

RESUMEN DEL PLAN DE ESTUDIOS (ESTRUCTURA CUATRIMESTRAL)

	Cuatrimestre 1			Cuatrimestre 2		
Curso 1	ASIGNATURAS	Tipo	ECTS	ASIGNATURAS	Tipo	ECTS
	(M1.A1) Modelización de sistemas aeroespaciales no lineales / Modeling of nonlinear Aerospace systems	OB	6	(M1.A3) Ingeniería aeroespacial basada en datos / Data-driven Aerospace Engineering	OB	6
	(M1.A2) Optimización y control aeroespacial / Aerospace optimization and control	OB	6	(M1.A4) Métodos numéricos para la ingeniería aeroespacial / Numerical methods for Aerospace Engineering	OB	6
	(M2.A1) Revisión del estado del arte y métodos de investigación en Ingeniería Aeroespacial / State of the art review and research methods in Aerospace Engineering	OB	3	(M2.A2) Temas avanzados de investigación en ingeniería aeroespacial / Advanced research topics in Aerospace Engineering	OB	3
	(M3.A1) Mecánica de Vuelo Avanzada / Advanced Flight Mechanics	OP	6	(M3.A9) Aeroelasticidad Avanzada / Advanced Aeroelasticity	OP	3
	(M3.A2) Producción Aeroespacial / Aerospace Manufacturing	OP	6	(M3.A10) Método de los elementos finitos para ingeniería aeroespacial / Finite Element Method for Aerospace Engineering	OP	3
	(M3.A3) Aerodinámica Computacional / Computational Aerodynamics	OP	6	(M3.A11) Elementos de Software Crítico / Elements of Critical Software	OP	3
	(M3.A4) Diseño Avanzado de Aeronaves / Advanced Aircraft Design	OP	6	(M3.A12) Actuaciones y Diseño de Sistemas Propulsivos / Propulsion systems performance and design	OP	6
	(M3.A5) Sistemas de Navegación Aérea / Air Navigation Systems	OP	6	(M3.A13) Combustión y Fenómenos de Transporte / Combustion and transport phenomena	OP	3
	(M3.A6) Transporte Aéreo / Air Transport	OP	3	(M3.A14) Turbulencia / Turbulence	OP	6
	(M3.A7) Sistemas Aeroespaciales Autónomos / Aerospace Autonomous Systems	OP	3	(M4.A7) Diseño de vehículos espaciales / Space Systems Design	OP	6
	(M3.A8) Aerodinámica Experimental / Experimental Aerodynamics	OP	3	(M4.A8) Dinámica de actitud y guiado, navegación y control / Attitude dynamics and Guidance Navigation and Control	OP	3
	(M4.A1) Propulsión Espacial Avanzada / Advanced Space Propulsion	OP	3	(M4.A9) Seguridad Espacial / Space Safety	OP	3
	(M4.A2) Entorno espacial / Space Environment	OP	3	(M5.A1) TFM	TFM	12

	(M4.A3) Dinámica Orbital y análisis de misión / Orbital Dynamics and mission analysis	OP	3
	(M4.A4) Lanzadores y re-entrada / Launchers and Re-entry	OP	3
	(M4.A5) Métodos de control robusto aeroespacial / Aerospace Robust Control Methods	OP	3
	(M4.A6) Física de la propulsión por plasma / Physics of plasma propulsion	OP	3

RESUMEN DEL PLAN DE ESTUDIOS POR MATERIAS Y ASIGNATURAS

MATERIA	ASIGNATURA	ECT S	Tipo	CT	Curso
MATERIA 1 (M1) Modelado y Análisis Aeroespacial / Aerospace Modeling and Analysis	(M1.A1) Modelización de sistemas aeroespaciales no lineales / Modeling of nonlinear Aerospace systems	6	OB	1	1
	(M1.A2) Optimización y control aeroespacial / Aerospace optimization and control	6	OB	1	1
	(M1.A3) Ingeniería aeroespacial basada en datos / Data-driven Aerospace Engineering	6	OB	2	1
	(M1.A4) Métodos numéricos para la ingeniería aeroespacial / Numerical methods for Aerospace Engineering	6	OB	2	1
TOTAL ECTS MATERIA		24			
MATERIA 2 (M2) Métodos y Técnicas de Investigación Aeroespacial / Aerospace Research methods and Techniques	(M2.A1) Revisión del estado del arte y métodos de investigación en Ingeniería Aeroespacial / State of the art review and research methods in Aerospace Engineering	3	OB	1	1
	(M2.A2) Temas avanzados de investigación en ingeniería aeroespacial / Advanced research topics in Aerospace Engineering	3	OB	2	1
TOTAL ECTS MATERIA		6			
MATERIA 3 (M3) Sistemas y aplicaciones Aeronáuticos avanzados / Advanced Aeronautical systems and applications	(M3.A1) Mecánica de Vuelo Avanzada / Advanced Flight Mechanics	6	OP	1	1
	(M3.A2) Producción Aeroespacial / Aerospace Manufacturing	6	OP	1	1
	(M3.A3) Aerodinámica Computacional / Computational Aerodynamics	6	OP	1	1
	(M3.A4) Diseño Avanzado de Aeronaves / Advanced Aircraft Design	6	OP	1	1
	(M3.A5) Sistemas de Navegación Aérea / Air Navigation Systems	6	OP	1	1
	(M3.A6) Transporte Aéreo / Air Transport	3	OP	1	1
	(M3.A7) Sistemas Aeroespaciales Autónomos / Aerospace Autonomous Systems	3	OP	1	1
	(M3.A8) Aerodinámica Experimental / Experimental Aerodynamics	3	OP	1	1
	(M3.A9) Aeroelasticidad Avanzada / Advanced Aeroelasticity	3	OP	2	1
	(M3.A10) Método de los elementos finitos para ingeniería aeroespacial / Finite Element Method for Aerospace Engineering	3	OP	2	1
	(M3.A11) Elementos de Software Crítico / Elements of Critical Software	3	OP	2	1
	(M3.A12) Actuaciones y Diseño de Sistemas Propulsivos / Propulsion systems performance and design	6	OP	2	1
	(M3.A13) Combustión y Fenómenos de Transporte / Combustion and transport phenomena	3	OP	2	1
	(M3.A14) Turbulencia / Turbulence	6	OP	2	1
TOTAL ECTS MATERIA		63			
MATERIA 4 (M4) Sistemas y aplicaciones Espaciales avanzados /	(M4.A1) Propulsión Espacial Avanzada / Advanced Space Propulsion	3	OP	1	1
	(M4.A2) Entorno Espacial / Space Environment	3	OP	1	1
	(M4.A3) Dinámica Orbital y análisis de misión / Orbital Dynamics and mission analysis	3	OP	1	1

