

NOMBRE ASIGNATURA / COURSE TITLE

Ingeniería de Sistemas / Systems Engineering

Departamento	AUTOMÁTICA, INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL	Coordinador/a de la asignatura
		R. Sanz
Unidad Docente	AUTOMÁTICA	Número de plazas ofertadas
		50

Profesores con vinculación permanente dispuestos a impartirla

1. Ricardo Sanz
2. Ramón Galán
3. Claudio Rossi
4. Antonio Barrientos
5. Sergio Domínguez
6. Pascual Campoy
7. Rafael Aracil

Objetivo general de la asignatura

Los sistemas inteligentes de control están en todas partes. Aseguran el ritmo de los corazones, siguen los paquetes, controlan los semáforos, guían a los aviones, estabilizan los coches. Están en el centro de los sistemas y servicios que utilizamos todos los días. De ellos depende gran parte del tejido tecnológico del que dependemos: desde los smartphones y las lavadoras hasta los hospitales y las naves espaciales.

Su construcción no es fácil y requiere de conocimientos específicos del dominio de aplicación –química, espacio, robótica- así como competencias generales que trascienden las disciplinas. El marco general de la asignatura es el aprendizaje y aplicación de los métodos de la **Ingeniería de Sistemas** a la construcción de un sistema técnico inteligente. Se impartirá la docencia de acuerdo con las directrices del **International Council on Systems Engineering (INCOSE)**, uno de los 32 miembros de **ABET**. El sistema a construir –el Smart System Challenge- será diferente cada curso para garantizar los objetivos.

El planteamiento de la asignatura como un proceso de aprendizaje basado en un proyecto real posibilitará el desarrollar un curso donde el alumno se forme en las **Competencias transversales** objetivo de la asignatura. El curso se organizará tratando de cumplir los estándares CDIO en la medida de lo posible, e.g. *“A CDIO program is based on the principle that product and system lifecycle development and deployment are the appropriate context for engineering education.”*

El objetivo concreto de la asignatura será el **diseño, construcción, instrumentación y validación de un ingenio automatizado** para el cumplimiento de una misión.

Son objetivos específicos de la asignatura:

- Desarrollar conocimientos y habilidades de Ingeniería de Sistemas Automáticos
- Hacer ingeniería de ciclo completo desde concepción hasta mantenimiento y retirada
- Utilizar herramientas de ingeniería estado del arte
- Adquirir metodologías de trabajo individual y en grupo
- Presentación y defensa pública de las diferentes actividades del proyecto

El curso se imparte en español e inglés. Ambos idiomas serán necesarios.

Algunos posibles ejemplos de Smart System Challenge:

Sistema de Supervisión del Conductor

Un sistema de seguridad para vehículos que utiliza sensores de visión o infrarrojos para vigilar atención del conductor. Si el conductor no está prestando atención a la carretera y se detecta una situación de peligro, el sistema advierte al conductor. Si no se corrige la actitud, el vehículo se frenará automáticamente haciendo sonar una alarma.

Sistema de seguridad

El objetivo es la construcción de un sistema de vigilancia para recintos cerrados con alta seguridad con participación de drones y/o robots móviles. Se desarrollarán los sistemas necesarios para la vigilancia así como aspectos complementarios como son interfases, protocolos de transmisión, bases de datos, sistemas de teleoperación, etc.

Sonda atmosférica

Cada equipo deberá proyectar, construir, instrumentar, lanzar y explotar los datos adquiridos por una sonda atmosférica (altura de vuelo estimada unos 15 km). El trabajo constructivo a desarrollar por los alumnos es , principalmente el desarrollo de los módulos de misión (carga de pago) y de estructura (globo, paracaídas, etc.). La prueba final se hará en el exterior (lugar a determinar de acuerdo a las restricciones de Aena).

