

## **Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación**

### **30318 - Comunicaciones digitales**

**Guía docente para el curso 2011 - 2012**

**Curso: 2, Semestre: 2, Créditos: 6.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **Antonio Miguel Artiaga** [amiguel@unizar.es](mailto:amiguel@unizar.es)
- **Enrique José Masgrau Gómez** [masgrau@unizar.es](mailto:masgrau@unizar.es)
- **David Martínez González**

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

El profesorado encargado de esta asignatura para el curso actual, perteneciente al Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones es:

Enrique Masgrau Gómez      [masgrau@unizar.es](mailto:masgrau@unizar.es)      Edif. Ada Byron, D3.17

Antonio Miguel Artiaga      [amiguel@unizar.es](mailto:amiguel@unizar.es)      Edif. Ada Byron, D2.06

Es recomendable que el alumno que quiera cursar Comunicaciones Digitales haya cursado previamente, asignaturas de primero como Fundamentos Matemáticos I, II y III, Fundamentos de Física, Probabilidad y Procesos, Circuitos y Sistemas, y asignaturas directamente relacionadas con la materia del segundo curso como Procesado Digital de Señales y Teoría de la Comunicación.

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

La asignatura consta de un total de 6 créditos ECTS. Las actividades se dividen en clases teóricas, resolución de problemas o casos prácticos en clase, prácticas de laboratorio y la realización de trabajos tutelados relacionados con un sistema de comunicaciones digitales. Las actividades tienen como objetivo facilitar la asimilación de los conceptos teóricos complementándolos con los prácticos, de forma que se adquieran los conocimientos y las habilidades básicas relacionadas con las competencias previstas en la asignatura.

Las fechas de inicio y finalización del curso y las horas concretas de impartición de la asignatura así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio e impartición de seminarios se harán públicas atendiendo a los horarios fijados por la Escuela.

# **Inicio**

---

## **Resultados de aprendizaje que definen la asignatura**

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** **R1:** Comprende los aspectos básicos de la teoría de la información.
- 2:** **R2:** Conoce las técnicas básicas de codificación de fuentes tanto de naturaleza analógica como de naturaleza discreta.
- 3:** **R3:** Domina los aspectos básicos de la codificación de canal. Conoce las técnicas de codificación de canal tipo bloque y de tipo convolucional. Comprende los principios sobre los que se sustenta el algoritmo de Viterbi.
- 4:** **R4:** Comprende la necesidad de una adecuada sincronización de frecuencia, fase, símbolo y trama para un funcionamiento correcto de un sistema de comunicaciones digitales.
- 5:** **R5:** Conoce los sistemas básicos de sincronización de frecuencia, fase, símbolo y trama en los sistemas de comunicaciones digitales.
- 6:** **R6:** Comprende la necesidad de la ecualización de canal y conoce las técnicas básicas.
- 7:** **R7:** Conoce los conceptos básicos de cifrado, privacidad y autenticidad de las comunicaciones.
- 7:** **R8:** Comprende los conceptos sobre los que se sustentan las modulaciones digitales multiportadora y las comunicaciones de espectro ensanchado.

## **Introducción**

### **Breve presentación de la asignatura**

La asignatura *Comunicaciones Digitales* es una asignatura Obligatoria dentro de la Formación Común de la Rama de Telecomunicación. La asignatura proporciona al estudiante una visión general de un sistema de comunicaciones digitales, desde aspectos básicos de la teoría de la información a la comprensión de los bloques más importantes como la codificación de canal, el sincronismo o la ecualización. También se estudian otros aspectos importantes como la seguridad en las comunicaciones o los sistemas multiportadora y de espectro ensanchado, ampliamente utilizados en la actualidad. Además se estudia la interacción de los parámetros de cada bloque y su optimización en función de los recursos disponibles. La asignatura combina tanto aspectos teóricos como prácticos, así que se complementarán los conceptos teóricos con un conjunto de prácticas de laboratorio y trabajos en grupo.

---

La asignatura consta de 6 créditos ECTS, que se distribuyen en sesiones presenciales teóricas, clases de problemas, prácticas de laboratorio y trabajos prácticos en grupo.

---

## **Contexto y competencias**

---

# **Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura**

## **La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

La asignatura Comunicaciones Digitales plantea el conocimiento y la compresión de los diferentes bloques que integran un sistema de comunicaciones digitales. Los objetivos principales de la asignatura son alcanzar los resultados del aprendizaje expuestos previamente y la adquisición de competencias enumeradas en esta guía.

### **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

La asignatura Comunicaciones Digitales proporciona a futuros profesionales en el ámbito de las telecomunicaciones las metodologías básicas para comprender los aspectos fundamentales y bloques básicos de un sistema de comunicaciones digitales. Partiendo de una introducción a la teoría de la información y la codificación de fuente, se van estudiando aspectos importantes de un sistema de comunicaciones digitales como la codificación de canal,

La asignatura se apoya fuertemente en asignaturas previas como Teoría de la Comunicación, como se ha comentado en el apartado de recomendaciones para cursar la asignatura. La asignatura a su vez contiene conceptos básicos para otras asignaturas de la titulación en varios de sus itinerarios.

### **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:** • **C4:** Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- 2:** • **C5:** Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano.
- 3:** • **C6:** Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma.
- 4:** • **C9:** La gestión de la información, manejo y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería
- 5:** • **C10:** Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- 6:** • **C11:** Aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería.
- 7:** • **CRT1:** Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.
- 8:** • **CRT2:** Utilizar aplicaciones de comunicación e informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación y electrónica.
- 9:** • **CRT3:** Utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica.
- 10:** • **CRT4:** Analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones.
- 11:** • **CRT5:** Evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital.

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

La adquisición de las competencias y habilidades propuestas en la asignatura Comunicaciones Digitales, así como la comprensión de los conceptos teóricos, es totalmente imprescindible para el ejercicio de las competencias de un graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación. Todo el conjunto de capacidades adquiridas en esta asignatura será de gran utilidad para su formación.

Los conceptos y técnicas desarrollados y la formación práctica recibida en esta asignatura facilitarán la comprensión de los bloques integrantes de un sistema de comunicaciones digitales y le proporcionará la base para profundizar en aspectos más detallados de los mismos en asignaturas posteriores del plan de estudios.

---

## Evaluación

---

### Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**

**E1: Prácticas de laboratorio**

Las prácticas de laboratorio de la asignatura constituyen el 15% de la calificación final. Su evaluación se realizará a partir de los informes aportados por los alumnos y de la actitud y el rendimiento en el laboratorio, que será evaluado de forma continua.

**2:**

**E2: Trabajo tutorizado**

Los trabajos tutorizados representan el 20% de la calificación final. En la calificación se valorará la capacidad analítica y crítica del alumno para estudiar un problema o aspectos concretos en un sistema de comunicaciones digitales, haciendo uso de las herramientas teóricas y prácticas aprendidas en la asignatura. Además se evaluará la originalidad de las soluciones, la capacidad para trabajar en grupo, la habilidad para coordinar el trabajo y de transmitir la información relevante de forma oral y escrita, ya que el trabajo realizado se presentará a través de un informe común al grupo y de una presentación oral.

**3:**

**E3: Examen final**

El examen final consistirá en una prueba escrita que representa el 65% de la calificación final. La prueba se divide en dos partes:

- **E3.1:** Cuestiones teórico-prácticas: 30% de la nota total y duración estimada 1h30
- **E3.2:** Problemas prácticos: 35% de la nota total y duración estimada 2h.

El alumno ha de obtener una nota promedio de al menos 4.5 sobre 10 en la nota total del examen para superar la asignatura.

Se dispondrá de una prueba global en cada una de las convocatorias establecidas a lo largo del curso. Las fechas y horarios vendrán determinadas por la Escuela.

**4:**

#### **E4: Exámenes parciales:**

Durante el curso se dispondrá de dos pruebas escritas con cuestiones teórico-prácticas que equivaldrán al 15% de la nota cada una y que liberarán la parte correspondiente en el examen final (**E3.1**), si el alumno lo desea. La nota final correspondiente a esta parte será la última evaluada, por lo tanto, si se opta por realizar el examen final completo, se perderá la nota obtenida en estas calificaciones parciales. La duración aproximada de las mismas será de 45 minutos.

---

## **Actividades y recursos**

---

### **Presentación metodológica general**

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

**M1. Clases magistrales participativas** (40 horas). Exposición por parte del profesor de los principales contenidos de la asignatura, combinada con la participación activa del alumnado. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial. Esta metodología, apoyada con el estudio individual del alumno (M14) está diseñada para proporcionar a los alumnos los fundamentos teóricos del contenido de la asignatura.

**M8: Prácticas de aula** (10 horas) en las que se realizan resolución de problemas y casos prácticos propuestos por el profesor de los fundamentos presentados en las clases magistrales, con posibilidad de exposición de los mismos por parte de los alumnos de forma individual o en grupos autorizada por el profesor. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial.

**M9: Prácticas de laboratorio** (10 horas). En las que los alumnos realizarán 5 sesiones de prácticas de 2 horas de duración en los Laboratorio de Señales y Sistemas 2.02 del Edificio Ada Byron. En grupos pequeños, se realizan una serie prácticas en las cuales se conocerán los bloques principales del sistema de comunicaciones digitales que permitan consolidar el conjunto de conceptos teóricos desarrollados a lo largo de las clases magistrales. Esta actividad se realizará en el Laboratorio de forma presencial.

**M4: Trabajos prácticos tutorados** (14 horas). Realización de un trabajo práctico en grupo y tutorizado por el profesor, basado en los contenidos de la asignatura.

**M10: Tutoría.** Horario de atención personalizada al alumno con el objetivo de revisar y discutir los materiales y temas presentados en las clases tanto teóricas como prácticas.