Advanced Space systems and applications	(M4.A4) Lanzadores y re-entrada / Launchers and Re-entry	3	OP	1	1
	(M4.A5) Métodos de control robusto aeroespacial / Aerospace Robust Control Methods	3	OP	1	1
	(M4.A6) Física de la propulsión por plasma / Physics of plasma propulsion	3	OP	1	1
	M4.A7) Diseño de vehículos espaciales / Space Systems Design	6	OP	2	1
	(M4.A8) Dinámica de actitud y guiado, navegación y control / Attitude dynamics and Guidance Navigation and Control	3	OP	2	1
	(M4.A9) Seguridad Espacial / Space Safety	3	OP	2	1
TOTAL ECTS MATERIA		30			
MATERIA 5 (M5) TFM	(M5.A1) TFM	12	TFM	2	1
TOTAL ECTS MATERIA		12			

PLAN DE ESTUDIOS DETALLADO

Materia 1 (M1): Modelado y Análisis Aeroespacial / Aerospace Modeling and Analysis	
Número de créditos ECTS	24
Tipología	Obligatoria / Compulsory
Organización temporal	Primer y segundo cuatrimestre / 1st and 2nd Semester
Resultados del aprendizaje	<p>Conocimientos/ Knowledge</p> <p>K1: Comprender la dinámica de los sistemas aeroespaciales no lineales y los métodos matemáticos empleados para su análisis / <i>Understand the dynamics of nonlinear aerospace systems and the mathematical methods used for their analysis.</i></p> <p>K2: Demostrar un conocimiento avanzado de las principales técnicas de optimización y control óptimo de sistemas aeroespaciales, así como sus ventajas y desventajas en función del contexto de aplicación. / <i>Demonstrate advanced knowledge of the main optimization and optimal control techniques for aerospace systems, as well as their advantages and disadvantages depending on the context of application.</i></p> <p>K3: Demostrar un conocimiento avanzado de las principales técnicas estadísticas, de cuantificación de incertidumbre y error, descomposición, de aprendizaje automático, e identificación de sistemas, a partir de series de datos espacio-temporales (potencialmente masivos). / <i>Demonstrate advanced knowledge of the main statistical techniques, uncertainty and error quantification, decomposition, machine learning, and system identification, based on spatiotemporal data series (potentially massive).</i></p> <p>K4: Demostrar un conocimiento avanzado de los principales métodos de integración numérica de ecuaciones en derivadas ordinarias y en derivadas parciales, y sus características de coste computacional y error de truncación, en el contexto de la ingeniería aeroespacial, así como las principales características del hardware empleado en computación científico-técnica. / <i>Demonstrate advanced knowledge of the main methods of numerical integration of ordinary and partial differential equations, and their computational cost and truncation error characteristics, in the context of aerospace engineering, as well as the main characteristics of the hardware used in scientific and technical computing.</i></p>
	<p>Habilidades/ Skills</p> <p>S1: Analizar mediante técnicas matemáticas avanzadas el comportamiento y la respuesta de sistemas aeroespaciales complejos en función de sus parámetros de diseño y operación. / <i>Analyze</i></p>

		<p><i>the behavior and response of complex aerospace systems based on their design and operating parameters, using advanced mathematical techniques.</i></p>
		<p>S2: Optimizar respecto a funciones objetivo simples y múltiples, y sujetas a restricciones complejas, en el contexto de la ingeniería aeroespacial. / <i>Optimize with respect to simple and multiple objective functions, subject to complex constraints, in the context of aerospace engineering.</i></p>
		<p>S3: Aplicar técnicas estadísticas, de cuantificación de incertidumbre y error, de descomposición, de aprendizaje automático, y de identificación de sistemas, a series de datos espacio-temporales aeroespaciales. / <i>Apply statistical techniques, uncertainty and error quantification, decomposition, machine learning, and system identification to aerospace spatiotemporal data series.</i></p>
		<p>S4: Implementar técnicas de computación científico-técnica y métodos numéricos avanzados para la integración de ecuaciones en derivadas ordinarias y parciales de interés para la ingeniería aeroespacial. / <i>Implement scientific-technical computing techniques and advanced numerical methods for the integration of ordinary and partial differential equations of interest to aerospace engineering.</i></p>
	<p>Competencias/ Competences</p>	<p>C1: Plantear y analizar problemas que involucran sistemas de la ingeniería aeroespacial y su dinámica en operación, desprendiendo y argumentando conclusiones sobre las características, actuaciones, viabilidad, e impacto ambiental. / <i>Pose and analyze problems involving aerospace engineering systems and their operational dynamics, drawing and arguing conclusions about their characteristics, performance, feasibility, and environmental impact.</i></p>
		<p>C2: Diseñar sistemas aeroespaciales innovadores y estrategias de operación de los mismos que sean óptimos con respecto a unas necesidades, expectativas, o requisitos preestablecidos. / <i>Design innovative aerospace systems and strategies for their operation that are optimal with respect to prescribed needs, expectations, or requirements.</i></p>
		<p>C3: Analizar series de datos espacio-temporales provenientes de medidas experimentales y simulaciones numéricas de la operación de sistemas aeroespaciales, incluyendo datos masivos, desprendiendo y argumentando conclusiones sobre las características, actuaciones, viabilidad, e impacto ambiental de los sistemas aeroespaciales y su operación. / <i>Analyze space-time data series from experimental measurements and numerical simulations of aerospace system operation, including big data, drawing and arguing conclusions</i></p>