Vigilante de parking

Se desarrollará un sistema de localización de coches no autorizados y/o mal aparcados en el aparcamiento de la escuela. Para ello se empleará un dron comercial de bajo coste. Se desarrollará el software de navegación, seguridad, procesamiento de imagen en integración con las bases de datos de la ETSII.

Otros ejemplos:

- System Health Manager para sonda espacial
- Inteligencia artificial para Ghost Recon
- Smart Home Server usando Raspberry Pi.
- Scheduler inteligente para sistema de tratamiento superficial
- Control experto de hornos de cemento
- Sistema de diagnostico online para patologías respiratorias
- Trader automatico para el NYSE

Conocimientos que requiere el alumno

Aquellos de formación básica e ingeniería adquiridos en los grados de la rama industrial, con mayor focalización en unos u otros, dependiendo del reto planteado (sistema químico, mecánico, eléctrico, etc). Uso de computadores y herramientas ofimáticas; y, en general, los fundamentos de programación, fundamentos de electrónica y fundamentos de automática estudiados en el grado. Inglés y Español.

MÓDULO A	Desglose de actividades formativas y contenidos
A1. 30 horas	Sesiones presenciales para el planteamiento y seguimiento del proyecto:

<p>presenciales de teoría</p>	<p>Conocimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Refuerzo de conocimientos específicos ya adquiridos en el grado - Conocimientos de Ingeniería de Sistemas <p>Temas específicos de Ingeniería de Sistemas:</p> <p>PARTE 1. PROCESO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS</p> <p>Ingeniería de requisitos Análisis funcional y asignación Diseño y síntesis de sistemas Modelado y simulación Construcción de sistemas Verificación y validación</p> <p>PARTE 2. CONTROL DEL PROCESO DE INGENIERIA</p> <p>Estructura de desglose del trabajo Gestión de la configuración Revisiones técnicas y auditorías Métricas de proceso de ingeniería Gestión de riesgos</p> <p>PARTE 3. ORGANIZACIÓN, PRODUCTIZACIÓN Y GESTIÓN</p> <p>La organización e integración del desarrollo de sistemas Organización del equipo y responsabilidades Estudios de mercado y productización Consideraciones contractuales y asuntos legales Impacto social y ambiental</p> <p>Temas específicos de Automática:</p> <p>Refresco de conocimientos de control, instrumentación, programación, hardware, robótica, simulación, etc.</p> <p>Textos:</p> <p><i>International Council of Systems Engineering, Systems Engineering Handbook, Version 3.1, August 2007.</i></p> <p><i>NASA Systems Engineering Handbook, Rev. 1, December 2007.</i></p>
<p>A2. 50 horas presenciales de trabajo práctico o laboratorio</p>	<p>Sesiones presenciales para el planteamiento y seguimiento del proyecto:</p> <p>Práctica:</p> <p>En estas sesiones se guiará al alumnado en la construcción de un sistema inteligente real usando las técnicas de la ingeniería de sistemas.</p>

	<p>El proyecto a realizar –el Smart System Challenge– será nuevo cada curso y tendrá la complejidad necesaria para posibilitar los objetivos de la asignatura. Son fundamentales tres aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La novedad: aunque pueden existir sistemas de este estilo la solución no es obvia ni inmediata, requiriendo de un esfuerzo de creatividad e innovación. - La complejidad: el sistema tiene la dimensión y dificultad necesaria como para obligar al trabajo en equipo y a la formación continua en temas específicos de ingeniería. - La realidad: se exige el cumplimiento de requisitos de la vida real - funcionales y no funcionales- o de impacto social o medioambiental. <p>Las actividades serán las derivadas del modelo de desarrollo en V de la ingeniería de sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos prácticos de la aplicación de la Ingeniería de Sistemas - Especificación del sistema objetivo. Análisis del dominio - Diseño del sistema - Construcción del sistema - Pruebas parciales - Integración y pruebas - Verificación y validación - Documentación y diseminación de resultados - Planificación, seguimiento, y supervisión del trabajo - Resolución de dudas específicas y asesoramiento <p>En este proceso el profesorado tomará tres roles diferentes e identificables: i) el rol del cliente, ii) el rol de consultor externo y iii) el rol de profesor.</p>
<p>A3. 10 horas presenciales de defensa y evaluación</p>	<p>Sesiones presenciales para el planteamiento y seguimiento del proyecto: Evaluación:</p> <p>El objetivo de estas sesiones es el desarrollo de competencias necesarias para superar procesos de evaluación de proyectos por terceros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Presentación del proyecto y de actividades concretas - Revisiones técnicas del proyecto - Evaluación y aceptación
<p>COMPETENCIAS A LAS QUE CONTRIBUYE (como mínimo las señaladas)</p>	
<p>X</p>	<p>(a) Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería.</p> <p><i>Se aplicarán conocimientos adquiridos en el grado en un proyecto real de ingeniería.</i></p>
<p>X</p>	<p>(b) Habilidad para diseñar y realizar experimentos y para analizar e interpretar datos.</p> <p><i>Se deberán diseñar y realizar experimentos específicos para i) decidir sobre aspectos</i></p>

	concretos del diseño y ii) evaluar el cumplimiento de los requisitos del sistema.
X	(c) Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas: económicas, sociales, medioambientales, políticas, éticas, salud, seguridad, fabricación y sostenibilidad. <i>El Smart System Challenge es un proyecto real dirigido por requisitos de acuerdo con la práctica de la ingeniería de sistemas. No existe solución predefinida sino que el proyecto se basa en requisitos de cliente, lo que obliga a identificar, formular y resolver problemas en condiciones realistas.</i>
X	(d) Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares. <i>Los alumnos se organizarán en equipos multidisciplinares con responsabilidades y competencias diferenciadas requeridas por el proyecto. Se espera que en la asignatura participen alumnos de diferentes perfiles.</i>
	(e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
X	(f) Comprensión de la responsabilidad ética y profesional. <i>Los aspectos relativos a la responsabilidad profesional se incluirán en la presentación de todos los temas, actividades y procesos de la ingeniería de sistemas; se incluirán así mismo aspectos legales, éticos y sociales.</i>
X	(g) Habilidad para comunicar eficazmente. <i>La presentación y defensa del trabajo personal y del equipo será una práctica habitual de la asignatura. Se exigirá la capacidad de comunicación escrita y oral tanto en español como en inglés.</i>
X	(h) Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global. <i>El foco de la asignatura son sistemas reales que en general responden a necesidades sociales contemporáneas. Esto implicará el análisis del impacto de la tecnología en la sociedad y no solo en términos del proyecto concreto.</i>
X	(i) Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo. <i>La adquisición de las competencias técnicas y transversales necesarias para el proyecto hará que el alumno aprenda la necesidad de la formación continua para la práctica de la ingeniería en el mundo real. El resolver los retos precisará el adquirir nuevos conocimientos técnicos que complementan a los que ya tienen, en muchos casos de manera autodidacta.</i>
	(j) Conocimiento de los temas contemporáneos.
X	(k) Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería. <i>Se usarán técnicas y herramientas de ingeniería reales.</i>
X	(l) Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano). <i>La asignatura se desarrollará en ambos idiomas, tanto en aspectos de teoría como de práctica.</i>

X	<p>(m) Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.</p> <p><i>Aspecto fundamental dentro de la Ingeniería de Sistemas.</i></p>
X	<p>(n) Creatividad.</p> <p><i>El Challenge se planteará para forzar la búsqueda de soluciones nuevas. Se practicarán técnicas de creatividad tanto individuales como de grupo.</i></p>
<p>Actividades y metodología prevista para garantizar la adquisición de las competencias anteriores</p>	
<p>El curso consiste en la concepción, análisis, diseño, construcción, verificación de un sistema técnico inteligente como el que se puede encontrar en una instalación industrial real o en un vehículo moderno.</p> <p>Los alumnos se organizarán en equipos multidisciplinares para hacer ingeniería de ciclo completo –desde la concepción hasta el retiro del producto. Los equipos de trabajo serán de dimensión alta y con asignaciones de responsabilidades.</p> <p>Los contenidos específicos son: Ingeniería de Sistemas con especial énfasis en los sistemas inteligentes. Planificación y gestión de proyectos. Trabajo individual y en equipo. Presentación pública de actividades y del proyecto. Documentación e informes. Práctica en modelado de sistemas, construcción, verificación y documentación. Los equipos serán multidisciplinares, con alumnos de diferentes perfiles complementarios. El curso se desarrollará en español e inglés.</p> <p>Se desarrollará un proyecto de sistema inteligente completo. Se aprenderán y aplicarán los métodos de ingeniería de sistemas empleados en las organizaciones de ingeniería mas avanzadas e.g. NASA. Se seguirán estándares de organizaciones internacionales. El sistema específico se definirá cada año; en algunos casos en colaboración con empresas del dominio del sistema. Se construirá y se pondrá en marcha usando sistemas reales o simulados dependiendo de las características específicas del sistema, siempre de acuerdo con la práctica de la ingeniería real de ese tipo de sistema. El profesorado tomará roles diferentes: i) el rol del cliente, ii) el rol de consultor externo y iii) el rol de profesor.</p> <p>Los prototipos desarrollados por cada equipo competirán en una evaluación comparativa: cumplimiento de requisitos, prestaciones, calidad (esp. sostenibilidad), comerciabilidad, esfuerzo y coste.</p>	
<p>Tipo de aulas en las que se impartirían las clases</p>	
<p>Aulas con computadores. En algunos casos laboratorios específicos dependiendo de las características del proyecto. En algunos casos se trabajará en exteriores.</p>	
<p>Financiación necesaria para la impartición de la asignatura, aportada por el Departamento</p>	
<p>Se usarán los equipos de Automática, ordenadores de las aulas informáticas y software disponible en la UPM. En algunos casos se requerirán equipos específicos –por ejemplo computadores empotrados o robots- que serán aportados por el Departamento de Automática, por empresas colaboradoras o por organismos públicos dentro de programas</p>	

específicos. Se estiman unos costes entre 100€ y 300€ por equipo (5-10 equipos por curso). Algunos cursos tendrán un coste de 0€ al estar disponibles todos los equipos necesarios en la ETSII o Automática.

Experiencias anteriores y demanda habida en las mismas

En los cursos de Computadores III se ha experimentado un enfoque similar, aunque centrado exclusivamente en la ingeniería del software.

Robótica (2 trabajos por equipos en II2000 y Grado). El profesor asume el rol de cliente y de profesor. Deben concebir una solución innovadora a un problema real (por ejemplo limpiar heliostatos parabólicos). Deben presentarla a todo el mundo (accesible en la red).

Laboratorios de Robótica, Control y Percepción (master): Deben concebir, diseñar e implementar un prototipo.

CyberTech: 14 años de experiencia con unos 125 participantes de media. Conciben, diseñan, construyen y operan un prototipo de robot móvil. En las últimas ediciones se añade un reto más complicado (Cybertech Master).

La metodología SCALE-UP de trabajo colaborativo viene aplicándose en varias asignaturas de los profesores proponentes desde hace varios años.

Los resultados de algunas de estas experiencias previas de los profesores proponentes han sido evaluados y analizados mediante encuestas a los alumnos y su correspondiente análisis estadístico. Estos resultados validan muy positivamente dichas experiencias en cuanto a los "resultados del aprendizaje", "competencias transversales adquiridas" y "grado de satisfacción del alumnado". Todo ello según se recoge con detalle en el artículo recientemente aceptado para su publicación en IJEE Special Issue on "Engineering Education: Beyond Technical Skills" titulado "Do Classes in Cooperative Classrooms Have a Positive Influence on Creativity and Teamwork Skills for Engineering Students?"

Otras observaciones: