



FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

| Datos de la asignatura | |
|----------------------------|--|
| NombreCompleto | Sistemas de comunicación I |
| Código | DEA-TEL-513 |
| Título | Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación |
| Impartido en | Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación y Mást. Univ. en Administración de Empresas [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación + Máster Big Data.Tecnología y Anal. Avanzada [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación + Máster in Smart Grids [Primer Curso] |
| Nivel | Postgrado Oficial Master |
| Cuatrimestre | Semestral |
| Créditos | 6,0 |
| Carácter | Obligatoria |
| Departamento / Área | Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones |
| Responsable | Wsewolod Warzanskyj García |
| Horario de tutorías | Contactar con profesor por correo electrónico en wwarzanskyj@icai.comillas.edu |

| Datos del profesorado | |
|----------------------------------|--|
| Profesor | |
| Nombre | Wsewolod Warzanskyj García |
| Departamento / Área | Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones |
| Correo electrónico | wwarzanskyj@icai.comillas.edu |
| Profesores de laboratorio | |
| Profesor | |
| Nombre | María del Carmen Pérez Gandía |
| Departamento / Área | Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones |
| Correo electrónico | mcperez@icai.comillas.edu |

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

| Contextualización de la asignatura |
|---|
| Aportación al perfil profesional de la titulación |
| El objetivo principal de la asignatura es dotar al alumno de los conocimientos sobre los diferentes bloques y |



procesos que tienen lugar en un enlace de comunicaciones tanto alámbrico como inalámbrico. Aunque algunos de estos procesos ya han sido objeto de estudio en otros cursos de grado, en la presente asignatura se estudiarán todos en conjunto, haciendo hincapié en la relación que existe entre todos ellos. Además, se abordarán conceptos de comunicaciones digitales avanzados que no se han tratado con anterioridad. Alcanzar estos objetivos implica estudiar y comprender las diferentes técnicas de procesamiento de señal tanto en el ámbito analógico como digital, así como en la dimensión temporal y en la frecuencial.

Cuando el alumno haya finalizado con provecho el curso, conocerá el funcionamiento y las prestaciones técnicas de los sistemas de comunicaciones actuales. Así mismo, será capaz de realizar evaluar sistemas concretos mediante figuras de mérito comúnmente utilizadas. Además, el alumno será capaz de decidir el diseño de transceptores a partir de unos requisitos del sistema.

Prerrequisitos

Los prerrequisitos necesarios que el alumno debe tener para el seguimiento eficiente y fluido de la asignatura son:

- **Conocimientos de variable compleja, análisis de circuitos y respuesta en frecuencia**
- **Conocimientos de procesamiento digital de señal y sistemas analógicos.**
- **Capacidad de lectura de textos en inglés técnico.**

Será deseable el manejo avanzado de la herramienta de cálculo numérico Matlab.

Competencias - Objetivos

Competencias

GENERALES

| | |
|-------------|--|
| CB01 | Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio. |
| CB02 | Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de éstos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados |
| CB07 | Ser capaces de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio. |
| 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 y campos multidisciplinarios afines. |
| | Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos |



| | |
|--------------------|--|
| CG08 | nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos |
| CG12 | Poseer habilidades para el aprendizaje continuado, autodirigido y autónomo. |
| ESPECÍFICAS | |
| CTT01 | 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. |
| CTT02 | Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación. |
| CTT05 | Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar. |

| | |
|----------------------------------|---|
| Resultados de Aprendizaje | |
| RA1 | Conocer las bases teóricas sobre las que se fundamenta la teoría de la comunicación. |
| RA2 | Comprender, analizar y calcular balances de potencia aplicados al modelado de amplificadores y al cálculo de productos de intermodulación, entre otros. |
| RA3 | Conocer y aplicar técnicas avanzadas de modulación para la optimización del canal, así como comprender, diseñar e implementar moduladores y demoduladores que puedan aplicar las técnicas avanzadas de modulación anteriores. |
| RA4 | Modelar un canal de comunicaciones basándose en las técnicas vistas en clase. |
| RA5 | Diseñar, planificar e integrar sistemas de radiocomunicación MIMO y LoS. |
| RA6 | Diseñar y montar tarjetas de circuito impreso (PCB) aplicadas a las comunicaciones, atendiendo al acoplamiento adecuado de impedancias. |
| RA7 | Conocer los fundamentos de comunicaciones que se aplican en las tecnologías radar. |

BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos

Bloque 1: Teoría

Tema 1: TEORÍA DE LA SEÑAL.

1.1 Fundamentos de la transmisión de datos.



1.2 Representación geométrica de señales.

1.3 Detección digital.

1.4 Análisis de sistemas paso banda.

Tema 2: EL CANAL DE COMUNICACIONES

2.1 Ruido AWGN.

2.2. Ruido impulsivo.

2.3 El efecto multi-camino.

2.4 Ejemplos de modelo de canal.

Tema 3: MODULACIONES DIGITALES

3.1 Modulaciones digitales en banda base.

3.2. Modulaciones digitales paso banda.

Tema 4: COMUNICACIONES MULTIPORTADORA

4.1 Comunicaciones Multiportadora

4.2 Multiplexación por División en Frecuencias Ortogonales

Tema 5: CODIFICACIÓN DE CANAL.

5.1 Introducción a la teoría de la información.

5.2 Códigos bloque.

5.3 Códigos convolucionales.

5.4 Decodificadores (Viterbi).

5.5 Turbo de/codificadores.

Tema 6: ADAPTACIÓN AL CANAL.

6.1 Ecuación de canal

6.2 Beamforming

Tema 7: INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA RADAR.

7.1 Elementos de la tecnología RADAR

7.2 Cálculo de balance de potencia

Tema 8: DISEÑO PCB Y MICROSTRIP.

8.1 Estructura de capas de PCB

8.2 Ejemplo de diseño de PCB



Bloque 2: Laboratorio

1. Repaso de procesado de señal con Matlab.
2. Transmisión digital en banda base.
3. Interferencia entre símbolos.
4. Multiplexación por división en frecuencias ortogonales.
5. Modelado de un sistema de comunicación comercial

METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Metodología Presencial: Actividades

1. **Clase magistral y presentaciones generales.** Exposición de los principales conceptos y procedimientos mediante la explicación por parte del profesor. Incluirá presentaciones dinámicas, pequeños ejemplos prácticos y la participación reglada o espontánea de los estudiantes.
2. **Resolución en clase de problemas prácticos.** Resolución de unos primeros problemas para situar al alumno en contexto. La resolución correrá a cargo del profesor y los alumnos de forma cooperativa.
3. **Prácticas de laboratorio.** Se formarán grupos de trabajo que tendrán que realizar prácticas de laboratorio regladas o diseños de laboratorio.
4. **Tutorías.** Se realizarán en grupo e individualmente para resolver las dudas que se les planteen a los alumnos después de haber trabajado los distintos temas. Y también para orientar al alumno en su proceso de aprendizaje

Metodología No presencial: Actividades

El objetivo principal del trabajo no presencial es llegar a entender y comprender los conceptos teóricos de la asignatura, así como ser capaz de poner en práctica estos conocimientos para resolver los diferentes tipos de problemas

1. **Estudio de los conceptos teóricos.** El alumno debe realizar un trabajo personal posterior a las clases teóricas para comprender e interiorizar los conocimientos aportados en la materia.
2. **Resolución de problemas prácticos fuera del horario de clase por parte del alumno.** El alumno una vez estudiados los conceptos teóricos debe ponerlos en práctica para resolver los problemas. Pasado un cierto tiempo desde su planteamiento dispondrá de la resolución completa de los problemas, pudiendo pedir tutorías con el profesor si lo requiere para aclaración de dudas.
3. **Prácticas de laboratorio.** Las prácticas de laboratorio podrán requerir la realización de un trabajo previo de preparación y finalizar con la redacción de un informe de laboratorio o la inclusión de las distintas experiencias en un cuaderno de laboratorio.

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES



| | | |
|---|--|--|
| Clase magistral y presentaciones generales | Resolución en clase de problemas prácticos | Resolución en clase de problemas prácticos |
| 30,00 | 10,00 | 20,00 |
| HORAS NO PRESENCIALES | | |
| Estudio y resolución de problemas prácticos fuera del horario de clase por parte del alumno | Trabajo de carácter práctico grupal | |
| 80,00 | 40,00 | |
| CRÉDITOS ECTS: 6,0 (180,00 horas) | | |

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

| Actividades de evaluación | Criterios de evaluación | Peso |
|---|---|------|
| <p>El examen final de la asignatura contará un 45% del total de la nota final de la asignatura.</p> <p>Las pruebas parciales que se desarrollen a lo largo del curso cocontarán un 10% de la nota final de la asignatura.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Comprensión de conceptos. • Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos. • Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas. • Presentación y comunicación escrita | 55 % |
| <p>Las sesiones prácticas de la asignatura contarán un 20% de la nota final de la asignatura</p> <p>Modelado de sistemas de comunicación comercial contará un 25% de la nota final de la asignatura.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Comprensión de conceptos. • Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos. • Dominio en la resolución de problemas con ayuda del ordenador y software específico. • Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los problemas resueltos con ordenador. • Capacidad de trabajo en grupo. • Presentación y comunicación escrita. | 45 % |

Calificaciones

La asistencia a clase es obligatoria, según el artículo 93 de las Normas Académicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Los requisitos de asistencia se aplicarán de forma independiente para las



sesiones de teoría y de laboratorio:

- En el caso de las sesiones de teoría, el incumplimiento de esta norma podrá impedir presentarse a examen en la convocatoria ordinaria.
- En el caso de las sesiones de laboratorio, el incumplimiento de esta norma podrá impedir presentarse a examen en la convocatoria ordinaria y en la extraordinaria. En cualquier caso, las faltas no justificadas a sesiones de laboratorio serán penalizadas en la evaluación.

Convocatoria ordinaria

La calificación en la convocatoria ordinaria de la asignatura se obtendrá como:

- Un 45% la nota del examen final.
- Un 10% será la nota de las pruebas de seguimiento. Estas pruebas se realizarán durante las horas de clase a lo largo del curso.
- Un 20% será la nota de laboratorio.
- Un 25% será la nota correspondiente al modelado de un sistema de comunicación comercial existente en la actualidad y que cubra los principales conceptos visto en clase. Los detalles de la evaluación se darán en la página de Moodle correspondiente de la asignatura.

Para aprobar la asignatura en convocatoria ordinaria las notas del examen final y laboratorio han de ser mayores o iguales que 5 (sobre 10).

Convocatoria extraordinaria

En la convocatoria extraordinaria el alumno se examinará de toda la materia. El examen podrá comprender teoría y laboratorio.

Los criterios de calificación son los mismos que en la convocatoria ordinaria, de la que se guardan las notas hasta que sean reemplazadas, en su caso, por los resultados de la convocatoria extraordinaria.

- Examen final: se repite en el caso de que en convocatoria ordinaria la nota haya sido inferior a 5 (sobre 10).
- Recuperación de prácticas: en el caso de que la nota del laboratorio haya sido inferior a 5 (sobre 10), el alumno entregará, después del examen final en convocatoria ordinaria y antes de la fecha del examen final en convocatoria extraordinaria, nuevos informes de las prácticas que el propio alumno escoja de entre las que tiene suspendidas.
- Recuperación de trabajo de investigación: en el caso de que el alumno tenga que acudir a la convocatoria extraordinaria, ya sea al examen final o a recuperación de prácticas, y tenga menos de 5 en el trabajo de modelado de sistema de transmisión comercial, de manera voluntaria podrá entregar una segunda versión del trabajo de modelado después del examen final en convocatoria ordinaria y antes de la fecha del examen final en convocatoria extraordinaria.

Normas de asistencia

La asistencia a clase es obligatoria, según el artículo 93 de las Normas Académicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Los requisitos de asistencia se aplicarán de forma independiente para las sesiones de teoría y de laboratorio:



- En el caso de las sesiones de teoría, el incumplimiento de esta norma podrá impedir presentarse a examen en la convocatoria ordinaria.
- En el caso de las sesiones de laboratorio, el incumplimiento de esta norma podrá impedir presentarse a examen en la convocatoria ordinaria y en la extraordinaria. En cualquier caso, las faltas no justificadas a sesiones de laboratorio serán penalizadas en la evaluación.

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica

Libros de texto

- Apuntes de la asignatura colgados en Moodle.

