



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

## GUÍA DOCENTE: Radionavigation and Positioning Systems (SRP)

Curso Académico: 2017-2018

Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Universidad: Universidad Autónoma de Madrid

Última modificación: 08/07/2017  
Estado: Publicado /07/2017



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

## 1. ASIGNATURA (ID)

### Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)

#### 1.1. Programa

Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)

#### 1.2. Código asignatura

xxxxx

#### 1.3. Área de la asignatura

Teoría de la Señal y Comunicaciones

#### 1.4. Tipo de asignatura

Obligatoria

#### 1.5. Semestre

Segundo semestre

#### 1.6. Créditos

3 ETCS

#### 1.7. Idioma de impartición

El material y transparencias se proporcionarán en castellano. Las clases se impartirán en castellano, sin perjuicio a que algunos seminarios pudiesen ser impartidos en inglés.

#### 1.8. Recomendaciones / Requisitos previos

Los conocimientos previos recomendados para cursar esta asignatura son, de manera genérica, conocimientos sobre radiofrecuencia, sistemas de comunicación, electrónica de comunicaciones de radiofrecuencia, principios de radio-propagación y de sistemas radiantes.

Para estudiantes provenientes del Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación de la UAM estos conocimientos han sido impartidos



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

fundamentalmente, en las asignaturas de *Teoría de la Comunicación, Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas, Medios de Transmisión y Sistemas de Transmisión de Audio y Vídeo.*

## 1.9. Datos del equipo docente

Nota: se debe añadir [@uam.es](mailto:@uam.es) a todas las direcciones de correo electrónico. Incluir sólo los datos del coordinador

### Profesores de teoría y prácticas:

**Dr. José Luis Masa Campos** (Coordinador)  
Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones  
Escuela Politécnica Superior  
Despacho: C-216  
Tel.: +34 914976202  
e-mail: [joseluis.masa](mailto:joseluis.masa)  
Web: <http://rfcas.eps.uam.es/web/?q=user/41>



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

## 1.10. Objetivos del curso

Las competencias básicas que se pretenden cubrir con esta asignatura son:

**G1:** 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.

**G2:** Capacidad para 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 la Ingeniería de Telecomunicación

**G5:** 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

Las competencias generales que se pretenden cubrir con esta asignatura con el objetivo de que capacite para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Telecomunicación son:

**IT1:** Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación.

**IT4:** 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

Las competencias transversales que se pretenden cubrir con esta asignatura son:

**TR1:** Capacidad para actualizar conocimientos habilidades y destrezas de forma autónoma, realizando un análisis crítico, análisis y síntesis de ideas nuevas y complejas abarcando niveles más integradores y pluridisciplinares

**TR2:** Capacidad para tomar decisiones y formular juicios basados en criterios objetivos (datos experimentales, científicos o de simulación disponibles).

**TR4:** Capacidad para transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan. Capacidad para argumentar y justificar lógicamente dichas decisiones de un modo claro y sin ambigüedades, sin dejar de considerar puntos de vista alternativos o complementarios



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

La competencia específica que se pretenden cubrir con esta asignatura es:

**TT5:** Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar

OBJETIVOS GENERALES	
G1	Ser capaz de seleccionar y dimensionar el sistema radar (de onda continua o pulsado) más indicado a la aplicación concreta
G2	Estimar los parámetros principales del funcionamiento del sistema radar: alcance, resolución
G3	Ser capaz de seleccionar los componentes constituyentes del sistema radar seleccionado
G4	Comprender las técnicas de radiogoniometría clásica para la localización de fuentes radioeléctricas
G5	Comprender las técnicas y el funcionamiento de los sistemas de ayuda al aterrizaje de aeronaves
G6	Comprender las técnicas y el funcionamiento de los sistemas de radionavegación por satélite
G7	Ser capaz de seleccionar y dimensionar el sistema de radionavegación más adecuado a la aplicación concreta

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
<b>MÓDULO I</b>	
<b>TEMA 1.- Introducción a los sistemas Radar</b>	
1.1.	Distinguir los distintos tipos de sistemas radar en función de la aplicación
1.2.	Reconocer las bandas de frecuencia asociadas a los sistemas radar según su aplicación
<b>TEMA 2.- Radar de impulsos</b>	
2.1.	Enumerar los distintos bloques que forman un sistema radar
2.2.	Establecer los tipos de componentes de radiofrecuencia adecuados según el sistema
2.3.	Identificar los mecanismos de funcionamiento de los radares pulsados y de onda continua
2.4.	Seleccionar el sistema radar pulsado o de onda continua más adecuado según la aplicación
<b>TEMA 3.- Ecuación Radar e introducción al procesamiento de señal radar</b>	
3.1.	Calcular los parámetros fundamentales del sistema radar usando la ecuación radar - selección del filtro adaptado , probabilidad de falsa alarma y de detección, alcance del radar
3.2.	Identificar el tipo de blanco en función de la sección radar del mismo
3.3.	Calcular las pérdidas del sistema radar incluyendo los efectos de propagación existentes, así como la estimación del alcance del radar
3.4.	Calcular las sección radar de un clutter y la relación de cancelación del mismo tras aplicar técnicas anti-clutter
<b>TEMA 4.- Radares secundarios, radares de seguimiento y de apertura sintética</b>	



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

4.1.	Calcular los parámetros básicos de un radar secundario y describir su funcionamiento, identificando las funciones del interrogador y transpondedor
4.2.	Describir el principio básico de funcionamiento de un radar de seguimiento en distancia y angular
4.3.	Calcular los parámetros básicos de un radar de apertura sintética (resolución) y dimensionado del array en función de dicha resolución
<b>MÓDULO II</b>	
<b>TEMA 5.- Introducción a los sistemas de radionavegación</b>	
5.1.	Describir la arquitectura básica de los sistemas de radiogoniometría clásicos y sus principios de funcionamiento
5.2.	Describir la arquitectura básica de los sistemas ayuda a la aproximación y aterrizaje de aeronaves y sus principios de funcionamiento
<b>TEMA 6.- Sistemas de navegación por satélite (GNSS)</b>	
6.1.	Describir el principio de funcionamiento de los sistemas de navegación y posicionamiento por satélite
6.2.	Identificar la arquitectura básica de los sistemas de navegación por satélite
6.3.	Enumerar las características de los principales sistemas comerciales en funcionamiento



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

## 1.11. Contenidos del programa

### MÓDULO I - Sistemas Radar

1. **Introducción a los sistemas Radar**
  - 1.1. Introducción histórica
  - 1.2. Clasificación de los sistemas Radar
  - 1.3. Bandas de frecuencia Radar
2. **Radar de impulsos**
  - 2.1. Conceptos básicos. Esquema de bloques de un radar primario de impulsos
  - 2.2. Componentes de un radar de impulsos: transmisores, duplexores, antenas y receptores
  - 2.3. Procesado de información y presentación de datos.
3. **Ecuación Radar e introducción al procesamiento de señal radar**
  - 3.1. Parámetros principales de la ecuación radar - Filtro adaptado
  - 3.2. Probabilidad de falsa alarma y probabilidad de detección
  - 3.3. Integración de pulsos y representación gráfica
  - 3.4. Sección radar de un blanco. Tipos de blancos - modelos Swerling
  - 3.5. Pérdidas del sistema - efectos asociados a la propagación
  - 3.6. Predicción del alcance de un radar - Diagrama de Blake
  - 3.7. Clutter. Definición y tipos. Ecuación radar con clutter
  - 3.8. Introducción a las técnicas anticlutter (procesado radar): MTI, CFAR
4. **Radares secundarios, radares de seguimiento y de apertura sintética**
  - 4.1. Radares secundarios (SSR): Convencional, monopolso y modo S
  - 4.2. Radares de seguimiento: Seguimiento en distancia y seguimiento angular
  - 4.3. Radares de apertura sintética (SAR): Principio de funcionamiento - Resolución. Apertura enfocada y desenfocada.

### MÓDULO II - Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento

5. **Introducción a los sistemas de radionavegación**
  - 5.1. Clasificación
  - 5.2. Sistemas radiogoniométricos e interferometría
  - 5.3. Radiofaros: VOR, DME y TACAN
  - 5.4. Sistemas de navegación hiperbólicos: DECCA, OMEGA y LORAN-C
  - 5.5. Sistemas de aproximación y aterrizaje: Sistema ILS (Instrument Landing System) y Sistema MLS (Microwave Landing System)
6. **Sistemas de navegación por satélite (GNSS)**
  - 6.1. Tipos y principio de funcionamiento
  - 6.2. Sistema GPS (Global Positioning System), GPS-Diferencial y GPS Extendido.
  - 6.3. Otros sistemas: GLONASS, GALILEO



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

## 1.12. Bibliografía

Los documentos de trabajo que se vayan generando durante el curso (apuntes de cada tema, ejercicios, enunciados de exámenes, simulaciones de ordenador, soluciones de problemas, recomendaciones de estudio, ...) se pondrán a disposición de los estudiantes en formato electrónico y sin coste, a través de la página moodle de la asignatura. Se destaca que siguiendo la política de asignaturas de grado relacionadas con aspectos electromagnéticos, se utilizará el software Mathcad para la comprobación de cálculos de potencias radiadas, resolución y alcance radar y ganancias de antenas de cierta complejidad

Es de especial importancia que el alumno utilice tanto los apuntes y ejercicios suministrados por el profesor complementándolos con la bibliografía que se recomienda a continuación:

A continuación se listan algunos libros de texto de referencia que contienen todo o gran parte del temario propuesto:

- M.I. Skolnik. "Introduction to radar systems"
- J.L. Eaves et al. "Principles of modern radar"
- N. Levanon. "Radar principles"
- Borje Forssell. Ed Artech House. "Radionavigation Systems"
- Hernández Raposo. "Sistemas de navegación aérea". Paraninfo. Madrid.

Bibliografía avanzada de alto nivel y de ampliación para algunos temas muy específicos:

- B. Mahalza "Introduction to Radar analysis"
- M. Skolnik . "Radar Handbook"
- George W. Stimson. "Introduction to Airborne Radar"
- M.C. Stevens. "Secondary Surveillance Radar"
- P. Fombonne. "Radionavigation, radiolocalisation". Masson. París.
- E. Kaplan. "Understanding GPS: principles and applications". Artech House.





Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

## 1.13. Metodología docente

Las horas presenciales programadas en esta asignatura están orientadas a las clases de teoría, resolución de problemas, tutorías, y simulaciones en ordenador. Esta asignatura es principalmente descriptiva de los sistemas de radionavegación y posicionamiento, los cuales son de gran complejidad. Por ello, la actividad principal se desarrollará en el aula de teoría. Sin embargo, se utilizará el laboratorio para algunas simulaciones en temas puntuales, así como para la resolución de problemas más complejos de dimensionamiento de sistemas radar o de radionavegación.

La actividad presencial se divide, de acuerdo con el horario de la asignatura, en tres horas semanales a impartir fundamentalmente en el aula y en algunos casos en el laboratorio

### Actividad en el aula:

La actividad en el aula se encuentra repartida en cuatro aspectos: clase de teoría, tutorías, resolución de problemas tanto por parte del profesor como de los alumnos.

### Actividad en el laboratorio:

Las sesiones en el laboratorio están concebidas para la **resolución práctica** de los contenidos vistos en las clases y problemas teóricos desarrollados en el aula. El objetivo final se basa en la caracterización de sistemas radar reales, y en la realización de un simulador radar.

### Clases de teoría en el aula:

#### Actividad del profesor

Clases expositivas combinadas con la realización de ejercicios sencillos. Se utilizará la pizarra, combinada con presentaciones en formato electrónico.

#### Actividad del estudiante:

*Actividad presencial:* Toma de apuntes, participar activamente en clase respondiendo a las cuestiones planteadas.

*Actividad no presencial:* Preparación de apuntes, estudio de la materia y realizaciones de ejercicios.

### Clases de problemas en el aula:

#### Actividad del profesor



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

Consistirá en resolver los ejercicios indicados para tal fin, propuestos en la bibliografía recomendada y/o en exámenes de asignaturas previas con contenido y objetivos parciales similares.

**Actividad del estudiante:**

*Actividad presencial:* Participación activa en la resolución de los problemas y en el análisis de los resultados.

*Actividad no presencial:* Realización de otros ejercicios y problemas no resueltos en clase, y estudio de los planteados en las mismas.

**Tutorías en el aula:**

**Actividad del profesor:**

Tutorización a toda la clase en conjunto con el objetivo de resolver dudas comunes planteadas por los estudiantes. Las tutorías podrán ser orientadas con cuestiones/ejercicios/problemas señalados en clase para tal fin.

**Actividad del estudiante:**

*Actividad presencial:* Planteamiento de dudas individuales o en grupo y enfoque de posibles soluciones a las tareas planteadas.

*Actividad no presencial:* Redacción de preguntas. Estudio de las tareas marcadas y debate de las soluciones planteadas en el seno del grupo.

**Simulación en el ordenador y resolución de ejercicios en el ordenador:**

**Actividad del profesor:**

Asignar un diseño a cada grupo de trabajo, con el guion correspondiente; la organización deberá estar publicada en la página web de la asignatura con suficiente antelación. Tutorización a toda la clase en conjunto con el objetivo de resolver dudas comunes planteadas por los estudiantes durante el proceso de resolución de ejercicios y simulación en el ordenador.

**Actividad del estudiante:**

*Actividad presencial:* Planteamiento de dudas individuales o en grupo y enfoque de posibles soluciones a los problemas surgidos durante el diseño y la simulación.

*Actividad no presencial:* Antes de las sesiones, estudio de los requisitos marcados para problema de sistemas radar o radionavegación, realización de un prediseño o enfoque de como acometerlo. Tras las sesiones, finalización de los ejercicios planteados y entrega de sus resultados.



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

## 1.14. Trabajo del estudiante

Actividades		Horas (%)	Horas (%)
Presencial	Clases teóricas en el aula	14 (18.7%)	34 h. (45.3%)
	Clases de problema en el aula	8 (10.7%)	
	Tutorías en el aula	2 (2.7%)	
		4 (5.3%)	
<i>Realización del examen de la convocatoria ordinaria y extraordinaria*</i>		6 (8%)	
No presencial	Preparación de apuntes, estudio, resolución de problemas, etc., de teoría	6 (8%)	41 h (54.7%)
	Realización de simulador radar por ordenador	10 (13.3%)	
	Realización de ejercicios prácticos a entregar	7 (9.3%)	
	Preparación exámenes finales (convocatoria ordinaria y extraordinaria*)	18 (24.0%)	
Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 3 ECTS		75 horas (100%)	

## 1.15. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final

**ATENCIÓN:** *Cualquier copia descubierta que se realice a lo largo del curso, tanto en teoría como prácticas, será penalizada con rigurosidad. La penalización por copia implica la aplicación de la normativa a tal efecto vigente en la EPS, que supone suspender la convocatoria actual y la posibilidad de apertura de expediente informativo. La reiteración de este tipo de actuaciones por parte de un estudiante dará lugar a sanciones más severas.*

La evaluación de la asignatura, o nota final, dependerá de la nota de teoría (NTE) y de la nota de prácticas (NPR), en la siguiente proporción:

$$NF = 65\% \cdot NTE + 35\% \cdot NPR$$

Ambas partes, NTE y NPR, se puntúan sobre 10 puntos. Es necesario obtener una calificación mínima de 4 puntos en cada una de las partes para poder aplicar la expresión anterior. Si no se cumple esta condición, la calificación numérica que se hará constar en las actas será:



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

$$NF = 65\% \cdot \min(5, NTE) + 35\% \cdot \min(5, NPR)$$

La nota de teoría se obtendrá del examen final de la asignatura.

La nota de prácticas posee un método especialmente recomendado: evaluación continua, donde la nota se obtendrá a través de la realización dos actividades: Resolución de problemas prácticos de sistemas radar y de radionavegación entregables al profesor, y la realización de un simulador de radar por ordenador.

Excepcionalmente se contempla la evaluación única para la parte de prácticas de la asignatura a través de un examen de prácticas.

La calificación de teoría sólo se conserva para la convocatoria extraordinaria del mismo curso académico. La calificación de prácticas sólo se conserva para la convocatoria extraordinaria del mismo curso académico, salvo si se ha seguido evaluación continua y ésta es superior a 7 puntos, en cuyo caso se conserva indefinidamente.

Los alumnos que no se presenten al examen final de teoría o de prácticas, y no hayan realizado las entregas de los ejercicios prácticos y del simulador radar, recibirán la calificación de no evaluado.



Asignatura: Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento (SRP)  
Código: 32649  
Institución: Escuela Politécnica Superior  
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)  
Nivel: Máster  
Tipo: Obligatoria  
ECTS: 6

## 1.16. Planificación / Cronograma

Semana	Contenido
1	Módulo 1. Tema 1 y Tema 2
2	Módulo 1. Tema 2
3	Módulo 1. Tema 3
4	Módulo 1. Tema 3 y Tema 4
5	Modulo 1. Tema 4. Módulo 2. Tema 5
6	Módulo 2. Tema 5 y Tema 6
7	Módulo 2. Tema 6