

## 69160 - Multirobot Systems

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2022/23

**Asignatura:** 69160 - Multirobot Systems

**Centro académico:** 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura

**Titulación:** 615 - Máster Universitario en Robótica, Gráficos y Visión por Computador/Robotics, Graphics and Computer Vision

**Créditos:** 3.0

**Curso:** 1

**Periodo de impartición:** Segundo semestre

**Clase de asignatura:** Optativa

**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

El objetivo de la asignatura es formar al alumno en los aspectos claves relativos a los sistemas multi-robot y sus aplicaciones en diferentes contextos. Ello requiere abordar la disciplina desde diferentes niveles:

- Se estudian los fundamentos relacionados con la clasificación de los diferentes tipos de sistemas multi-robot, la problemática asociada, y el marco conceptual y herramientas para trabajar con estos sistemas.
- Se presentan técnicas y algoritmos que permiten trabajar con sistemas multi-robot. El desarrollo e implementación de algoritmos requiere estudiar y practicar técnicas y lenguajes de programación.
- Se analizan diferentes casos de estudio y ejemplos de aplicación de sistemas multi-robot.
- Finalmente se aborda el desarrollo de aplicaciones en el contexto de sistemas multi-robot.

Se pretende conseguir que tras superar la asignatura el alumnado tenga la suficiente competencia para el análisis, diseño y programación de sistemas multi-robot.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la Agenda 2030 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>) y determinadas metas concretas, de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia al estudiante para contribuir en cierta medida a su logro:

- ODS 9. Industria, Innovación e Infraestructuras
  - Meta 9.4 De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas
  - Meta 9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.

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

Multirobot Systems es una asignatura optativa de 3 créditos ECTS del Máster Universitario en Robotics, Graphics and Computer Vision por la Universidad de Zaragoza. Los contenidos de esta asignatura se enmarcan dentro de la materia de Advanced Topics in Robotics.

En esta asignatura se presentan conceptos generales de sistemas multi-robot, abordando aspectos teóricos, de implementación y de su aplicación práctica. Se han cursado en el semestre anterior asignaturas obligatorias de ?Autonomous Robots? y ?Computer Vision?, que introducen algunos de los principios básicos utilizados en esta asignatura. Se aprende en esta asignatura a analizar y diseñar sistemas multi-robot, comprendiendo la trascendencia y ventajas de los sistemas compuestos por múltiples robots en diversas aplicaciones así como su potencial en diferentes ámbitos.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Por razones pedagógicas y de contenidos es recomendable haber cursado con aprovechamiento las asignaturas de Autonomous Robots y Computer Vision, y disponer de destrezas y conocimientos sólidos de matemáticas y programación.

Se recomienda esta asignatura a los estudiantes interesados en la robótica y en los sistemas multi-robot. Estos temas son fundamentales y de gran importancia en la actualidad, con un amplio abanico de aplicaciones relacionadas tanto con la automatización industrial como con la investigación. En esta asignatura, se ofrece una perspectiva global de la problemática asociada a las aplicaciones multi-robot, y se profundiza en los conocimientos de modelado, análisis, diseño e implementación de aplicaciones robóticas.

El estudio y trabajo continuado, desde el primer día del curso, son fundamentales para superar con el máximo aprovechamiento la asignatura. Es importante resolver cuanto antes las dudas que puedan surgir, para lo cual el estudiante cuenta con la asistencia del profesor, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a ello.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

Básicas y generales:

- 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.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CG01 - 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 los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador, que les permitan ser innovadores en un contexto de investigación, desarrollo e innovación.
- CG09 - Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la resolución de problemas de los ámbitos de la Robótica, Gráficos y Visión por Computador.
- CG10 - Capacidad para comprender, relacionar con el estado del arte y evaluar críticamente publicaciones científicas en los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador.
- CG11 - Capacidad para gestionar y utilizar bibliografía, documentación, bases de datos, software y hardware específicos de los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador.

Específicas:

- CE04 - Capacidad para concebir, diseñar y desarrollar software, productos y sistemas en el ámbito de la robótica.

### 2.2. Resultados de aprendizaje

El alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los retos y problemas específicos en el contexto de sistemas multi-robot.
- Conocer y aplicar técnicas avanzadas en el contexto de sistemas multi-robot.
- Comprender y evaluar el impacto de aplicaciones en robótica avanzada.
- Identificar los problemas objeto de investigación para los cuales no existen soluciones conocidas en el ámbito de la robótica.
- Tener un conocimiento práctico de los aspectos anteriores.
- Presentar de forma sintética los resultados técnicos y/o científicos propuestos.
- Evaluar las fuentes bibliográficas relevantes.

### 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

Los sistemas multi-robot tienen una creciente aplicación en un amplio abanico de contextos, que incluyen la automatización industrial, la logística y transporte cooperativo, la monitorización cooperativa de entornos o instalaciones, o la exploración y rescate, entre otros. La presencia de varios robots trabajando de forma coordinada introduce una serie de importantes mejoras. La ejecución paralela permite un mejor aprovechamiento de los recursos, reduciendo los tiempos de ejecución en tareas que son inherentemente distribuidas. La presencia de varios robots introduce una mayor robustez ante fallos debido a la redundancia. El uso de sistemas multi-robot permite llevar a cabo tareas que no serían posibles con un único miembro del equipo. Por otra parte, contar con sistemas multi-robot requiere abordar la problemática específica relacionada con la asignación de tareas, la coordinación entre los robots, las comunicaciones entre los mismos, y toma de decisiones de forma cooperativa. Los conocimientos adquiridos en esta asignatura son de gran importancia, ya que permiten tener una aproximación a este tipo de sistemas, a las herramientas para trabajar y diseñar aplicaciones en estos contextos, y permiten afianzar y profundizar en conceptos relacionados con la percepción, la robótica y el control.

## 3. Evaluación

### 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

De acuerdo con la normativa de la Universidad de Zaragoza la evaluación de esta asignatura se establece como de Tipo global. En cada convocatoria, la evaluación comprenderá una única prueba:

Evaluación del Trabajo Práctico (100%): Calificado entre 0 y 10 puntos. El objetivo de esta prueba es evaluar los conocimientos y destrezas adquiridos durante el desarrollo de un caso de estudio que requiere poner en juego todos los resultados de aprendizaje.

## 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

### 4.1. Presentación metodológica general

El proceso de enseñanza-aprendizaje se llevará a cabo a través de:

- Clases magistrales (exposición de contenidos)
- Resolución de problemas y casos (ejemplos y casos prácticos con participación activa de los estudiantes, y trabajo práctico autónomo de los estudiantes, tutelados por los profesores)
- Prácticas de laboratorio (realización de ejercicios prácticos planteados, supervisados por los profesores)
- Trabajos de aplicación o investigación prácticos (actividades de aprendizaje, tutelado por los profesores, a realizar a lo largo del semestre).
- Estudio (estudio personal continuado por parte de los alumnos).

### 4.2. Actividades de aprendizaje

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades:

1. Clases magistrales

2. Resolución de problemas y casos
3. Prácticas de laboratorio
4. Trabajos de aplicación o investigación prácticos
5. Estudio personal y evaluación

#### 4.3. Programa

- Introducción
- Clasificación de sistemas multi-robot
- Marco conceptual y modelos clásicos
- Fundamentos y aplicaciones
- Casos de estudio (relacionados con temáticas que incluyen: Connectivity maintenance and rendezvous, Search, Reconnaissance and Mapping in Search and Rescue Scenarios, Deployment, Formation Control, Boundary Estimation and Tracking, Robot Swarms, Mobile Sensor Networks, Cooperative Manipulation and Transport, Task Allocation)
- Ejemplos de resultados recientes

#### 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

Las clases magistrales se imparten según horario establecido por el centro, y publicado en su web. La relación y fecha de las diversas actividades y tutorías, junto con todo tipo de información y documentación sobre la asignatura, se publicará en <http://moodle.unizar.es/>

A título orientativo:

- Cada semana hay programada una única sesión de dos horas de clase. El contenido de cada sesión, se dedicará a las actividades mencionadas (clase magistral, resolución de problemas y casos, prácticas de laboratorio, trabajos de aplicación o investigación prácticos), anunciándolo con antelación.

#### 4.5. Bibliografía y recursos recomendados

Bibliografía básica:

1. Siciliano, Bruno, and Oussama Khatib, eds. Springer handbook of robotics. Springer, (ed. 2016). Capítulos 40, y 41. <https://www.springer.com/gp/book/9783319325507>
2. Ren, Wei, and Randal W. Beard. Distributed consensus in multi-vehicle cooperative control. Vol. 27. No. 2. London: Springer London, 2008. <https://www.springer.com/gp/book/9780857291684>
3. Mesbahi, Mehran, and Magnus Egerstedt. Graph Theoretic Methods in Multiagent Networks. PRINCETON; OXFORD: Princeton University Press, 2010. [www.jstor.org/stable/j.ctt1287k9b](http://www.jstor.org/stable/j.ctt1287k9b) Accessed July 10, 2020. [doi:10.2307/j.ctt1287k9b](https://doi.org/10.2307/j.ctt1287k9b).
4. Ren, Wei, and Yongcan Cao. Distributed coordination of multi-agent networks: emergent problems, models, and issues. Springer Science & Business Media, 2010. <https://www.springer.com/gp/book/9780857291684>
5. Fei Chen and Wei Ren (2019), "On the Control of Multi-Agent Systems: A Survey", Foundations and Trends® in Systems and Control: Vol. 6: No. 4, pp 339-499. <http://dx.doi.org/10.1561/26000000019>

Bibliografía complementaria:

1. Bullo, Francesco, Jorge Cortes, and Sonia Martinez. Distributed control of robotic networks: a mathematical approach to motion coordination algorithms. Vol. 27. Princeton University Press, 2009. Accesible en abierto: <http://coordinationbook.info/index.html>

Bibliografía en UZ:

[http://biblos.unizar.es/br/br\\_citas.php?codigo=69160&year=2020](http://biblos.unizar.es/br/br_citas.php?codigo=69160&year=2020)