

5. Planificación de las Enseñanzas

La siguiente tabla recoge la organización de los contenidos del master de acuerdo a las materias del mismo. Las materias consideradas son seis: 1) ingeniería de sistemas, 2) tecnologías aplicadas, 3) vehículos y dinámica, 4) telecomunicaciones y software, 5) materias avanzadas en ingeniería espacial y 6) el trabajo fin de master. De esta forma, se cubren de manera efectiva los contenidos establecidos en las competencias específicas del master.

ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS POR MATERIAS MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ESPACIAL					
MATERIA	ASIGNATURA	ECTS	Tipo	Curso	Cuatr
SYSTEM ENGINEERING/INGENIERÍA DE SISTEMAS	<i>Space systems Engineering/Ingeniería de sistemas espaciales</i>	3	O	1	2
	Space Project Management <i>Gestión de proyectos espaciales</i>	3	O	1	1
	Spacecraft Predesign <i>Prediseño de vehículos espaciales</i>	3	O	1	2
	TOTAL ECTS MATERIA	9			
APPLIED TECHNOLOGIES/TECNOLOGÍAS APLICADAS	Global Navigation Satellite Systems and Telecommunication Systems <i>Sistemas globales de navegación por satélite y sistemas de telecomunicaciones</i>	3	O	1	2
	Remote sensing, and scientific missions <i>Teledetección y misiones científicas</i>	3	O	1	2
	<i>Space Security / Seguridad Espacial</i>	3	O	1	2
	TOTAL ECTS MATERIA	9			
SPACECRAFT AND DYNAMICS/VEHÍCULOS ESPACIALES Y DINÁMICA	Orbital Dynamics <i>Dinámica orbital</i>	3	O	1	1
	Space Environment <i>Entorno espacial</i>	3	O	1	1
	Space Propulsion <i>Propulsión espacial</i>	3	O	1	1
	Spacecraft Structure <i>Estructura de vehículo espacial</i>	2	O	1	2
	Attitude dynamics and Guidance Navigation and Control <i>Dinámica de actitud y guiado, navegación y control</i>	3	O	1	1
	Thermal Subsystem	2	O	1	2

	<i>Subsistema térmico</i>				
	Power Subsystem <i>Subsistema de potencia</i>	2	O	1	2
	Complements to aerospace engineering <i>Complementos de ingeniería aeroespacial</i>	6	OP	1	1
	TOTAL ECTS MATERIA	24			
SPACE COMMUNICATION,S SOFTWARE AND ELECTRONICS/ ELECTRÓNICA, SOFTWARE Y COMUNICACIONES ESPECIALES	Antennas and Radio Propagation <i>Antenas y propagación</i>	3	O	1	1
	Telecommunications and Signal Processing <i>Telecomunicaciones y procesamiento de señal</i>	3	O	1	1
	Onboard Data Handling and Telemetry <i>Gestión de datos abordo y telemetría</i>	3	O	1	2
	Space Electronics <i>Electrónica espacial</i>	3	O	1	2
	Onboard spacecraft software <i>Software espacial embarcado</i>	3	O	1	1
	Ground Segment and Operations <i>Segmento terreno y operaciones</i>	3	O	1	2
	Complements to telecommunications engineering <i>Complementos de ingeniería de la telecomunicación</i>	6	OP	1	1
	TOTAL ECTS MATERIA	24			
ADVANCED TOPICS IN SPACE ENGINEERING/ MATERIAS AVANZADAS EN INGENIERÍA ESPACIAL	Seminars on Advanced Topics <i>Seminarios en materias avanzadas</i>	3	O	2	1
	Launchers and Re-entry <i>Lanzadores y re-entrada</i>	3	OP	2	1
	Advanced Space Propulsion <i>Propulsión Espacial Avanzada</i>	3	OP	2	1
	Space robotics & Automation <i>Robótica y automatización espaciales</i>	3	OP	2	1
	Entrepreneurship & Innovation <i>Emprendimiento e innovación</i>	3	OP	2	1
	The Solar System <i>El Sistema Solar</i>	3	OP	2	1
	Earth Observation Data Processing <i>Procesado de datos de observación de la Tierra</i>	3	OP	2	1
	Manufacturing, Integration & Testing <i>Fabricación, integración y testing</i>	3	OP	2	1
	Big Data for Space Missions <i>Big Data para misiones espaciales</i>	3	OP	2	1
	TOTAL ECTS MATERIA	27			
MASTER THESIS/TRABAJO FIN DE MÁSTER	Master Thesis <i>Trabajo fin de máster</i>	12	TFM	2	1
	TOTAL ECTS MATERIA	12			

A continuación, se recogen los contenidos detallados de las materias establecidas.

MATERIA 1	
System Engineering/ Ingeniería de sistemas	
Número de créditos ECTS	Carácter de la materia (obligatoria/optativa/mixto/trabajo fin de máster/etc.)
9	Obligatoria
Duración y ubicación temporal dentro del plan de estudios	
Esta materia está compuesta por 3 asignaturas obligatorias que se imparten en el 1er y 2º cuatrimestres del 1er curso	
Competencias que el estudiante adquiere con esta materia	
CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CE1, CE2, CE3, CE4	
Resultados de aprendizaje que adquiere el estudiante	
<p>Tras cursar esta materia, los estudiantes poseen los conocimientos básicos de la ingeniería de sistemas, correspondiente en la clasificación APPEL (mencionada en el capítulo tres) a un ¿Team Practitioner/Technical Engineer¿. De manera más detallada, los resultados del aprendizaje son los siguientes, asociados a cada una de las asignaturas.</p> <p>Ingeniería de sistemas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser capaz de identificar los elementos esenciales de la ingeniería de sistemas. • Entender y aplicar los principios de la ingeniería de sistemas a proyectos espaciales de carácter académico. • Identificar y definir un sistema espacial, su funcionamiento y sus elementos • Emplear métodos interdisciplinarios que aseguren que el sistema se entiende desde todas las perspectivas pertinentes • Fijación de los objetivos y requisitos de los sistemas • Definición de la función, el concepto y la arquitectura • Crear modelos de sistemas y asegurar que se puedan alcanzar los objetivos <p>En esta asignatura se incluirán, además, algunos de los resultados del aprendizaje definidos en el currículo CDIO en el apartado 4.4, relacionado con el proceso de diseño, las etapas y enfoques del diseño y el diseño del proceso de implementación.</p> <p>Gestión de proyectos espaciales</p> <p>Desarrollo de gestión de proyectos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Describir el control de costes, el desempeño y la programación del proyecto • Explicar los puntos de transición apropiados y las revisiones • Explicar la gestión de la configuración y la documentación • Discutir el cálculo y la adjudicación de recursos 	

