



Universidad
de Alcalá

GUÍA DOCENTE

Radiodeterminación y Radar

Grado en
Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación (GIST)

Universidad de Alcalá

Curso Académico 2022/2023

4º Curso - 1^{er} Cuatrimestre (GIST)

GUÍA DOCENTE

Nombre de la asignatura:	Radiodeterminación y Radar
Código:	390006 (GIST)
Titulación en la que se imparte:	Grado en Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación (GIST)
Departamento y Área de Conocimiento:	Teoría de la Señal y Comunicaciones Teoría de la Señal y Comunicaciones
Carácter:	Optativa (Orientada) (GIST)
Créditos ECTS:	6.0
Curso y cuatrimestre:	4º Curso - 1º Cuatrimestre (GIST)
Profesorado:	Mª Pilar Jarabo Amores David de la Mata Moya
Horario de Tutoría:	Consultar al comienzo de la asignatura
Idioma en el que se imparte:	Español

1a. PRESENTACIÓN

Los sistemas de radiodeterminación son un caso particular de sistemas de radiocomunicación, cuyo objetivo es la determinación de la posición, velocidad y/o otras características de un objeto, o la obtención de información relativa a estos parámetros, a partir de las propiedades de las ondas de radio. Bajo esta denominación se incluyen los sistemas de radiolocalización (cuyo mayor exponente es el radar) y radionavegación. Ambos están integrados completamente en la sociedad, en tareas de vigilancia, guiado y monitorización, en aplicaciones civiles y militares.

Los sistemas radar ("Radio Detection And Ranging") funcionan transmitiendo señales electromagnéticas, recibiendo ecos de objetos (blancos) que estén dentro de su volumen de cobertura y extrayendo información de la señal del eco. El equipamiento del radar puede funcionar con el transmisor apagado, como un rastreador pasivo para detectar fuentes que radien en la banda del sistema receptor, o bien utilizar señales de oportunidad presentes en el entorno transmitidas por otros sistemas de radiocomunicación.

Los sistemas de radionavegación son herramientas clave utilizadas por aviones y barcos para conocer su posición y mantener sus rutas. Una idea de su grado de implantación en la sociedad es el hecho de que hoy en día, vehículos particulares utilicen el sistema GPS (Global Positioning System) a diario.

Los sistemas de aproximación y aterrizaje diseñados para dirigir las maniobras de los aviones en los aeropuertos son también sistemas de radiodeterminación.

El alumno del Grado en Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación ha adquirido las competencias profesionales asociadas al módulo de Sistemas de Telecomunicación y esta asignatura le permite profundizar en las competencias relacionadas con el conocimiento, análisis y diseño de sistemas de radiocomunicación en aplicaciones concretas de vigilancia, guiado y monitorización en las que se centran los sistemas de radiodeterminación, así como en las técnicas de procesamiento de señal necesarias para la extracción de los parámetros, o información relativa a los mismos, a partir de las ondas de radio utilizadas por los estos sistemas.

Prerrequisitos y Recomendaciones:

Para el buen aprovechamiento de la asignatura Radiodeterminación y Radar es imprescindible tener un buen dominio de los conceptos aprendidos en las asignaturas Propagación de Ondas, Circuitos de Comunicación, Tratamiento Digital de Señales y Radiación y Comunicación.

1b. COURSE SUMMARY

Radiodetermination systems are a particular case of radiocommunication systems, whose objective is the determination of the position, speed and / or other characteristics of an object, or the obtaining of information relative to these parameters, from the properties of the waves of radio. This designation includes radiolocation systems (whose greatest exponent is radar) and radionavigation. Both are fully integrated into society, in monitoring, guiding and monitoring tasks, in civil and military applications.

Radar systems ("Radio Detection And Ranging") work by transmitting electromagnetic signals, receiving echoes of objects (targets) that are within their coverage volume and extracting information from the echo signal. The radar equipment can work with the transmitter off, as a passive tracker to detect sources that radiate in the band of the receiver system, or use opportunity signals present in the environment transmitted by other radiocommunication systems.

Radionavigation systems are key tools used by airplanes and ships to know their position and maintain their routes. An idea of their degree of implementation in society is the fact that today, private vehicles use the GPS (Global Positioning System) on a daily basis.

Approach and landing systems designed to direct airplane maneuvers at airports are also radiodetermination systems.

The student of the Degree in Telecommunications Systems Engineering has acquired the professional competences associated with the Telecommunication Systems module and this subject allows him to deepen in the competences related to the knowledge, analysis and design of radio communication systems in specific surveillance applications, guided and monitoring in which the radiodetermination systems are centered, as well as in the signal processing techniques necessary for the extraction of the parameters, or information relative to them, from the radio waves used by these systems.

Prerequisites and Recommendations:

For the good use of the Radiodetermination and Radar subject it is essential to have a good command of the concepts learned in the subjects Wave Propagation, Communication Circuits, Digital Signal Processing and Radiation and Communication.

2. COMPETENCIAS

Competencias básicas, generales y transversales.

Esta asignatura contribuye a adquirir las siguientes competencias básicas, generales y transversales definidas en el apartado 3 del Anexo de la Orden CIN/352/2009:

TR3 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del Ingeniero Técnico de Telecomunicación.

TR6 - Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.

TR8 - Capacidad de trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe y de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

TRU1 - Capacidad de análisis y síntesis.

Competencias de Carácter Profesional

Esta asignatura proporciona la(s) siguiente(s) competencia(s) de carácter profesional definida(s) en el apartado 5 del Anexo de la Orden CIN/355/2009:

CST4 - Capacidad para la selección de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radioenlaces y radiodeterminación.

CST5 - Capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias.

CST6 - Capacidad para analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado analógico y digital de señal.

Resultados de aprendizaje

Al terminar con éxito esta asignatura/enseñanza, los estudiantes serán capaces de:

RA1. Describir el funcionamiento de los sistemas radar pulsado y de onda continua y sus aplicaciones.

RA2. Plantear el problema de la detección radar a partir de las características estadísticas de los

modelos de blanco y “clutter”.

RA3. Diseñar y aplicar diversas técnicas de procesado de la señal radar (CFAR, MTI, MTD,...).

RA4. Describir el funcionamiento de los radares secundarios y sus aplicaciones.

RA5. Reconocer los diversos sistemas de radionavegación y de aproximación y aterrizaje.

3. CONTENIDOS

Bloques de contenido teóricos correspondientes a la docencia en grupos grandes y resolución de problemas en grupos reducidos	Total de clases, créditos u horas
Tema 1. Introducción a los sistemas radar Conceptos básicos. Clasificación de los sistemas radar. Revisión histórica. Bandas de frecuencias y aplicaciones. Sección radar. Ecuación radar.	• 4 horas
Tema 2: Radares primarios de impulsos y de onda continua Principio de funcionamiento. Diagrama de bloques. Caracterización de la señal recibida. Filtro adaptado.	• 8 horas
Tema 3. Procesamiento de la señal radar Modelos de blanco y clutter. Detección automática. Técnicas CFAR. Sistemas MTI. Radares doppler pulsados. Sistemas MTD. Extracción y procesamiento de datos radar.	• 12 horas
Tema 4. Radares secundarios Conceptos básicos. Estructura del sistema. El radar secundario modo S.	• 2 horas
Tema 5. Introducción a los modelos de Tierra y los sistemas de radionavegación Sistemas históricos. Fundamentos de navegación terrestre. Mapas y sistemas de coordenadas, Datum. Sistemas hiperbólicos. Goniometría.	• 4 horas
Tema 6. Sistemas de radionavegación y de aterrizaje VOR, DME, DME/P, TACAN, ILS, MLS. GPS, Galileo. Señales de GPS y Galileo. Principios de operación de los receptores. Procesado de posicionamiento. Sistemas de aumento EGNOS y WAAS.	• 9 horas
Tema 7. Principios de Operación de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) Principios fundamentales de operación de una RFID. Rangos de frecuencia y regulación de licencias de radio. Código y modulación. Integridad de datos. Seguridad. Estandarización. Arquitectura de transpondedores e interrogadores.	• 3 horas

Bloques de contenido de laboratorio	Total de clases, créditos u horas
Bloque 1. Sistemas radar. Incluye cuatro prácticas: 1. Evaluación de las prestaciones de un sistema radar. 2. Simulación de blancos radar y clutter 3. Implementación y evaluación de técnicas de procesamiento de la señal radar 4. Técnicas de compresión de pulsos	• 9 horas
Bloque 2. Sistemas de radionavegación. Incluye dos prácticas: 1. Desarrollo del software de un receptor mono-frecuencia de señales GPS con Matlab 2. Medidas con un frontal USB de recepción de señales GPS	• 5 horas

Las prácticas se realizarán en grupos de 3 alumnos por puesto (supuesto de 24 alumnos por laboratorio).

4. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE. ACTIVIDADES FORMATIVAS

4.1. Distribución de créditos (especificar en horas)

Número de horas presenciales:	28 horas en grupo grande 14 horas laboratorio grupo pequeño 14 horas grupo pequeño para resolución de problemas. 2 horas de exámenes.
Número de horas del trabajo propio del estudiante:	92 horas que incluyen entre otros el estudio de los conceptos teóricos, la realización de ejercicios y la realización de trabajos.
Total horas	150

4.2. Estrategias metodológicas, materiales y recursos didácticos

La estrategia docente se basa en un modelo de aprendizaje reflexivo, que facilita el descubrimiento y la reflexión crítica de conceptos con los que pudieran estar familiarizados así como su aplicación a los problemas planteados.

Para tal fin se realizarán exposiciones de la teoría en los grupos grandes, resumiendo los conceptos más importantes y haciendo descubrir nuevas necesidades en el conocimiento a partir del aprendizaje basado en problemas. La herramienta básica para esta parte será la clase magistral, apoyándose en medios como transparencias o exposiciones por ordenador para facilitar el aprendizaje.

En los grupos pequeños se propone una estrategia participativa y activa del alumno que enriquezca los conceptos de la teoría y ayude a verificar su evolución en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se utilizan dos dinámicas:

- Para poner en práctica los conceptos tratados en estas sesiones de aprendizaje en el aula, los alumnos resolverán ejercicios y cuestiones propuestos por el profesor de forma individual y grupal. El objetivo que se persigue es complementar el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumno, acercándolo a la asimilación de los conceptos y la aplicación de los mismos. Las estrategias a adoptar en estas sesiones estarán encaminadas a fomentar en el estudiante ciertos hábitos a la hora de enfrentarse a la resolución de un problema, a saber: estudio inicial, elección de la mejor estrategia de resolución y evaluación crítica de los resultados obtenidos. Podrán emplearse las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones como apoyo a las actividades formativas (uso de Internet, foros, wikis y correo electrónico, materiales disponibles en las plataformas de teleformación, etc.).
- Aprendizaje a través del desarrollo de prácticas de laboratorio en grupo. El objetivo es que el alumno explore, con la ayuda de los guiones de las prácticas diseñados para la asignatura, la aplicabilidad de los conceptos de la teoría.

Se realizarán ejercicios/cuestiones de forma individual y grupal; las prácticas de laboratorio se realizarán de forma grupal. Los grupos estarán compuestos por dos o tres alumnos para fomentar el trabajo en equipo.

Un último escenario de aprendizaje lo configura la realización de trabajos relacionados con las técnicas y conceptos desarrollados en el aula. El objetivo es que el alumno desarrolle habilidades relacionadas con la búsqueda de información, el manejo de bibliografía y la realización de informes. De igual forma se pretende con los trabajos fomentar el trabajo en equipo.

5. EVALUACIÓN: Procedimientos, criterios de evaluación y calificación

Preferentemente se ofrecerá a los alumnos un sistema de evaluación continua que tenga características de evaluación formativa de manera que sirva de realimentación en el proceso de enseñanza-aprendizaje por parte del alumno.

5.1. PROCEDIMIENTOS

La evaluación debe estar inspirada en los criterios de evaluación continua (Normativa de Evaluación de los Aprendizajes, NEA, art 3). No obstante, respetando la normativa de la Universidad de Alcalá se pone a disposición del alumno un proceso alternativo de evaluación final de acuerdo a la Normativa de Evaluación de los Aprendizaje (aprobada en Consejo de Gobierno de 24 de marzo de 2011 y modificada en Consejo de Gobierno de 5 de mayo de 2016) según lo indicado en su Artículo 10, los alumnos tendrán un plazo de quince días desde el inicio del curso para solicitar por escrito al Director de la Escuela Politécnica Superior su intención de acogerse al modelo de evaluación no continua aduciendo las razones que estimen convenientes. La evaluación del proceso de aprendizaje de todos los alumnos que no cursen solicitud al respecto o vean denegada la misma se realizará, por defecto, de acuerdo al modelo de evaluación continua. El estudiante dispone de dos convocatorias para superar la asignatura, una ordinaria y otra extraordinaria.

Convocatoria ordinaria

La evaluación en la convocatoria ordinaria debe estar inspirada en los criterios de evaluación continua (Normativa de Regulación de los Procesos de Enseñanza Aprendizaje, NRPEA, art 3), atendiendo siempre a la adquisición de las competencias especificadas en la asignatura.

Para acogerse a la evaluación final, el estudiante tendrá que solicitarlo por escrito al decano o director de centro en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, explicando las razones que le

impiden seguir el sistema de evaluación continua. En el caso de aquellos estudiantes que por razones justificadas no tengan formalizada su matrícula en la fecha de inicio del curso o del periodo de impartición de la asignatura, el plazo indicado comenzará a computar desde su incorporación a la titulación. El decano o director de centro deberá valorar las circunstancias alegadas por el estudiante y tomar una decisión motivada. Transcurridos 15 días hábiles sin que el estudiante haya recibido respuesta expresa por escrito a su solicitud, se entenderá que ha sido estimada.

Evaluación continua:

El contenido y temporalización de la Evaluación Continua se detallará al comienzo de cada curso en el Plan de Trabajo de la asignatura. Esta incluirá:

- Realización de ejercicios/cuestiones de forma individual.
- Realización de ejercicios/prácticas de laboratorio en grupo.
- Realización de un trabajo final en grupo.

Evaluación mediante examen final:

Realización de una prueba escrita teórico-práctica relativa a los contenidos de teoría, ejercicios/cuestiones y prácticas de la asignatura.

Convocatoria extraordinaria

El procedimiento será el mismo que el descrito para la evaluación mediante examen final en la convocatoria ordinaria.

5.2. EVALUACIÓN

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Los procedimientos anteriormente descritos para las convocatorias ordinarias y extraordinarias y los dos métodos de evaluación, tienen el objetivo de evaluar si el alumno ha adquirido los conocimientos, procedimientos y aptitudes profesionales que se enumeran a continuación:

- CE1.** El alumno es capaz de describir el principio de funcionamiento de los radares pulsados y de onda continua y sus aplicaciones.
- CE2.** El alumno es capaz de plantear el problema de detección radar a partir de modelos estadísticos de blanco y clutter.
- CE3.** El alumno es capaz de diseñar e implementar etapas de procesamiento de señal necesarias para la detección de blancos y estimación de su posición, velocidad y rumbo.
- CE4.** El alumno es capaz de comprender el principio de funcionamiento de los radares secundarios.
- CE5.** El alumno es capaz de identificar diversos sistemas de radionavegación y de aterrizaje.
- CE6.** El alumno es capaz de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.
- CE7.** El alumno es capaz de trabajar en un grupo y en un entorno multilingüe.

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Esta sección resume los instrumentos de calificación que serán aplicados a cada uno de los criterios de Evaluación.

- **Entregas de resolución de cuestiones/ejercicios de forma individual (E1).** Los alumnos resolverán de forma individual las cuestiones y/o ejercicios propuestos por el profesor.
- **Entregas de resolución de ejercicios/prácticas grupales (E2).** Los alumnos, en grupos

reducidos, entregarán la resolución de ejercicios y las memorias de las prácticas propuestos por el profesor.

- **Realización de trabajos (E3).** Los alumnos realizarán un trabajo grupal relacionado con los contenidos de cada uno de los bloques de la asignatura (Radar y Radiodeterminación).

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

En la convocatoria **ordinaria–evaluación continua**, la relación entre los criterios, instrumentos y calificación es la siguiente:

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de evaluación	Peso en la calificación
CST4-CST6, TR3, TR6, TRU1	RA1- RA5	CE1-CE6	E1	20%
CST4-CST6, TR3, TR6, TR8, TRU1	RA1- RA5	CE1-CE7	E2	40%
CST4-CST6, TR3, TR6, TR8, TRU1	RA1- RA5	CE1-CE7	E3	40%

Se otorgará la calificación de "No presentado" al alumno que habiendo optado por el procedimiento de evaluación continua, cumpla alguno de los siguientes requisitos:

- Cuando el alumno haya incumplido al menos la asistencia al 60% de las clases en grupos reducidos.
- Cuando el alumno no haya entregado, al menos el 60% de los trabajos solicitados.

Cuando el alumno haya superado los límites de asistencia o entrega de trabajos mencionados en el párrafo anterior, no podrá optar a la calificación de "No presentado".

En la convocatoria **ordinaria–evaluación final**, la relación entre los criterios, instrumentos y calificación es la siguiente:

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de evaluación	Peso en la calificación
CST4-CST6, TR3, TR6, TRU1	RA1-RA5	CE1-CE6	PEF	100%

Convocatoria extraordinaria

En el caso de la convocatoria extraordinaria, la relación entre los criterios, instrumentos y calificación será la misma que la indicada para la convocatoria ordinaria-evaluación final.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía básica

- Merril Skolnik. "Radar Handbook". Third Edition. McGraw-Hill, Inc. 2008.
- M. I. Skolnik, "Introduction to Radar Systems". Third Edition. McGraw-Hill, 2003

- D. C. Schleher. "MTI and Pulsed Doppler Radar". Artech House, Inc. 1991.
- B. Forsell, "Radionavigation Systems", Artech House, 2008.
- E. D. Kaplan, "Understanding GPS: Principles and Applications", 2nd ed., 2005.

6.2. Bibliografía complementaria

- A. Papoulis, "Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. Third Edition". McGraw-Hill Internacional Editions, 1991.
- H.L. Van Trees, "Detection, Estimation and Modulation Theory", John Wiley & Sons, 1967 (Re-editado en 2003).
- J.V. DiFranco, W.L. Rubin, "Radar Detection". SciTech Publishing Inc, 2004.
- "Microwave Landing System (MLS) Project Implementation Plan", BiblioGov, 2012.
- P. Misra, "Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance", Ganga-Jamuna Press, 2010.
- K. Borre, "A Software-Defined GPS and Galileo Receiver: A Single-Frequency Approach", Birkhäuser, 2007.

Revistas científico-técnicas

- IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems.
- IEE Proceedings on Radar, Sonar and Navigation
- IEEE Transactions on Signal Processing.

NOTA INFORMATIVA

La Universidad de Alcalá garantiza a sus estudiantes que, si por exigencias sanitarias las autoridades competentes impidieran la presencialidad total o parcial de la actividad docente, los planes docentes alcanzarían sus objetivos a través de una metodología de enseñanza-aprendizaje y evaluación en formato online, que retornaría a la modalidad presencial en cuanto cesaran dichos impedimentos.