



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

GUÍA DOCENTE

2025 - 2026

FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura

Nombre completo	Autonomous Mobile Robots
Código	DEAC-MIINT-521
Impartido en	Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Máster en Industria Inteligente [Segundo Curso] Máster en Industria Inteligente [Primer Curso]
Nivel	Postgrado Oficial Master
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	3,0 ECTS
Carácter	Obligatoria
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Responsable	Jaime Boal Martín-Larrauri
Horario	Tarde
Horario de tutorías	Concertar cita por correo electrónico.

Datos del profesorado

Profesor

Nombre	Jaime Boal Martín-Larrauri
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Despacho	D-217 (Alberto Aguilera, 25)
Correo electrónico	Jaime.Boal@iit.comillas.edu

Profesores de laboratorio

Profesor

Nombre	María Teresa Álvarez Rodríguez
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Correo electrónico	mtalvarez@icai.comillas.edu

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura

Aportación al perfil profesional de la titulación

La Industria 4.0 está impulsando la colaboración entre humanos y robots, que deben ser capaces de compartir de forma segura un mismo espacio de trabajo. Los robots móviles autónomos pueden operar de manera inteligente y coordinada con una intervención humana mínima para optimizar procesos, mejorar la flexibilidad y permitir la personalización masiva. Por ejemplo, pueden sustituir las cintas transportadoras para mover materiales por la planta de producción, evitando obstáculos, coordinándose con otros robots de la flota e identificando en tiempo real dónde deben recoger o entregar una carga.

Esta asignatura está concebida como una introducción a los distintos módulos que permiten a un robot móvil comportarse de forma



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

GUÍA DOCENTE

2025 - 2026

autónoma. Al finalizar el curso, los alumnos contarán con criterios bien fundamentados para seleccionar los sensores y la configuración cinemática más adecuados para una aplicación concreta, comprenderán los algoritmos más comunes de localización, planificación y seguimiento de rutas, y habrán adquirido experiencia en el manejo de ROS 2, el *framework* que es el estándar *de facto* utilizado por investigadores y desarrolladores de todo el mundo para diseñar y construir robots móviles.

Prerrequisitos

Los estudiantes que deseen cursar esta asignatura deben tener conocimientos de programación en Python, álgebra lineal, probabilidad y estadística, control y aprendizaje automático (*machine learning*).

Competencias - Objetivos

Competencias

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

General

BA2. Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.

CG1. Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, electrónica industrial, automática, fabricación, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.

Máster en Industria Inteligente

General

CG1. Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.

CG2. Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.

CG5. Saber 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.

CG6. Haber desarrollado la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas o tecnológicas dentro de su ámbito temático, en contextos interdisciplinares y, en su caso, con una alta componente de transferencia del conocimiento.

CG7. Ser capaces de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.

Específicos

CE6. Comprender el papel de los robots móviles en la mejora de los procesos industriales y ser capaz de diseñar e implementar software que permita que se comporten de forma autónoma.

Resultados de Aprendizaje

RA1. Estar familiarizado con el ciclo que permite que un robot opere de forma autónoma y conocer los sensores y actuadores de uso común.

RA2. Saber derivar las ecuaciones cinemáticas de un robot móvil con ruedas.

RA3. Ser capaz de aplicar algoritmos de control PID para conseguir que un robot navegue por el entorno de forma autónoma.



RA4.	Entender y ser capaz de implementar los algoritmos de localización más comunes, tanto discretos como continuos.
RA5.	Comprender por qué cuando un robot móvil se encuentra en un entorno desconocido o cambiante es necesario estimar su posición y construir un mapa simultáneamente.
RA6.	Saber aplicar algoritmos de planificación de trayectorias, incluyendo aquellos que permiten esquivar obstáculos.
RA7.	Conocer la estructura de ROS, el sistema operativo de control de robots más empleado, y saber utilizarlo para desarrollar <i>software</i> .
RA8.	Integrar todos los módulos básicos que permiten a un robot móvil comportarse de forma autónoma.

BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos

Teoría

1. Introducción a la robótica

- Historia de la robótica
- Tipos de robots (manipuladores industriales, robots colaborativos, robots con ruedas, con patas, voladores...)
- El ciclo ver-pensar-actuar

2. Robot Operating System (ROS 2)

- ¿Qué es ROS?
- Sistema de archivos
- Grafo de computación (nodos, parámetros, mensajes, temas, servicios, acciones...)
- ROS 2 en Python
- Archivos de lanzamiento
- Herramientas de visualización y depuración

3. Percepción

- Clasificación y principio de funcionamiento de sensores de uso habitual en robótica

4. Modelado cinemático de robots con ruedas

- Tipos de ruedas
- Sistemas holonómicos y no holonómicos
- Cinemática directa e inversa de un robot con configuración diferencial
- Otras configuraciones cinemáticas (triciclo, Ackermann, robots con ruedas omnidireccionales y Mecanum...)

5. Localización

- Filtro de histograma (localización de Markov)
- Filtros de Kalman
- Filtro de partículas (localización de Monte Carlo)
- Introducción a SLAM (localización y mapeo simultáneos)

6. Planificación de rutas

- Métodos de rejilla: A*
- Métodos de hoja de ruta: Grafos de visibilidad y diagramas generalizados de Voronoi (GVD)
- Métodos basados en muestreo: Hojas de ruta probabilísticas (PRM) y árboles aleatorios de exploración rápida (RRT, RRT*)



- Campos potenciales artificiales

7. Seguimiento de rutas

- Sigue la zanahoria (*follow-the-carrot*)
- Persecución pura
- Otras técnicas de seguimiento de trayectorias (Stanley, LQR, MPC...)

Laboratorio

1. Exploración: Seguimiento de pared

Los estudiantes se familiarizarán con ROS 2 y CoppeliaSim, el simulador de robots que se utilizará a lo largo del curso, y desarrollarán una aplicación en Python (nodo de ROS 2) para lograr que un robot con cinemática diferencial explore sin chocarse un entorno de tipo laberinto siguiendo las paredes.

2. Localización: Filtro de partículas

Partiendo de la práctica anterior, los alumnos implementarán desde cero un filtro de partículas básico que permitirá al robot localizarse mientras explora el entorno con seguridad siguiendo las paredes.

3. Planificación: Hojas de ruta

Se implementará un nodo basado en una hoja de ruta determinista y otra probabilística (PRM) para planificar la ruta desde una posición inicial conocida hasta un destino determinado. La ruta se suavizará para facilitar su seguimiento independientemente de la cinemática del robot.

4. Seguimiento de rutas: Persecución pura

Se programará un nodo para seguir la ruta suavizada de la práctica anterior.

Proyecto

El proyecto final es una actividad de integración en la que cada equipo combinará y perfeccionará todos los módulos desarrollados durante las prácticas de laboratorio. El robot simulado comenzará en una posición aleatoria dentro de un entorno nuevo y más grande, deberá localizarse primero en un mapa conocido y, a continuación, alcanzar una ubicación determinada en el menor tiempo posible. Se organizará una competición en la que se concederán puntos adicionales.

METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Inspirada en el paradigma del 'aprender haciendo', esta asignatura está diseñada para proporcionar al alumnado las herramientas necesarias para desarrollar una aplicación robótica al finalizar el cuatrimestre. En cada unidad, tras la explicación inicial de los conceptos, el profesor propondrá cuestionarios y actividades individuales y en grupo (algunas de ellas evaluables) para comprobar la comprensión de los contenidos. Una vez adquirida mayor confianza con la materia, se pedirá al alumnado que implemente lo aprendido en una sesión de laboratorio, donde comenzarán a construir los módulos que les permitirán avanzar en su proyecto final.

Metodología Presencial: Actividades

Clases magistrales expositivas y participativas. El profesor introducirá y explicará los principales conceptos de cada tema utilizando presentaciones dinámicas y pequeños ejemplos prácticos. Se fomentará la participación activa planteando preguntas abiertas para



promover el debate y mediante cuestionarios en línea y ejercicios de aplicación cortos que se resolverán en clase en papel o utilizando un paquete de *software*.

Sesiones prácticas de laboratorio. Bajo la supervisión del profesor, los estudiantes, divididos en pequeños grupos, aplicarán los conceptos y técnicas abordados en las clases teóricas a versiones simuladas de robots móviles comerciales.

Tutorías. Se realizarán bajo petición, en grupo e individualmente, para resolver las dudas que se planteen después de haber trabajado los distintos temas y para orientar al alumno en su proceso de aprendizaje.

Metodología No presencial: Actividades

Estudio personal. El alumno debe realizar un trabajo personal posterior a las clases teóricas para comprender e interiorizar los conocimientos tratados en cada unidad.

Sesiones prácticas de laboratorio. Las prácticas de laboratorio requerirán la realización de un trabajo previo de preparación y finalizarán con la redacción de un informe.

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES	
Clases magistrales	Sesiones prácticas de laboratorio
16	14
HORAS NO PRESENCIALES	
Estudio personal	Sesiones prácticas de laboratorio
20	40
CRÉDITOS ECTS: 3,0 (90 horas)	

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	Peso
Cuestionarios	Comprensión de los conceptos teóricos.	10%
Examen final	- Comprensión de los conceptos teóricos. - Aplicación de estos conceptos a la resolución de problemas prácticos. - Análisis crítico de los resultados numéricos. - Comunicación escrita.	30%
Prácticas de laboratorio	- Comprensión de los conceptos teóricos. - Aplicación de estos conceptos a la resolución de problemas prácticos. - Habilidad para usar y desarrollar <i>software</i> para robots móviles. - Análisis crítico de los resultados experimentales. - Comunicación oral y escrita.	40%
	- Habilidad para usar y desarrollar <i>software</i> para robots móviles. - Análisis crítico de los resultados experimentales. - Robustez de funcionamiento.	



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

GUÍA DOCENTE
2025 - 2026

Proyecto	• Autonomía y habilidad para resolver problemas. • Trabajo en equipo. • Comunicación oral y escrita.	20%
----------	--	-----

Calificaciones

Convocatoria ordinaria

El peso de cada una de las actividades de evaluación será el siguiente:

- Teoría (40%)
 - Cuestionarios: 10%
 - Examen final: 30%
- Laboratorio (60%)
 - Prácticas: 40%
 - Proyecto: 20%

La calificación final se calculará atendiendo a estas **restricciones**:

- La nota del examen final debe ser mayor o igual que 4 sobre 10 puntos.
- La media ponderada de laboratorio debe ser al menos un 5 sobre 10.

Si se verifican todas las restricciones, la calificación final de la asignatura se obtendrá según las ponderaciones indicadas anteriormente. En caso contrario, será la mínima de las dos restricciones.

Convocatoria extraordinaria

Se realizará un examen extraordinario que sustituirá al examen final de la convocatoria ordinaria. Si el laboratorio está aprobado, se conservarán todas las demás notas; en caso contrario, se deberá realizar un nuevo proyecto individual y repetir todas aquellas prácticas que estén suspensas. La calificación final se obtendrá de la misma forma que en la convocatoria ordinaria y atendiendo a las mismas restricciones.

Normativa del curso

La asistencia a clase es obligatoria según el Artículo 93 del Reglamento General de la Universidad Pontificia Comillas y el Artículo 6 de las Normas Académicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). El incumplimiento de esta norma, que se aplicará de forma independiente para las sesiones de teoría y laboratorio, puede acarrear las siguientes consecuencias:

- Los alumnos que no asistan a más del 15% de las *sesiones de teoría* podrán perder el derecho a presentarse al examen final de la convocatoria ordinaria.
- La ausencia a más del 15% de las *sesiones de laboratorio* puede impedir presentarse a los exámenes de las convocatorias ordinaria y extraordinaria. En cualquier caso, las faltas no justificadas a sesiones de laboratorio serán penalizadas en la evaluación.

Según el artículo 168, apartado 2. e) del Reglamento General de la Universidad Pontificia Comillas se considera falta grave "*la realización de acciones tendentes a falsear o defraudar los sistemas de evaluación del rendimiento académico*". Cuando se detecte una irregularidad en una actividad, esta será calificada con un cero (0,0) y podrá dar lugar a la apertura de un procedimiento disciplinario. En las prácticas de laboratorio y el proyecto se considerarán irregularidades la copia total o parcial de código fuente y respuestas procedentes de otros estudiantes, tanto del curso actual como de cursos anteriores. También se considerará un intento de plagio la reproducción literal o parafraseada de contenidos extraídos de otras fuentes sin proporcionar una cita adecuada, incluyendo textos generados mediante



modelos de inteligencia artificial generativa, que deberán cumplir con las normas indicadas en la sección siguiente.

Normas de uso de inteligencia artificial generativa

- **Exámenes.** El uso de modelos de inteligencia artificial generativa o asistentes de programación está terminantemente prohibido en los exámenes. Estas actividades deben reflejar exclusivamente el conocimiento y trabajo individual del estudiante.
- **Prácticas y proyecto de laboratorio.** Se permite el uso de asistentes de programación basados en inteligencia artificial y modelos de lenguaje generativo bajo las siguientes condiciones:
 - Pueden emplearse como apoyo para comprender conceptos técnicos, obtener sugerencias sobre cómo abordar los ejercicios propuestos y generar fragmentos de código o borradores iniciales de los informes.
 - El uso de estas herramientas debe ser complementario y nunca sustituir el trabajo individual. No se permite presentar contenidos generados automáticamente como propios sin haberlos comprendido, revisado y adaptado adecuadamente.
 - Cualquier contenido relevante generado total o parcialmente mediante estas herramientas debe citarse de forma explícita, indicando claramente qué parte ha sido obtenida por este medio y en qué herramienta se ha generado. La secuencia de consultas (*prompts*) realizadas se incluirá como un anexo al final de los informes.
 - Los profesores se reservan el derecho a realizar preguntas orales sobre los contenidos generados con asistencia de IA. La incapacidad de explicar o justificar dichos contenidos podrá repercutir negativamente en la calificación de la actividad.
- Se anima al uso responsable de estas herramientas como apoyo al estudio individual —por ejemplo, para aclarar conceptos, generar nuevos ejercicios o recibir correcciones—. No obstante, se recuerda que las respuestas generadas por modelos de IA pueden contener errores, por lo que es responsabilidad del estudiante analizarlas críticamente.

PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Actividades	Fecha de realización	Fecha de entrega
Cuestionarios	En cada clase teórica	
Examen final	Después del periodo lectivo	
Prácticas de laboratorio	Desde la semana 3	
Estudio de los contenidos teóricos	Después de cada clase	
Preparación de las sesiones de laboratorio	Antes de cada sesión	
Elaboración de informes de laboratorio		La semana siguiente a la finalización de la práctica

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica

- Apuntes y presentaciones de la asignatura (disponibles en Moodle).
- R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh y D. Scaramuzza, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, 2ª Ed., MIT Press, 2011. ISBN-13: 978-0-262-01535-6
- S. Thrun, W. Burgard y D. Fox, *Probabilistic Robotics*, 1ª Ed., MIT Press, 2006. ISBN-13: 978-0-262-20162-9
- Robot Operating System (ROS 2), [En línea]. Disponible: <https://www.ros.org/>



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

GUÍA DOCENTE

2025 - 2026

Bibliografía Complementaria

- B. Siciliano y O. Khatib (eds.), *Springer Handbook of Robotics*, 2ª Ed., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. ISBN-13: 978-3-319-32550-7
- P. Corke, *Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in Python*, 3ª Ed., Springer International Publishing, 2023. ISBN-13: 978-3-031-06468-5
- R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*, 1ª Ed., Springer, 2011. ISBN-13: 978-1-848-82934-3
- K. M. Lynch y F. C. Park, *Modern Robotics: Mechanics, Planning and Control*, 1ª Ed., Cambridge University Press, 2017. ISBN-13: 978-1-107-15630-2
- S. M. LaValle, *Planning Algorithms*, 1ª Ed., Cambridge University Press, 2006. ISBN-13: 978-0-521-86205-9
- CoppeliaSim, [En línea]. Disponible: <https://www.coppeliarobotics.com/>