- Identificar riesgos y alternativas
- Describir las posibles mejoras del proceso de desarrollo

Pre-diseño de vehículos espaciales

En esta asignatura se incluirán algunos de los resultados del aprendizaje definidos en el currículo CDIO:

- apartado 3.1, relacionado con el trabajo en equipo
- apartado 4.4, relacionados con el diseño multi-disciplinar y multi-objetivo
- apartado 4.5, relacionado con el test, verificación, validación y certificación, y la gestión de la implementación.

After studying this subject, students possess the basic knowledge of systems engineering, corresponding in the APPEL classification (mentioned in chapter four) to a "Team Practitioner / Technical Engineer". In a more detailed way, the learning outcomes are the following, associated to each one of the subjects.

Space Systems Engineering

- Be able to identify the essential elements of systems engineering.
- Understand and apply the principles of systems engineering to space projects of an academic nature.
- Identify and define a space system, its functioning and its elements
- Employ interdisciplinary methods that ensure that the system is understood from all relevant perspectives
- Setting of the objectives and requirements of the systems
- Definition of the function, concept and architecture
- Create systems models and ensure that the objectives can be achieved

This subject will also include some of the learning outcomes defined in the CDIO curriculum in section 4.4, related to the design process, stages and approaches to the design and design of the implementation process.

Space Project Management

Development of project management

- Describe cost control, performance and project scheduling
- Explain the appropriate transition points and revisions
- Explain configuration management and documentation
- Discuss the calculation and allocation of resources
- Identify risks and alternatives
- Describe possible improvements of the development process

Spacecraft Pre-design

This subject will include some of the learning outcomes defined in the CDIO curriculum:

- section 3.1, related to team work
- section 4.4, related to the multi-disciplinary and multi-objective design
- section 4.5, related to the test, verification, validation and certification, and the management of the implementation.

Actividades formativas de la materia indicando su contenido en horas y % de presencialidad

Código actividad	Nº Horas totales	Nº Horas Presenciales (2)	% Presencialidad Estudiante (3)
AF1	35	35	100
AF2	18	18	100
AF4	17	17	100
AF6	25	0	0
AF7	150	0	0
AF8	12	12	100
TOTAL MATERIA	257	82	32

Metodologías docentes que se utilizarán en esta materia

MD1, MD2, MD3, MD4, MD5

Sistemas de evaluación y calificación. Indicar su ponderación máxima y mínima

Sistemas de evaluación	Ponderación mínima (%)	Ponderación Máxima (%)
SE2	40%	100%
SE3	0%	60%

Listado de Asignaturas de la materia

Asignatura	Créditos	Cuatrimestre	Carácter	Idioma
Space Systems Engineering <i>Ingeniería de sistemas espaciales</i>	3	2	O	Inglés
Space Project Management <i>Gestión de proyectos espaciales</i>	3	1	O	Inglés
Spacecraft Pre-design <i>Prediseño de vehículos espaciales</i>	3	2	O	Inglés

Descripción de contenidos

Common topics:

Subjects in this matter provide students with a solid understanding of systems engineering, requirements, verification and validation, as well as space project management. It allows presenting the breakdown of a spatial system into segments and subsystems, useful for understanding the rest of the subjects. It provides the tools that will be applied in the preliminary design and then in the design project.

Specific topics of each subject:

Space System Engineering. The program of the subject includes:

1	Project Phases and System Life Cycle
2	Concurrent Engineering
3	System Requirements
4	System Architectures
5	System Design
6	System Thinking and Evaluation of Systems
7	System Model philosophy
8	Verification and Validation
9	Human Error and Its Amelioration
10	Organizational and Individual Decision Making
11	System Re-engineering

Project Management. The program of the subject includes:

1	Management	
	1.1	Project Planning: Planning for Action
	1.2	Risk Management & Contingencies
	1.3	Cost Management
	1.4	Team Management
	1.5	Contract Management
	1.6	Funding Opportunities
2	Product Assurance	
	2.1	Total Quality Management (audits, NRC accounting)
	2.2	EEE parts management
	2.3	Materials and processes
	2.4	Reliability, Maintainability, and Availability
3	Configuration Management	
	3.1	Documentation and Baseline Management
	3.2	Configuration Control and Accounting

Spacecraft Predesign.

Practical course where students prepare a full pre-design of a space mission. The lessons of the course on space systems engineering and the course on project management are applied here. The lessons of the subsystem-related courses (already covered or being covered simultaneously) are applied here too. The pre-design project is carried out in groups of students, where each student has a well-defined role (project manager, power engineer, telecommunications engineer, thermal control engineer, etc). The project includes the requirement flow-down on the system and its parts, the sizing of the spacecraft subsystems.

Lenguas en que se impartirá la materia

Inglés.

Observaciones

MATERIA 2	
Applied Technologies/Tecnologías Aplicadas	
Número de créditos ECTS	Carácter de la materia (obligatoria/optativa/mixto/trabajo fin de máster/etc.)
9	Obligatoria
Duración y ubicación temporal dentro del plan de estudios	
Esta materia está compuesta por 3 asignaturas obligatorias que se imparten en el 2º cuatrimestres del 1er curso	
Competencias que el estudiante adquiere con esta materia	
CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG3, CG4, CG5, CG6, CE3, CE12, CE14	
Resultados de aprendizaje que adquiere el estudiante	
<p>El estudio de esta materia proporciona a los estudiantes los conocimientos necesarios para entender los programas más relevantes llevados a cabo en la actualidad por la Agencia Espacial Europea y la Comisión Europea. De manera más detallada, los resultados del aprendizaje son los que aparecen a continuación. Resultados del aprendizaje transversales (y evaluables en una o más asignaturas de la materia) están en relación a los siguientes apartados del currículo CDIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • apartado 4.1, contexto social y medioambiental de la profesión (roles y responsabilidades de los ingenieros, impacto de la ingeniería en la sociedad, reglamentación, etc.) • apartado 4.2, contexto empresarial y de negocio (por ejemplo, apreciación de las diferentes culturas de las empresas) <p>Resultados del aprendizaje específicos a cada asignatura, son los siguientes:</p> <p>Global Navigation Satellite Systems and Telecommunication Systems</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enumerar los actuales sistemas de posicionamiento por satélite, tanto globales como regionales • Definir el principio de funcionamiento de los mismos • Aplicar los conocimientos sobre sistemas de referencia y tiempo utilizados en la determinación de posiciones, velocidades y tiempos por los sistemas de GNSS en casos de estudio. • Definirlas características de los sistemas de telecomunicaciones espaciales. • Describir las cargas de pago de los sistemas de telecomunicaciones espaciales. • Enumerar las tendencias actuales en los sistemas de telecomunicaciones espaciales. <p>Teledetección y misiones científicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definir los principios de funcionamiento de los instrumentos de teledetección utilizados en misiones espaciales y explicar los distintos tipos de observaciones que se puede hacer en las distintas partes del espectro electromagnético completo. • Evaluar las actuales misiones científicas y de observación de la Tierra 	

- Definir los procesos de gestión de datos científicos y analizar dichos datos.

Seguridad Espacial (SSA)

- Enumerar y clasificar los distintos elementos que componen el Space Situational Awareness.
- Definir las tecnologías que lo hacen posible.
- Utilizar herramientas para la predicción de clima espacial, o caracterización del ambiente de desechos espaciales, e interpretar los resultados
- Describir los efectos de la utilización continuada del espacio por parte del hombre.
- Comparar y discutir los medios actuales de mitigación, remediación y protección.

The study of this subject provides students with the necessary knowledge to understand the most relevant programs carried out at present by the European Space Agency and the European Commission. In more detail, the learning results are those that appear below. Transversal learning outcomes (and evaluable in one or more subjects of the subject) are related to the following sections of the CDIO curriculum:

- section 4.1, social and environmental context of the profession (roles and responsibilities of engineers, impact of engineering on society, regulation, etc.)

Learning outcomes specific to each subject are the following:

Global Navigation Satellite Systems and Telecommunication Systems

- List the current satellite positioning systems, both global and regional
- Define their principle of operation
- Apply knowledge about reference systems and time used in the determination of positions, speeds and times by GNSS systems in case studies.
- Define the characteristics of space telecommunications systems.
- Describe the payloads of space telecommunications systems.
- List current trends in space telecommunications systems.

Remote sensing and scientific missions

- Define the operating principles of remote sensing instruments used in space missions and explain the different types of observations that can be made in the different parts of the complete electromagnetic spectrum.
- Evaluate current scientific and Earth observation missions
- Define the processes of scientific data management and analyze said data.

Space Security

- List and classify the different elements that make up Space Security (formerly Space Situational Awareness).
- Define the technologies that make it possible.

- Use tools for the prediction of space weather, or characterization of the space debris environment, and interpret the results
- Describe the effects of the continued use of space by man.
 - Compare and discuss the current means of mitigation, remediation and protection.

Actividades formativas de la materia indicando su contenido en horas y % de presencialidad

Código actividad	Nº Horas totales	Nº Horas Presenciales (2)	% Presencialidad Estudiante (3)
AF1	47	47	100
AF2	17	17	100
AF3	7	7	100
AF6	25	0	0
AF7	150	0	0
AF8	12	12	100
TOTAL MATERIA	257	82	32

Metodologías docentes que se utilizarán en esta materia

MD1, MD2, MD3, MD4, MD5

Sistemas de evaluación y calificación. Indicar su ponderación máxima y mínima

Sistemas de evaluación	Ponderación mínima (%)	Ponderación Máxima (%)
SE2	40%	100%
SE3	0%	60%

Listado de Asignaturas de la materia

Asignatura	Créditos	Cuatrimestre	Carácter	Idioma
Global Navigation Satellite Systems and Telecommunication Systems / Sistemas globales de navegación por satélite y sistemas de telecomunicaciones	3	2	O	Inglés
Remote sensing, and scientific missions / Teledetección y misiones científicas	3	2	O	Inglés
Space Security /Seguridad Espacial	3	2	O	Inglés

Descripción de contenidos

Common topics to all the subjects, as indicated in the learning outcomes, are related to the social and business context of space engineering.

Specific topics of each subject:

Global Navigation Satellite Systems and Telecommunication Systems. The program of the subject includes:

1	Introduction to Satellite Navigation: history, typology
2	GNSS: General Overview and Systems in Use
3	Time and Reference Frameworks
4	Measurements and Error Sources
5	Position, Velocity and Time Computation
6	Augmentation Systems (EGNOS, WAAS, MSAS, etc.)
7	Market and Applications of GNSS (SAR, LBS, Aeronautics, etc.)
8	Case of Study: GALILEO (Architecture, Signals, Receivers, etc.)
9	SatComms in the telecommunications world and SatComm services
10	Markets of Satellite Communication Systems and services
11	Satellite Communication systems architecture, characteristics, orbits, frequency bands and performance
12	Satellite Communication Payload technology and On-Board processing
13	Satellite Communication ground segment
14	Satellite Communication operations, users and receivers
15	Satellite communications international coordination groups
16	New trends and Global SatComm constellations
17	European Data Relay System
18	SatComm and 5G

Remote Sensing, and Scientific Missions. The program of the subject includes:

1	Introduction to Satellite Remote Sensing: definition, history, advantages, legal aspects
2	Remote Sensing Fundamentals: electromagnetic spectrum, atmospheric interactions, acquisition geometry, spatial, temporal and spectral resolution
3	Concept of Operations (from mission requirements to final implementation)
4	Types of instruments
5	Payload Data Ground Segment (PDGS) components
6	Geographic Information Systems (GIS)
7	Programmatics: Market and Applications of Remote Sensing, Earth Observation Programmes (Copernicus, GMES, GEOSS, etc.)

8	Introduction to Scientific Missions: definition, architecture, advantages of space observatories
9	Space Astronomy Instrumentation: telescopes, spectrometers, particle detectors, plasma diagnostic, gravitational waves, ...
Space Security. The program of the subject includes:	
1	Space Situational Awareness. Definition and history
2	Space Surveillance and Tracking
3	NEOs
4	Space Weather
Lenguas en que se impartirá la materia	
Inglés.	
Observaciones	

MATERIA 3	
Spacecraft and Dynamics / Vehículos Espaciales y Dinámica	
Número de créditos ECTS	Carácter de la materia (obligatoria/optativa/mixto/trabajo fin de máster/etc.)
24	Mixta
Duración y ubicación temporal dentro del plan de estudios	
Esta materia está compuesta por 6 asignaturas obligatorias que se imparten en el 1er y 2º cuatrimestres del 1er curso (6 asignaturas obligatorias, 18 ECTS, 23 horas teoría) y una asignatura optativa de 6 ECTS que se imparte en el 1er cuatrimestre.	
Competencias que el estudiante adquiere con esta materia	
CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG1, CG2, CG4, CG5, CE3, CE5, CE6, CE8, CE9, CE10	
Resultados de aprendizaje que adquiere el estudiante	
<p>Tras cursar esta materia, los estudiantes poseen conocimientos sobre el vehículo, el entorno y los distintos modelos físicos necesarios para realizar el diseño de una plataforma espacial. De manera más detallada, los resultados del aprendizaje son los que aparecen a continuación. Resultados del aprendizaje transversales (y evaluables en una o más asignaturas de la materia) están en relación a los siguientes apartados del currículo CDIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • apartado 2.1, razonamiento analítico, y orientado a la resolución de problemas (por ejemplo, modelado o análisis con incertidumbre). • apartado 2.2, experimentación, investigación y descubrimiento de conocimiento (por ejemplo, formulación de hipótesis o indagación experimental). • apartado 2.4, destrezas y actitudes personales (por ejemplo, iniciativa y disposición a asumir riesgos o pensamiento creativo). <p>Resultados del aprendizaje específicos a cada asignatura, son los siguientes:</p>	
Dinámica orbital	
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar el análisis de una misión espacial en términos de las órbitas y maniobras requeridas para cumplir las especificaciones de la misma 	
Entorno espacial	
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer y comprender el entorno espacial y planetario, y su efecto en la operación de los vehículos espaciales. • Comprender los modelos físicos que permiten describir el entorno de los vehículos espaciales 	
Propulsión espacial	
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las diferentes tecnologías propulsivas, comprender sus principios básicos de funcionamiento, analizar sus principales características y conocer los elementos necesarios de apoyo al sistema propulsivo. 	

- Evaluar la idoneidad de las diferentes tecnologías propulsivas en una misión espacial dada, y su implicación en el diseño de misión.

Estructura de vehículo espacial

- Comprender el estado de cargas estáticas y dinámicas a las que está sometido un vehículo espacial, y establecer la relación con su diseño estructural
- Evaluar la idoneidad del diseño estructural de un vehículo espacial y su relevancia en el diseño de misión

Subsistema térmico

- Comprender los principios físicos de funcionamiento del sistema térmico, y comprender los fenómenos de transporte de calor que tienen lugar en un vehículo espacial
- Aplicar modelos térmicos avanzados al diseño de un subsistema térmico de un vehículo espacial.

Dinámica de actitud y guiado, navegación y control

- Comprender la dinámica del vuelo orbital, la dinámica de actitud de un sólido rígido, los principios matemáticos de la teoría de estimación y la teoría de control.
- Conocer los diferentes sensores y actuadores de un sistema de guiado, navegación y control, analizar sus características y evaluar su idoneidad en una misión dada.

Subsistema de potencia

- Conocer los elementos que intervienen en el sistema de potencia de un vehículo espacial, y comprender sus principios de funcionamiento
- Diseñar, de manera preliminar, un sistema de potencia de un caso de estudio de misión espacial

After studying this subject, students have knowledge about the vehicle, the environment and the different physical models needed to design a space platform. In more detail, the learning outcomes are those that appear below. Transversal learning outcomes (and evaluable in one or more subjects of the subject) are related to the following sections of the CDIO curriculum:

- section 2.1, analytical reasoning, and problem-oriented (for example, modeling or analysis with uncertainty).
- section 2.2, experimentation, research and discovery of knowledge (for example, formulation of hypothesis or experimental inquiry).
- section 2.4, personal skills and attitudes (for example, initiative and willingness to take risks or creative thinking).

Learning outcomes specific to each subject are the following:

Orbital dynamics

- Develop the analysis of a space mission in terms of the orbits and maneuvers required to meet the specifications of the same

Space environment

- Know and understand the space and planetary environment, and its effect on the operation of spacecraft.
- Understand the physical models that allow describing the environment of spacecraft.

Space propulsion

- Know the different propulsive technologies, understand their basic operating principles, analyze their main characteristics and know the necessary elements to support the propulsive system.
- Evaluate the suitability of different propulsive technologies in a given space mission, and their involvement in mission design.

Spacecraft structure

- Understand the state of static and dynamic loads to which a spacecraft is subjected, and establish the relationship with its structural design
- Evaluate the suitability of the structural design of a spacecraft and its relevance in mission design

Thermal subsystem

- Understand the physical principles of functioning of the thermal system, and understand the phenomena of heat transport that take place in a space vehicle
- Apply advanced thermal models to the design of a thermal subsystem of a spacecraft.

Attitude Dynamics and Guidance, Navigation and Control

- Understand the orbital flight dynamics, the attitude dynamics of a rigid body, the mathematical principles of estimation theory and control theory.
- Know the different sensors and actuators of a guidance, navigation and control system, analyze their characteristics and evaluate their suitability in a given mission.

Power subsystem

- Know the elements that intervene in the power system of a space vehicle, and understand its operating principles
- Design, in a preliminary way, a power system for a case of study of space mission

Actividades formativas de la materia indicando su contenido en horas y % de presencialidad

Código actividad	Nº Horas totales	Nº Horas Presenciales (2)	% Presencialidad Estudiante (3)
AF1	103	103	100
AF2	45	45	100
AF3	28	28	100
AF4	14	14	100
AF6	67	0	0

AF7	400	0	0																																														
AF8	24	24	100																																														
TOTAL MATERIA	682	215	32																																														
Metodologías docentes que se utilizarán en esta materia																																																	
MD1, MD3, MD5																																																	
Sistemas de evaluación y calificación. Indicar su ponderación máxima y mínima																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sistemas de evaluación</th> <th>Ponderación mínima (%)</th> <th>Ponderación Máxima (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SE2</td> <td>40%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>SE3</td> <td>0%</td> <td>60%</td> </tr> </tbody> </table>					Sistemas de evaluación	Ponderación mínima (%)	Ponderación Máxima (%)	SE2	40%	100%	SE3	0%	60%																																				
Sistemas de evaluación	Ponderación mínima (%)	Ponderación Máxima (%)																																															
SE2	40%	100%																																															
SE3	0%	60%																																															
Listado de Asignaturas de la materia																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Asignatura</th> <th>Créditos</th> <th>Cuatrim</th> <th>Carácter</th> <th>Idioma</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Orbital dynamics <i>Dinámica Orbital</i></td> <td>3</td> <td>1</td> <td>O</td> <td>Inglés</td> </tr> <tr> <td>Space Environment <i>Entorno Espacial</i></td> <td>3</td> <td>1</td> <td>O</td> <td>Inglés</td> </tr> <tr> <td>Space Propulsion <i>Propulsión espacial</i></td> <td>3</td> <td>1</td> <td>O</td> <td>Inglés</td> </tr> <tr> <td>Spacecraft Structure <i>Estructura de vehículo espacial</i></td> <td>2</td> <td>2</td> <td>O</td> <td>Inglés</td> </tr> <tr> <td>Attitude dynamics and Guidance Navigation and Control <i>Dinámica de actitud y guiado, navegación y control</i></td> <td>3</td> <td>1</td> <td>O</td> <td>Inglés</td> </tr> <tr> <td>Thermal Subsystem <i>Subsistema térmico</i></td> <td>2</td> <td>2</td> <td>O</td> <td>Inglés</td> </tr> <tr> <td>Power Subsystem <i>Subsistema de potencia</i></td> <td>2</td> <td>2</td> <td>O</td> <td>Inglés</td> </tr> <tr> <td>Complements to aerospace engineering <i>Complementos de ingeniería aeroespacial</i></td> <td>6</td> <td>1</td> <td>OP</td> <td>Inglés</td> </tr> </tbody> </table>					Asignatura	Créditos	Cuatrim	Carácter	Idioma	Orbital dynamics <i>Dinámica Orbital</i>	3	1	O	Inglés	Space Environment <i>Entorno Espacial</i>	3	1	O	Inglés	Space Propulsion <i>Propulsión espacial</i>	3	1	O	Inglés	Spacecraft Structure <i>Estructura de vehículo espacial</i>	2	2	O	Inglés	Attitude dynamics and Guidance Navigation and Control <i>Dinámica de actitud y guiado, navegación y control</i>	3	1	O	Inglés	Thermal Subsystem <i>Subsistema térmico</i>	2	2	O	Inglés	Power Subsystem <i>Subsistema de potencia</i>	2	2	O	Inglés	Complements to aerospace engineering <i>Complementos de ingeniería aeroespacial</i>	6	1	OP	Inglés
Asignatura	Créditos	Cuatrim	Carácter	Idioma																																													
Orbital dynamics <i>Dinámica Orbital</i>	3	1	O	Inglés																																													
Space Environment <i>Entorno Espacial</i>	3	1	O	Inglés																																													
Space Propulsion <i>Propulsión espacial</i>	3	1	O	Inglés																																													
Spacecraft Structure <i>Estructura de vehículo espacial</i>	2	2	O	Inglés																																													
Attitude dynamics and Guidance Navigation and Control <i>Dinámica de actitud y guiado, navegación y control</i>	3	1	O	Inglés																																													
Thermal Subsystem <i>Subsistema térmico</i>	2	2	O	Inglés																																													
Power Subsystem <i>Subsistema de potencia</i>	2	2	O	Inglés																																													
Complements to aerospace engineering <i>Complementos de ingeniería aeroespacial</i>	6	1	OP	Inglés																																													
Descripción de contenidos																																																	

Common topics:

The subjects in this matter provide the necessary knowledge for a correct understanding of space vehicles, subsystems of space platforms and their dynamics.

Specific topics of each subject:

Orbital dynamics. The program of the subject includes:

1	Two Body Problem
2	Orbital Maneuvering
3	Relative Motion
4	Central Body Gravity Field
5	Special Perturbation Techniques
6	Patched Conics
7	Three Body Problem
8	Nonlinear Dynamical Systems

Space Environment. The program of the subject includes:

1	Introduction
2	Neutral Upper Atmosphere, ionosphere and magnetosphere
3	Interplanetary medium.
4	Solar wind and solar activity (Space weather)
5	Space debris and micrometeoroids
6	Plasma/Spacecraft charging and material contamination
7	Space environment modelling: gravitational and magnetic fields, solar radiation, particle radiations, space debris.
8	Vacuum and microgravity.
9	Effects on humans and spacecraft

Space Propulsion. The program of the subject includes:

1	Fundamentals of Rocket Propulsion	
2	Mission Requirements	
3	Chemical Propulsion.	
4	Electric Propulsion	
5	Advanced Propulsion Concepts	
6	Spacecraft Propulsion Subsystem	

Spacecraft Structure. The program of the subject includes:

1	Introduction. Structural requirements and constrains
2	Structural Loads: Static & Dynamic
3	Mechanics of Materials
4	Strength & Structural Life Analysis
4	Structural Design
5	Mechanisms & Deployables

Thermal Subsystem. The program of the subject includes:

1	Introduction. Thermal Control
2	Thermal Loads
3	Thermal Modelling
4	Thermal Subsystem Design
5	Thermal Subsystem Testing
6	Normative (ECSS standards)

Attitude dynamics and Guidance Navigation and Control. The program of the subject includes:

1	Introduction. Modeling and simulation
2	Requirements on AOCS
3	The kinematics, dynamics and control of 6-DOF motion
4	Navigation by star sight, inertial systems and radio systems (GPS, ranging, doppler, delta-DOR)
5	Inertial sensors
6	State Estimation, Probability, Stochasticity and the Kalman Filter
7	Control Theory and Optimal Control
8	Case Study: Hardware on-the-loop AOCS with a hexapod

Power Subsystem. The program of the subject includes:

1	Introduction to Power Subsystem
2	Primary power sources
3	Energy Storage
4	Power regulation and Control

Lenguas en que se impartirá la materia

Inglés.

Observaciones

--

MATERIA 4	
Space Communication, Software and Electronics / Electrónica, software y comunicaciones especiales	
Número de créditos ECTS	Carácter de la materia (obligatoria/optativa/mixto/trabajo fin de máster/etc.)
24	Mixta
Duración y ubicación temporal dentro del plan de estudios	
Esta materia está compuesta por 6 asignaturas que se imparten en el 1er y 2º cuatrimestres del 1er curso y una optativa de 6 ECTS que se imparte en el primer cuatrimestre.	
Competencias que el estudiante adquiere con esta materia	
CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG1, CG2, CG4, CG5, CE3, CE7, CE11, CE12, CE13	
Resultados de aprendizaje que adquiere el estudiante	
<p>Tras cursar esta materia, los estudiantes poseen conocimientos sobre el sistema de comunicaciones, software y electrónica de los sistemas espaciales. De manera más detallada, los resultados del aprendizaje son los que aparecen a continuación. Resultados del aprendizaje transversales (y evaluables en una o más asignaturas de la materia) están en relación a los siguientes apartados del currículo CDIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • apartado 4.5, implementación (por ejemplo, el proceso de implementación de software o la integración de software y hardware) <p>Resultados del aprendizaje específicos a cada asignatura, son los siguientes:</p> <p>Antenas y propagación de radio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer las tecnologías de comunicación espaciales en el satélite y la estación terrena, conocer los subsistemas de radiofrecuencia y antenas. • Comprender los efectos de propagación de ondas, y analizar el rendimiento del enlace de comunicación entre el satélite y la estación terrena <p>Telecomunicaciones y procesado de señal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer las tecnologías de comunicación espacial digital y analógica • Comprender el funcionamiento de las técnicas de multiplexado, codificación y corrección de las comunicaciones <p>Gestión de datos a bordo y telemetría</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer del funcionamiento del procesado de datos a bordo, los protocolos existentes, y la utilización de la telemetría. • Conocer del proceso de diseño del sistema de gestión de datos a bordo. 	

Electrónica espacial

- Conocer los tipos de funciones, subsistemas y componentes electrónicos de un vehículo espacial
- Comprender cómo se desarrollan, fabrican, califican y seleccionan los componentes electrónicos para aplicaciones
- Conocimiento de los requisitos de la electrónica utilizados en espacio.
- Conocimiento de los estándares relacionados

Software espacial embarcado

- Conocer y comprender los sistemas de tiempo real, su diseño y relevancia en aplicaciones espaciales
- Analizar los principios de ingeniería de software en el diseño de sistemas de tiempo real para aplicaciones espaciales

Segmento terreno y operaciones

- Conocer las distintas funciones y componentes del segmento terreno.
- Analizar la operación de las estaciones terrenas.

24

Actividades formativas de la materia indicando su contenido en horas y % de presencialidad

Código actividad	Nº Horas totales	Nº Horas Presenciales (2)	% Presencialidad Estudiante (3)
AF1	103	103	100
AF2	45	45	100
AF3	28	28	100
AF4	14	14	100
AF6	67	0	0
AF7	400	0	0
AF8	24	24	100
TOTAL MATERIA	682	215	32

Metodologías docentes que se utilizarán en esta materia

MD1, MD3, MD5

Sistemas de evaluación y calificación. Indicar su ponderación máxima y mínima

Sistemas de evaluación	Ponderación mínima (%)	Ponderación Máxima (%)
SE2	40%	100%
SE3	0%	60%

Listado de Asignaturas de la materia

Asignatura	Créditos	Cuatrimestre	Carácter	Idioma
Antennas and Radio Propagation <i>Antenas y propagación de radio</i>	3	1	O	Inglés
Telecommunications and Signal Processing <i>Telecomunicaciones y procesado de señal</i>	3	1	O	Inglés
Onboard Data Handling and Telemetry <i>Gestión de datos a bordo y telemetría</i> Telemetría, telecomando y procesado de datos	3	2	O	Inglés
Space Electronics <i>Electrónica espacial</i>	3	2	O	Inglés
Onboard spacecraft software <i>Software espacial embarcado</i>	3	1	O	Inglés
Ground Segment and Operations <i>Segmento terreno y operaciones</i>	3	2	O	Inglés
Complements to telecommunications engineering Complementos de ingeniería de la telecomunicación	6	1	OP	Inglés

Descripción de contenidos

Common topics:

The subjects in this matter provide adequate knowledge about the communication systems of satellites, their physical principles and the operation of ground stations. In the same way, the student acquires the necessary knowledge to understand the functioning of space electronics and on-board software.

Specific topics to each subject:

Antennas and Radio Propagation. The program of this subject includes:

1	Basic transmission theory: satellite link design
2	Noise considerations
3	Radiofrequency subsystems:
4	Antennas: analysis and design considerations
5	Radiowave propagation
6	Overall link performance

Telecommunications and Signal Processing. The program of this subject includes:

1	Introduction to satellite communications
2	Modulation and multiplexing techniques for satellite links
3	Multiple access
4	Encoding and error correction techniques
5	Overall Link performance
6	Satellite networks

Onboard Data Handling and Telemetry. The program of this subject includes:

1	Onboard Data Handling Architectures
2	Onboard Communications
3	Packet Utilization Service:
4	Onboard telemetries and its management
5	Failure Detection Isolation & Recovery
6	Onboard Redundancy & Reconfiguration
7	Data Handling Budgets
8	Data Handling Development Cycle
9	Space signal encryption
10	Inter Satellite Networks
11	Onboard Data Handling in New Space

Space Electronics. The program of this subject includes:

1	Introduction
2	Electronic technology and manufacturing
3	Environmental effects on electronics
4	Circuit development for space applications
5	Radiation Hardening
6	Advanced topics and emerging trends

Onboard spacecraft software. The program of this subject includes:

1	Introduction to real-time systems
2	Software engineering for real-time systems
3	Real Time embedded systems design
4	Task Scheduling
5	Verification and validation of critical real-time systems

Ground Segment and Operations. The program of this subject includes:

1	Introduction to Ground Segment and Operations
2	Flight Dynamics Systems
3	Satellite Control Systems
4	Mission Planning
5	Satellite Simulator
6	Payload data
7	Ground Stations
8	Operations

Lenguas en que se impartirá la materia

Inglés.

Observaciones

MATERIA 5	
Advanced Topics in Space Engineering /Materias avanzadas de la Ingeniería Espacial	
Número de créditos ECTS	Carácter de la materia (obligatoria/optativa/mixto/trabajo fin de máster/etc.)
27	Mixta
Duración y ubicación temporal dentro del plan de estudios	
<p>Para completar esta materia, el alumno debe cursar una asignatura obligatoria junto con 5 asignaturas optativas de 3 créditos ECTS cada una, completando un total de 18 créditos ECTS. Las asignaturas se ofertan en el primer cuatrimestre del segundo curso. En la asignatura de Seminarios, se impartirán lecciones magistrales o cursos cortos por parte de expertos de la industria y la academia en materias avanzadas en distintos campos relacionados con la práctica o la investigación en ingeniería espacial.</p> <p>El alumno podrá escoger las asignaturas optativas necesarias para completar los 18 créditos ECTS estipulados, de una oferta de alrededor de 8 asignaturas de 3 ECTS cada una.</p>	
Competencias que el estudiante adquiere con esta materia	
CG6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG1, CG5, CE15	
Resultados de aprendizaje que adquiere el estudiante	
<p>El alumno adquirirá una mayor especialización en áreas concretas de las tecnologías espaciales. La participación en estos cursos y seminarios trata de fomentar la curiosidad y el aprendizaje continuo del alumno (apartado 2.4.6 del curriculum CDIO). Los resultados específicos y evaluables se definirán para cada asignatura de las ofertadas.</p> <p>The student will acquire a greater specialization in specific areas of space technologies. The participation in these courses and seminars tries to encourage the student's curiosity and continuous learning (section 2.4.6 of the CDIO curriculum). In addition, students must demonstrate having acquired learning outcomes related to the section 4.2 of the CDIO curriculum, enterprise and business context; more specifically, those related to section 4.2.4 Working in Organizations.</p>	
The rest of the specific and evaluable results will be defined for each subject among the offer.	
Actividades formativas de la materia indicando su contenido en horas y % de presencialidad	

Código actividad	Nº Horas totales	Nº Horas Presenciales (2)	% Presencialidad Estudiante (3)
AF1	120	120	100
AF2	60	60	100
AF3	15	15	100
AF4	15	15	100
AF6	100	0	0
AF7	430	0	0
AF8	20	20	100
TOTAL MATERIA	760	230	30

Metodologías docentes que se utilizarán en esta materia

MD1, MD2, MD3, MD4, MD5

Sistemas de evaluación y calificación. Indicar su ponderación máxima y mínima

Sistemas de evaluación	Ponderación mínima (%)	Ponderación Máxima (%)
SE2	40%	100%
SE3	0%	60%

Listado de Asignaturas de la materia

Asignatura	Créditos	Cuatrimestre	Carácter	Idioma
Seminars on advanced topics Seminarios en materias avanzadas	3	1	O	Inglés
Launchers and Re-entry Lanzadores y re-entrada	3	1	OP	Inglés
Advanced Space Propulsion Propulsión Espacial Avanzada	3	1	OP	Inglés
Space robotics & Automation Robótica y automatización espaciales	3	1	OP	Inglés
Entrepreneurship & Innovation Emprendimiento e innovación	3	1	OP	Inglés
The Solar System El Sistema Solar	3	1	OP	Inglés

Earth Observation Data Processing Procesado de datos de observación de la Tierra	3	1	OP	Inglés
Manufacturing, Integration & Testing Fabricación, integración y testing	3	1	OP	Inglés
Big Data for Space Missions Big Data para misiones espaciales	3	1	OP	Inglés

Descripción de contenidos

Common topics:

It is considered relevant for the present program that students can shape part of their space engineering curriculum according to their interests and motivations, in a personalized way. To this end, this subject includes mainly a set of optional subjects. The optionality also has a double benefit: it allows first to monitor the topics of greater demand and interest on the part of the students and secondly to adapt every few years the offer of courses to the new trends in space engineering.

Given that the number of elective courses is equivalent to 5 of 3 ECTS each, the offer of the master will be equivalent to 10 courses of 3 ECTS. A minimum number of students enrolled is required for the courses to take place. This number cannot be, in any case, higher than 50% of students enrolled in the master.

In-company internships are offered within this subject, optionally. In the same way, students will be able to participate in supervised development projects, in which they would work in a practical and specialized way some of the aspects dealt with in the previous subjects (1-4).

In the same way, those subjects of other masters that cover topics of interest for space engineering will also be considered within this matter. Finally, this matter will include, within the optional offer, regulated mentoring of students by professionals in the space sector.

Specific topics to each subject:

Seminars on advanced topics

Seminars are oriented towards the presentation of advanced topics of aerospace engineering. They may consist of single sessions or mini-courses of up to 1.5 ECTS. With all this, a complementary training is sought for students, providing complementary knowledge to the one acquired in the previous matters of the master's degree. Talks aimed at improving the transversal skills of graduates are also included here. Specifically, seminars related to entrepreneurship and leadership would come to cover aspects not included in the master's compulsory program, but included in the CDIO competency system. The seminars and mini-courses are dynamically defined throughout the course, preferably offered in both quarters,

according to the availability of the speakers. Although the subject is mandatory, the offer of seminars will allow some degree of choice for students.

Provisional and illustrative list of optional subjects:

- **Launchers and Re-entry.** The program of this subject includes: launcher dynamics; reference trajectory generation; guidance, navigation and control algorithms; navigation sensors; control actuators.
- **Advanced Space Propulsion.** The program of this subject includes: State of the art in electric propulsion. Basic notions of Plasma Physics the Gridded ion thruster. The Hall effect thruster. The Magnetoplasmadynamic Thruster; Radiofrequency and electrodeless propulsion concepts. Micropropulsion.
- **Space robotics & Automation.** The program of this subject includes: elements of space robots; sensors and actuators; kinematics and dynamics; control architectures and Interfaces; analysis of spatial robotics projects; manipulators; service in orbit.
- **Manufacturing, Integration & Testing.** The program of this subject includes: manufacturing processes; lean manufacturing; automation; quality control; system level I&T; main technical disciplines influencing I&T; test and processing facilities; preparation and planning for I&T.
- **Big Data for Space Missions.** The program of this subject includes: statistics for data analysis; technological fundamentals in the Big Data world; optimization for large-scale data; machine learning; data analytics.
- **The Solar System.** The program of this subject includes: the Sun; meteorites, asteroids and comets; planetary interiors, surfaces and atmospheres; Mars and Moon exploration.
- **Entrepreneurship & Innovation.** The program of this subject includes: technological entrepreneurship; innovation focused on the user: design thinking and lean startup; strategic decisions of innovation. Open Innovation; strategies for the exploitation of innovation; Business models; Business plan: purpose, structure and design; financing and forms of support for the creation of technological spin-offs.
- **Industrial Internship.** Recognition of 3 or 6 ECTS
- **Integral Project.** Recognition of 12 ECTS. It is a practical course, focused on the realization of a project, preferably as a team, where students will design, develop and test a device, equipment, software, etc. This subject can be extended with the Final Master Project.

Finally, some courses of the other master's degrees that are sufficiently relevant for the training of a space engineer may be included in the catalog of optional subjects.

Lenguas en que se impartirá la materia
Inglés.
Observaciones

MATERIA 6			
Master Thesis/ Trabajo fin de máster			
Número de créditos ECTS		Carácter de la materia (obligatoria/optativa/mixto/trabajo fin de máster/etc.)	
12		Trabajo fin de máster	
Duración y ubicación temporal dentro del plan de estudios			
Esta materia está compuesta por 1 asignatura que se imparte en el primer cuatrimestre del segundo curso.			
Competencias que el estudiante adquiere con esta materia			
CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG1, CG2, CG3, CG5, CE16			
Resultados de aprendizaje que adquiere el estudiante			
<p>Al final de la materia, el alumno habrá:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adquirido los conocimientos generales en cuanto a la elaboración de un proyecto profesional completo relacionado con algún aspecto de la titulación de Máster en Ingeniería Espacial. • Realizado una presentación escrita y oral de su trabajo • Adquirido conciencia de los aspectos sociales de la profesión, el papel del ingeniero en la sociedad y la empresa, etc. <p>At the end of the subject, the student will have:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acquired the general knowledge regarding the elaboration of a complete professional project related to some aspect of the Master's Degree in Space Engineering. • Made a written and oral presentation of their work • Acquired awareness of the social aspects of the profession, the role of the engineer in society and the company, etc. 			
Actividades formativas de la materia indicando su contenido en horas y % de presencialidad			
Código actividad	Nº Horas totales	Nº Horas Presenciales (2)	% Presencialidad Estudiante (3)

AF5	10	10	100
AF7	350	0	0
AF8	1	1	100
TOTAL MATERIA	361	11	3

Metodologías docentes que se utilizarán en esta materia

MD3, MD5

Sistemas de evaluación y calificación. Indicar su ponderación máxima y mínima

Sistemas de evaluación	Ponderación mínima (%)	Ponderación Máxima (%)
SE4	100	100

Listado de Asignaturas de la materia

Asignatura	Créditos	Cuatrimestre	Carácter	Idioma
Master Thesis Trabajo fin de máster	12	1	O	Inglés

Descripción de contenidos

The student will proceed to the realization, presentation and defense, once all the credits of the syllabus have been obtained, from an original exercise carried out individually before an academic tribunal, in public session, consisting of an integral project of Space Engineering of a professional nature in which the competences acquired in the teachings be synthesized.

Lenguas en que se impartirá la materia

Inglés.

Observaciones

El alumno deberá haber completado todos los créditos correspondientes al resto de los módulos antes de proceder a la defensa del Trabajo Fin de Máster.