Bibliografía Complementaria

Libros de texto

- Proakis, J. G., & Salehi, M. (2008). Digital Communications. McGraw-Hill Higher Education.
- Haykin, S. S. (2013). Digital Communication Systems. Wiley.
- Concepts in Systems and Signals, J. D. Sherrick. Prentice-Hall 2001.
- Discrete-Time Signal Processing (2nd Edition). Oppenheim, Schafer, Buck. Prentice-Hall.
- Digital Signal Processing Handbook. Vijay K. Madisetti, Douglas B. Williams. Chapman & Hall.
- Advanced Signal Processing Handbook. Editor Stergios Stergiopoulos. CRC Press.

| Semana | ACTIVIDADES PRESENCIALES | | | | | | | ACTIVIDADES NO PRESENCIALES | | | | | | | |
|--------|--------------------------|--------------------------------|-------------|-------|--------------|-----------------|--------------|-----------------------------|-----|--|-------|-------------------------|-------|---|-------|
| | h/s | Clase teoría/problemas | Laboratorio | | Horas teoría | Horas Problemas | Evaluación | | h/s | Estudio individual de conceptos teóricos | | Resolución de problemas | | Preparación previa e informe de prácticas de laboratorio | |
| | | | Sesion | Horas | | | Temas | Horas | | Contenido | Horas | Contenido | Horas | Actividad | Horas |
| 1 | 4 | Presentación y Teoría Tema 1 | | | 4 | | | | 8 | Tema 0 | 8 | Tema 0 | 0 | | |
| 2 | 4 | Teoría y problemas tema 1 | Lab 1 | 2 | 1 | 1 | | | 8 | Tema 0 | 2 | Tema 0 | 2 | Preparación previa y realización del informe de la práctica | 4 |
| 3 | 4 | Teoría y problemas tema 1 | Lab 2 | 2 | 1 | 1 | | | 8 | Tema 1 | 2 | Tema 1 | 2 | Preparación previa y realización del informe de la práctica | 4 |
| 4 | 4 | Teoría y problemas tema 2 | | | 2 | 2 | | | 8 | Tema 2 | 4 | Tema 2 | 4 | | |
| 5 | 4 | Teoría y problemas tema 3 | Lab 3 | 2 | 1 | 1 | | | 8 | Tema 3 | 2 | Tema 3 | 2 | Preparación previa y realización del informe de la práctica | 4 |
| 6 | 4 | Teoría y problemas tema 4 | Lab 4 | 2 | 1 | 1 | | | 8 | Tema 3 | 2 | Tema 3 | 2 | Preparación previa y realización del informe de la práctica | 4 |
| 7 | 4 | Teoría y problemas tema 4 | Lab 5 | 2 | 1 | 1 | | | 8 | Tema 4 | 2 | Tema 4 | 2 | Preparación previa y realización del informe de la práctica | 4 |
| 8 | 4 | Intersemestrales | | | | | Hasta Tema 3 | 4 | 8 | | 4 | | 4 | | |
| 9 | 4 | Teoría y problemas tema 5 | | | 2 | 2 | | | 8 | Tema 4 | 4 | Tema 4 | 4 | | |
| 10 | 4 | Teoría y problemas tema 5 | Lab 6 | 2 | 1 | 1 | | | 8 | Tema 5 | 2 | Tema 5 | 2 | Preparación previa y realización del informe de la práctica | 4 |
| 11 | 4 | | Lab 7 | 4 | | | | | 8 | Tema 5 | 0 | Tema 5 | 0 | Preparación previa y realización del informe de la práctica | 8 |
| 12 | 4 | | Lab 7 | 4 | | | | | 8 | Tema 6 | 0 | Tema 6 | 0 | Preparación previa y realización del informe de la práctica | 8 |
| 13 | 4 | Teoría y problemas tema 6 | | | 2 | 2 | | | 8 | Tema 6 | 4 | Tema 6 | 4 | | |
| 14 | 4 | Teoría y problemas tema 7 | | | 2 | 2 | | | 8 | Tema 8 | 4 | Tema 8 | 4 | | |
| 15 | 4 | Teoría tema 8 y repaso general | | | 4 | | | | 8 | Tema 8 | 8 | Tema 8 | 0 | | |