Universidad de Navarra

Sistemas de fabricación automática y robótica Industrial (MII Madrid)

Guía docente 2026-27

PRESENTACIÓN

Breve descripción:

- **Titulación**: Máster en Ingeniería Industrial
- **Módulo/Materia**: Máquinas, Motores y Fabricación Industrial
- **ECTS**: 5
- **Curso, semestre**: n.d.
- **Carácter**: obligatorio
- **Profesorado**:
  - Miguel Arizmendi Jaca / Profesor titular
  - Jorge Juan Gil Nobajas / Catedrático
  - Juan Ruiz Rodríguez / Profesor invitado
- **Idioma**: español
- **Aula, Horario**: n.d.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Competencias)

- CB6 - 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
- CB7 - Que los estudiantes sepan 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 su área de estudio
- CG01 - 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.
- CG02 - Proyectar, calcular y diseñar productos, procesos, instalaciones y plantas.
- CG03 - Dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinares.
- CG08 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.
- CE02 - Conocimiento y capacidad para proyectar, calcular y diseñar sistemas integrados de fabricación.
- CE08 - Capacidad para diseñar y proyectar sistemas de producción automatizados y control avanzado de procesos.

PROGRAMA

Tema 1. Introducción a la automatización de sistema de fabricación

- Tipos de sistemas de fabricación
- Centros de mecanizado multifuncionales
- Sistemas de fabricación flexible
- Máquinas transfer de fabricación y montaje
- Análisis de tiempos de ciclo y productividad
- Elaboración de un proyecto de automatización

Tema 2. Introducción a la ingeniería de precisión

- Exactitud, precisión y resolución
- Errores geométricos y cinemáticos
- Principio de Abbe
- Error de coseno

- Error budget
- Errores en sistema de guiado lineal

Tema 3. Máquina-Herramienta: Componentes mecánicos

- Accionamientos mecánicos de avance: basados en husillos a bolas, piñón-cremallera y motores lineales
- Sistemas de guiado
- Husillo de bolas-tuerca
- Dimensionamiento y selección de husillo de bolas
- Servomotores de avance y dispositivos de control: encoders, reglas ópticas y transductores de velocidad
- Dimensionamiento y selección de servomotores de avance
- Accionamiento de husillo principal

Tema 4. Máquina-Herramienta: Servoaccionamientos

- Comportamiento dinámico: respuesta temporal y en frecuencia
- Influencia de parámetros mecánicos en el accionamiento
- Regulación de lazos de posición, de velocidad y de intensidad

Tema 5. Introducción a la robótica industrial

- Definiciones y conceptos
- Tipos de robots
- Elementos y partes
- Mecanismos serie y paralelos
- Articulaciones, grados de libertad, espacio de trabajo y singularidades

Tema 6. Análisis cinemático de robots

- Matrices de transformación homogénea
- Cinemática directa
- Cinemática inversa
- Matriz jacobiana, definición y aplicaciones

Tema 7. Método de Denavit-Hartenberg

- Convenio estándar de Denavit-Hartenberg
- Convenio modificado de Denavit-Hartenberg
- Simulación de mecanismos usando Matlab/Simulink

Tema 8. Introducción a la industria 4.0.

- Durante este bloque se introducirá el contexto actual del sector industrial y la evolución hacia la Industria 4.0. El objetivo del temario es proporcionar una visión estructurada de sus fundamentos, entendiendo la relación entre sistemas físicos y digitales a través de los principales componentes (ejecución física, conectividad e inteligencia), así como introducir el papel de la inteligencia artificial como tecnología habilitadora. A lo largo del bloque, el alumno desarrollará la capacidad de identificar problemas relevantes en entornos industriales, comprender cómo la tecnología puede abordarlos y comenzar a estructurar casos de uso con impacto real en negocio, sentando las bases para su posterior desarrollo técnico y estratégico.

Tema 9: Arquitectura Digital

- Durante este bloque se abordará cómo estructurar una solución digital en un entorno industrial, poniendo el foco en el papel de los datos y la arquitectura como elementos clave para llevar un caso de uso desde la conceptualización hasta su implementación. El objetivo del temario es que el alumno comprenda cómo se organizan, procesan y utilizan los datos dentro de una arquitectura de inteligencia artificial, así como las decisiones fundamentales relacionadas con su gobierno,

tratamiento e integración en sistemas industriales. Además, se trabajará la capacidad de comunicar eficazmente una propuesta tecnológica, estructurando el problema y el impacto esperado.

Tema 10. Impacto y Ejecución

- Durante este bloque se abordará cómo transformar una solución tecnológica en un proyecto con impacto real, poniendo el foco en la justificación económica, la ejecución industrial y la generación de valor. El objetivo del temario es que el alumno comprenda cómo medir el impacto de un caso de uso y cómo escalar desde el piloto hasta su despliegue en un entorno productivo. A lo largo del bloque, se trabajará la capacidad de conectar la tecnología con resultados tangibles, integrando conceptos como ROI, escalabilidad y gestión del cambio, así como la comprensión de proyectos reales en entornos industriales complejos. Como cierre, el alumno deberá ser capaz de comunicar y defender su propuesta de forma clara y persuasiva, demostrando su viabilidad técnica, su impacto en negocio y su alineación con una ejecución industrial realista.

CONTENTS OF THE COURSE

Unit 1. Introduction to manufacturing system automation

- Types of manufacturing systems
- Multitasking machining centers
- Flexible manufacturing systems
- Manufacturing and assembly transfer machines
- Cycle time
- Development of an automation project

Unit 2. Introduction to precision engineering

- Accuracy, precision and resolution
- Geometric and kinematic errors
- Abbe's principle
- Cosine error
- Error budget
- Errors in linear guidance systems

Unit 3. Machine-tool: Mechanical components

- Feed drives based on ball screw, rack and pinion and linear motor
- Linear guidance systems
- Ball screw
- Ball screw dimensioning and selection
- Servo feef motors and control devices: encoders, optical scales and speed transducers
- Dimensioning and selection of servo feed motors
- Main splindle drive

Unit 4. Machine-tool: Servo drives

- Dynamic behaviour: time and frequency response
- Influence of mechanical parameters on the drive
- Position, speed and current loop control

Unit 5. Introduction to industrial robotics

- Definitions and concepts
- Types of robots
- Serial and parallel mechanisms

- Joints, degrees of freedom, workspace and singularities

Unit 6. Kinematic analysis of robots

- Homogeneous transformation matrices
- Direct kinematics
- Inverse kinematics
- Jacobian matrix, definition and applications

Unit 7. Denavit-Hartenberg method

- Standard Denavit-Hartenberg Convention
- Modified Denavit-Hartenberg Convention
- Mechanism simulation using Matlab / Simulink

Unit 8. Introduction to industry 4.0.

- During this block, the current context of the industrial sector and its evolution towards Industry 4.0 will be introduced. The objective of the syllabus is to provide a structured understanding of its core foundations, focusing on the relationship between physical and digital systems through its main components (physical execution, connectivity, and intelligence), as well as introducing the role of artificial intelligence as a key enabling technology. Throughout the block, students will develop the ability to identify relevant problems in industrial environments, understand how technology can address them, and begin to structure use cases with real business impact, laying the foundations for their subsequent technical and strategic development.

Unit 9. Digital Architecture

- During this block, the focus will be on how to structure a digital solution within an industrial environment, emphasising the role of data and architecture as key elements to move a use case from conceptualisation to implementation. The objective of the syllabus is for students to understand how data is organised, processed, and used within an artificial intelligence architecture, as well as the key decisions related to data governance, processing, and integration with industrial systems. In addition, students will develop the ability to effectively communicate a technological proposal by clearly structuring the problem and the expected impact.

Unit 10. Impact and Execution

- During this block, the focus will be on how to transform a technological solution into a project with real impact, emphasising economic justification, industrial execution, and value generation. The objective of the syllabus is for students to understand how to measure the impact of a use case and how to scale from pilot to deployment in a production environment. Throughout the block, students will develop the ability to connect technology with tangible outcomes, integrating concepts such as ROI, scalability, and change management, as well as gaining exposure to real projects in complex industrial environments. As a final outcome, students will be expected to clearly and persuasively communicate and defend their proposal, demonstrating its technical feasibility, business impact, and alignment with a realistic industrial execution.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

En las **clases expositivas** se combinará la explicación de los fundamentos teóricos con la realización de ejercicios relativos a los sistemas de fabricación automatizados y a la robótica industrial, que serán aplicados en la realización de los trabajos y sesiones prácticas. La metodología docente será la clase magistral. Las clases se darán combinando presentaciones de PowerPoint con la pizarra. Se espera que el alumno siga las explicaciones del profesor cuando éste emplee transparencias y tome apuntes.

Trabajo de fabricación: Diseño de máquina en entorno automatizado.

Trabajo de robótica: Programación de la cinemática directa e inversa de un caso de uso de un mecanismo.

Trabajo de IA: Un trabajo grupal en forma de presentación oral apoyada sobre un documento escrito y una demo técnica en Google Colab mediante la cual el grupo tendrá que justificar una propuesta de aplicación de IA en el contexto industrial. El proyecto se basa en una evolución del mismo caso de uso trabajado durante las entregas de los temas 8, 9 y 10.

EVALUACIÓN

CONVOCATORIA ORDINARIA

La calificación final se desglosa de la siguiente forma:

- Trabajo de fabricación **1 punto**
- Trabajo de robótica **1 punto**
- Trabajo de IA: **1.5 puntos**
- Entregas Industria 4.0 (**1.5 puntos**): Tres entregas de **0,5 pts** en forma de presentación al final de los temas 8, 9 y 10.
- Examen: parte de fabricación **3 puntos** y parte de robótica **3 puntos**

Para aprobar la asignatura, se requiere:

- Una nota mínima en cada parte del examen de 3/10.
- La realización de los trabajos de fabricación, robótica e IA.

La calificación final es la suma de todas las actividades evaluadas.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

En el caso de que la nota final en la convocatoria ordinaria no alcance el 5 sobre 10, el alumno tendrá derecho a examen en convocatoria extraordinaria que tendrá características iguales a la convocatoria ordinaria, obteniéndose la nota final como la media ponderada del examen, los trabajos y las entregas. Las notas de los trabajos y las entregas se mantendrán para la convocatoria extraordinaria.

HORARIOS DE ATENCIÓN

Dr. Miguel Arizmendi Jaca (marizmendi@unav.es)

- Despacho IG -103. Edificio Igara. Planta -1.
- Horario de tutoría: concretar por correo electrónico

Dr. Jorge Juan Gil Nobajas (jjgil@unav.es)

- Despacho IG -202. Edificio Igara. Planta -2.
- Horario de tutoría: concertar por correo electrónico.

D. Juan Ruiz Rodríguez (juanruizrodrig@gmail.com)

- Horario de tutoría: concertar por correo electrónico.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica:

- Apuntes del profesor.
- Introduction to Robotics: Mechanics and Control - John J. Craig. Localízalo en la biblioteca
- Springer Handbook of Robotics - Bruno Siciliano y Oussama Khatib (eds.). Localízalo en la biblioteca (Versión electrónica)
- Robotics, Vision and Control - Peter Corke. Localízalo en la biblioteca (Versión electrónica)
- Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems - Groover, Mikell P, John Wiley & Sons, 2004. Localízalo en la biblioteca
- Manufacturing engineering and technology - Serope Kalpakjian, Prentice Hall International, 2010. Localízalo en la biblioteca
- Precision machine design - Alexander H. Slocum, S.M.E., 1992. Localízalo en la biblioteca

Bibliografía complementaria:

- Robot Modeling and Control - Mark W. Spong, Seth Hutchinson y M. Vidyasagar.
- A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation - Richard M. Murray, Zexiang Li y S. Shankar Sastry.
- Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design - Yusuf Altintas, Cambridge University Press, 2000.
- Electrical feed drives for machine tools - Hans Gross, John Wiley & Sons Limited, 1983.
- Handbook of Machine Tools - Manfred Weck, John Wiley & Sons Limited, 1984.