos, así como ser capaces de realizar trabajos de estudio sobre ella.
- Desarrollar sistemas eficientes de comunicación incorporando algoritmos 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, así como realizar trabajos de investigación con dicha información.
- Simular sistemas de comunicaciones digitales empleando la herramienta informática MatLab®.



4. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	30	Estudio y trabajo autónomo individual	50
Clases prácticas de aula (A)	5	Estudio y trabajo autónomo grupal	40
Laboratorios (L)	15		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	5		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	5		
Total presencial	60	Total no presencial	90



5. Bloques temáticos

Bloque 1: Procesado de Señales en Comunicaciones

Carga de trabajo en créditos ECTS:

6

a. Contextualización y justificación

La asignatura consta de un único bloque temático dividido en 4 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 las principales estructuras para su implementación, 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. En el Tema 3 se describe una técnica desarrollada recientemente que persigue el máximo aprovechamiento del canal de comunicaciones, ya sea el espacio abierto radioeléctrico o un medio por el que viaja una onda electromagnética confinada, en entornos de comunicaciones complejos con la presencia de múltiples usuarios y/o espectro ensanchado, todos ellos comunicándose entre sí simultáneamente compartiendo el mismo canal. Concretamente se introduce la tecnología de múltiples entradas y salidas de la que se cree que tiene un gran potencial para lograr el objetivo anteriormente expuesto. Finalmente, el Tema 4 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, donde el alumno tendrá que aplicar el conocimiento adquirido al procesamiento de señales en comunicaciones.

b. Objetivos de aprendizaje

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

- Conocer las principales algoritmos bayesianos de estimación y detección conjunta en sistemas de comunicaciones digitales.
- Conocer la tecnología MIMO de comunicaciones en sus distintos entornos.
- Comprender el funcionamiento y la utilidad de los códigos espacio-tiempo por bloques (STBC).
- Simular un entorno de comunicaciones con canal de tipo MIMO para alguna de sus diferentes variantes: wi-fi, espacio-tiempo, OFDM.
- 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® para simular sistemas 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

TEMA 3: Sistemas de modulación multiusuario de múltiples entradas y salidas (MIMO)

- 3.1 Introducción a los sistemas MIMO
- 3.2 Definición sistemas MIMO: propiedades, y ejemplos
- 3.3 Características del canal MIMO, ventajas y dificultades: MIMO vs. SISO vs. SIMO vs. MISO
- 3.4 Diseño de códigos espacio-temporales por bloques (STBC)
- 3.5 Simulación por ordenador de sistemas de múltiples entradas/salidas

TEMA 4: Codificación de canal

- 4.1. Introducción
- 4.2. Capacidad de canal
- 4.3. Códigos de bloques lineales
- 4.4. Códigos cíclicos
- 4.5. Códigos convolucionales
- 4.6. Códigos turbo y LDPC
- 4.7. Modulaciones Codificadas (TCM)

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa.
- Prácticas en el laboratorio.
- Estudio de casos en seminarios.

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Examen de laboratorio con cuestiones sobre cada una de las prácticas.



- Informe realizado por grupos de alumnos sobre el caso práctico
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

g. Bibliografía básica

- A. B. Gershman, N. D. Sidiropoulos (Eds.): *Space-time processing for MIMO communications*. John Wiley, 2005
- S. Glisic, B. Vucetic, *Spread Spectrum CDMA Systems for Wireless Communications*, Artech House Publishers, UK, 1997.
- S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, 3rd 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.
- F. Pérez González, A. Artés Rodríguez, *Comunicaciones Digitales*, Prentice Hall, 2007.

h. Bibliografía complementaria

- S. T. Alexander, *Adaptive Signal Processing: Theory and Applications*, Springer-Verlag, New York, 1986.
- 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.
- S. Verdú, *Multiuser detection*, Cambridge University Press, UK: 1998.

i. Recursos necesarios

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

- Documentación de apoyo.
- Pizarra, proyector de transparencias, 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.
- Aula de seminarios (con posibilidad de ser reconfigurada para trabajo en grupo).

6. Temporalización (por bloques temáticos)

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Bloque 1: Procesado de señales en comunicaciones	6 ECTS	Semanas 1 a 15 (22 sep. – 16 ene.)

7. Sistema de calificaciones – Tabla resumen

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Informe del trabajo desarrollado sobre el caso práctico	20%	Un 20% de la nota final se evalúa mediante el informe entregado sobre el caso práctico desarrollado en los seminarios. Se pretende comprobar si el alumno es capaz de investigar y desarrollar un trabajo de investigación, así como de trabajar en grupo.
Examen de laboratorio	30%	Un 30% de la nota final se evalúa mediante una serie de cuestiones planteadas al final de cada práctica correspondiente. Los cuestionarios se realizarán de forma individual. Este examen está destinado a evaluar el grado de comprensión por parte del alumno de toda una serie de conceptos relacionados con el uso de Matlab® en el contexto de “Procesado de Señales en Comunicaciones”.
Examen final escrito	50%	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.

En el caso de la convocatoria extraordinaria:

- Se conserva la nota del informe del trabajo desarrollado sobre el caso práctico (20%). El examen extraordinario constará del examen del laboratorio (30%) y el examen final escrito (50%).

8. Consideraciones finales

- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.