



## Grado en Ingeniería Mecatrónica 28832 - Robótica

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- Javier Esteban Escaño -

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para el adecuado desarrollo de la asignatura de Robótica, es necesario que el alumnado haya superado con anterioridad, la asignatura de *Regulación y control automático, Fundamentos de Automática*, las 3 asignaturas de *Matemáticas*, la asignatura de *Ingeniería Mecánica*, la de *Ingeniería Eléctrica, Cálculo y diseño de máquinas, Electrónica de potencia, Instrumentación electrónica, Sistemas electrónicos programables e Informática* y se recomienda haber realizado las asignaturas de *Fundamentos de Física I, Fundamentos de Física II, Tecnología electrónica I y II*.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

Las actividades de la asignatura y su organización temporal, dependen de la organización docente propuesta por la Escuela Politécnica de la Almunia y se pueden consultar en el apartado Actividades y recursos.

Las fechas de exámenes de convocatoria se publicarán en la página web del centro [www.eupla.unizar.es](http://www.eupla.unizar.es)

---

### Inicio

---

#### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Comprender conceptos relacionados con la automatización y el control industrial.
- 2:** Programar y poner en marcha sistemas robotizados.
- 3:** Dominar herramientas de modelado, análisis y diseño de sistemas de control y automatización.
- 4:** Adquirir fundamentos de comunicaciones industriales.

# Introducción

## Breve presentación de la asignatura

Robótica es una asignatura de seis créditos ECTS de carácter obligatorio que se imparte en el primer cuatrimestre del cuarto curso de la carrera y forma parte de la materia de Control.

En esta asignatura se desarrolla una introducción a la robótica. La robótica es una ciencia que comprende a la mecánica, la electrónica y la informática, por tanto su comprensión resulta clave para el perfil del mecatrónico, ya que los robots representan el mejor ejemplo de las máquinas que tendrá que diseñar o integrar en su trabajo diario.

En el curso se abordarán tres aspectos de la robótica:

- Los manipuladores robóticos
- El problema del control de trayectoria de robots móviles
- Una introducción a la inteligencia artificial

En cada tema se muestran los conceptos teóricos que se complementan con la realización de ejercicios y prácticas de simulación. De esta forma, los alumnos trabajan tanto en clase como de forma autónoma, con el fin principal de dotarles de un papel activo en su proceso de aprendizaje, teniendo como punto central y fundamental de referencia a la hora de evaluarlos, la importancia de la reflexión, análisis e interpretación de los resultados obtenidos haciéndonos partícipes del espíritu de Bolonia.

---

## 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:

Robótica es la tercera asignatura del plan de estudios en la que se abordan las técnicas de control. Por tanto permite mejorar el conocimiento de la automática, modelado, simulación y control de sistemas.

La robótica forma una disciplina de la ingeniería en sí misma, de forma que esta asignatura sirve como introducción a esta materia, que el alumno podrá completar por su cuenta o en un master de especialización.

El principal objetivo será dar a conocer al alumno los problemas con los que se enfrentará si se dedica profesionalmente a la robótica, cuales son algunas de las soluciones a esos problemas y qué temas siguen sin tener solución.

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

La asignatura de Robótica, forma parte del Grado en Ingeniería de Mecatrónica que imparte la EUPLA, enmarcándose dentro del grupo de asignaturas que conforman el módulo denominado "Control". Se trata de una asignatura de cuarto curso ubicada en el séptimo cuatrimestre y de carácter obligatorio, con una carga lectiva de 6 créditos ECTS.

Dicha asignatura tiene una especial relevancia en la adquisición de las competencias de la titulación, además de aportar una formación adicional útil en el desempeño de las funciones del Ingeniero de Mecatrónica relacionadas con el campo de la robótica.

Esta asignatura está dentro de la materia "Control" y requiere de otras competencias adquiridas en materias de resto de la carrera, concretamente se apoya en la teoría de sistemas automáticos, fundamentos de variable compleja, sistemas de ecuaciones diferenciales, variables de estado, álgebra, matrices, física, mecánica y algorítmica.

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

- 1: Conocimientos en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y

teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

- 2:** Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial y en particular en el ámbito de la electrónica industrial.
- 3:** Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- 4:** Interpretar datos experimentales, contrastarlos con los teóricos y extraer conclusiones.
- 5:** Capacidad para la abstracción y el razonamiento lógico.
- 6:** Capacidad para aprender de forma continuada, autodirigida y autónoma.
- 7:** Capacidad para evaluar alternativas
- 8:** Capacidad para adaptarse a la rápida evolución de las tecnologías
- 9:** Capacidad para liderar un equipo así como de ser un miembro comprometido del mismo.
- 10:** Capacidad para localizar información técnica, así como su comprensión y valoración.
- 11:** Actitud positiva frente a las innovaciones tecnológicas.
- 12:** Capacidad para redactar documentación técnica y para presentarla con ayuda de herramientas informáticas adecuadas.
- 13:** Capacidad para comunicar sus razonamientos y diseños de modo claro a públicos especializados y no especializados.
- 14:** Capacidad para comprender el funcionamiento y desarrollar el mantenimiento de equipos e instalaciones mecánicas, eléctricas y electrónicas.
- 15:** Capacidad para analizar y aplicar modelos simplificados a los equipos y aplicaciones tecnológicas que permitan hacer previsiones sobre su comportamiento.
- 16:** Capacidad para configurar, simular, construir y comprobar prototipos de sistemas electrónicos y mecánicos.
- 17:** Capacidad para la interpretación correcta de planos y documentación técnica.
- 18:** Conocimientos sobre los fundamentos de automatismos y métodos de control.
- 19:** Conocimiento y capacidad para el modelado y simulación de sistemas electrónicos.
- 20:** Conocimiento aplicado de informática industrial y comunicaciones.
- 21:** Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización industrial.
- 22:**

Conocimiento de sistemas de regulación automática y técnicas de control y su aplicación a la automatización industrial.

- 23:** Conocimientos de principios y aplicaciones de los sistemas robotizados.

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

Esta asignatura tiene un marcado carácter ingenieril, es decir, ofrece una formación con contenidos de aplicación y desarrollo inmediato en el mercado laboral y profesional. A través de la consecución de los pertinentes resultados de aprendizaje se obtiene la capacidad necesaria para el entendimiento del funcionamiento de los sistemas robotizados, los cuales serán absolutamente imprescindibles para el diseño y puesta en marcha de cualquier planta o proceso complejo, incluidas dentro del ámbito de la Ingeniería de la Mecatrónica.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

- 1:** Trabajos prácticos (30%). Estos trabajos incluyen 2 prácticas de laboratorio y un ejercicio de diseño complejo. De cada una de las prácticas se solicitará al alumno una memoria que servirá como base para su evaluación.

Para superar la asignatura el alumnado deberá obtener una nota final de prácticas de laboratorio igual o superior a 5.

- 2:** Pruebas escritas teórico-prácticas (70%) en las que se plantearán cuestiones y/o problemas del ámbito de la ingeniería de complejidad similar a la utilizada durante el curso. Se valorará la calidad y claridad de la estrategia de resolución, los conceptos usados para resolver los problemas, ausencia de errores en el desarrollo y en las soluciones, y el uso correcto de la terminología y notación.

En cada una de las pruebas escritas teórico-prácticas que se realicen, el alumnado deberá obtener una nota igual o superior a 5 para superar la asignatura.

- 3:** El estudiante podrá escoger entre una evaluación continua, realizada en forma de dos pruebas escritas y la entrega de los guiones de prácticas a lo largo del cuatrimestre, o una prueba global realizada al finalizar el cuatrimestre y la entrega de los guiones de prácticas.

El alumno que haya superado una parte de la evaluación continua, podrá presentarse al examen de evaluación global sólo con la parte de la evaluación continua no superada.

---

## **Actividades y recursos**

---

### **Presentación metodológica general**

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

En una fuerte interacción profesor/alumno. Esta interacción se materializa por medio de un reparto de trabajo y

responsabilidades entre alumnado y profesorado. No obstante, se tendrá que tener en cuenta que en cierta medida el alumnado podrá marcar su ritmo de aprendizaje en función de sus necesidades y disponibilidad, siguiendo las directrices marcadas por el profesor.

La presente asignatura de Robótica se concibe como un conjunto único de contenidos, pero trabajados bajo tres formas fundamentales y complementarias como lo son: los conceptos teóricos de cada unidad didáctica, la resolución de problemas o cuestiones y las prácticas, apoyadas a su vez por otra serie de actividades.

La organización de la docencia se realizará siguiendo las pautas siguientes:

— **Clases teóricas:** Actividades teóricas impartidas de forma fundamentalmente expositiva por parte del profesor, de tal manera que se exponga los soportes teóricos de la asignatura, resaltando lo fundamental, estructurándolos en temas y/o apartados y relacionándolos entre sí.

— **Clases prácticas:** El profesor resuelve problemas o casos prácticos con fines ilustrativos. Este tipo de docencia complementa la teoría expuesta en las clases magistrales con aspectos prácticos.

— **Prácticas:** El grupo total de las clases teóricas o de las clases prácticas se puede o no dividir en grupos más reducidos, según convenga. Se emplearán para analizar casos, resolver supuestos, resolver problemas, etc. A diferencia de lo que sucede con las clases prácticas, el profesor no es protagonista, limitándose a escuchar, atender, orientar, aclarar, valorar, evaluar. Se busca fomentar la participación del alumno, así como tratar de facilitar la evaluación continua del alumnado y conocer el rendimiento del aprendizaje.

— **Tutorías individuales:** Son las realizadas a través de la atención personalizada, de forma individual, del profesor en el departamento. Tienen como objetivo ayudar a resolver las dudas que encuentran los alumnos, especialmente de aquellos que por diversos motivos no pueden asistir a las tutorías grupales o necesitan una atención puntual más personalizada. Dichas tutorías podrán ser presenciales o virtuales, fomentando el uso de las últimas tecnologías disponibles.

## 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:**

Implica la participación activa del alumnado, de tal manera que para la consecución de los resultados de aprendizaje se desarrollarán, sin ánimo de redundar en lo anteriormente expuesto, las actividades siguientes:

— **Actividades genéricas presenciales:**

● **Clases teóricas:** Se explicarán los conceptos teóricos de la asignatura y se desarrollarán ejemplos prácticos ilustrativos como apoyo a la teoría cuando se crea necesario.

● **Clases prácticas:** Se realizarán problemas y casos prácticos como complemento a los conceptos teóricos estudiados.

— **Actividades genéricas no presenciales:**

● Estudio y asimilación de la teoría expuesta en las clases magistrales.

● Comprensión y asimilación de problemas y casos prácticos resueltos en las clases prácticas.

● Preparación de seminarios, resolución de problemas propuestos, etc.

● Preparación de las prácticas en grupo, elaboración de los guiones e informes correspondientes.

● Preparación de las pruebas escritas de evaluación continua y exámenes finales.

— **Actividades de refuerzo:** De marcado carácter no presencial, a través de un portal virtual de enseñanza (Moodle) se dirigirán diversas actividades que refuercen los contenidos básicos de la asignatura. Estas actividades podrán ser personalizadas o no, controlándose su realización a través del mismo.

La asignatura consta de 6 créditos ECTS, lo cual representa 150 horas de trabajo del alumno/a en la asignatura durante el semestre, es decir, 10 horas semanales durante 15 semanas lectivas.

Un resumen de la distribución temporal orientativa de una semana lectiva puede verse en la tabla siguiente. Estos valores se obtienen de la ficha de la asignatura de la Memoria de Verificación del título de grado, teniéndose en cuenta que el grado de experimentalidad considerado para dicha asignatura es bajo.

Actividad	Horas semana lectiva
Clases magistrales	3
Prácticas	1
Otras actividades	6

No obstante la tabla anterior podrá quedar más detallada, teniéndose en cuenta la distribución global siguiente:

- 44 horas de clase magistral, con un 40 % de exposición teórica y un 60 % de resolución de problemas tipo.
- 12 horas de prácticas y trabajos tutelados, en sesiones de 2 horas en semanas alternas.
- 4 horas de pruebas de evaluación escrita, a razón de dos horas por prueba.
- 40 Horas de trabajo en grupo, repartidas a lo largo de las 15 semanas de duración del semestre.
- 50 horas de estudio personal, repartidas a lo largo de las 15 semanas de duración del semestre.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

En la tabla siguiente, se muestra el cronograma orientativo que recoge el desarrollo de las actividades presentadas con anterioridad, pudiendo variar en función del desarrollo de la actividad docente.

Actividad	Semana lectiva															Horas	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	P	T
Tema 1	4															4	44
Tema 2		3	1													4	
Tema 3			2	3												5	
Tema 4					3	3	3	2								11	
Tema 5								1	2	3	3	3				12	
Tema 6											3	3	3			9	
Tema 7														3	2	5	
Práctica 1		1	1	1	1											2	12
Práctica 2						1	1									4	
Práctica 3								1		1	1	1	1	1	1	2	
Prueba 1									2							2	4
Prueba 2															2	2	
Trabajo en grupo	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	1	40	40
Estudio personal	3	3	3	3	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	5	50	50
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>150</b>	<b>150</b>

Las fechas de los exámenes finales serán las publicadas de forma oficial en <http://www.eupla.es/secretaria/academica/examen.html>.

Las pruebas de evaluación escrita estarán relacionadas con los temas siguientes:

- **Prueba 1:** Tema 1, 2, 3, 4.
- **Prueba 2:** Tema 5, 6, 7.

Al final de cada tema se propondrán una serie de ejercicios de refuerzo que ayudarán a guiar el estudio personal del alumno.

## Contenidos

### Contenidos de la asignatura indispensables para la obtención de los resultados de aprendizaje.

Las pautas seguidas para elaborar los contenidos han sido las siguientes:

- Se respetaron los contenidos propuestos en la memoria de verificación.
- Se desarrolló un temario cuyos capítulos concuerdan en general con los títulos del programa especificado. Cuando así no se hizo fue porque por su extensión y/o correlación se incluyó en otro.
- Se seleccionó una nutrida bibliografía de reconocida solvencia técnica.
- Se seleccionaron los temas mejor tratados de la bibliografía y se volcaron en un texto único, de diseño y formato propio, con innovadores recursos didácticos. El profesor no ha pretendido ser inédito en su elaboración, se ha basado en textos de reconocido prestigio, sólo son originales los objetivos, organización y presentación del material y redacción de algunos apartados de los temas. El texto completo está disponible en el servicio de reprografía de la Escuela.
- Las características principales de forma del texto se pueden resumir en disponer de siete temas, coincidentes con los contenidos, desarrollados de forma completa, evitando resúmenes.
- Los objetivos específicos conseguidos con la elaboración del propio texto podrán resumirse en los siguientes:
  - Resaltar la relación entre el análisis conceptual y la resolución de problemas, empleando el número de ejemplos necesarios para mostrar los enfoques de resolución de los mismos, haciendo hincapié en que resolverlos es un proceso en el cual se aplica el conocimiento conceptual, y no se trata meramente de un modelo mecanizado para la solución. Por ello, en el texto y en los ejemplos resueltos se resaltan los procesos mentales de resolución de problemas con base en los conceptos, en vez de destacar los procedimientos mecánicos.
  - Proporcionar a los alumnos/as la práctica en el empleo de las técnicas de análisis que se presentan en el texto.
  - Mostrar a los alumnos/as que las técnicas analíticas son herramientas, no objetivos, permitiendo en variadas situaciones que practiquen en la elección del método analítico que usarán para obtener la solución.
  - Alentar el interés de los alumnos/as en las actividades de la ingeniería, incluyendo problemas de aplicación real.
  - Elaborar problemas y ejercicios que utilicen valores realistas que representen situaciones factibles.
  - Alentar a los alumnos/as para que evalúen la solución, ya sea con otro método de resolución o por medio de pruebas, para ver si tiene sentido en términos del comportamiento conocido del circuito, máquina o sistema.
  - Mostrar a los alumnos/as cómo se utilizan los resultados de una solución para encontrar información adicional acerca del comportamiento de un circuito, máquina o sistema.
  - La resolución de la mayoría de los problemas requerirá el tipo de análisis que debe efectuar un ingeniero al resolver problemas del mundo real. Los ejemplos desarrollados, en donde se recalca la forma de pensar propia de la ingeniería, también sirven como base para solucionar problemas reales

El programa de la asignatura se estructura en torno a dos componentes de contenidos complementarios:

### Teóricos

La elección del contenido de las diferentes unidades didácticas se ha realizado buscando la clarificación expresa del objetivo terminal de modo que con la unión de conocimientos incidentes, el alumno/a obtenga un conocimiento estructurado, asimilable con facilidad para los Ingenieros de Mecatrónica.

Los contenidos teóricos se articulan en base a siete unidades didácticas, tabla adjunta, bloques indivisibles de tratamiento, dada la configuración de la asignatura que se programa. Dichos temas recogen los contenidos necesarios para la adquisición de los resultados de aprendizaje predeterminados.

### Temario propuesto

## 1 Introducción a la robótica

- Introducción
- Antecedentes históricos
- Origen y desarrollo de la robótica
- Definición y clasificación de los robots industriales

## 2 Morfología del robot

- Estructura mecánica de un robot
- Transmisiones y reductores
- Actuadores
- Sensores internos
- Elementos terminales

## 3 Herramientas matemáticas para la localización espacial

- Representación de la posición
- Representación de la orientación
- Matrices de transformación homogéneas
- Aplicaciones de los cuaternios
- Relación y comparación de los distintos métodos de localización espacial

## 4 Cinemática del robot

- El problema cinemático directo
- La cinemática inversa
- Matriz Jacobiana

## 5 Dinámica del robot

- Modelo dinámico de la estructura mecánica de un robot rígido
- Obtención del modelo dinámico de un robot mediante la formulación de Lagrange-Euler
- Obtención del modelo dinámico de un robot mediante la formulación de Newton-Euler
- Modelo dinámico en variables de estado
- Modelo dinámico en el espacio de la tarea
- Modelo dinámico de los actuadores

## 6 Control cinemático

- Funciones de control cinemático
- Tipos de trayectorias
- Generación de trayectorias cartesianas
- Interpolación de trayectorias
- Muestreo de trayectorias cartesianas

## 7 Control cinámico

- Control monoarticular
- Control multiarticular
- Control adaptativo
- Aspectos prácticos de la implantación de un regulador



## Prácticos

La mayoría de los temas expuestos en la sección anterior, llevan asociados prácticas al respecto, ya sean mediante supuestos prácticos, interpretación y comentario de lecturas asociadas a la temática y/o trabajos conducentes a la obtención de resultados y a su análisis e interpretación. Conforme se desarrollen los temas se irán planteando dichas prácticas, bien en clase o mediante la plataforma Moodle.

Uno de los hitos claves de las prácticas consistirá en realizar un proyecto de diseño de un robot siguiendo las reglas del ABP.

Las prácticas de Robótica constituyen un complemento muy importante para la formación integral del alumno/a que cursa la titulación de Ingeniería de Mecatrónica. El ingeniero a de tener presente siempre que sólo se conoce bien aquello que se puede calcular, y, sobre todo, calcular con precisión.

### Prácticas propuestas

1. Programación de manipuladores.
2. Diseño de sistemas de control de trayectoria.
3. Diseño de un sistema robotizado.

## Recursos

### Materiales

Material	Soporte
Apuntes de teoría del temario Transparencias temario tradicionales Problemas temario	Papel/repositorio
Apuntes de teoría del temario Presentaciones temario Problemas temario Enlaces de interés	Digital/Moodle Correo electrónico
Manuales técnicos	Papel/repositorio Digital/Moodle

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Abidi, Rafael.. Data fusion in robotics and machine intelligence / edited by Mongi A. Abidi, Rafael . - 1ª edición Boston: Academic Press, 1992
- Albus, James Sacra. Brains, behavior, and robotics / by James S. Albus Peterborough : Byte Books, 1981
- Craig, John J.. Introduction to robotics : mechanics and control / John J. Craig . - 2nd ed. Reading, Massachusetts : Addison-Wesley, cop. 1989
- Critchlow, Arthur J.. Introduction to robotics / Arthur J. Critchlow. - 1ª edición New York : Macmillan ; London : Collier Macmillan, cop.1985
- Ellery, Alex. An introduction to space robotics / Alex Ellery. - 1ª edición London : Springer,2000
- Fuller, James L. Robotics :introduction, programming, and projects / James L. Fuller. - 2nd edition Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall, 1999
- Fundamentos de robótica / Antonio Barrientos ... [et al.]. - 2ª ed. Madrid [etc.] : McGraw-Hill, D.L. 2012
- Future Research Directions in Underwater Robotics (1994 :. Maui. Underwater robotic vehicles :design and control : workshop on Future Research Directions in Underwater Robotics, 1994 / editor: Junku Yuh ; sponsored by: National Science Foundation, University of Hawaii Sea, Grant College Programm, DBEDT, State of Hawaii. - 1ªedición Albuquerque : TSI Press, 1995
- Gupta, Kamal. Practical motion planning in robotics :current approaches and future directions / edited by Kamal Gupta, Angel P. del Pobil. - 1ªedición Chichester, England : John Wiley & Sons, cop. 1998
- Koivo, Antti J. Fundamentals for control of robotic manipulators / Antti J. Koivo. - 1ªedición New York [etc.] : Wiley, cop. 1989
- Kozłowski, Krzysztof.. Modelling and identification in robotics / Krzysztof Kozłowski.. - 1ªedición London : Springer-Verlag, cop. 1998.
- McKerrow, Phillip. Introduction to robotics / Phillip John McKerrow . - 1st pr., [2nd] repr. Sydney [etc.] : Addison-Wesley, 1995
- Murray, Richard M. A Mathematical introduction to robotic manipulation / Richard M. Murray, Zexiang Li, S. Shankar Sastry. - 1ª edición Boca Raton, Florida : CRC Press, cop. 1994
- Russell, Stuart J. Artificial intelligence a modern approach / Stuart J. Russell, Peter Norvig. - 1ªedición New Jersey : Prentice Hall, 1995

- Russell, Stuart J.. Artificial intelligence : a modern approach / Stuart J. Russell and Peter Norvig ; contributing writers, Ernest Davis, Douglas D. Edwards, David Forsyth . - 3rd ed. Boston : Pearson, cop. 2010
- Schilling, Robert J.. Fundamentals of robotics : analysis and control / Robert J. Schilling Englewood Cliffs, N.J. : Prentice Hall, cop. 1990
- Stadler, Wolfram. Analytical robotics and mechatronics / Wolfram Stadler. - 1<sup>st</sup>edition McGraw-Hill series in electrical and computer engineering. Computer engineering