

# **Máster en Ingeniería de Telecomunicación**

## **60930 - Sistemas de radiolocalización y satélites**

**Guía docente para el curso 2015 - 2016**

**Curso: , Semestre: , Créditos: 5.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **Pedro Luis Carro Ceballos** [plcarro@unizar.es](mailto:plcarro@unizar.es)
- **Carlos David Heras Vila** [cdheras@unizar.es](mailto:cdheras@unizar.es)

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

Conocer y utilizar los mecanismos y modelos básicos asociados a la propagación de ondas electromagnéticas en entorno terrestre.

Conocer y manejar adecuadamente los parámetros básicos de antenas como la Directividad, diagrama de radiación y ancho de haz de una antena así como polarización de una antena, temperaturas y factores de ruido...

Conocer y manejar adecuadamente los conceptos básicos de tratamiento y caracterización de las señales deterministas y aleatorias, concretamente las modulaciones analógicas y digitales, conversión analógico-digital, herramientas como la transformada de Fourier, la autocorrelación y correlación cruzada entre señales, filtrado adaptativo y conceptos tan básicos como los decibelios y el ancho de banda.

Conocer el funcionamiento básico de los receptores RF y puntualmente de algunos circuitos de Alta frecuencia sencillos (divisores, acopladores, circuladores...).

Conocer los aspectos básicos de Álgebra lineal y Geometría afín Euclídea, así como los fundamentos de la Cinemática y Dinámica del punto material, del Sólido Rígido y de Gravitación.

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

La asignatura se imparte en el segundo semestre del primer curso de la titulación con un total de 5 créditos ECTS. Las actividades principales de la misma se dividen en clases teóricas, resolución de problemas o supuestos prácticos en clase, prácticas de laboratorio y trabajos tutelados. Esta distribución tiene como objetivo fundamental facilitar la comprensión y asimilación de todo aquel conjunto de conceptos que permitan cubrir las competencias a adquirir por esta asignatura y su relación con las telecomunicaciones. Por último existirá una prueba global dividida en dos partes. Un examen final de evaluación de los contenidos teórico/prácticos, en el que se evaluará el nivel de comprensión de los conceptos teóricos y la competencia en la resolución de problemas o supuestos prácticos, y un examen final de evaluación de los contenidos tratados en las prácticas de laboratorio y en los trabajos tutelados. Esta prueba global, junto con la evaluación continua de los mencionados trabajos tutelados y las prácticas de laboratorio, constituye la evaluación de la asignatura. Para más detalles relativos al sistema de evaluación consultar el apartado destinado para tal fin en esta guía docente.

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 diversas actividades a desarrollar se harán públicas una vez que la Universidad y la Escuela hayan aprobado el calendario académico.

---

## Inicio

---

## Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

**1:**

- Comprende y utiliza los parámetros básicos que describen las características de los sistemas de comunicaciones vía satélite así como los subsistemas que los integran.
- Conoce los conceptos básicos de los sistemas de radionavegación por satélite y de mecánica orbital.
- Conoce los conceptos básicos de los sistemas de radionavegación terrestres (basados en radiofaros y sistemas hiperbólicos).
- Conoce la arquitectura de los sistemas de navegación satelitarios (GPS, sistemas de aumento y Galileo) en sus tres segmentos: espacial, de control y de usuario, los servicios ofrecidos, la estructura de las señales utilizadas y los fundamentos matemáticos que permiten calcular la posición del usuario.
- Comprende y utiliza los parámetros básicos que describen las características de los sistemas radar, así como sus aplicaciones.
- Comprende y utiliza los parámetros básicos que describen el funcionamiento de las técnicas de radar pulsado y de onda continua, así como sus aplicaciones.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura se enmarca dentro de la materia “Señales y Comunicaciones”, que engloba otras cuatro asignaturas obligatorias, con las cuales guarda relación. Tiene como las anteriores, carácter obligatorio.

La asignatura consta de 5 créditos ECTS, que se distribuyen en sesiones presenciales de clases teóricas, clases de problemas, prácticas de laboratorio, trabajos prácticos tutelados, actividades de trabajo personal del estudiante y sesiones de evaluación.

Se pretende dar al estudiante una visión especializada en los aspectos más relevantes en sistemas de radionavegación, radar y satélite, en la organización de sus arquitecturas con especial énfasis en los subsistemas de comunicaciones y en los algoritmos, modelos y métodos básicos que intervienen en los procesos de diseño e integración de las tecnologías de radiolocalización y las comunicaciones vía satélite.

Esta asignatura permitirá al alumno conocer y entender los principios básicos de los sistemas radar de onda continua y radar de onda pulsado. Se estudiarán qué tipos de radares existen, así como las características que deben tener en función de la aplicación. Se analizarán las señales que se emplean, las técnicas de captación y detección de las mismas, así como los métodos de procesado de señal más comunes en este tipo de sistemas. Además, se estudiarán con más detalle el funcionamiento de algunos radares de características especiales.

En lo referente a las Comunicaciones vía satélite, se pretende introducir al alumno en estas tecnologías de transmisión de la información resaltando las diferencias con respecto a otros sistemas: cobertura y capacidad, complejidad y coste de los equipos que forman parte del segmento espacial, control y de usuario y el diseño de sus aspectos tecnológicos más elementales (cálculo de cobertura en función de la posición orbital y número de satélites, dimensionamiento del enlace, antenas, transmisores y receptores, modulaciones, acceso al medio,....).

Complementando a los sistemas radar existen los sistemas específicos orientados a la navegación y guía, en los que es el usuario el que pretende identificar su posición. En este bloque se estudiarán los principios básicos de localización utilizando ondas electromagnéticas, ya sean provenientes de emisores o balizas terrestres o de satélites, los algoritmos básicos de

determinación y los métodos de corrección y compensación para minimizar el error en función del origen de las señales que se utilizan para la identificación. Se incidirá especialmente en la capacidad de modelado matemático, cálculo y simulación de las prestaciones de las diferentes filosofías de radiodeterminación correspondientes a los sistemas de radionavegación de uso e implantación actuales.

---

## **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:**

El objetivo general de esta asignatura es que el alumno conozca los elementos, modelos y métodos de análisis y diseño de los sistemas de radiolocalización y satélite actuales, partiendo de los conocimientos adquiridos en las materias propias del Máster, y con el objetivo de desarrollar las capacidades fundamentales para profundizar y extender esos métodos a las numerosas aplicaciones que estas técnicas tienen en el ámbito de la Ingeniería de Telecomunicación.

En el contexto de los sistemas radar se pretende que el alumno comprenda los principios básicos de los sistemas radar de onda continua y radar de onda pulsado, que comprenda las características que deben tener los sistemas radar actuales en función de la aplicación, que sea capaz de analizar y diseñar las señales que se emplean, las técnicas de captación y detección de las mismas, así como los métodos de procesado de señal más comunes en este tipo de sistemas.

En lo referente a los Sistemas de comunicaciones vía satélite y sistemas de radionavegación, se pretende que el alumno entienda su topología en base a los principios físicos y matemáticos necesarios para la transmisión de la información o para la determinación de la posición según el caso, y que comprenda las limitaciones y las dificultades de la implementación con dispositivos reales, que además debe ser capaz de dimensionar adecuadamente atendiendo a la aplicación y a los diferentes entornos en los que funcionan estos sistemas: entorno espacial o entorno terrestre.

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

La asignatura tiene una gran relevancia en lo que compete a las aplicaciones de la Ingeniería de Telecomunicación en el sector Aeroespacial y en los sistemas de comunicaciones móviles y radiodifusión de última generación.

Forma parte de la materia denominada “Señales y Comunicaciones”, que cubre competencias obligatorias dentro de la titulación del máster en Ingeniería de Telecomunicación.

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura aportan una dimensión pragmática a las asignaturas Tratamiento de Señal para Comunicaciones, Comunicaciones Avanzadas, Diseño de Sistemas de Radiocomunicaciones y Sistemas de Transmisión Óptica y de Alta Frecuencia, que forman parte de la misma materia proporcionando al alumno el conjunto de todas ellas, la visión global que éste necesita sobre las señales y comunicaciones de las tecnologías de telecomunicación.

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

**1:**

CB6 Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CB7 Los estudiantes sabrán 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 Los estudiantes serán 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 Los estudiantes sabrán 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 Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG1 Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación.

CG4 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 multidisciplinares afines.

CG7 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.

CG11 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.

CG12 Poseer habilidades para el aprendizaje continuado, autodirigido y autónomo.

CE2 Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación.

CE3 Capacidad para implementar sistemas por cable, línea, satélite en entornos de comunicaciones fijas y móviles.

CE5 Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.

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

La comprensión de los sistemas de radiolocalización y de satélites es imprescindible para el ejercicio de las competencias de un ingeniero de telecomunicación, por lo que las capacidades adquiridas en esta asignatura serán de gran utilidad para su formación.

Igualmente, adquiere gran importancia la formación recibida en los trabajos tutelados realizados a lo largo del curso, pues promueven la aplicación práctica de los contenidos teóricos en los que se sustenta la asignatura y el análisis crítico de los resultados obtenidos tanto en campo como en simulaciones de las señales detectadas.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

**1:**

El alumno dispondrá de una prueba global en cada una de las convocatorias establecidas a lo largo del curso. Las fechas y horarios de las pruebas vendrán determinadas por la Escuela. La calificación de dicha prueba se obtendrá de la siguiente forma:

- Un examen final (EF) formado por una parte teórica y una segunda parte de problemas o supuestos prácticos. Este examen tendrá un peso del 75% de la nota global, puntuada de 0 a 10 puntos. Se trata de una prueba escrita que puede incluir tanto la resolución de problemas como preguntas teóricas y prácticas. Mediante esta prueba se evalúan todos los resultados de aprendizaje definidos para la asignatura.

Para superar la asignatura es necesaria una puntuación mínima de 4,5 puntos sobre 10 en esta prueba.

- Un conjunto de prácticas y trabajos tutelados cuyo peso sobre la nota global es de un 25% (10% prácticas de laboratorio (PL), 15% trabajo tutelado con tutoría en grupo (TT)).

**TT:** Trabajos tutelados (15%). Puntuación de 0 a 10 puntos. Los trabajos tutelados que deberán ser llevados a cabo por cada alumno durante el curso serán evaluados a través de las memorias presentadas por los alumnos y de las sesiones de seguimiento en las que el alumno expondrá de forma oral el trabajo realizado y responderá a las cuestiones que se le planteen por parte del profesor.

**PL:** Prácticas de laboratorio (10%). Puntuación de 0 a 10 puntos. Las prácticas de laboratorio que deberán ser llevados a cabo por cada alumno durante el curso serán evaluados a través de las memorias presentadas por los alumnos y/o de forma oral.

La obtención de una calificación igual o superior a 4,5 puntos tanto en TT como en PL eximirá al alumno de realizar las pruebas finales prácticas. Los alumnos que no alcancen esta calificación deberán realizar la prueba final de trabajos tutelados y/o la prueba final de prácticas de laboratorio. Para aprobar la asignatura se requieren 5 puntos sobre 10 en la nota final. En resumen, la nota final se calculará mediante la siguiente expresión:

$0,75 \times EF + 0,15 \times TT + 0,1 \times PL$  siempre que se cumplan las tres condiciones siguientes:

$$(0,75 \times EF + 0,15 \times TT + 0,1 \times PL) \geq 5 \text{ y } EF \geq 4,5 \quad TT \geq 4,5 \quad PL > 4,5$$

Si no se cumplen las condiciones anteriores, en la nota final figurará suspenso, con la calificación numérica obtenida a partir de la expresión:

$$\min ((0,75 \times E1A + 0,15 \times EB + 0,1 \times EC), 4,5).$$

Las notas TT y PL obtenidas en la evaluación continua se mantendrán para su cómputo en la siguiente convocatoria del mismo año académico. No se guardarán las notas de la prueba final de la primera convocatoria para la segunda convocatoria.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

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

Las metodologías de enseñanza-aprendizaje que se realizarán para conseguir los resultados de aprendizaje propuestos son las siguientes:

**Clase magistral participativa.** 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 está diseñada para proporcionar a los alumnos los fundamentos teóricos del contenido de la asignatura.

**Clases de problemas en el aula.** Resolución de problemas y casos prácticos propuestos por el profesor, 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, y puede exigir trabajo de preparación por parte de los alumnos.

**Realización de trabajos de prácticas de laboratorio.** Esta actividad es presencial, de carácter obligatorio, y permitirá avanzar en todos los resultados de aprendizaje propuestos.

**Realización de trabajos prácticos tutelados.** Esta actividad no presencial, de carácter obligatorio, permitirá avanzar en todos los resultados de aprendizaje propuestos. Se realizarán sesiones de seguimiento por parte del profesor en las que cada alumno presentará el trabajo realizado.

Atención personalizada al alumno a través de las tutorías

**Pruebas de evaluación.** Conjunto de pruebas teórico-prácticas y presentación de informes o cuestionarios utilizados en la evaluación del progreso del estudiante. El detalle de la evaluación 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:**

- 1.- Sesiones teórico/prácticas en el aula, cuyos contenidos principales se organizan en las siguientes unidades temáticas:

### **Bloque 0. Introducción.**

- Presentación de la asignatura.
- Conocimientos básicos requeridos

### **Bloque I. Sistemas de Comunicaciones por Satélite.**

- Fundamentos de Mecánica Orbital y Geodesia.
- Subsistemas de Satélite y entorno espacial.
- Canal y cálculo del Enlace.
- Técnicas de Comunicación en Sistemas de Comunicaciones vía satélite: capa física y Acceso Múltiple.

### **Bloque II. Sistemas de Radiolocalización.**

- Sistemas de coordenadas y proyección para sistemas de radiolocalización. Métodos matemáticos de estimación de la posición.
- Sistemas de radionavegación direccional e hiperbólicos: sistemas terrestres.
- Sistemas GNSS.

### **Bloque III. Sistemas Radar.**

- Introducción al radar.
- Conceptos y tecnologías básicas de los sistemas radar: pulsados y onda continua
- Interferencia del entorno y su tratamiento
- Técnicas radar avanzadas

**2.-** Trabajo práctico de laboratorio consistente en modelado matemático, cálculo y simulación de alguna de las fases de las que consta el diseño de sistemas de radionavegación y desarrollo de sistemas por satélite.

**3.-** Trabajo práctico tutelado que consiste en un trabajo de simulación de un subsistema de un radar a elegir entre varios propuestos, comparar los resultados de la simulación con lo que predice la teoría, y extraer conclusiones. Además de la correcta simulación y respuesta a las preguntas planteadas, se valorará la interpretación de los resultados y las conclusiones extraídas, así como la presentación oral en clase.

## **Planificación y calendario**

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

El calendario de la asignatura, en concreto las horas presenciales en aula (46 horas), estará definido por el centro en el calendario académico del curso correspondiente.

Las fechas para la realización y seguimiento de los trabajos prácticos y otras actividades programadas se indicarán con suficiente antelación por parte del profesor.

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Edde, Byron. Radar : Principles, technology, applications / Byron Edde Englewood Cliffs : Prentice-Hall, cop. 1993
- Evans, B.G.. Satellite Communications systems / B.G. Evans. - 3rd ed. The Institution of Engineering and Technology (IET), London, United Kingdom.
- Forsell, J. Borje. Radionavigation systems / ] Börje Forsell Artech House, 2008
- Gleason, S.. GNSS Applications and Methods / S. Gleason, D. Gebre-Egziabher Artech House, 2009
- Gordon, G.D.. Principles of communications satellites / G.D. Gordon, W.L. Morgan New York: Wiley, 1993
- Grewal, M.S.. Global Navigation Satellite Systems, Inertial Navigation, and Integration / M. S Grewal, A. P. Andrews, C. G. Bartone. - 3rd ed. Wiley-Interscience, 2013
- Hofmann-Wellenhof, B.. GNSS - Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more / B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger Springer Verlag, 2007
- Ippolito, Louis J.. Satellite Communications Systems Engineering / Louis J. Ippolito, Jr. JohnWiley & Sons Ltd, 2008
- Levanon, Nadav. Radar principles / Nadav Levanon New York [etc.] : John Wiley & Sons, cop. 1988
- Maral, Gérard. Satellite communications systems : systems, techniques and technology / Gérard Maral, Michel Bousquet . 4th ed., repr. with corr. Chichester (England) : John Wiley & Sons, 2007
- Principles of modern radar / edited by Jerry L. Eaves and Edward K. Reedy New York : Van Nostrand Reinhold, cop. 1987
- Roddy, J.D. Satellite Communications / ] D. Roddy. . - 4th ed. Editorial McGraw Hill, 2006
- Skolnik, Merrill I.. Introduction to radar systems / Merrill I. Skolnik . - 2nd ed., international ed. Aukland [etc.] : McGraw-Hill, 1981
- Understanding GPS : principles and applications / Elliot D. Kaplan, editor Boston [etc.] : Artech House, cop. 1996