**M11: Evaluación.** Conjunto de pruebas escritas teórico-prácticas y presentación de informes o trabajos utilizados en la evaluación del progreso del estudiante. El detalle se encuentra en la sección correspondiente a las actividades de evaluación

### **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

La distribución en unidades temáticas de la teoría de la asignatura será la siguiente:

### **TEMA 1. ASPECTOS BÁSICOS DE LA TEORÍA DE LA INFORMACIÓN Y CODIFICACIÓN DE FUENTE**

- 1.1. Medida de la Información, Entropía, Capacidad de Canal.
- 1.2. Codificación de Fuentes Discretas
- 1.3. Codificación de Fuentes Analógicas.
  - 1.3.1. Codificación lineal y logarítmica
  - 1.3.2. Codificación diferencial.

### **TEMA 2. CODIFICACIÓN DE CANAL**

#### **2.1. CONCEPTOS BÁSICOS**

- Redundancia estructurada
- Ganancia de Código.

#### **2.2. CÓDIGOS BLOQUE**

- Matriz Generadora
- Proceso de Decodificación
- Códigos Cíclicos.
- Capacidad de detección y de corrección.
- Decisión Hard y Soft.

#### **2.2. CÓDIGOS CONVOLUCIONALES**

- Principio Básico y propiedades
- Decodificación de Máxima Verosimilitud (Algoritmo de Viterbi)

### **TEMA 3. SINCRONIZACIÓN EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES DIGITALES**

- 3.1. Sincronización de Portadora
- 3.2. Sincronización de Símbolo
- 3.3. Sincronización de Trama

### **TEMA 4. ECUALIZACIÓN DE CANAL**

- 4.1. Conceptos Básicos de Ecualización
- 4.2. Tipos de Ecualización
  - Ecualización lineal

Forzador de Ceros

Mínimo Error Cuadrático Medio

Ecualización No lineal

## **TEMA 5. CIFRADO DE LA INFORMACIÓN**

5.1. Conceptos Básicos.

5.2. Métodos de Cifrado en Bloque

Cifrado en Clave Privada

Cifrado en Clave Pública

5.3. Métodos de Cifrado en flujo

5.4. Aspectos prácticos de los sistemas de cifrado: PGP, PKI.

## **TEMA 6. MODULACIONES MULTIPULSO**

6.1. Modulaciones Multiportadora

6.2. Modulaciones de Espectro Ensanchado

6.3. Sistemas de Acceso Múltiple

### **Prácticas de Laboratorio:**

Esta actividad se realizará de forma presencial en un aula informática. Comprenderá 5 sesiones de 2 horas de duración cada una de ellas. Los alumnos presentarán posteriormente un informe escrito que recogerá las principales conclusiones del trabajo realizado.

### **Trabajos tutorizados**

Los trabajos tutorizados se basarán en la comprensión, desarrollo e implementación de partes de un sistema de comunicaciones digitales propuestas por el profesor. Será realizado mediante un trabajo en grupo que incluirá la necesidad de coordinación y será evaluado mediante un informe escrito y una presentación oral.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

El calendario de la asignatura, tanto de las horas presenciales, como las sesiones de laboratorio estará definido por el centro en el calendario académico del curso correspondiente.

## **Bibliografía y Recursos**

### **Bibliografía Recomendada**

- Carlson, A. B., "Communication Systems", Fourth Edition. McGraw-Hill, 2002.
- Sklar, B. "Digital Communications: Fundamentals and Applications", New Jersey, Prentice-Hall 2nd Edition 2001.

- Proakis, J.G., "Digital Communications" Singapore. McGraw-Hill 4th Edition 2001.
- Proakis, J.G., Salehi, M. "Communication System Engineering", Second Edition, Prentice-Hall, 2002.
- Artés, A. y Pérez, F., "Comunicaciones Digitales", Pearson Prentice Hall. 2007.
- Haykin, S. "Digital Communications", Singapore. McGraw-Hill 1988.

Se utilizarán los soportes digitales facilitados por la Universidad de Zaragoza para proporcionar materiales de seguimiento de la asignatura a los alumnos matriculados.

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- 1. Carlson, A. Bruce. Communication systems : an introduction to signals and noise in electrical communication / A. Bruce Carlson . - 3rd ed New York : McGraw-Hill, cop.1986
- 2. Sklar, Bernard. Digital communications : fundamentals and applications / Bernard Sklar . - 2nd ed., repr. with corr. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice-Hall PTR, 200
- 3. Proakis, John G.. Digital Communications / John G. Proakis . - 4th ed., International ed. Boston [etc.] : McGraw-Hill, 2001
- 4. Proakis, John G.. Communication systems engineering / John G. Proakis, Masoud Salehi Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall, cop. 1994
- 5. Artés Rodríguez, Antonio. Comunicaciones digitales / Antonio Artés Rodríguez, Fernando Pérez González Madrid : Pearson Educación, D. L. 2007
- 6. Haykin, Simon Saher. Digital communication / Simon Haykin S. New York : John Wiley & Sons, 1988