

**Procesado Estadístico de Señal**

Código: 42845  
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
4313797 Ingeniería de Telecomunicación / Telecommunication Engineering	OB	1	1

**Contacto**

Nombre: José A. López Salcedo

Correo electrónico: Jose.Salcedo@uab.cat

**Equipo docente**

Francesc Xavier Mestre Pons

**Uso de idiomas**

Lengua vehicular mayoritaria: inglés (eng)

**Prerequisitos**

Los estudiantes que han sido admitidos de forma indirecta al máster (i.e., los que han de asistir a cursos de formación complementaria) se recomienda que hayan superado el curso de "Tratamiento digital de la señal" (TDS) que se ofrece dentro del Grado de Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación.

**Objetivos y contextualización**

El objetivo de este curso es introducir técnicas avanzadas de procesado de señales estadísticas con aplicaciones en sistemas de telecomunicación.

**Competencias**

- Capacidad de razonamiento crítico y pensamiento sistemático, como medios para tener la oportunidad de ser originales en la generación, desarrollo y/o aplicación de ideas en un contexto de investigación o profesional.
- Capacidad para aplicar la teoría de los métodos de información, modulación adaptativa y codificación de canal, así como técnicas avanzadas de procesamiento de señal digital en telecomunicaciones y sistemas audiovisuales.
- Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar
- Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Ingeniería de Telecomunicación, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares como por ejemplo en bioingeniería, conversión fotovoltaica, nanotecnología, telemedicina.
- Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicaciones de ideas, a menudo en un contexto de investigación
- Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo
- Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

- Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

## Resultados de aprendizaje

1. Analizar las implicaciones, a nivel de sistema, de la utilización de técnicas de procesado de señal estadístico.
2. Aplicar métodos matemáticos avanzados en la resolución de problemas relacionados con el procesado de señal estadístico.
3. Capacidad de razonamiento crítico y pensamiento sistemático, como medios para tener la oportunidad de ser originales en la generación, desarrollo y/o aplicación de ideas en un contexto de investigación o profesional.
4. Caracterizar de manera estadística las señales y procesos aleatorios propios de los sistemas de telecomunicación.
5. Desarrollar técnicas de filtrado estadístico orientadas a la sincronización, ecualización y detección en receptores de comunicaciones
6. Desarrollar y evaluar técnicas de detección de señal con aplicaciones en sistemas de posicionamiento y sistemas radar.
7. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicaciones de ideas, a menudo en un contexto de investigación
8. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo
9. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
10. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

## Contenido

### Part I. Estimation and detection theory

#### I.1. Fundamentals of classical estimation theory

- Estimation in signal processing
- Performance lower bounds.
- Review of estimators (optimal and suboptimal).
- Review of statistical filtering (Wiener and adaptive filters).
- Recursive least squares (RLS).

#### I.2. Bayesian estimation theory

- Bayesian estimators (general and linear).
- Kalman filter.
- Bayesian bounds.
- Case study: practical application of the Kalman filter.

#### I.3. Detection theory

- Detection in signal processing.
- Detection performance (error probabilities, ROC).
- Detection criteria for completely known statistics (Neyman-Pearson, Bayes risk).
- Detection criteria in the presence of unknown parameters (GLRT, Rao, Wald, LMP).
- Sequential detection (SPRT, CUSUM).

### Part II. Array Signal Processing

#### II.1. Introduction

- Baseband signal model and analytic signal.
- Far field and near field models. Narrowband approximation.
- Direction of arrival. Spatial covariance matrix. Source coherence.

## II.2. Spatial filtering

- Bayesian estimators (general and linear).
- Space-time filtering and beamforming.
- Design of time reference beamformers. Communication applications.
- Design of spatial reference beamformers. Radar/sonar applications.
- Other training methods for spatial filtering.

## II.3. Multiple-input multiple-output (MIMO) processing: spatial diversity and multiplexing

- Spatial diversity at the transmitter and at the receiver.
- Space-time coding.
- Introduction to Information Theory for multi-antenna system. MIMO capacity.
- Optimum spatial processing. Waterfilling.

## Metodología

### Actividades en clase:

- Clases teóricas: desarrollo de los contenidos teóricos de este curso.
- Ejercicios resueltos por el profesor con participación de los alumnos.
- Pruebas de evaluación escritas.

### Actividades de autoaprendizaje para estudiantes:

- Estudio de los contenidos teóricos y prácticos de este curso.
- Preparación de ejercicios y otras tareas.
- Preparación de las pruebas de evaluación.

## Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de teoría	39	1,56	1, 2, 3, 4, 6, 5, 9, 10, 8, 7
Tipo: Supervisadas			
Tutorías	15	0,6	9, 10
Tipo: Autónomas			
Estudio	90	3,6	1, 2, 3, 4, 6, 5, 8

## Evaluación

### Cálculo de la nota de evaluación continuada

Las notas de las diferentes pruebas de evaluación se promedian para obtener la nota de la evaluación continua según:

Nota evaluación continua (AC) =  $0,35 \times \text{notaExamen1} + 0,15 \times \text{notaCasEstudi} + 0,5 \times \text{notaExamen2}$

### Cálculo de la nota final de asignatura

Si  $AC \geq 5$ , el estudiante tiene aprobada la evaluación continua y la nota final de la asignatura es la nota de evaluación continua.

Si  $AC < 5$ , el estudiante tiene suspendida la evaluación continua. En este caso, el estudiante tiene una segunda oportunidad mediante la opción de hacer un examen de recuperación que se llevará a cabo dentro del período de exámenes previsto para la titulación en enero / febrero. El examen de recuperación se divide en dos partes, cada una de ellas correspondientes al temario de la examen1 y el examen2 de la asignatura. El estudiante puede decidir hacer la parte que considere oportuna de este examen en función de la nota que desee recuperar. La nota del examen de recuperación sustituye a la nota que tuviera previamente el estudiante al examen1 o al examen2, fuera cual fuera esta nota, y se calculará la nota final de la asignatura siguiendo la misma fórmula que para la nota de evaluación continua.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el caso de estudio no se puede recuperar.

Los estudiantes que no participen en los exámenes serán declarados "no evaluables" en la nota final del curso.

## Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Caso de estudio	15%	2	0,08	1, 2, 5, 9, 10
Examen 1 (Parte I)	35%	2	0,08	1, 2, 4, 8, 7
Examen 2 (Parte II)	50%	2	0,08	1, 2, 3, 4, 6, 5, 9, 10, 8

## Bibliografía

Bibliografía básica:

- S. Kay, *Fundamentals of statistical signal processing. Estimation theory*, vol. I, Prentice-Hall, 1993.
- P. Stoica and R. Moses, *Spectral analysis of signals*, Prentice Hall, 2005.

Bibliografía específica:

### Parte I

- H. L. Van Trees, K. L. Bell, *Bayesian bounds for parameter estimation of nonlinear filtering/tracking*, IEEE Press, 2007.
- M. S. Grewal, A. P. Andrews, *Kalman filtering: theory and practice using Matlab*, John Wiley & Sons, 2001.
- S. Kay, *Fundamentals of statistical signal processing. Detection theory*, vol. II, Prentice-Hall, 1998.

### Parte II

- S. Haykin, *Array signal processing*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1985.

- H. L. Van Trees, *Optimum array processing, part IV: Detection, estimation and modulation theory*, New York, Wiley 2002.
- Don H. Johnson, Dan E. Dudgeon, *Array signal processing, concepts and techniques*, Prentice Hall, 1993.
- E. Larsson, P. Stoica, *Space-time block coding for wireless communications*, Cambridge University Press, UK, 2003.