



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

**55000105 - Robotica**

PLAN DE ESTUDIOS

05TI - Grado En Ingeniería En Tecnologías Industriales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	15

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	55000105 - Robotica
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Séptimo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05TI - Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Jaime Del Cerro Giner	U.D. Automatica	j.cerro@upm.es	Sin horario. Pedir cita por correo electronico
Antonio Barrientos Cruz (Coordinador/a)	Un.D.Automati ca	antonio.barrientos@upm.es	Sin horario. Pedir cita por correo electrónico

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Fundamentos De Programacion
- Algebra
- Fisica General I
- Mecanica
- Dinamica De Sistemas
- Fundamentos De Electronica
- Fundamentos De Automatica

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE26A - Conocimientos de principios y aplicaciones de los sistemas robotizados.

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial.

CG10 - Capacidad para generar nuevas ideas (Creatividad).

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA18 - El conocimiento de la asignatura debe permitir abordar proyectos de automatización en los que se utilicen robots industriales así como el conocimiento de los sistemas y algoritmos que contribuyen al funcionamiento de un robot y al desarrollo de sistemas robóticos específicos

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura pretende dotar de conocimientos necesarios para **desarrollar y aplicar** robots, tanto en aplicaciones industriales como de servicio. El enfoque es teórico-práctico desarrollando los conocimientos multidisciplinares necesarios durante las clases y abordado su uso práctico mediante trabajos. La asignatura se desarrolla en buena parte mediante el **Aprendizaje Basado en Proyectos**.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. Introducción

- 1.1. Desarrollo, estado actual y tendencias de la robótica
- 1.2. Definiciones y clasificación de los robots

#### 2. Morfología del Robot Industrial

- 2.1. Morfología mecánica del robot
- 2.2. Actuadores y Sensores para el robot
- 2.3. Elementos terminales

#### 3. Herramientas matemáticas

- 3.1. Representación de la posición
- 3.2. Representación de la orientación. Matrices de Rotación y Cuaternios
- 3.3. Matrices de Transformación Homogénea
- 3.4. Relación y comparación entre los distintos métodos de localización espacial
- 3.5. Uso de Matlab para el modelado y simulación de robots

#### 4. Modelado cinemático de Robots manipuladores

- 4.1. El problema cinemático directo. Métodos geométricos y mediante cambios de base. Procedimiento de Denavit Hartenberg.
- 4.2. Cinemática Inversa. Métodos geométricos y mediante MTH. Desacoplo cinemático
- 4.3. Modelo Diferencial. Matriz Jacobiana . Configuraciones singulares
5. Modelado dinámico de Robots manipuladores
  - 5.1. Modelo dinámico de la estructura mecánica de un robot rígido. Formulación de Newton Euler y Formulación de Lagrange . Algoritmos computacionales
  - 5.2. Modelado en el espacio de la tarea
  - 5.3. Modelado de los actuadores
6. Control Cinemático de Robots manipuladores
  - 6.1. Funciones del control cinemático
  - 6.2. Tipos de trayectorias. Generación y muestreo de trayectorias cartesianas
  - 6.3. Interpoladores de trayectoria
7. Control dinámico de Robots manipuladores
  - 7.1. Control Monoarticular
  - 7.2. Control Multiarticular
  - 7.3. Aspectos prácticos de diseño del Regulador
8. Programación de Robots
  - 8.1. Métodos de programación de robots. Clasificación
  - 8.2. Requerimientos de un sistema de programación de robots
  - 8.3. Ejemplo de programación de un robot industrial
9. Robots móviles
  - 9.1. Panorama general de los Robots Móviles
  - 9.2. Cinemática del robot con ruedas
  - 9.3. Sensores para la Navegación
  - 9.4. Fusión sensorial
  - 9.5. Guiado de Robots móviles
10. El Sistema operativo ROS
  - 10.1. Visión general. Antes y despues de ROS

10.2. Componentes: Paquetes, nodos tópicos y servicios

10.3. Gazebo. Simulación de robots

10.4. RosBridge

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Introducción. Objetivos y Normas de la asignatura. Desarrollo del curso</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1. Introducción. Concepto de Robot Tipos de Robots</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2. Morfología del Robot. Elementos. Configuraciones</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Tema 2.- Morfología. Transmisiones y Reductores</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2.- Morfología. Actuadores: Eléctricos, neumáticos, otros</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p><b>Tema 2.- Morfología. Sensores presencia</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2.- Morfología. Sensores Posición</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2.- Morfología. Efectores finales</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>ENTREGABLE 1 (DOCUMENTO) Diseño Conceptual y lista de componentes. Plan de Trabajo</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 06:00</p>
4	<p><b>Temas 3.- Herramientas matemáticas. Especificación de la posición y orientación.</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4.- Modelado Cinemático. Concepto. Modelo Directo. Metodos Geométricos y Cambios de base</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>ENTREGABLE 2 (VÍDEO). Construcción de un Robot. GUI Matlab con Motor DC y encoder con PID</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 15:00</p>



5	<p><b>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Cinemático Directo. Método DH</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Cinemático Directo con MD y con Cuaternios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>PEC-1 Examen escrito cubriendo los temas 1 y 2 (MORFOLOGIA)</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
6	<p><b>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Cinemático Inverso. Métodos Geométricos. Desacoplamiento Cinemático. CCD</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Diferencial.. Jacobiana</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p><b>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Diferencial.. Singularidades</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 5.- Modelado Dinámico. Formulación de Newton-Euler y de Lagrange. Obtención para Robots de 2gdl. Modelo en espacio tarea</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>ENTREGABLE 3 (VIDEO). Construcción de un Robot. Sistema electromecánico con Control eje a eje en cadena cerrada</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 25:00</p>
8	<p><b>Tema 6. Control cinemático. Funciones. Tipos de Trayectoria. Interpoladores. Control Diferencial</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 7.- Control Dinámico. Control monoarticular. Control Multiarticular. Criterios de diseño</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Esta actividad se Cancela por las restricciones derivadas de la Covid-19 Los objetivos de aprendizaje se cubren en parte con el trabajo práctico. Practica Control de posición y trayectoria de un robot Scara Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
9	<p><b>Visión global del sistema de control de un Robot</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 8. Programación de Robots. Programación de un robot industrial</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>ENTREGABLE 4 (VIDEO) Construcción de un Robot. Control Cinemático. Línea recta</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 15:00</p>
10	<p><b>Tema 9. Robots móviles. Panorámica. Tipos de Ruedas</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 9.- Robots móviles. Cinemática</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 9.- Robots móviles. Sensores para</b></p>	<p>Actividad sujeta a las limitaciones derivadas de la Covid-19 <b>Práctica de Programación de Robots</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>TUTORIA GRUPAL: Instalación de máquina virtual ROS y configuración del entorno de trabajo. Inicialización al</b></p>		

	navegación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	entorno ROS Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas		
11	<p><b>Tema 9 .- Robots móviles. Navegación</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 9.- Robots móviles. Fusión sensorial</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>PEC-2 Examen escrito 2. Temas 3 a 7 (MODELADO Y CONTROL)</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
12	<p><b>Tema 9.- Robots móviles. Guiado</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 10 Sistema Operativo ROS. Introducción: Creación de paquetes. Diseño de robots con Gazebo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			<p><b>ENTREGA 5 FINAL (DOCUMENTO Y VIDEO) Construcción de un Robot.</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00</p>
13	<p><b>Tema 10. Sistema Operativo ROS. Simulación de sensores Ultrasonidos, cámaras, Laser, IMU (acc y gyro), Practica de mover un robot con comandos en bucle abierto</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p><b>Tema 10. Sistema Operativo ROS. Navegación y Fusión: Ejemplos de paquetes de navegación (dead-reckoning, percepción), Ejemplos de paquetes de fusión sensorial (EKF, UKF, SLAM)</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
14	<p><b>Tema 10 Sistema Operativo ROS: Planificación: Ejemplo de la integración de un sistema completo de GNC para exploración de un entorno, utilizando RRT (mapas locales y globales) y Frontier Exploration</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p><b>Aplicaciones de la robótica de servicios. Caso Práctico</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>			<p><b>Entrega Trabajo ROS</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>
15				
16				<p><b>PEC-3 Examen escrito: Temas 8 y 9 (Programación y Robótica móvil)</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>

17			<p><b>Exámen Módulo I</b>            TI: Técnica del tipo Trabajo Individual            Evaluación sólo prueba final            Presencial            Duración: 00:45</p> <p><b>Examen Módulo II</b>            EX: Técnica del tipo Examen Escrito            Evaluación sólo prueba final            Presencial            Duración: 00:45</p> <p><b>Examen Módulo III</b>            EX: Técnica del tipo Examen Escrito            Evaluación sólo prueba final            Presencial            Duración: 00:45</p>
----	--	--	--

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	ENTREGABLE 1 (DOCUMENTO) Diseño Conceptual y lista de componentes. Plan de Trabajo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	06:00	5%	0 / 10	CG10 CG5
4	ENTREGABLE 2 (VÍDEO). Construcción de un Robot. GUI Matlab con Motor DC y encoder con PID	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	15:00	10%	0 / 10	CG1 CE26A
5	PEC-1 Examen escrito cubriendo los temas 1 y 2 (MORFOLOGIA)	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	3 / 10	CG1 CE26A
7	ENTREGABLE 3 (VIDEO). Construcción de un Robot. Sistema electromecánico con Control eje a eje en cadena cerrada	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	25:00	20%	0 / 10	CG5 CG1
9	ENTREGABLE 4 (VIDEO) Construcción de un Robot. Control Cinemático. Línea recta	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	15:00	15%	0 / 10	CG1 CE26A
11	PEC-2 Examen escrito 2. Temas 3 a 7 (MODELADO Y CONTROL)	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	3 / 10	CG1 CE26A
12	ENTREGA 5 FINAL (DOCUMENTO Y VIDEO) Construcción de un Robot.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	10%	0 / 10	CG5 CG1 CG10 CE26A
14	Entrega Trabajo ROS	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	02:00	10%	5 / 10	

16	PEC-3 Examen escrito: Temas 8 y 9 (Programación y Robótica móvil)	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	3 / 10	CE26A
----	---	--	------------	-------	-----	--------	-------

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Exámen Módulo I	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:45	10%	3 / 10	CG1 CE26A
17	Examen Módulo II	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:45	10%	3 / 10	CG1 CE26A
17	Examen Módulo III	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:45	10%	3 / 10	CG1 CE26A

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Módulo I	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	10%	3 / 10	CG1 CE26A

## 7.2. Criterios de evaluación

La asignatura se evalúa en base a dos trabajos prácticos y tres pruebas escritas

Para probar la asignatura se debe

- Obtener un mínimo de 3 puntos en cada prueba escrita
- Obtener un mínimo de 5 puntos en cada trabajo
- Obtener una media ponderada global (pruebas escritas y trabajos) igual o mayor a 5, siendo el peso de los trabajos respectivamente del **60% y 10%** y el peso de las pruebas escritas del **30%** ( 10% cada una)

### Pruebas escritas

Las **pruebas escritas** evalúan los contenidos teóricos estructurados en 3 módulos independientes 1- Morfología, 2- Modelado y Control, 3- Programación y Robótica móvil

La evaluación durante el curso es **distribuida** , de modo que el contenido de cada **módulo es liberatorio**. De esta manera una vez superado con nota mayor igual a 3 un módulo, esta calificación se mantiene durante todo el curso académico (en ningún caso se mantiene para siguientes cursos).

En caso de no superarse uno o varios módulos (nota inferior a 3) , podrán ser recuperados en la **prueba global** que se realiza al final del curso. En esta se evaluarán de manera independiente los 3 módulos. La nota final de cada módulo será la mejor entre la obtenida en la evaluación distribuida y la evaluación en la prueba final, debiéndose sacar un mínimo de 3 puntos en cada módulo para poder aprobar la asignatura.

### Trabajos prácticos

Los contenidos prácticos se evalúan en base a **dos trabajos** a desarrollar.

El primero de ellos , que puntúa un 60% , **se desarrolla por equipos** y consiste en la construcción y control de un robot. Este trabajo tiene una serie de entregas parciales distribuidas durante el curso. **La nota que el profesor da al grupo se distribuye de manera individual entre los participantes de acuerdo al criterio de los propios miembros del equipo.**

El segundo trabajo puntúa un 10% y **es individual**. Consiste en una implementación del control básico de un Robot móvil bajo ROS. La instalación de éste se realiza sobre una máquina virtual cuyas pautas de instalación son proporcionadas por los profesores durante las clases.

**Los trabajos deben ser superados durante la evaluación distribuida que se desarrolla durante el curso, no habiendo opción de recuperación en la prueba global o en la evaluación extraordinaria**

*Ver artículo 12.1.2 de la NORMATIVA DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE EN LAS TITULACIONES OFICIALES DE GRADO Y MÁSTER UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (Aprobada por Consejo de Gobierno en su sesión del 26 de mayo de 2022)*

*Los sistemas contemplarán el establecimiento de pruebas y actividades de evaluación, que incluirán pruebas de evaluación globales al finalizar el periodo de docencia de las asignaturas de modo que permitan superar la asignatura si no ha sido superada mediante el sistema de evaluación progresiva. No obstante, los sistemas de evaluación podrán exigir la participación obligatoria de los estudiantes en actividades que no puedan recuperarse si no se han llevado a cabo en el periodo docente, siempre que hayan sido incluidas en la guía de aprendizaje y su fecha de realización se concrete con, al menos, catorce días naturales de antelación.*

## Evaluación Extraordinaria

La **evaluación extraordinaria** se registrará por los mismos criterios que la Evaluación por prueba global, por lo que será necesario, para poder aprobar la asignatura, el haber realizado ambos trabajos y haber superado en ellos la calificación de 5 puntos durante el curso.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Fundamentos de Automática	Bibliografía	Libro de Texto
Arduino	Otros	HW (proporcionado por el alumno)
HW constructivo del robot	Otros	Motores, sensores y materiales constructivos aportados por el alumno
Matlab	Equipamiento	Licencia SW de la UPM
UR Academy	Recursos web	SW online para aprender programación de Robots   <a href="https://www.universal-robots.com/es/academy/">https://www.universal-robots.com/es/academy/</a>
Robots Scara Makeblock	Equipamiento	Robots tipo Scara para las prácticas y para uso libre por parte del alumno
Motores, Drivers y Sensores	Equipamiento	Pequeño HW constructivo, prestado a los alumnos para que puedan anticipar sus desarrollos
Servos de Velocidad Posición QUBE	Equipamiento	Sistemas de control de posición dotados de Motor DC , Encoder, Reductora , Cargas y SW de soporte sobre Simulink
Ordenadores	Equipamiento	Ordenadores tipo PC con USB y el SW necesario para las prácticas
Máquina Virtual ROS	Recursos web	Instalación de ROS sobre Linux en máquina virtual de Escritorios remotos



## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

#### **OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

La asignatura se relaciona con el ODS8 y el ODS8

Esta asignatura contribuye al ODS-8 (Objetivo 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos), aportando conocimientos en tecnologías clave para mantener el crecimiento económico de los países y de su PIB y ayudando a conseguir niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra (meta 8.2)

También contribuye al **ODS-9** (Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación). La formación en las TIC que aporta la asignatura es de aplicación directa el desarrollo de una industria modernizada, fiable y adaptable a la relocalización del tejido industrial. haciendola mas robusta antes crisis con efectos internacionales.