



## Guía docente de la asignatura

|  |   |                      |                           |
|--|---|----------------------|---------------------------|
| <b>Asignatura</b>                              | ESTIMACIÓN, DETECCIÓN Y MÉTODOS NUMÉRICOS   |                      |                           |
| <b>Materia</b>                                 | COMPLEMENTOS DE TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES para Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas Electrónicos, en Telemática, o en Sistemas de Telecomunicación |                      |                           |
| <b>Módulo</b>                                  |   |                      |                           |
| <b>Titulación</b>                              | MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN  |                      |                           |
| <b>Plan</b>                                    | 544   | <b>Código</b>        | 53799                     |
| <b>Periodo de impartición</b>                  | 1º CUATRIMESTRE   | <b>Tipo/Carácter</b> | OPTATIVA*                 |
| <b>Nivel/Ciclo</b>                             | MÁSTER  | <b>Curso</b>         | COMPLEMENTOS DE FORMACIÓN |
| <b>Créditos ECTS</b>                           | 6 ECTS  |                      |                           |
| <b>Lengua en que se imparte</b>                | CASTELLANO  |                      |                           |
| <b>Profesor/es responsable/s</b>               | CARLOS ALBEROLA LÓPEZ<br>CÉSAR GUTIÉRREZ VAQUERO  |                      |                           |
| <b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b> | TELÉFONO: 983 423000 ext. 5544 / ext. 5836<br>E-MAIL: <a href="mailto:caralb@tel.uva.es">caralb@tel.uva.es</a> , <a href="mailto:cesargv@mat.uva.es">cesargv@mat.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<br>TELEMÁTICA<br>MATEMÁTICA APLICADA   |                      |                           |

(\*) Esta asignatura es optativa a nivel de título pero es obligatoria para los alumnos que acceden al máster desde el Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas Electrónicos, en Telemática, o en Sistemas de Telecomunicación.



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

---

### 1.1 Contextualización

---

En general, cuando las señales se transmiten a través de canales de comunicación, o se reconstruyen a partir de mediciones, están afectadas por perturbaciones de naturaleza aleatoria (ruido), que afectan a sus propiedades originales y que dificultan su identificación. Entonces, es fundamental aprovechar la redundancia existente en los datos, así como todo el conocimiento previo de que se pueda disponer, para poder detectar la información originalmente enviada y/o reconstruir señales distorsionadas por ruido y otros efectos mediante procedimientos óptimos acordes con criterios preestablecidos. En esta asignatura, el alumno adquirirá competencias básicas para resolver esta clase de problemas en el ámbito de las Telecomunicaciones.

### 1.2 Relación con otras materias

---

La asignatura Estimación, Detección y Métodos Numéricos proporciona las bases fundamentales para poder abordar materias en relación con el procesado de señales y las comunicaciones. Está especialmente relacionada con la asignatura Procesado de Señal en Comunicaciones.

### 1.3 Prerrequisitos

---

No existe ningún prerrequisito excluyente para cursar esta asignatura. Sin embargo, debido a su naturaleza, es fundamental haber cursado previamente materias relacionadas con las señales aleatorias y modelado de ruido, sistemas lineales, álgebra lineal y cálculo infinitesimal.

## 2. Competencias

---

### 2.1 Generales

---

- Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- Capacidad para desarrollar metodologías y destrezas de aprendizaje autónomo eficiente para la adaptación y actualización de nuevos conocimientos y avances científicos.
- Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

### 2.2 Específicas

---

- Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de las Telecomunicaciones y la Electrónica.
- 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.



- 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:

- Comprender los distintos métodos de estimación y detección existentes y su aplicación en el campo específico, en particular, en señales multimedia.
- Comprender y reconocer las limitaciones de los métodos analíticos y la necesidad de utilizar métodos numéricos.
- Conocer distintos métodos para resolver numéricamente problemas de matemática avanzada.

### 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 | 60        |
| Clases prácticas de aula (A)                       | 12        | Estudio y trabajo autónomo grupal     | 30        |
| Laboratorios (L)                                   | 12        |                                       |           |
| Prácticas externas, clínicas o de campo            | 0         |                                       |           |
| Seminarios (S)                                     | 6         |                                       |           |
| Tutorías grupales (TG)                             | 0         |                                       |           |
| Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes) | 0         |                                       |           |
| <b>Total presencial</b>                            | <b>60</b> | <b>Total no presencial</b>            | <b>90</b> |



## 5. Bloques temáticos

### Bloque 1: Introducción a la teoría de la estimación

Carga de trabajo en créditos ECTS: 

|   |
|---|
| 3 |
|---|

#### a. Contextualización y justificación

Este bloque constituye el primero de los dos en que esta asignatura se estructura y consta de los temas necesarios para que el alumno se familiarice con los métodos básicos de estimación, tanto de parámetros determinísticos desconocidos como de variables aleatorias. Asimismo, se impartirán conceptos de métodos numéricos para la optimización de funciones objetivo, interpolación y manejo de ecuaciones en diferencias para formulación en el espacio de estados.

#### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Resolver analíticamente y numéricamente problemas de estimación.
- Simular e implementar algoritmos de estimación.
- Saber realizar un análisis crítico y comparativo de los resultados obtenidos mediante distintas técnicas de procesamiento de señal en los diversos campos de aplicación.

#### c. Contenidos

##### TEMA 1: Introducción a la Teoría de la Estimación

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Revisión de fundamentos de probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos
- 1.3 Concepto de estimación y medida de prestaciones
- 1.4 Estimador insesgado de mínima varianza (MVUE)

##### TEMA 2: Obtención del MVUE

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Cota de Cramer-Rao
- 2.3 Modelo lineal de datos
- 2.4 Estadístico suficiente
- 2.5 BLUE

##### TEMA 3: Estimador de Máxima Verosimilitud

- 3.1 Objetivos
- 3.2 Definición
- 3.3 Propiedades
- 3.4 Parámetros transformados
- 3.5 Inicialización. Método de los momentos

##### TEMA 4: Estimador de Mínimos Cuadrados

- 4.1 Objetivos
- 4.2 Definición e interpretación geométrica
- 4.3 Mínimos cuadrados recursivos orden creciente
- 4.4 Mínimos cuadrados secuenciales



## TEMA 5: Estimación Bayesiana

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Definición
- 5.3 Funciones de riesgo y estimadores resultantes
- 5.4 Estimación lineal de mínimo error cuadrático medio. Filtro de Wiener

## TEMA 6: Filtro de Kalman

- 6.1 Objetivos
- 6.2 Definición
- 6.3 Modelo dinámico de señal y derivación del filtro
- 6.4 Comparación con el filtro de Wiener

---

### d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Resolución de problemas en grupo
- Simulación de supuestos de estimación y comparación, en su caso, con resultados analíticos

---

### e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

---

### f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Prueba(s) escrita(s) (40%)
- Prueba práctica de simulación (30%)
- Trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo (20%)
- Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen (10%)

---

### g. Bibliografía básica

- C. Alberola López, *Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos: Una introducción orientada a las telecomunicaciones*, Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 2004.
- S. M. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing. Estimation Theory*, 1st ed., Prentice-Hall Int. Ed., 1993.

---

### h. Bibliografía complementaria

- A. Papoulis, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, 3rd ed., Mc-Graw Hill, 1991.
- P. Peebles, *Probability, Random Variables, and Random Signal Principles*, 4th ed., Mc-Graw Hill, 2001.
- H. Starks, J. W. Woods, *Probability, Random Variables and Estimation Theory for Engineers*, 2<sup>nd</sup> ed., Mc-Graw Hill, 1994.
- B. W. Lindgren, *Statistical Theory*, 4th ed. Collier-Macmillan Int. Ed., 1976.
- H. V. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*, 2nd ed., Springer-Verlag, 1994.
- S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, 1st ed., Prentice-Hall Int. Ed., 1996.





### **i. 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, u otro soporte web.
- Laboratorio de PCs.
- Documentación de apoyo.





## Bloque 2: Introducción a la teoría de detección

Carga de trabajo en créditos ECTS: 3

### a. Contextualización y justificación

En este bloque se introducen los métodos clásicos de detección de señales, y se obtienen y estudian los detectores óptimos, en algún sentido a precisar, que resuelven determinados problemas propios de las Telecomunicaciones. Asimismo, se desarrollan procedimientos numéricos para implementar dichos detectores.

### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Conocer y comprender los principios estadísticos que sustentan los métodos clásicos de detección.
- Resolver analítica y numéricamente problemas de detección.
- Diseñar detectores óptimos atendiendo a las características del problema.
- Evaluar la calidad de un detector analítica y experimentalmente mediante simulaciones.

### c. Contenidos

#### TEMA 7: Introducción a la Detección de Señales

- 7.1 Detección de señales con ruido.
- 7.2 Modelos de señales y problemas asociados.
- 7.3 Resumen

#### TEMA 8: Diseño de Detectores

- 8.1 Metodología de Neyman-Pearson
- 8.2 Curva característica de operación
- 8.3 Metodología Bayesiana
- 8.4 Detector Razón de Verosimilitudes Generalizado
- 8.5 Resumen

#### TEMA 9: Detección de Señales Conocidas en Ruido con Parámetros Conocidos

- 9.1 Filtro correlación-réplica
- 9.2 Clasificación binaria
- 9.3 Filtro correlación-estimación
- 9.4 Resumen

#### TEMA 10: Detección de Señales Deterministas y Aleatorias con Parámetros Desconocidos

- 10.1 Detección sinusoidal
- 10.2 Modelo lineal
- 10.3 Señales aleatorias
- 10.4 Ruido blanco con varianza desconocida
- 10.5 Resumen

### d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa



- Resolución de problemas
- Simulación de problemas de detección en laboratorio

#### **e. Plan de trabajo**

---

Véase el Anexo I.

#### **f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Prueba(s) escrita(s) (40%)
- Prueba práctica de simulación (30%)
- Trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo (20%)
- Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen (10%)

#### **g. Bibliografía básica**

---

- C. Alberola López, *Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos: Una introducción orientada a las telecomunicaciones*, Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 2004.
- S. M. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing. Detection Theory*, 1st ed., Prentice-Hall PTR., 1998.

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

---

- M. Barkat, *Signal Detection and Estimation*, 2nd ed., Artech House, 2005.
- C. W. Helstrom, *Elements of Signal Detection and Estimation*, 1st ed., PTR Prentice Hall, 1995.
- B. C. Levy, *Principles of Signal Detection and Parameter Estimation*, 1st ed., Springer, 2008.
- H. V. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*, 2nd ed., Springer-Verlag, 1994.
- H. L. Van Trees, *Detection, Estimation, and Modulation Theory, Part I: Detection, Estimation, and Linear Modulation Theory*, 1st ed., John Wiley & Sons, 2001.

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

---

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid, u otro soporte web.
- Laboratorio de PCs.
- Documentación de apoyo.



## 6. Temporalización (por bloques temáticos)

| BLOQUE TEMÁTICO                                     | CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO |
|---|------------|--------------------------------|
| Bloque 1: Introducción a la teoría de la estimación | 3 ECTS     | Semanas 1 a 8                  |
| Bloque 2: Introducción a la teoría de detección     | 3 ECTS     | Semanas 9 a 15                 |

## 7. Sistema de calificaciones – Tabla resumen

| INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO   | PESO EN LA NOTA FINAL (Bloques 1 y 2) | OBSERVACIONES  |
|---|---------------------------------------|--|
| Prueba(s) escrita(s)  | 40%                                   | Para superar la asignatura es necesario obtener al menos 0.75 puntos por bloque en este apartado (cada bloque tiene una puntuación máxima de 2 puntos) |
| Prácticas de laboratorio  | 30%                                   |  |
| Trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo                                   | 20%                                   |  |
| Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen | 10%                                   |  |

En el caso de la convocatoria extraordinaria el alumno deberá hacer una prueba escrita que se establecerá a tal efecto, cuyo valor será el 40% de la nota final. Para superar la asignatura es necesario obtener al menos 0.75 puntos por bloque en esta prueba. El resto de calificaciones se entenderán que son calificaciones “por curso”.

## 8. Consideraciones finales

- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.
- Cada bloque supondrá el 50% de la nota final.