

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 27/06/2023

## Procesado Avanzado de Señal en Comunicaciones (M92/56/2/2)

**Máster**

Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación

**MÓDULO**

Tecnologías de Telecomunicación

**RAMA**

Ingeniería y Arquitectura

**CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Segundo

**Créditos**

6

**Tipo**

Obligatorio

**Tipo de enseñanza**

Presencial

### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

Filtros de Kalman, ecualización y estimación del canal, códigos de canal avanzados, codificación y modulación adaptables, sincronización, sistemas multicanal.

### COMPETENCIAS

#### COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - 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.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - 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.

- CB10 - 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.

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación.
- CG02 - Capacidad para la dirección de obras e instalaciones de sistemas de telecomunicación, cumpliendo la normativa vigente, asegurando la calidad del servicio.
- CG03 - Capacidad para dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinares.
- CG04 - 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.
- CG05 - Capacidad para la elaboración, planificación estratégica, dirección, coordinación y gestión técnica y económica de proyectos en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación siguiendo criterios de calidad y medioambientales.
- CG06 - Capacidad para la dirección general, dirección técnica y dirección de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos.
- CG07 - 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.
- CG08 - Capacidad para comprender la responsabilidad ética y la deontología profesional de la actividad de la profesión de Ingeniero de Telecomunicación.
- CG09 - Capacidad para aplicar los principios de la economía y de la gestión de recursos humanos y proyectos, así como la legislación, regulación y normalización de las telecomunicaciones.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Capacidad para 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 y audiovisuales.
- CE02 - Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación.

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - 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.
- CT02 - 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.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

Los objetivos y resultados del aprendizaje según aparecen en la memoria de verificación del título



son:

10. Identificar y aplicar las principales técnicas de procesado estadístico de señal para comunicaciones.
11. Identificar y aplicar las técnicas avanzadas de codificación de canal más usadas en estándares de comunicaciones.
12. Identificar y aplicar técnicas adaptables de codificación y modulación conjuntas.
13. Identificar y aplicar técnicas multicanal como conformación de haz o sistemas MIMO.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

1. **Modulación y codificación adaptativas, sincronización:** Introducción. Técnicas de codificación y modulación adaptables. ARQ híbrida (HARQ). Sincronización en frecuencia y fase, sincronización de símbolo y trama. Ejemplos de aplicación.
2. **Codificación de canal en las comunicaciones de última generación:** Introducción. Códigos Turbo. Códigos LDPC. Ejemplos de aplicación.
3. **Ecualización y filtros adaptables:** Introducción. Ecualización T-espaciada, fraccional y con realimentación de la decisión. Estimación del canal. Ecualizadores y filtros adaptables.
4. **Filtros de Kalman:** Introducción. Filtros de Kalman discretos. Filtros extendidos. Ejemplos y aplicaciones.
5. **Procesamiento de señales multicanal:** Introducción. Fundamentos de procesado de arrays de sensores. Beamformers fijos y adaptables. Sistemas MIMO y multiplexación espacial. Ejemplos y aplicaciones.

### PRÁCTICO

#### Seminarios:

- Introducción a sistemas MIMO.
- Seminarios de revisión y/o problemas.

#### Prácticas de Laboratorio:

1. Sincronización.
2. Estudio de los códigos turbo, diseño y rendimiento.
3. Desarrollo de un ecualizador de canal adaptable para modulación QAM.
4. Desarrollo de un sistema de estimación de la posición mediante filtro de Kalman.
5. Beamforming.

**Reto:** desarrollo de un trabajo en grupo con el formato de reto competitivo.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

1. A. GOLDSMITH, “Wireless Communications”, Cambridge University Press, 2005



2. F. Khan, "LTE for 4G Mobile Broadband", Cambridge University Press, 2009
3. B. SKLAR, "Digital Communications" (2ª Ed.), Prentice Hall PTR, 2001
4. L. Hanzo, T.H. Liew and B.L. Yeap. "Turbo Coding, Turbo Equalisation and Space-Time Coding: For Transmission over Fading Channels", 2002 John Wiley & Sons (IEEEExplore).
5. B. Lathi, Z. Ding: "Modern Digital and Analog Communication Systems (4th Ed)". Oxford University Press 2009.
6. M.H. Hayes: "Statistical Digital Signal Processing and Modeling". Wiley, 1996.
7. F. Lewis, L. Xie, D. Popa: "Optimal and Robust Estimation". CRC Press, 2008.
8. Harry L. Van Trees: Optimum Array Processing. Part IV of Detection, Estimation and Modulation Theory, Wiley Interscience, New York, 2002.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

1. C. Cox, "Essentials of UMTS", Cambridge University Press 2008
2. E. Dahlman et al. "3G Evolution. HSPA and LTE for Mobile Broadband", Academic Press 2007
3. F. Khan, "LTE for 4G Mobile Broadband", Cambridge University Press, 2009
4. J.G. Proakis: Digital Communications, Fourth Edition, McGraw-Hill, 2001
5. L. Hanzo, T.H. Liew and B.L. Yeap. "Turbo Coding, Turbo Equalisation and Space-Time Coding: For Transmission over Fading Channels", 2002 John Wiley & Sons (IEEEExplore).
6. Farid Dowla: "Handbook of RF and Wireless Technologies", Elsevier, 2003.
7. J.G. Proakis, M. Salehi, G. Bauch, "Contemporary Communication Systems Using MATLAB", Third Edition. Cengage Learning, 2013
8. S. Haykin: Digital Communications, Fourth Edition, John Wiley, 2001.
9. Farid Dowla: "Handbook of RF and Wireless Technologies", Elsevier, 2003.
10. "3GPP TS 36.213: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding".
11. Manolakis, Ingle, Kogon: "Statistical and Adaptive Signal Processing", Artech House, 2005.
12. T.L. Marzetta et al: "Fundamentals of Massive MIMO", Cambridge University Press, 2016.
13. Lawrence J. Ziemek: "Fundamentals of acoustic field theory and space-time signal processing", CRC Press 1995.
14. O. Edfors et al: "Massive MIMO for 5G". Capítulo de Signal Processing for 5G, F. Luo & C. Zhang Eds., Wiley 2016.
15. T. Brown, E. de Carvalho, P. Kyritsi: "Practical Guide to MIMO Radio Channel (with MatLab examples)", Wiley 2012.
16. M. Grewal, A. Andrews: "Kalman Filtering: theory and practice using MatLab", Wiley 2001.
17. Revistas: IEEE Signal Processing Magazine, IEEE Communications Magazine

## ENLACES RECOMENDADOS

- [Web de la asignatura en Prado](#)
- [Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones](#)
- [Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación](#)
- [E.T.S. Ingenierías Informática y de Telecomunicación](#)
- [Escuela Internacional de Posgrado](#)
- [IEEE Communications Society](#)
- [IEEE Signal Processing Society](#)



## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Resolución de problemas
- MD03 Estudio de casos prácticos
- MD04 Prácticas de laboratorio
- MD05 Realización de trabajos en grupo
- MD06 Realización de trabajos individuales
- MD07 Tutorías académicas

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

Con objeto de evaluar la adquisición de los contenidos y competencias a desarrollar en la materia, se utilizará un sistema de evaluación diversificado que permita poner de manifiesto los diferentes conocimientos y capacidades adquiridos por el alumno. De entre las técnicas evaluación previstas, se emplearán las que se mencionan a continuación con la ponderación indicada:

- Parte teórica (50%). Se realizará un examen de cuestiones teórico-prácticas.
- Parte práctica/seminarios (50%). Se realizarán las siguientes pruebas de evaluación:
  - Prácticas de laboratorio (20%). Se evaluarán mediante entrevistas, y/o código desarrollado, y/o cuestionarios.
  - Trabajos y/o resolución de problemas en grupos (20%). Se evaluarán mediante entregas y/o presentaciones.
  - Desarrollo de un reto competitivo (10%). Se evaluarán mediante entregas y/o presentaciones.

La calificación global de la asignatura corresponderá a la suma ponderada de las calificaciones correspondientes a las partes teórica y práctica/seminarios anteriormente mencionadas, de manera que para la superación final de la asignatura se requerirá:

- La calificación de la parte teórica deberá ser igual o superior al 40% del máximo de esta parte, esto es,  $\geq 4$  puntos sobre 10. En caso contrario, la calificación global final que constará en acta será el mínimo entre la calificación ponderada y 4 puntos (todas sobre 10).
- La calificación global deberá ser igual o superior a 5 puntos sobre 10.

Régimen de asistencia: Se requiere la asistencia a, al menos, el 66% de las sesiones programadas de seminarios y prácticas. De no alcanzarse este mínimo, se calificará con 0 puntos la parte correspondiente.

Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la normativa sobre planificación docente y organización de exámenes vigente en la Universidad de Granada. El sistema de calificaciones se expresará mediante calificación numérica de acuerdo con lo establecido en el art. 5 del R. D 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en el territorio nacional.



### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

La evaluación extraordinaria consta de las siguientes partes (con la ponderación indicada):

1. Parte teórica (50%): se realizará un examen final de las mismas características que el descrito para la convocatoria ordinaria.
2. Parte práctica/seminarios (50%). En caso de estar aprobada esta parte en convocatoria ordinaria, se mantendrá la calificación correspondiente. En caso contrario, se procederá de manera idéntica a como se describe para la evaluación única final de esta parte.

Los requisitos sobre las calificaciones global y de la parte teórica son idénticos a los de la convocatoria ordinaria.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Para los estudiantes que se acojan a la evaluación única final, la normativa de la Universidad de Granada específica que esta modalidad de evaluación estará formada por "cuantas pruebas sean necesarias para acreditar que el estudiante ha adquirido la totalidad de las competencias descritas en la Guía Docente de la asignatura." De acuerdo con lo anterior, la evaluación única en esta asignatura constará de las siguientes pruebas (con la ponderación indicada):

1. Parte teórica (50%): examen de cuestiones teórico-prácticas.
2. Parte práctica/seminarios (50%): examen de prácticas y otros contenidos desarrollados en esta parte de la asignatura.

Los requisitos sobre las calificaciones global y de la parte teórica son idénticos a los de la convocatoria ordinaria.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): [Gestión de servicios y apoyos](https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad) (<https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad>).

