



## 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>	
<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>	CÉSAR GUTIÉRREZ VAQUERO MARCOS MARTÍN FERNÁNDEZ		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 983185968 / 983185551 E-MAIL: <a href="mailto:cesargv@mat.uva.es">cesargv@mat.uva.es</a> ; <a href="mailto:marcma@tel.uva.es">marcma@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>Departamentos</b>	MATEMÁTICA APLICADA TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E ING. TELEMÁTICA		

(\*) 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.

Dado el escenario de "nueva normalidad" y atendiendo a la posible evolución de los acontecimientos, en esta asignatura se utilizan o 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 con los sistemas de videoconferencia.

## 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 procesado 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. Contenidos y/o bloques temáticos

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

Carga de trabajo en créditos ECTS:

##### 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 procesado 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%).
- Evaluación continua, basada en prácticas de laboratorio, trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo, y exposición de trabajos seleccionados (60%).



## g. Material docente

### g.1 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*, Primera edición, Prentice Hall, 1993.
- Alberola López C., Casaseca de la Higuera J. P., Martín Fernández, M., San José Revuelta, L. M. Royuela del Val, J. *Problemas resueltos de Señales aleatorias y ruido*, Editorial Paraninfo, 2018.

### g.2 Bibliografía complementaria

- A. Papoulis, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, Tercera edición, McGraw Hill, 1991.
- P. Peebles, *Probability, Random Variables, and Random Signal Principles*, Cuarta edición, McGraw Hill, 2001.
- H. Starks, J. W. Woods, *Probability, Random Variables and Estimation Theory for Engineers*, Segunda edición, McGraw Hill, 1994.
- B. W. Lindgren, *Statistical Theory*, Cuarta edición, Collier Macmillan, 1976.
- H. V. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*, Segunda edición, Springer Verlag, 1994.
- S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, Primera edición, Prentice Hall, 1996.

### g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

- Materiales audiovisuales proporcionados por el profesor para contenidos incluidos en el temario no impartidos presencialmente en el aula o laboratorio. Disponibles a través del Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

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

## i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3	Semanas 1 a 7





## 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 Objetivos
- 7.2 El problema de detección. Ejemplos
- 7.3 La distribución de probabilidad normal multivariante
- 7.4 Resumen

#### TEMA 8: Diseño de Detectores

- 8.1 Objetivos
- 8.2 Test de hipótesis
- 8.3 Criterio de Neyman-Pearson
- 8.4 Enfoque Bayesiano
- 8.5 Resumen

#### TEMA 9: Detección de Señales sin Parámetros Desconocidos

- 9.1 Objetivos
- 9.2 Detector correlación-réplica
- 9.3 Receptor de mínima distancia
- 9.4 Detector de energía
- 9.5 Resumen

#### TEMA 10: Detección de Señales con Parámetros Desconocidos

- 10.1 Objetivos
- 10.2 Detector Razón de Verosimilitudes Generalizado
- 10.3 Modelo Lineal
- 10.4 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%).
- Evaluación continua, basada en prácticas de laboratorio, trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo, y exposición de trabajos seleccionados (60%).

#### **g. Material docente**

---

##### **g.1 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*, Primera edición, Prentice Hall, 1993.
- Alberola López C., Casaseca de la Higuera J. P., Martín Fernández, M., San José Revuelta, L. M. Royuela del Val, J. *Problemas resueltos de Señales aleatorias y ruido*, Editorial Paraninfo, 2018.

##### **g.2 Bibliografía complementaria**

---

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

##### **g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)**

---

- Materiales audiovisuales proporcionados por el profesor para contenidos incluidos en el temario no impartidos presencialmente en el aula o laboratorio. Disponibles a través del Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

#### **h. 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.

### i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3	Semanas 8 a 15

## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Clases magistrales participativas. Los principales contenidos de la asignatura serán expuestos en clase. Se utilizará apoyo con transparencias y uso de pizarra. Cuando sea posible, los principales conceptos se introducirán mediante el planteamiento de un problema previo del cual se deduzca la necesidad de nuevos elementos.
- Clases de problemas y resolución de casos de interés práctico. Se resolverán problemas de tipo práctico en clase con apoyo de pizarra.
- Clase inversa/Tutorías, en las que se trabajará sobre materiales audiovisuales disponibles que el alumno debe haber visualizado con anterioridad. Para ajustar una posible reducción de presencialidad en este curso se podrían realizar sesiones virtuales sincrónicas para repasar dudas sobre contenidos proporcionados previamente en forma de materiales audiovisuales. El alumno tendrá disponible esos materiales con suficiente antelación como para haberlos estudiado antes de las sesiones.
- Estudio de casos en el laboratorio. Se ilustrarán de forma práctica los conceptos explicados en clase mediante prácticas de laboratorio. El profesor guiará en todo momento la realización de las prácticas mediante explicaciones con apoyo de pizarra y/o transparencias.

## 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)	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>
<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

Criterio: cuando al menos el 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en normalidad, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la guía docente.

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Pruebas escritas	40%	
Evaluación continua	60%	

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- La evaluación continua se basará en prácticas de laboratorio, trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo, y exposición de trabajos seleccionados.
- La participación en la evaluación continua implica que el estudiante se presenta a la convocatoria ordinaria de la asignatura.
- Para la convocatoria extraordinaria, se respetará la calificación obtenida en la evaluación continua, si esta se hubiera producido.

## 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.
- En los bloques de la asignatura se utilizan herramientas docentes online para la docencia y/o la evaluación. En caso de un transcurso normal de la docencia estarán disponibles las aulas informáticas del centro. En caso de una afección por medidas sanitarias especiales, el alumno debe contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.

**Adenda a la Guía Docente de la asignatura****A4. Contenidos y/o bloques temáticos****Bloque 1: Introducción a la teoría de la estimación**Carga de trabajo en créditos ECTS: **c. Contenidos Adaptados a formación online**Sin cambios en contenidos.**d. Métodos docentes online**

- Presentación de conceptos teóricos: clase magistral grabada en vídeo con apoyo de transparencias y notas manuscritas utilizando editor y lápiz digital.
- Resolución de problemas. Grabaciones en vídeo de la resolución utilizando editor y lápiz digital.
- Clase inversa mediante videoconferencia, en la que se revisarán los contenidos principales presentados mediante material audiovisual y se resolverán dudas sobre los mismos.
- Estudio de casos en laboratorio. Prácticas de laboratorio a realizar individualmente en casa con MATLAB mediante licencia campus. Si así lo desean, los alumnos podrán conectarse al servidor virtual de los laboratorios de la escuela para realizar las prácticas. En este caso, la realización de las mismas deberá ser síncrona en el horario reservado para la asignatura. Los alumnos dispondrán de vídeo-guías grabadas con las indicaciones necesarias para resolver la práctica.
- Tutorías individuales, que se realizarán por videoconferencia o correo electrónico bajo petición.

**e. Plan de trabajo online**

Ver anexo I.

**f. Evaluación online**

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Cuestionarios moodle al final del cuatrimestre (40%).
- Evaluación continua, basada en prácticas de laboratorio, trabajos e informes realizados por el alumno y cuestionarios moodle (60%).

**i. Temporalización**

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3	Semanas 1 a 7

**Bloque 2: Introducción a la teoría de detección**Carga de trabajo en créditos ECTS: **c. Contenidos Adaptados a formación online**Sin cambios en contenidos.

**d. Métodos docentes online**

- Presentación de conceptos teóricos: clase magistral grabada en vídeo con apoyo de transparencias y notas manuscritas utilizando editor y lápiz digital.
- Resolución de problemas. Grabaciones en vídeo de la resolución utilizando editor y lápiz digital.
- Clase inversa mediante videoconferencia, en la que se revisarán los contenidos principales presentados mediante material audiovisual y se resolverán dudas sobre los mismos.
- Estudio de casos en laboratorio. Prácticas de laboratorio a realizar individualmente en casa con MATLAB mediante licencia campus. Si así lo desean, los alumnos podrán conectarse al servidor virtual de los laboratorios de la escuela para realizar las prácticas. En este caso, la realización de las mismas deberá ser síncrona en el horario reservado para la asignatura. Los alumnos dispondrán de vídeo-guías grabadas con las indicaciones necesarias para resolver la práctica.
- Tutorías individuales, que se realizarán por videoconferencia o correo electrónico bajo petición.

**e. Plan de trabajo online**

Ver anexo I.

**f. Evaluación online**

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Cuestionarios moodle al final del cuatrimestre (40%).
- Evaluación continua, basada en prácticas de laboratorio, trabajos e informes realizados por el alumno y cuestionarios moodle (60%).

**i. Temporalización**

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3	Semanas 8 a 15

**A5. Métodos docentes y principios metodológicos**

- Presentación de conceptos teóricos: clase magistral grabada en vídeo con apoyo de transparencias y notas manuscritas utilizando editor y lápiz digital.
- Resolución de casos de interés práctico. Grabaciones en vídeo de la resolución utilizando editor y lápiz digital y apoyo con hojas de cálculo.
- Clase inversa mediante videoconferencia, en la que se revisarán los contenidos principales presentados mediante material audiovisual y se resolverán dudas sobre los mismos.
- Estudio de casos en laboratorio. Prácticas de laboratorio a realizar individualmente en casa con MATLAB mediante licencia campus. Si así lo desean, los alumnos podrán conectarse al servidor virtual de los laboratorios de la escuela para realizar las prácticas. En este caso, la realización de las mismas deberá ser síncrona en el horario reservado para la asignatura. Los alumnos dispondrán de vídeo-guías grabadas con las indicaciones necesarias para resolver la práctica.
- Tutorías individuales, que se realizarán por videoconferencia o correo electrónico bajo petición.

**A6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura**

En el caso de docencia online, la tabla de dedicación del estudiante a la asignatura será equivalente a la de la guía docente. Únicamente las actividades presenciales pasan a ser a distancia con la misma distribución de horas. Dichas actividades podrán ser síncronas o asíncronas en función de las restricciones impuestas por las autoridades competentes.

**A7. Sistema y características de la evaluación**

Criterio: cuando al menos el 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en normalidad, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la guía docente.

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Pruebas escritas	40%	
Evaluación continua	60%	

**CRITERIOS DE CALIFICACIÓN**

- La evaluación continua se basará en prácticas de laboratorio, trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo, y exposición de trabajos seleccionados.
- La participación en la evaluación continua implica que el estudiante se presenta a la convocatoria ordinaria de la asignatura.
- Para la convocatoria extraordinaria, se respetará la calificación obtenida en la evaluación continua, si esta se hubiera producido.