Guía docente
300521 - CDIOII - Cdio II

Última modificación: 11/05/2026

Unidad responsable: Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Aeroespacial de Castelldefels
Unidad que imparte: 710 - EEL - Departamento de Ingeniería Electrónica.
739 - TSC - Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones.
748 - FIS - Departamento de Física.

Titulación: GRADO EN INGENIERÍA DE SATÉLITES (Plan 2024). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2026 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Catalán, Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: Definit a la infoweb de l'assignatura.

Otros: Definit a la infoweb de l'assignatura.

CAPACIDADES PREVIAS

Programación básica en C
Programación básica en Python
Programación básica en Matlab
Electrónica analógica básica

METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura se organiza entorno al desarrollo de un proyecto donde se lanzará un globo sonda provisto de un sistema de telemetría con el objetivo de determinar su localización, orientación, variables ambientales y parámetros geométricos del globo durante la fase de ascenso. Todas las medidas estarán orientadas a un objetivo final que variará y será definido en cada edición de la asignatura.
Los estudiantes se organizarán en grupos de doce para constituir equipos de proyecto. Cada equipo deberá diseñar, acoblar e implementar una sonda completa, funcional e independiente de la desarrollada por el resto de equipos, y competirá por realizar el mejor diseño que finalmente se lanzará al finalizar el curso.
El diseño de la sonda se estructura en seis subsistemas: alimentación, calefacción, comunicaciones, medición de variables atmosféricas, localización y orientación, y captura y procesado de imagen. Cada subsistema será asignado a un grupo de trabajo integrado por dos estudiantes. En consecuencia, cada equipo de proyecto estará compuesto por seis grupos de trabajo que deberán coordinarse para garantizar la compatibilidad funcional, la integración mecánica y electrónica, y el cumplimiento de los requisitos del sistema completo.
La asignatura se organiza en tres bloques: formación básica en las temáticas necesarias para el desarrollo de la sonda, formación en herramientas electrónicas para la programación de microcontroladores y el diseño de PCBs, y desarrollo del proyecto. Mientras que las dos primeras se desarrollaran mediante clases magistrales combinadas con demostraciones prácticas, el desarrollo del proyecto se hará por los grupos de trabajo de forma autónoma en el laboratorio supervisado por profesores especialistas en cada una de las temáticas.
Aunque cada grupo de trabajo desarrollará subsistemas diferentes, todos tendrán que programar un microcontrolador así como diseñar e implementar un circuito electrónico utilizando la herramienta profesional Altium.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- Utilizar herramientas profesionales para la edición de esquemas de sistemas electrónicos y diseño de circuitos impresos (PCB).
- Programar y configurar microcontroladores para su integración en sistemas electrónicos de adquisición de datos.
- Describir y relacionar las capas de la atmósfera con sus condiciones ambientales.
- Diseñar un sistema básico de alimentación autónomo.
- Conocer los fenómenos físicos que determinan la temperatura de un sistema en las capas externas de la atmósfera o fuera de ella, así como los métodos de control y diseño necesarios para mantener dicha temperatura dentro de los márgenes de funcionamiento establecidos.
- Conocer los principales parámetros de configuración de un sistema de comunicaciones LoRa.
- Analizar cómo las condiciones ambientales extremas afectan al funcionamiento de sistemas electrónicos.
-Determinar la actitud de un sistema de observación terrestre mediante sensores inerciales y magnéticos.
- Aplicar técnicas básicas de fusión de sensores para optimizar la exactitud de las medidas.
- Trabajar de forma coordinada en equipo, planificando y estructurando el proyecto mediante la división en subsistemas funcionales.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	38,5	30.80
Horas grupo grande	16,5	13.20
Horas aprendizaje autónomo	70,0	56.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Modelos atmosféricos y dinámica de ascenso

Descripción:
Modelar la variación de las variables atmosféricas (presión, temperatura y densidad del aire) y su influencia en la dinámica de ascenso de un globo sonda en función de la altitud.

Objetivos específicos:
El estudiante será capaz de:
- Determinar las condiciones ambientales que deben soportar los componentes de la sonda.
- Dimensionar la autonomía del sistema de alimentación mediante pilas.
- Evaluar la necesidad de un sistema de calefacción y dimensionarlo.
- Definir los parámetros básicos para la planificación del vuelo.

Actividades vinculadas:
- Introducción
- Formación básica
- Exámenes

Dedicación: 7h 56m
Grupo grande/Teoría: 2h 50m
Aprendizaje autónomo: 5h 06m

Sensores ambientales y de navegación de la sonda

Descripción:
Comprender el principio de funcionamiento y las características principales de los sensores ambientales de temperatura, humedad y presión, así como de los sensores empleados para determinar la orientación y la altitud de la sonda (magnetómetro, IMU y altímetro barométrico).

Objetivos específicos:
Seleccionar, configurar e integrar adecuadamente los sensores en el diseño de la sonda.

Actividades vinculadas:
- Introducción
- Formación básica
- Exámenes

Dedicación: 7h 56m
Grupo grande/Teoría: 2h 50m
Aprendizaje autónomo: 5h 06m

Tecnología LoRa para comunicaciones de largo alcance

Descripción:
Configuración y uso de módulos LoRa para la comunicación entre la sonda y la estación base.

Objetivos específicos:
Transmitir las medidas adquiridas por la sonda a la estación base.

Actividades vinculadas:
- Introducción
- Formación básica
- Exámenes

Dedicación: 9h 30m
Grupo grande/Teoría: 5h
Aprendizaje autónomo: 4h 30m

Captura y procesado de imágenes mediante microcontrolador

Descripción:
Uso de un microcontrolador STM32 y una cámara CMOS con memoria FIFO para el procesado de imágenes y la obtención de información geométrica. Introducción a la codificación básica de imágenes, la gestión de interfaces de comunicación con la cámara, el reconocimiento de contornos y técnicas sencillas de procesado de imagen orientadas a la determinación del diámetro del globo.

Objetivos específicos:
Estimar el diámetro del globo mediante técnicas de procesado de imagen y analizar su influencia en la dinámica de ascenso.

Actividades vinculadas:
- Introducción
- Formación básica
- Exámenes

Dedicación: 7h 56m
Grupo grande/Teoría: 2h 50m
Aprendizaje autónomo: 5h 06m

Control de temperatura

Descripción:
Estudio de los mecanismos de transmisión de calor (conducción, convección y radiación) y de cómo varían en función de la altitud de la sonda. Introducción al modelado térmico del sistema, describiendo la evolución dinámica de la temperatura frente a una fuente de calor. Análisis del funcionamiento de estrategias básicas de control térmico, incluyendo el control todo/nada (ON/OFF) y el control PID, aplicadas a la regulación de la temperatura de la sonda.

Objetivos específicos:
El estudiante será capaz de diseñar el sistema de calefacción de la sonda para mantener sus componentes dentro de un rango de temperaturas adecuado para su correcto funcionamiento.

Actividades vinculadas:
- Introducción
- Formación básica
- Exámenes

Dedicación: 7h 56m
Grupo grande/Teoría: 2h 50m
Aprendizaje autónomo: 5h 06m

Sistema de alimentación autónomo mediante baterias

Descripción:
Descripción de las características de las baterías, incluyendo capacidad, curvas de descarga, autodescarga e impedancia de salida, así como de los circuitos de supervisión habitualmente utilizados. En relación con los circuitos de acondicionamiento de potencia, se introduce el funcionamiento básico de los reguladores lineales y conmutados, junto con las principales características que determinan su aplicación. Asimismo, se presenta el uso de contadores de carga para la supervisión de la autonomía del sistema de alimentación.

Objetivos específicos:
El estudiante será capaz de dimensionar el sistema de baterías para alcanzar la autonomía requerida de la misión, seleccionar los reguladores de tensión para los diferentes subsistemas y diseñar un sistema de supervisión de la alimentación.

Actividades vinculadas:
- Introducción
- Formación básica
- Examenes

Dedicación: 7h 56m
Grupo grande/Teoría: 2h 50m
Aprendizaje autónomo: 5h 06m

Configuración, programación y entorno de desarrollo de microcontroladores STM32

Descripción:
Introducción a las prestaciones de los microcontroladores STM32, al entorno de configuración STM32CubeMX y a la programación mediante STM32CubeIDE y las librerías HAL. Se estudia el uso de periféricos básicos del microcontrolador, incluyendo puertos digitales de entrada y salida, conversión analógico-digital, generación de señales PWM, temporizadores para conteo y captura de pulsos, así como las principales interfaces de comunicación serie: UART, SPI e I2C.

Objetivos específicos:
El estudiante será capaz de programar el microcontrolador STM32F401 para el control, la coordinación y la integración de los distintos subsistemas de la sonda.

Actividades vinculadas:
- Introducción
- Formación sobre la configuración y programación del microcontrolador
- Diseño y programación de los subsistemas
- Montaje, integración y validación de la sonda completa
- Lanzamiento
- Exámenes

Dedicación: 40h 05m
Grupo grande/Teoría: 9h 05m
Grupo pequeño/Laboratorio: 11h
Aprendizaje autónomo: 20h

Diseño de esquemas electrónicos y placas de circuito impreso (PCB) con Altium

Descripción:
Formación en el uso de la herramienta profesional Altium para el diseño electrónico, abarcando la edición de esquemas y el diseño de circuitos impresos (PCB). El contenido incluye el conocimiento del entorno de trabajo, la gestión de librerías y componentes, el enrutado y la verificación del diseño mediante reglas, así como la generación de la documentación requerida para la fabricación.

Objetivos específicos:
El estudiante será capaz de desarrollar el diseño de la placa electrónica de su subsistema y generar los ficheros y la documentación requeridos para su fabricación.

Actividades vinculadas:
- Introducción
- Edición de los esquemas electrónicos y diseño de la placas de cirdcuito impreso (PCBs) de los subsistemas
- Diseño y programación de los subsistemas
- Montaje, integración y validación de la sonda completa
- Lanzamiento
- Exámenes

Dedicación: 35h 45m
Grupo grande/Teoría: 4h 45m
Grupo pequeño/Laboratorio: 11h
Aprendizaje autónomo: 20h

ACTIVIDADES

Introducción

Descripción:
Clase magistral de presentación de la asignatura en la que se introduce el proyecto a desarrollar, se explican sus objetivos y se describe su estructura mediante la división en subsistemas funcionales, que se asignan a los distintos grupos de trabajo. Asimismo, se detallan la organización general de la asignatura, el sistema de evaluación y las normas de funcionamiento del laboratorio. En este contexto, se presentan y explican las distintas fases del proyecto según la metodología CDIO: Concepción, Diseño, Implementación y Operación.

Objetivos específicos:
Información sobre los objetivos y organiación de la asignatura.

Dedicación: 2h
Grupo grande/Teoría: 2h

Formación básica

Descripción:
Clases magistrales, con apoyo puntual de demostraciones prácticas, orientadas a proporcionar los conocimientos básicos necesarios para el desarrollo del proyecto. Los contenidos se estructuran en los siguientes bloques:
- Modelos atmosféricos y física de la ascensión: modelo atmosférico internacional (ISA), fuerzas y velocidad terminal.
- Sensores ambientales: orientación mediante sensores inerciales y magnéticos, sensores ambientales y fusión de datos.
- Sistema de alimentación: baterías, sistemas de supervisión y regulación de tensión.
- Sistema de calefacción: generación y control térmico mediante MOSFET y modulación PWM; estrategias de control de temperatura.
-Comunicaciones LoRa: fundamentos y parámetros de configuración.
- Captura y procesado de imágenes: codificación, segmentación, detección de bordes, ajuste geométrico y calibración.

Objetivos específicos:
Conocimiento básico para el dimensionado de la sonda y diseño de los diferentes subsistemas.

Dedicación: 28h 30m
Grupo grande/Teoría: 13h 30m
Aprendizaje autónomo: 15h

Formación sobre configuración y programación de microcontroladores

Descripción:
Clases magistrales, con apoyo puntual de demostraciones prácticas, orientadas a conocer las prestaciones de los microcontroladores STM32, el entorno de configuración STM32CubeMX y la programación mediante STM32CubeIDE y las librerías HAL. Se aborda el uso de puertos digitales de entrada y salida, la captura y conversión de señales analógicas, la generación de señales PWM, el conteo y la captura de pulsos mediante temporizadores, y las comunicaciones serie: UART, SPI e I2C.

Objetivos específicos:
Formación específica para el control e integración de los diferentes subsistemas mediante el microcontrolador.

Dedicación: 18h
Grupo grande/Teoría: 7h 30m
Aprendizaje autónomo: 10h 30m

Formación en herramientas profesionales para la edición de esquemas electrónicos y el diseño de circuitos impresos (PCB)

Descripción:
Clases magistrales, con apoyo puntual de demostraciones prácticas, orientadas a la adquisición de competencias en el uso de la herramienta profesional Altium para la edición de esquemas electrónicos y el diseño de circuitos impresos (PCB). Se aborda el conocimiento del entorno de trabajo, la edición de esquemas, la gestión de librerías y componentes, el diseño y enrutado de PCBs, la verificación del diseño mediante reglas, y la preparación de la documentación necesaria para la fabricación.

Objetivos específicos:
Formación especifica para el diseño la placas electrónicas de la sonda.

Dedicación: 14h 30m
Grupo grande/Teoría: 4h
Aprendizaje autónomo: 10h 30m

Diseño y programación de los subsistemas

Descripción:
Diseño y validación de cada uno de los subsistemas. Cada grupo de trabajo diseñará el subsistema que le haya sido asignado, realizará su montaje en protoboard y desarrollará el firmware de control correspondiente.

Objetivos específicos:
- Diseñar y validar un subsistema de alimentación basado en baterías.
- Diseñar y validar un subsistema de calefacción.
- Diseñar y validar el subsistema de medida de variables atmosféricas.
- Diseñar y validar el subsistema de localización y orientación de la sonda.
- Diseñar y validar el subsistema de comunicaciones.
- Diseñar y validar el subsistema de captura y procesado de imagen.

Material:
- PC con Windows
- Placa de desarrollo STM32F401 NUCLEO
- Componentes específicos para cada subsistema
- Analog Discovery Studio
- Camara climática
- Software: STM32CubeMX, STM32CubeIDE, Waveforms

Entregable:
- Memoria final
- Documentación de la configuración y programación de microcontrolador para su integración
- Demostración del funcionamiento para su evaluación.

- Al finalizar la actividad, el grupo deberá demostrar su correcto funcionamiento ante el profesor, quien evaluará el resultado obtenido.

Dedicación: 19h
Grupo pequeño/Laboratorio: 7h
Aprendizaje autónomo: 12h

Edición de los esquemas electrónicos y diseño de la placas de cirdcuito impreso (PCBs) de los subsistemas

Descripción:
Se diseñará en Altium Designer los esquemas y las placas de circuito impreso de los subsistemas diseñados por cada grupo de trabajo.

Objetivos específicos:
Obtener la documentación para la fabricación de las placas de circuito impreso

Material:
- PC con Windows
- Altium Designer

Entregable:
- Esquemas para la memoria final
- Archivos Gerber para fabricación
- Lista de componentes (BOM – Bill of Materials)

Dedicación: 10h
Grupo pequeño/Laboratorio: 4h
Aprendizaje autónomo: 6h

Montaje, integración y validación de la sonda completa

Descripción:
Los componentes se soldarán en las placas correspondientes a cada uno de los subsistemas. Una vez verificados de forma individual, se ensamblarán para conformar la sonda junto con los sensores, los calefactores y las baterías externas. Se desarrollará y programará un firmware único en el microcontrolador que integre las funcionalidades de todos los subsistemas. Tras completar el montaje, se llevarán a cabo pruebas integrales de la sonda, reproduciendo las condiciones ambientales que se producirán durante el lanzamiento.

Objetivos específicos:
Disponer de una sonda plenamente funcional y preparada para su lanzamiento.

Material:
- Placas de circuito impreso y componentes de los diferentes subsistemas
- Instrumental de soldadura
- PC con Windows
- ST-LINK en la placa de desarrollo STM32F401 NUCLEO
- Analog Discovery Studio
- Camara climática
- Software: STM32CubeMX, STM32CubeIDE, Waveforms, Visual Studio Code y Python.

Entregable:
- Sonda completa
- Pruebas finales
- Memoria final

Dedicación: 25h
Grupo pequeño/Laboratorio: 11h
Aprendizaje autónomo: 14h

Lanzamiento

Descripción:
Nos desplazaremos a un emplazamiento seguro y debidamente habilitado para el lanzamiento de la sonda. En dicho lugar se ensamblarán los distintos elementos del sistema, se inflará el globo con helio, se calibrarán los sensores y se llevarán a cabo las comprobaciones finales de funcionamiento.
Una vez verificado el correcto funcionamiento del sistema, se iniciará la fase de captura de datos por parte de las estaciones base y se procederá a la suelta del globo, dando comienzo a su ascenso. La monitorización y adquisición de datos de la sonda se realizará de forma simultánea desde todas las estaciones base de los distintos grupos de proyecto.
Tras la finalización del ascenso y el posterior aterrizaje de la sonda, se procederá a su localización y, si es posible, a su recuperación.