		<p><i>about the characteristics, performance, feasibility, and environmental impact of aerospace systems and their operation.</i></p> <p>C4: Resolver problemas aeroespaciales complejos mediante computación científico-técnica y métodos numéricos avanzados, siguiendo las mejores prácticas y estándares de la industria, desprendiendo y argumentando conclusiones sobre las características, actuaciones, viabilidad, e impacto ambiental de los sistemas aeroespaciales y su operación. / <i>Solve complex aerospace problems using scientific and technical computing and advanced numerical methods, following industry best practices and standards, drawing and arguing conclusions about the characteristics, performance, feasibility, and environmental impact of aerospace systems and their operation.</i></p>			
Metodologías docentes	MD1, MD3, MD5				
Actividades formativas	Tipo de actividad	Horas totales	Horas presenciales (8-12)		
	AF1 - Clase teórico-práctica / <i>Theoretical-practical class</i>	92	92		
	AF2 - Prácticas en laboratorio o aula informática / <i>Practical classes in laboratory or computer classroom</i>	92	92		
	AF4 - Exámenes parciales y finales / <i>Mid-term and final exams</i>	16	16		
	AF5 - Trabajo individual del estudiante o en grupo / <i>Individual or group work</i>	400	0		
	Total	600	200		
Sistemas de evaluación	Denominación		Mínimo	Máximo	
	SE1 - Entregas de trabajos individuales o en grupo / <i>Individual or group work deliveries</i>		25%	65%	
	SE2 - Pruebas o defensas orales y/o pruebas escritas / <i>Oral and/or written tests or defenses</i>		10%	50%	
	SE3 - Examen final / <i>Final exam</i>		25%	25%	
Asignaturas	Denominación	ECTS	CT	Tipología	Idioma
	(M1.A1) Modelización de sistemas aeroespaciales no lineales / <i>Modeling of nonlinear Aerospace systems</i>	6	1	OB	EN
	(M1.A2) Optimización y control aeroespacial / <i>Aerospace optimization and control</i>	6	1	OB	EN
	(M1.A3) Ingeniería aeroespacial basada en datos / <i>Data-driven Aerospace Engineering</i>	6	2	OB	EN
	(M1.A4) Métodos numéricos para la ingeniería aeroespacial / <i>Numerical methods for Aerospace Engineering</i>	6	2	OB	EN

Contenidos	<p>(M1.A1) Modelización de sistemas aeroespaciales no lineales.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Sistemas dinámicos discretos y continuos. ● Integración numérica de EDOs ● Soluciones de equilibrio, órbitas, soluciones caóticas ● Teoría de perturbaciones ● Cálculo simbólico <p>(M1.A2) Optimización y control aeroespacial</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Teoría de la optimización con restricciones ● Optimización lineal y no lineal ● Control: lineal, robusto, óptimo ● Restricciones de trayectoria ● Métodos numéricos para el control óptimo <p>(M1.A3) Ingeniería aeroespacial basada en datos</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estadística para el análisis de datos ● Cuantificación de la incertidumbre ● Análisis tiempo-frecuencia ● Métodos basados en datos y aprendizaje automático para la ingeniería aeroespacial ● Identificación de sistemas <p>(M1.A4) Métodos numéricos para la ingeniería aeroespacial</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Operadores diferenciales, fundamentos de EDP elípticas, parabólicas e hiperbólicas ● Diferencias finitas ● Volúmenes finitos ● Elementos finitos ● Métodos espectrales <p><i>(M1.A1) Modeling of nonlinear Aerospace systems</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Discrete and continuous dynamical systems.</i> ● <i>Numerical Integration of ODEs</i> ● <i>Equilibrium solutions, Orbits, Chaotic solutions</i> ● <i>Perturbation theory</i> ● <i>Symbolic calculus</i> <p><i>(M1.A2) Aerospace optimization and control</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Constrained optimization theory</i> ● <i>Linear and nonlinear optimization</i> ● <i>Control: linear, robust, optimal control</i> ● <i>Path constraints</i> ● <i>Numerical methods for optimal control</i> <p><i>(M1.A3) Data-driven Aerospace Engineering</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Statistics for data analytics</i> ● <i>Uncertainty quantification</i> ● <i>Time-frequency analysis</i> ● <i>Data-driven methods and Machine Learning for Aerospace</i> ● <i>System identification</i> <p><i>(M1.A4) Numerical methods for Aerospace Engineering</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Differential operators, fundamentals of elliptic, parabolic, and hyperbolic PDEs</i> ● <i>Finite differences</i> ● <i>Finite volumes</i> ● <i>Finite elements</i> ● <i>Spectral methods</i>
------------	--

Materia 2 (M2): Métodos y Técnicas de Investigación Aeroespacial / Aerospace Research methods and Techniques		
Número de créditos ECTS	6	
Tipología	Obligatoria / Compulsory	
Organización temporal	Primer y segundo cuatrimestre / 1st and 2nd Semester	
Resultados del aprendizaje	Conocimientos/ Knowledge	K5: Demostrar un conocimiento avanzado de los procedimientos habituales del método científico para desarrollar una investigación puntera, ética y de calidad en el contexto de la ingeniería aeroespacial. / <i>Demonstrate advanced knowledge of the usual procedures of the scientific method to develop cutting-edge, ethical, and high-quality research in the context of aerospace engineering.</i>
		K6: Conocer las principales estructuras, organismos, programas, y características de la investigación aeroespacial, tanto pública como privada, y la naturaleza, financiación, y funcionamiento de un proyecto de investigación en este ámbito. / <i>Be familiar with the main structures, organizations, programs, and characteristics of aerospace research, both public and private, and the nature, financing, and operation of a research project in this field.</i>
	Habilidades/ Skills	S5: Realizar búsquedas de información y del estado del arte en la literatura científica aeroespacial. / <i>Conduct information research on the state of the art in aerospace scientific literature.</i>
		S6: Documentar y comunicar hipótesis, procedimientos y resultados científico-técnicos de forma escrita y oral. / <i>Document and communicate scientific and technical hypotheses, procedures, and results in written and oral form.</i>
Competencias/ Competences	C5: Analizar de forma crítica del estado del arte y de la literatura científica de la ingeniería aeroespacial, encontrando lagunas de conocimiento y planteando preguntas de investigación relevantes. / <i>Critically analyze the state of the art and scientific literature in aerospace engineering, identifying gaps in knowledge and posing relevant research questions.</i>	
	C6: Establecer o escoger técnicas, metodologías, herramientas, procedimientos y planes de investigación adecuados al ámbito de la ingeniería aeroespacial, tanto experimentales como teóricas y numéricas, para responder a las preguntas de investigación previamente definidas, siguiendo los principios del método científico. / <i>Establish or choose techniques, methodologies, tools, procedures, and research plans appropriate to the field of aerospace engineering, both experimental and theoretical and numerical, to answer previously</i>	

	<i>defined research questions, following the principles of the scientific method.</i>					
Metodologías docentes	MD1, MD2, MD3, MD4, MD5					
Actividades formativas	Tipo de actividad	Horas totales		Horas presenciales (8-12)		
	AF1 - Clase teórico-práctica / <i>Theoretical-practical class</i>	23		23		
	AF2 - Prácticas en laboratorio o aula informática / <i>Practical classes in laboratory or computer classroom</i>	11		11		
	AF3 - Proyectos Guiados / <i>Guided projects</i>	11		11		
	AF4 - Exámenes parciales y finales / <i>Mid-term and final exams</i>	5		5		
	AF5 - Trabajo individual del estudiante o en grupo / <i>Individual or group work</i>	100		0		
	Total	150		50		
Sistemas de evaluación	Denominación			Mínimo	Máximo	
	SE1 - Entregas de trabajos individuales o en grupo / <i>Individual or group work deliveries</i>			25%	75%	
	SE2 - Pruebas o defensas orales y/o pruebas escritas / <i>Oral and/or written tests or defenses</i>			25%	75%	
Asignaturas	Denominación		ECTS	CT	Tipología	Idioma
	(M2.A1) Revisión del estado del arte y métodos de investigación en Ingeniería Aeroespacial / <i>State of the art review and research methods in Aerospace Engineering</i>		3	1	OB	EN
	(M2.A2) Temas avanzados de investigación en ingeniería aeroespacial / <i>Advanced research topics in Aerospace Engineering</i>		3	2	OB	EN
Contenidos	<p>(M2.A1) Revisión del estado del arte y métodos de investigación en Ingeniería Aeroespacial</p> <p>Los estudiantes completarán y defenderán un proyecto de revisión bibliográfica del estado del arte sobre un tema aeroespacial de su elección. Los contenidos a cubrir son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bases de datos de investigación aeroespacial y herramientas de búsqueda, incluyendo herramientas IA • Mejores prácticas para una revisión bibliográfica eficaz • Redacción y documentación científica y técnica; comunicación de resultados • Herramientas de software comunes utilizadas en la I+D+i de la ingeniería aeroespacial • Método científico aplicado a la I+D+i en ingeniería aeroespacial: Preguntas de investigación, hipótesis, metodología, conclusiones • Visión general de las principales estructuras, organismos, programas de investigación aeroespacial y sus esquemas de financiación 					

(M2.A2) Temas avanzados de investigación en Ingeniería Aeroespacial
 Este curso de 3 ECTS consiste en una serie de minicursos o talleres sobre temas avanzados relacionados con la investigación aeroespacial (normalmente de 4 a 6 sesiones cada uno, incluida la evaluación). Los estudiantes tendrán que completar con éxito un número suficiente de mini-cursos / talleres de la lista de los ofrecidos cada año para cubrir los 3 ECTS del curso. La lista de temas puede variar de un año a otro, para adaptarse a las tendencias cambiantes de la investigación aeroespacial o para aprovechar valiosas oportunidades de aprendizaje (por ejemplo, interacción con expertos externos visitantes). La comisión académica podrá determinar que algunos de los minicursos sean obligatorios para todos los estudiantes del curso.

La lista de temas puede incluir, entre otros:

- Técnicas experimentales en fluidodinámica
- Técnicas de descomposición espacio-temporal de datos
- Diagnóstico de plasmas en laboratorio para propulsión espacial
- Computación de alto rendimiento en ingeniería aeroespacial
- Métodos numéricos avanzados para la ingeniería aeroespacial
- Métodos de simulación de partículas para propulsores espaciales de plasma
- Aerodinámica no estacionaria
- Sistemas aerotransportados de energía eólica
- Soluciones innovadoras de fuselaje y propulsión
- Desarrollo de subsistemas para satélites pequeños
- Dinámica y electrodinámica de amarras espaciales
- Técnicas avanzadas de GNC
- Aprendizaje automático para la investigación aeroespacial

(M2.A1) State of the art review and research methods in Aerospace Engineering

Students will complete and defend a state-of-the-art literature review project on an aerospace topic of their choice. Contents cover:

- *Aerospace research databases and search tools, including AI tools*
- *Best practices for an effective literature review*
- *Scientific and Technical writing and documenting; communication of results*
- *Common software tools used in aerospace engineering R+D+i*
- *Scientific method applied to Aerospace engineering R+D+i: Research questions, hypotheses, methodology, conclusions*
- *Overview of main structures, organisms, programs in aerospace research and their funding schemes*

(M2.A2) Advanced research topics in Aerospace Engineering

This 3 ECTS course consists of a series of mini-courses or workshops on advanced aerospace research-related topics (typically 4-6 sessions each, including evaluation). Students will need to successfully complete a sufficient number of mini-courses / workshops from the list of offered ones each year to cover the 3 ECTS of the course. The list of topics may vary from year to year, to adapt to the changing trends in aerospace research or to take advantage of valuable learning opportunities (e.g. interaction with visiting external experts). The Academic commission may determine that some of the mini-courses be compulsory for all students in the course.

	<p><i>The list of topics may include, but is not limited to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Experimental techniques in Fluid-dynamics</i> • <i>Spatio-temporal data decomposition techniques</i> • <i>Laboratory plasma diagnostics for space propulsion</i> • <i>High performance computing in aerospace engineering</i> • <i>Advanced numerical methods for aerospace engineering</i> • <i>Particle-in-cell simulation methods for space plasma thrusters</i> • <i>Nonstationary aerodynamics</i> • <i>Airborne Wind Energy systems</i> • <i>Innovative airframe and propulsion solutions</i> • <i>Small satellite subsystems development</i> • <i>Space tethers dynamics and electrodynamics</i> • <i>Advanced GNC techniques</i> • <i>Machine learning for aerospace research</i>
--	---

Materia 3 (M3): Sistemas y aplicaciones Aeronáuticos avanzados / Advanced Aeronautical systems and applications			
Número de créditos ECTS	63		
Tipología	Optativa / Elective		
Organización temporal	Primer y segundo cuatrimestre / 1st and 2nd Semester		
Resultados del aprendizaje	Conocimientos/ Knowledge	K7-OPT. Demostrar un conocimiento avanzado de los aspectos y sistemas específicos de la rama aeronáutica de la ingeniería aeroespacial-/ <i>Demonstrate advanced knowledge of the specific aspects and systems of the aeronautical branch of aerospace engineering</i>	
	Habilidades/ Skills	S7-OPT. Aplicar las técnicas de diseño y análisis fundamentales específicos de la rama aeronáutica de la ingeniería aeroespacial-/ <i>Apply the fundamental techniques of design and analysis specific to the aeronautical branch of aerospace engineering</i>	
Metodologías docentes	MD1, MD2, MD3, MD5		
Actividades formativas	Tipo de actividad	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1 - Clase teórico-práctica / <i>Theoretical-practical class</i>	234	234
	AF2 - Prácticas en laboratorio o aula informática / <i>Practical classes in laboratory or computer classroom</i>	234	234
	AF4 - Exámenes parciales y finales / <i>Mid-term and final exams</i>	56	56
	AF5 - Trabajo individual del estudiante o en grupo / <i>Individual or group work</i>	1051	0
	Total	1575	524
Sistemas de evaluación	Denominación	Mínimo	Máximo

	SE1 – Entregas de trabajos individuales o en grupo / <i>Individual or group work deliveries</i>	0%	75%		
	SE2 – Pruebas o defensas orales y/o pruebas escritas / <i>Oral and/or written tests or defenses</i>	0%	75%		
	SE3 – Examen final / <i>Final exam</i>	0%	60%		
Asignaturas	Denominación	ECTS	CT	Tipología	Idioma
	(M3.A1) Mecánica de Vuelo Avanzada / <i>Advanced Flight Mechanics</i>	6	1	OP	EN
	(M3.A2) Producción Aeroespacial / <i>Aerospace Manufacturing</i>	6	1	OP	EN
	(M3.A3) Aerodinámica Computacional / <i>Computational Aerodynamics</i>	6	1	OP	EN
	(M3.A4) Diseño Avanzado de Aeronaves / <i>Advanced Aircraft Design</i>	6	1	OP	EN
	(M3.A5) Sistemas de Navegación Aérea / <i>Air Navigation Systems</i>	6	1	OP	EN
	(M3.A6) Transporte Aéreo / <i>Air Transport</i>	3	1	OP	EN
	(M3.A7) Sistemas Aeroespaciales Autónomos / <i>Aerospace Autonomous Systems</i>	3	1	OP	EN
	(M3.A8) Aerodinámica Experimental / <i>Experimental Aerodynamics</i>	3	1	OP	EN
	(M3.A9) Aeroelasticidad Avanzada / <i>Advanced Aeroelasticity</i>	3	2	OP	EN
	(M3.A10) Método de los elementos finitos para ingeniería aeroespacial / <i>Finite Element Method for Aerospace Engineering</i>	3	2	OP	EN
	(M3.A11) Elementos de Software Crítico / <i>Elements of Critical Software</i>	3	2	OP	EN
	(M3.A12) Actuaciones y Diseño de Sistemas Propulsivos / <i>Propulsion systems performance and design</i>	6	2	OP	EN
	(M3.A13) Combustión y Fenómenos de Transporte / <i>Combustion and transport phenomena</i>	3	2	OP	EN
	(M3.A14) Turbulencia / <i>Turbulence</i>	6	2	OP	EN
Contenidos	(M3.A1) Mecánica de vuelo avanzada 1. - 1.- Introducción 2.- Ecuaciones generales del movimiento no estacionario 2.1.- Derivadas de estabilidad 2.2.- Estabilidad longitudinal del movimiento no controlado 2.3.- Estabilidad lateral-direccional del movimiento no controlado 2.4.- Respuesta a la acción de los controles. Lazo abierto. 3.- Elementos de navegación aeroespacial 4.- Control en bucle cerrado				

5.- Cualidades de manejo

(M3.A2) Fabricación aeroespacial

1. Requisitos de los procesos de fabricación: certificación de procesos, diseño.
2. Capacidades de los procesos de fabricación.
3. Ingeniería concurrente: integración de materiales, diseño y producción
4. Procesos de fabricación de materiales compuestos avanzados: proceso en autoclave, RTM, bobinado de filamentos.
5. Procesos de fabricación de materiales poliméricos
6. Procesos de fabricación de superaleaciones.
7. Influencia de los procesos de mecanizado y montaje en la inspección de servicio.
8. Procesos de montaje
9. Métodos de inspección
10. Calidad total: características clave, pfi, circuitos de retroalimentación.
11. Mantenimiento.
12. Mecanismo de fallo de los materiales compuestos
13. Mecanismo de fallo de las superaleaciones
14. Fabricación ajustada

(M3.A3) Aerodinámica computacional

- 1 Introducción a la aerodinámica computacional
- 2 Modelos matemáticos para la simulación del flujo de fluidos
- 3 Técnicas de discretización
- 4 Análisis de esquemas numéricos
- 5 Resolución de esquemas numéricos
- 6 Aplicaciones a flujos invisibles y/o viscosos
- 7 Introducción a la turbulencia y su modelización

(M3.A4) Diseño avanzado de aeronaves

1. Estimación de la masa y el CG de la aeronave
2. Revisión del dimensionamiento de aeronaves
3. Selección e instalación de grupos motopropulsores
4. Cualidades de vuelo longitudinal y diseño del HTP
5. Cualidades de vuelo latero-direccionales y diseño del VTP
6. Cargas de vuelo
7. Diseño del tren de aterrizaje
8. Cargas en tierra
9. Análisis de fatiga
10. Interacción Sistemas-Vuelo-Estructuras
11. Introducción a los helicópteros
12. Impacto medioambiental de la aeronave

(M3.A5) Sistemas de navegación aérea

- 1 Concepto ATM/CNS (Gestión del Tráfico Aéreo/Comunicación, Navegación y Vigilancia).
- 2 Meteorología
- 3 Cartas aeronáuticas, maniobras y procedimientos.
- 4 Rutas aéreas y planificación de vuelos.
- 5 Prestaciones, GNC (Guiado, Navegación y Control) --> INS, GNSS, Filtro de Kalman.
- 6 Introducción a SESAR y NextGen
- 7 Introducción a la optimización
- 8 Modelización ATFM (Air Traffic Flow Management)

	<p>9 Algoritmos de detección y resolución de conflictos 10 Gestión de trayectorias en ATM</p> <p>(M3.A6) Transporte aéreo 1: Marco social, económico y jurídico 2: Fabricantes y compañías aéreas 3: Operaciones de vuelo de las compañías aéreas 4: Optimización en el transporte aéreo</p> <p>(M3.A7) Sistemas autónomos aeroespaciales 1: Tecnología aplicable a los vehículos autónomos 2: Guiado, navegación y control autónomos 3: Laboratorio de quadcopters</p> <p>(M3.A8) Aerodinámica experimental 1. Fundamentos teóricos de la aerodinámica experimental: teorema de Buckingham Pi, ecuaciones fundamentales y números no dimensionales. 2. Caracterización estadística de datos y elementos de procesamiento de datos. 3. Instalaciones experimentales y ensayos en túnel de viento 4. Objetivo y principios de la visualización del flujo 5. Mediciones de la presión del flujo 6. Mediciones de temperatura y flujo de calor 7. Métodos basados en la densidad 8. Anemometría térmica 9. Anemometría láser 10. Velocimetría volumétrica 11. Medición de los esfuerzos cortantes de la pared 12. Medición de fuerzas y momentos</p> <p>(M3.A9) Aeroelasticidad avanzada 1. Aeroelasticidad avanzada. Introducción. 2. Vibración ambiental 3. Dinámica del grupo motopropulsor 4. Impactos 5. Modos normales 6. Aerodinámica 3D no permanente: DLM 7. Aeroelasticidad estática. Solución de Trim. Eficacia de la superficie de control. 8. Flutter 9. Aterrizaje dinámico 10. Ráfaga Discreta Sintonizada (DTG) 11. Turbulencia continua (CT) 12. Caso dinámico o buffet</p> <p>(M3.A10) Método de los elementos finitos para ingeniería aeroespacial 1. Introducción a FEA. Repaso de la elasticidad 2. El proceso de análisis por elementos finitos 3. Formulación de elementos finitos 4. Tipos de elementos y propiedades 5. Integración numérica 6. Propiedades de la solución. Estimación de errores. 7. Modelización para análisis dinámico y vibraciones</p> <p>(M3.A11) Elementos de software crítico 1: Elementos de software crítico. Introducción</p>
--	--

- 2: Arquitecturas de software
- 3: Requisitos del software
- 4: Diseño de software
- 5: Implementación del software
- 6: Verificación del software

- (M3.A12) Rendimiento y diseño de sistemas de propulsión
- 1. Revisión de los requisitos de los componentes del motor
 - 2. El proceso de diseño de motores
 - 3. Sensores, instrumentación y control
 - 4. Lubricación y refrigeración
 - 5. Rodamientos y juntas
 - 6. Análisis estructural
 - 7. Ensayos y certificación de motores

- (M3.A13) Combustión
- 1. Fundamentos de la combustión
 - 2. Ecuaciones de Navier-Stokes de mezclas en reacción
 - 3. Llamas premezcladas
 - 4. Frentes de combustión
 - 5. Llamas no premezcladas
 - 6. Introducción a temas avanzados y experimentación

- (M3.A14) Turbulencia
- 1. Introducción al flujo turbulento
 - 2. Estabilidad de flujos confinados
 - 3. Estabilidad de flujos paralelos y cuasi-paralelos
 - 4. Estabilidad global y no modal (crecimiento transitorio)
 - 5. Transición
 - 6. Descripción estadística de la turbulencia
 - 7. Introducción a la modelización de la turbulencia (DNS, LES, RANS)

(M3.A1) Advanced Flight Mechanics

- 1. - Introduction
- 2.- General equations of non-stationary motion
 - 2.1 - Derivatives of stability
 - 2.2.- Longitudinal stability of uncontrolled motion
 - 2.3.- Lateral-directional stability of uncontrolled motion
 - 2.4.- Response to the action of controls. Open loop.
- 3.- Aerospace navigation elements
- 4.- Closed loop control
- 5.- Handling qualities

(M3.A2) Aerospace Manufacturing

- 1. Requirements for manufacturing processes: process certification, design
- 2. Manufacturing process capabilities.
- 3. Concurrent engineering: materials, design and production integration
- 4. Manufacturing processes for advanced composite materials: autoclave process, RTM, filament winding.
- 5. Manufacturing process for polymeric materials
- 6. Manufacturing processes for superalloys.
- 7. Influence of machining and assembly processes on service inspection.
- 8. Assembly processes

9. *Inspection methods*
 10. *Total quality: key characteristics, pfmea, feedback loops.*
 11. *Maintenance.*
 12. *Failure mechanism composites*
 13. *Failure mechanism superalloys*
 14. *Lean manufacturing*
- (M3.A3) Computational Aerodynamics*
- 1 *Introduction to Computational Aerodynamics*
 - 2 *The mathematical models for fluid flow simulations*
 - 3 *Discretization Techniques*
 - 4 *The analysis of numerical schemes*
 - 5 *The resolution of numerical schemes*
 - 6 *Applications to inviscid and/or viscous flows*
 - 7 *Introduction to Turbulence and its modeling*
- (M3.A4) Advanced Aircraft Design*
1. *Aircraft Mass and CG Estimation*
 2. *Aircraft Sizing Review*
 3. *Powerplant selection and installation*
 4. *Longitudinal Flying Qualities and HTP design*
 5. *Latero-Directional Flying Qualities and VTP design*
 6. *Flight Loads*
 7. *Landing Gear design*
 8. *Ground Loads*
 9. *Fatigue analysis*
 10. *Interaction Systems-Flight-Structures*
 11. *Introduction to Helicopters.*
 12. *Environmental impact of the aircraft*
- (M3.A5) Air Navigation Systems*
- 1 *ATM/CNS (Air Traffic Management/Communication, Navigation, and Surveillance) concept.*
 - 2 *Meteorology*
 - 3 *Aeronautical charts, maneuvers and procedures.*
 - 4 *Air routes and flight planning.*
 - 5 *Performances, GNC (Guidance, Navigation, and Control) --> INS, GNSS, Kalman Filter.*
 - 6 *Introduction to SESAR and NextGen*
 - 7 *Introduction to optimization*
 - 8 *ATFM (Air Traffic Flow Management) modeling*
 - 9 *conflict detection and resolution algorithms.*
 - 10 *Trajectory Management in ATM*
- (M3.A6) Air Transport*
- 1: *Social, economical and legal framework*
 - 2: *Manufacturers and Airlines*
 - 3: *Airline flight Operations*
 - 4: *Optimization in air transport*
- (M3.A7) Aerospace Autonomous Systems*
- 1: *Technology that applies to autonomous vehicles*
 - 2: *Autonomous guidance, navigation, and control*
 - 3: *Quad-rotor lab.*
- (M3.A8) Experimental Aerodynamics*

1. *Theoretical fundamentals of experimental aerodynamics: Buckingham pi theorem, fundamental equations and non dimensional numbers.*
2. *Statistical data characterization and elements of data processing*
3. *Experimental facilities and wind tunnel testing*
4. *Aim and principles of flow visualization*
5. *Flow pressure measurements*
6. *Temperature and heat-flux measurements*
7. *Density-based methods*
8. *Thermal Anemometry*
9. *Laser Anemometry*
10. *Volumetric Velocimetry*
11. *Measurement of wall shear stresses*
12. *Force and moments measurements*

(M3.A9) Advanced Aeroelasticity

1. *Advanced Aeroelasticity. Getting Started.*
2. *Environmental Vibration*
3. *Powerplant Dynamics*
4. *Impacts*
5. *Normal Modes*
6. *3D unsteady aerodynamics: DLM*
7. *Static Aeroelasticity. Trim Solution. Control Surface Effectiveness.*
8. *Flutter*
9. *Dynamic Landing*
10. *Discrete Tuned Gust (DTG)*
11. *Continuous Turbulence (CT)*
12. *Dynamic case or buffet*

(M3.A10) Finite Element Method for Aerospace Engineering

1. *Introduction to FEA. Review of elasticity*
2. *The finite element analysis process*
3. *The finite element formulation*
4. *Types of elements and properties*
5. *Numerical integration*
6. *Properties of the solution. Error estimation.*
7. *Modeling for dynamic analysis and vibrations*

(M3.A11) Elements of Critical Software

- 1: *Elements of Critical Software. Introduction*
- 2: *Software Architectures*
- 3: *Software Requirements*
- 4: *Software Design*
- 5: *Software Implementation*
- 6: *Software Verification*

(M3.A12) Propulsion systems performance and design

1. *Review of requirements of engine components*
2. *The engine design process*
3. *Sensors, instrumentation and control*
4. *Lubrication and cooling*
5. *Bearing and seals*
6. *Structural analysis*
7. *Engine testing and certification*

(M3.A13) Combustion

1. *Combustion fundamentals*
2. *Navier-Stokes equations of reacting mixtures*

	<p>3. Premixed flames 4. Combustion fronts 5. Non-premixed flames 6. Introduction to advanced topics and experimentation</p> <p>(M3.A14) Turbulence</p> <p>1. Introduction to turbulent flow 2. Stability of confined flows 3 Stability of parallel and quasi-parallel flows 4 Global and non-modal stability (transient growth) 5 Transition 6 Statistical description of Turbulence 7 Introduction to turbulence modeling (DNS, LES, RANS)</p>
--	---

Materia 4 (M4): Sistemas y aplicaciones Espaciales avanzados / Advanced Space systems and applications			
Número de créditos ECTS	30		
Tipología	Optativa /Elective		
Organización temporal	Primer y segundo cuatrimestre / 1st and 2nd Semester		
Resultados del aprendizaje	Conocimientos/ Knowledge	K8-OPT. Demostrar un conocimiento avanzado de los aspectos y sistemas específicos de la rama espacial de la ingeniería aeroespacial / <i>Demonstrate advanced knowledge of the specific aspects and systems of the space branch of aerospace engineering.</i>	
	Habilidades/ Skills	S8-OPT. Aplicar las técnicas de diseño y análisis fundamentales específicos de la rama espacial de la ingeniería aeroespacial / <i>Apply the fundamental techniques of design and analysis specific to the space branch of aerospace engineering.</i>	
Metodologías docentes	MD1, MD2, MD3, MD5		
Actividades formativas	Tipo de actividad	Horas totales	Horas presenciales (8-12)
	AF1 - Clase teórico-práctica / <i>Theoretical-practical class</i>	107	107
	AF2 - Prácticas en laboratorio o aula informática / <i>Practical classes in laboratory or computer classroom</i>	107	107
	AF4 - Exámenes parciales y finales / <i>Mid-term and final exams</i>	36	36
	AF5 - Trabajo individual del estudiante o en grupo / <i>Individual or group work</i>	500	0
	Total	750	250
Sistemas de evaluación	Denominación	Mínimo	Máximo
	SE1 - Entregas de trabajos individuales o en grupo / <i>Individual or group work deliveries</i>	0%	75%

	SE2 – Pruebas o defensas orales y/o pruebas escritas / <i>Oral and/or written tests or defenses</i>	0%	75%		
	SE3 – Examen final / <i>Final exam</i>	0%	60%		
Asignaturas	Denominación	ECTS	CT	Tipología	Idioma
	(M4.A1) Propulsión Espacial Avanzada / <i>Advanced Space Propulsion</i>	3	1	OP	EN
	(M4.A2) Entorno espacial / <i>Space Environment</i>	3	1	OP	EN
	(M4.A3) Dinámica Orbital y análisis de misión / <i>Orbital Dynamics and mission analysis</i>	3	1	OP	EN
	(M4.A4) Lanzadores y re-entrada / <i>Launchers and Re-entry</i>	3	1	OP	EN
	(M4.A5) Métodos de control robusto aeroespacial / <i>Aerospace Robust Control Methods</i>	3	1	OP	EN
	(M4.A6) Física de la propulsión por plasma / <i>Physics of plasma propulsion</i>	3	1	OP	EN
	(M4.A7) Diseño de vehículos espaciales / <i>Space Systems Design</i>	6	2	OP	EN
	(M4.A8) Dinámica de actitud y guiado, navegación y control / <i>Attitude dynamics and Guidance Navigation and Control</i>	3	2	OP	EN
	(M4.A9) Seguridad Espacial / <i>Space Safety</i>	3	2	OP	EN
Contenidos	<p>(M4.A1) Propulsión espacial avanzada</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción a la propulsión espacial 2. Propulsión química en el espacio 3. Física de la propulsión por plasma 4. Propulsores iónicos de rejilla 5. Propulsores de efecto Hall 6. Diagnósticos y ensayos de plasma 				
	<p>(M4.A2) Entorno espacial</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Atmósfera superior neutra, ionosfera y magnetosfera 3. Medio interplanetario. 4. Viento solar y actividad solar (meteorología espacial) 5. Basura espacial y micrometeoritos. 6. Carga de plasma/nave espacial y contaminación del material 7. Modelización del entorno espacial: campos gravitatorios y magnéticos, radiación solar, radiaciones de partículas, desechos espaciales. 8. Vacío y microgravedad. 9. Efectos sobre los seres humanos y las naves espaciales. 				
	<p>(M4.A3) Dinámica orbital y análisis de misión</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Problema de los dos cuerpos 2. Perturbaciones orbitales 				

3. Maniobras orbitales
4. Análisis de la trayectoria en tierra y rendimiento de la cobertura
5. Misiones de un solo satélite: análisis y selección de órbitas
6. Misiones multisatélite: diseño de constelaciones
7. Vuelo en formación y movimiento relativo

(M4.A4) Lanzadores y reentrada

- 1 Requisitos del vehículo lanzador
- 2 Elementos y subsistemas del sistema de lanzadores
- 3 Dinámica del movimiento de 6 DOF
- 4 Diseño de la trayectoria de ascenso y trayectoria óptima
- 5 Sensores de navegación: Modelización y algoritmos
- 6 Esquemas y algoritmos de guiado
- 7 Actuadores de control: Modelización y algoritmos de control
- 8 Reentrada

(M4.A5) Métodos de control robusto aeroespacial

1. Loop-Shaping (requisitos de diseño en el dominio de la frecuencia, componentes básicos del controlador, límites de rendimiento),
2. Modelado del espacio de estados y linealización,
- 3 Control robusto SISO (rendimiento nominal, modelado de incertidumbre, teorema de la ganancia pequeña),
- 4 Análisis robusto (valor singular, análisis de la ganancia en el peor caso),
- 5 Control Robusto MIMO (márgenes MIMO, rendimiento robusto MIMO),
- 6 Diseño de control óptimo (teoría, práctica),
- 7 Ejemplos: Lanzador VEGA, descenso y aterrizaje PHOBOS, HIMAT, ORION CEV.

(M4.A6) Física de la propulsión por plasma

1. Propulsores dinámicos de magnetoplasma y toberas magnéticas propulsivas
2. Propagación y calentamiento por ondas de plasma
3. Propulsores de plasma ECR y HPT
4. Propulsores iónicos de radiofrecuencia
5. Propulsores de plasma pulsado
6. Cátodos huecos neutralizadores
7. Métodos de partículas para la simulación de plasmas
8. Diagnósticos y ensayos avanzados de laboratorio de propulsores

(M4.A7) Diseño de sistemas espaciales

1. Introducción a los sistemas y misiones espaciales, los diferentes segmentos (espacial, terrestre y de lanzamiento) y subsistemas.
2. El entorno espacial.
3. Ingeniería de Sistemas Espaciales.
4. Análisis de misión: maniobras orbitales, groundtracks, ejemplos de misión en LEO, MEO, GEO y misiones interplanetarias.
5. Los subsistemas del segmento espacial
6. Lanzadores y acceso al espacio
7. Fabricación, montaje; certificación, pruebas y control de calidad
8. Segmento terreno y operaciones
9. Consideraciones sobre el final de la vida útil; basura espacial, derecho espacial

(M4.A8) Dinámica de la actitud y guiado Navegación y control

1. 1. Introducción. