

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	SISTEMAS DE RADIONAVEGACIÓN		
<b>Materia</b>	SEÑALES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES		
<b>Módulo</b>	MATERIAS ESPECÍFICAS DE LA MENCIÓN EN TELEMÁTICA		
<b>Titulación</b>	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	512	<b>Código</b>	46669
<b>Periodo de impartición</b>	1 <sup>er</sup> CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	4º
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	MARÍA GARCÍA GADAÑÓN CARLOS GÓMEZ PEÑA JESÚS POZA CRESPO		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 983 423000 ext. 3983 / ext. 3981 / ext. 5569 E-MAIL: margar@tel.uva.es, cargom@tel.uva.es, jespoz@tel.uva.es		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

La navegación marítima, terrestre y aérea se apoya generalmente en diferentes sistemas de ayuda a la navegación y radiodeterminación. La evolución de estos sistemas ha sido muy rápida en las últimas décadas, tratando de cubrir necesidades de precisión cada vez más exigentes y adecuándose a la demanda de nuevos servicios de comunicación y posicionamiento. Por lo tanto, es necesario formar profesionales en este área que conozcan los sistemas de radiodeterminación empleados en el pasado, los que se emplean en el presente y los que están en periodo de desarrollo y que, probablemente, jugarán un papel muy importante en los sistemas de navegación del futuro. Es en dicho contexto donde se enmarca la asignatura “Sistemas de Radionavegación”.

Así pues, el alumno deberá adquirir unos conocimientos básicos sobre diferentes sistemas de navegación por satélite empleados en el pasado y en la actualidad, sistemas de navegación por radiofaros y sistemas de aproximación y aterrizaje. Esto debería ser una sólida base sobre la que se asentaran otras competencias que debe adquirir el estudiante, incluyendo la capacidad de analizar diferentes sistemas de radiodeterminación, su importancia y tendencias de futuro, y para utilizar y simular determinadas características de los sistemas estudiados.

### 1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está especialmente relacionada con “Teoría de la Comunicación”, pues dicha asignatura proporciona los conocimientos básicos sobre la caracterización y simulación de sistemas de comunicaciones analógicos y digitales.

### 1.3 Prerrequisitos

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, aunque sí recomendaciones lógicas que el alumno debería tener en cuenta. Es recomendable haber cursado la materia “Fundamentos de Comunicaciones” del “Bloque de Materias Básicas”.

Para la evaluación del aprendizaje de esta asignatura el alumno acepta utilizar los mecanismos técnicos que constan en esta Guía y aquellos que la Universidad determine y/o facilite.



## 2. Competencias

### 2.1 Generales

- GBE2. Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- GBE3. Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- GBE4. Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- GC1. Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC2. Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

### 2.2 Específicas

- T1. Capacidad para aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.
- T4. Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones.





### 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer el desarrollo de los sistemas de radionavegación desde una perspectiva histórica.
- Comprender el funcionamiento de los sistemas hiperbólicos, así como de los fundamentos de la radiogoniometría.
- Explicar el funcionamiento teórico de diversos sistemas de radiodeterminación por satélite, como GPS, GLONASS, EGNOS y GALILEO.
- Conocer la estructura y funcionamiento de sistemas de navegación por radiofaros como VOR y DME.
- Comprender la arquitectura y modo de operación de dos sistemas de aproximación y aterrizaje: ILS y MLS.
- Resolver problemas básicos relacionados con sistemas de navegación por satélite, sistemas de navegación por radiofaros y sistemas de aproximación y aterrizaje.
- Emplear los receptores GPS disponibles en modo de simulación y de navegación real para la realización de rutas.
- Simular conceptos relacionados con los sistemas de radionavegación empleando la herramienta Matlab®.
- Analizar los resultados prácticos obtenidos y relacionarlos con los elementos básicos de los sistemas estudiados y su principio de funcionamiento.
- Gestionar bibliografía básica relacionada con los sistemas de radiodeterminación y radar.
- Saber comunicar por escrito los resultados obtenidos en las prácticas de la asignatura.
- Manejar software de uso común en ingeniería
- Analizar y diseñar sistemas de radiodeterminación (radiolocalización y radionavegación).
- Realizar cálculos, valoraciones e informes en el ámbito de las Telecomunicaciones.



#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: “Sistemas de radionavegación”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 6

###### a. Contextualización y justificación

Esta asignatura se organiza en un único bloque temático, que cubre los 6 temas de la asignatura. En el primer tema se explican algunos conceptos básicos relacionados con la radiodeterminación y radionavegación, que se emplearán a lo largo del curso. Asimismo, se explicará la evolución histórica de estos sistemas con el fin de contextualizar los contenidos que se estudiarán en los siguientes temas. A continuación, en el Tema 2, se estudiarán algunos de los sistemas precursores de la navegación por satélite y la radionavegación en general. En el Tema 3 se explicarán diversos sistemas de navegación por satélite, incluyendo sistemas que se emplean actualmente y sistemas que se encuentran en fase de desarrollo y que, previsiblemente, tendrán un amplio despliegue en el futuro. En el Tema 4 se estudiarán de forma genérica otros sistemas de navegación por satélite y comunicaciones, que comparten características comunes con los estudiados en el Tema 3, si bien existen también diferencias fundamentales con los mismos. Finalmente, en los Temas 5 y 6 se explicarán sistemas dirigidos a la navegación aérea, incluyendo sistemas de navegación por radiofaros (Tema 5) y sistemas de aproximación y aterrizaje (Tema 6). En estos dos temas se explicarán los sistemas más empleados en navegación aérea civil para estas dos tareas.

###### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer el desarrollo de los sistemas de radionavegación desde una perspectiva histórica.
- Comprender el funcionamiento de los sistemas hiperbólicos, así como de los fundamentos de la radiogoniometría.
- Conocer la estructura y funcionamiento de los sistemas de navegación por satélite GPS, GLONASS, EGNOS y GALILEO.
- Comprender el funcionamiento de los sistemas de navegación por radiofaros VOR y DME.
- Describir la estructura y funcionamiento de dos sistemas de aproximación y aterrizaje: ILS y MLS.
- Aplicar los conocimientos teóricos a la resolución de problemas relacionados con los sistemas anteriormente citados.
- Emplear los receptores GPS disponibles en modo de simulación para conocer su funcionamiento.
- Utilizar los receptores GPS disponibles en modo de navegación real para localizar varios puntos geográficos y realizar rutas guiadas.
- Analizar la información proporcionada por el receptor GPS, junto con la información obtenida de fuentes bibliográficas fiables, para relacionar esta información con los elementos básicos del sistema y su principio de funcionamiento.
- Simular conceptos relacionados con los sistemas de radionavegación empleando la herramienta Matlab®.
- Analizar los resultados obtenidos en las simulaciones prácticas realizadas.
- Gestionar bibliografía básica relacionada con sistemas de radionavegación.





- Saber comunicar por escrito los resultados obtenidos en la práctica con los receptores GPS y en la práctica con la herramienta Matlab®, relacionándolos con los conceptos teóricos estudiados en la asignatura y en la bibliografía.

### c. Contenidos

#### **TEMA 1: Introducción a los sistemas de radionavegación.**

- 1.1 Definición de los sistemas de radionavegación
- 1.2 Evolución histórica
- 1.3 Elementos de un sistema de navegación por satélite
- 1.4 Resumen

#### **TEMA 2: Sistemas hiperbólicos. Radiogoniometría.**

- 2.1 Sistemas hiperbólicos: definición y principio de funcionamiento
- 2.2 Técnicas para determinar el ángulo de incidencia de una señal. Radiogoniometría
- 2.3 Resumen

#### **TEMA 3: Sistemas de navegación por satélite**

- 3.1 Introducción
- 3.2 Constitución de un sistema de navegación por satélite
- 3.3 Sistemas GPS y GPS diferencial (DGPS)
- 3.4 Sistema GLONASS. Integración GPS-GLONASS
- 3.5 Sistemas EGNOS y GALILEO
- 3.6 Resumen

#### **TEMA 4: Sistemas de radiodeterminación por satélite (RDSS)**

- 4.1 Introducción
- 4.2 Principio de funcionamiento
- 4.3 Errores en los sistemas de radiodeterminación por satélite
- 4.4 Resumen

#### **TEMA 5: Sistemas de navegación por radiofaros**

- 5.1 Introducción
- 5.2 Sistemas VOR
- 5.3 VOR Doppler
- 5.4 Equipo medidor de distancias DME/N
- 5.5 Equipo medidor de distancias de precisión DME/P
- 5.6 Resumen

#### **TEMA 6: Sistemas de aproximación y aterrizaje**

- 6.1 Introducción
- 6.2 Sistema ILS. Estructura y principio de funcionamiento
- 6.3 Sistema MLS. Estructura y principio de funcionamiento
- 6.4 Comparación entre los sistemas ILS y MLS
- 6.5 Resumen

#### **PRÁCTICA 1: Realización de rutas con GPS**

#### **PRÁCTICA 2: Simulación de conceptos relacionados con los sistemas de radionavegación empleando Matlab®**



#### **d. Métodos docentes**

---

- Clase magistral participativa.
- Resolución de problemas en las prácticas de aula.
- Resolución de problemas en seminarios, donde los alumnos serán guiados por el profesor.
- Estudio de casos mediante prácticas de laboratorio.

#### **e. Plan de trabajo**

---

Véase el Anexo I.

#### **f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas, incluyendo la resolución de actividades propuestas a través del Campus Virtual.
- Resolución de problemas en los seminarios.
- Informes realizados por los alumnos sobre la Práctica 1.
- Revisión de la resolución de la Práctica 2 e informe realizado por los alumnos con los principales resultados obtenidos en dicha práctica.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

#### **g Material docente**

---

##### **g.1 Bibliografía básica**

---

- E. Kaplan, *Understanding GPS: Principles and Applications*, Artech House, 1996.
- B. Forssell, *Radionavigation Systems*, Prentice-Hall, 1991.

##### **g.2 Bibliografía complementaria**

---

- F. Pérez-Martínez, *Sistemas de navegación por satélite*, Dpto. Publicaciones. Universidad Politécnica de Madrid, 1995.
- F. Pérez-Martínez, *Sistemas de aproximación y aterrizaje*, Dpto. Publicaciones. Universidad Politécnica de Madrid, 1993.
- A. El-Rabbani, *Introduction to GPS*, Artech House, 2002.
- R. Aran Escuer y J. R. Aragoneses Manso, *Sistemas de navegación aérea*, Paraninfo, 1983.

##### **g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)**

---

Todos los recursos telemáticos necesarios para cursar la asignatura se enlazarán a través de la página de la asignatura en el Campus Virtual.



## h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Documentación de apoyo.
- Pizarra, ordenador y cañón de proyección en las aulas para las clases magistrales participativas y las clases de problemas.
- Aula de seminarios, con posibilidad de ser reconfigurada para el trabajo en grupo.
- Seis receptores GPS eTrex H® de Garmin™ para la realización de la primera práctica.
- Espacio para realizar la primera práctica, que puede ser un laboratorio o un aula de seminario.
- Laboratorio con veinte ordenadores, sistema operativo Windows y licencia de Matlab®, para la realización de la Práctica 2 de laboratorio. Será necesario también disponer de una pizarra en el laboratorio para que el profesor pueda aclarar los conceptos generales a los alumnos.
- Entorno de trabajo en la plataforma *Moodle* ubicado en el Campus Virtual de la UVa.
- Acceso a revistas científicas y técnicas cuya temática esté relacionada con los sistemas de navegación por satélite, a través de la Biblioteca de la UVa.

En este bloque se utilizan herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. En caso de un transcurso normal de la docencia estarán disponibles las aulas informáticas del centro. En caso de una afección por medidas sanitarias especiales, el alumno debe contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.

## i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
6 ECTS	Semanas 1 a 15





## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

A lo largo de la asignatura se emplearán los siguientes métodos docentes para conseguir que los alumnos adquieran las competencias indicadas en el Apartado 2:

- a. Teoría. Se combinarán las explicaciones de los profesores, el debate en clase y la consulta de recursos bibliográficos (libros, artículos, etc.), con la realización de tutorías individuales o en grupo para explicar y discutir los contenidos más complejos de la asignatura. Esta parte de la asignatura se abordará fundamentalmente mediante estudio/trabajo personal, si bien durante las tutorías de cada tema se podrán analizar diversos aspectos teóricos de especial relevancia o dificultad. Se desarrollarán fundamentalmente competencias relacionadas con: la capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas (GBE2); y la capacidad para aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas (T1).
- b. Seminarios. En los seminarios de la asignatura se abordará el estudio de casos y resolución de problemas relacionados con los sistemas de ayuda a la navegación abordados en la asignaturas. Los alumnos trabajarán en grupos pequeños. Se desarrollarán competencias relacionadas con: resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (GBE3); la capacidad de abordar problemas mediante razonamiento, análisis y síntesis, la organización, planificación y gestión del tiempo (GC1); y la comunicación de información de forma oral y escrita (GC2).
- c. Laboratorio. Las prácticas de laboratorio complementan los contenidos teóricos tratados en cada uno de los temas de la asignatura. En ellas, se utilizará equipamiento y herramientas software específicas para comprender mejor el funcionamiento de algunos sistemas de navegación por satélite, sistemas de navegación por radiofaros y sistemas de aproximación y aterrizaje. Los alumnos trabajarán en grupo, respetando las medidas de distanciamiento social, con el fin de desarrollar competencias relacionadas con: la organización, planificación y gestión del tiempo (GC1); la capacidad de analizar y especificar parámetros fundamentales de las técnicas estudiadas, diseñar y realizar experimentos, y analizar e interpretar datos (GBE4, T4); y la comunicación de información de forma oral y escrita (GC2).

**6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura**

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	25	Estudio de los contenidos teóricos	50
Clases prácticas de aula (A)	10	Estudio y trabajo autónomo grupal	10
Laboratorios (L)	15	Realización de prácticas	15
Prácticas externas, clínicas o de campo	0	Búsqueda y organización de información	2
Seminarios (S)	10	Escritura de informes	12
Tutorías grupales (TG)	0	Presentación de resultados	1
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	0		
<b>Total presencial</b>	<b>60</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>90</b>
<b>TOTAL presencial + no presencial</b>			<b>150</b>

<sup>(1)</sup> Actividad presencial a distancia es aquella en la que un grupo de alumnos sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

**7. Sistema y características de la evaluación**

Criterio: cuando al menos el 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en normalidad, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la guía docente. Se recomienda la evaluación continua ya que implica minimizar los cambios en la agenda.

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Resolución en grupo de problemas planteados en los seminarios	10%	Estas actividades requieren la asistencia del alumno. Se evaluará la resolución de varios problemas planteados en la asignatura. Con esta actividad se pretende evaluar la capacidad de los alumnos para aplicar los conceptos vistos en la asignatura, relacionar las ideas expuestas en los distintos temas.  Será condición necesaria (pero no suficiente) que los alumnos obtengan una calificación mínima de 0.3 puntos (sobre un máximo de 1) para superar la asignatura.
Realización de la Práctica 1 de laboratorio (utilización práctica de los receptores GPS) y entrega de los informes correspondientes	15%	Esta actividad requiere la asistencia del alumno. La realización de esta práctica se dividirá en dos partes. En la primera parte, los alumnos se familiarizarán con el receptor GPS en el laboratorio, para lo cual tienen que explorar todas las opciones disponibles y resolver un conjunto de cuestiones planteadas por el profesor. Esta primera parte se evaluará a través de un informe escrito y supondrá el 10% de la nota final de la asignatura.  En la segunda parte, los alumnos realizarán un ejercicio de navegación empleando el receptor GPS en modo de navegación real. Esta segunda parte supondrá el 5% de la nota final.  Será condición necesaria (pero no suficiente) que los alumnos obtengan una calificación mínima de 0.5 puntos (sobre un máximo de 1.5) para superar la asignatura.



Propuesta de solución e informe de la Práctica 2 de laboratorio: simulación de conceptos de sistemas de radionavegación empleando Matlab®	15%	<p>Esta actividad requiere la asistencia del alumno. La Práctica 2 consistirá en emplear Matlab® para simular conceptos relacionados con sistemas de radionavegación.</p> <p>La evaluación de esta segunda práctica se realizará a partir de la revisión por parte del profesor de la resolución propuesta por cada grupo y de un breve informe que recoja los principales resultados obtenidos.</p> <p>Será condición necesaria (pero no suficiente) que los alumnos obtengan una calificación mínima de 0.5 puntos (sobre un máximo de 1.5) para superar la asignatura.</p>
Examen final escrito	60%	<p>Consistirá de una parte teórica y otra parte de problemas, cada una con un peso del 30% de la nota final. Será condición necesaria (pero no suficiente) que los alumnos obtengan una calificación mínima de 1.5 puntos en cada una de las dos partes del examen (sobre un total de 3 puntos en cada parte).</p> <p>En el examen final no se permitirá el uso de ningún material de apoyo distinto a los proporcionados por el profesor.</p>

**CRITERIOS DE CALIFICACIÓN**

- **Convocatoria ordinaria:**  
En el caso de que no se alcancen los mínimos exigidos en la tabla anterior:
  - Si un alumno no alcanza los requisitos mínimos descritos en la tabla anterior, su calificación final en la asignatura será el mínimo entre el valor calculado según la ponderación descrita en la tabla y 4.5.
- **Convocatoria extraordinaria:**
  - Se mantiene la calificación obtenida en los 3 primeros ítems de la tabla anterior, siempre que los problemas y prácticas obligatorios hayan sido entregados en las fechas establecidas y se hayan alcanzado las puntuaciones mínimas indicadas anteriormente. En este caso, sólo será necesario realizar el examen escrito, que tendrá un peso del 60%.
  - En caso de que no se hayan entregado los problemas y prácticas obligatorios (o que no se hayan entregado en las fechas establecidas, o que no se hayan alcanzado las puntuaciones mínimas indicadas anteriormente) no será posible evaluar algunos de los ítems descritos en la tabla anterior. Puesto que la resolución de problemas y la realización de las prácticas (ítems 1-3) requieren que los alumnos trabajen en grupo, no es posible evaluarlos fuera del desarrollo de las actividades presenciales. Por lo tanto, en este caso, la calificación del alumno en la asignatura será la obtenida en este examen escrito. Puesto que el examen escrito tiene un peso del 60%, la máxima calificación que podrá obtenerse en este caso es de 6 puntos sobre 10.

**8. Consideraciones finales**

El Anexo I, mencionado en esta guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.