Objetivos específicos:
Captura de medidas durante la ascensión

Material:
- Sonda completa: Globo, paracaídas, góndola y reflector radar.
- Botellas de Helio
- Estaciones base: PC con windows y susbsistema de comunicaciones

Entregable:
- Memoria final

Dedicación: 5h
Grupo grande/Teoría: 3h
Aprendizaje autónomo: 2h

Examenes

Descripción:
Examen de mitad de cuatrimestre sobre los contenidos impartidos en las clases de Formación básica y Configuración y programación de microcontroladores. La recuperación de este examen se realizará durante la semana de exámenes finales.

Objetivos específicos:
Evaluar conocimiento adquiridos.

Dedicación: 3h
Grupo grande/Teoría: 3h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Cualquier acto de fraude académico, plagio o uso o mera tenencia al alcance de medios no autorizados en cualquier actividad de evaluación comportará la calificación de cero (0) en la prueba o entrega afectada. Además, de acuerdo con la normativa de la Universidad, la posible derivación de los hechos para la apertura de un expediente disciplinario implicará que la asignatura quede en el estado provisional de "pendiente de evaluación" hasta la resolución del expediente. La gestión de estas incidencias se lleva a cabo de acuerdo con el **Marco de actuación para la integridad académica en la evaluación de la UPC**.

La evaluación se basa en una combinación de exámenes y actividades prácticas. Se realizarán dos exámenes, uno a mitad de cuatrimestre y otro al final, que aportarán un 12,5 % cada uno a la calificación final. El resto de la nota procederá de tres actividades prácticas, con un peso del 25 % cada una.
La primera de estas actividades consiste en comprobar el correcto funcionamiento de los distintos subsistemas de forma independiente (hito 1). Una vez superada esta fase, se abordará el diseño, la fabricación y el ensamblaje de las placas de circuito impreso (PCB), así como la integración de todos los elementos en un único sistema.
Antes del lanzamiento, se llevará a cabo una prueba completa de la sonda (hito 2), en la que se evaluará su funcionamiento global y se decidirá qué diseño es el más adecuado para el vuelo. Finalmente, tras la recogida y el análisis de los datos obtenidos durante el lanzamiento, se elaborará una memoria final, que cerrará el proceso de evaluación.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

La asistencia a las sesiones de desarrollo del proyecto es obligatoria

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Yajima, Nobuyuki. Scientific ballooning : technology and applications of exploration balloons floating in the stratosphere and the atmospheres of other planets. New York: Springer, 2009. ISBN 9780387097251.
- Stanley, Michael; Lee, Jongmin. Sensor analysis for the Internet of things [en línea]. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland, 2022 [Consulta: 18/02/2026]. Disponible a: https://research-ebsco-com.recursos.biblioteca.upc.edu/c/ik5pvi/search/details/xcgv37k5sv?request-context=plink&db=nlebk. ISBN 9783031015267.
- Meseguer, Jose; Pérez-Grande, Isabel; Sanz-Andrés, Angel. Spacecraft thermal control. Oxford: Woodhead Publishing, 2012. ISBN 9781845699963.
- Sylvain MONTAGNY. LoRa - LoRaWAN and Internet of Things for beginners [en línea]. Université Savoie Mont Blanc / LoRa Alliance, 2022 [Consulta: 30/09/2026]. Disponible a: https://www.univ-smb.fr/lorawan/wp-content/uploads/2022/01/Book-LoRa-LoRaWAN-and-Internet-of-Things.pdf.
- Ibrahim, Dogan. Nucleo boards programming with the STM32Cube IDE : hands-on in more than 50 projects. Susteren: Elektor, 2020. ISBN 9783895764165.
- Pakdel, Majid. Fast PCB design with altium designer. Orange, New South Wales: Central West Publishing, 2021. ISBN 9781922617095.

Complementaria:

- Wallace, John M; Hobbs, Peter. Atmospheric science : an introductory survey [en línea]. 2nd ed. Burlington, Mass.: Elsevier Academic Press, cop. 2006 [Consulta: 12/02/2026]. Disponible a: https://www-sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/monograph/9780127329512/atmospheric-science. ISBN 9780127329512.

RECURSOS

Otros recursos:

Transparencias y documentación colgada en Atenea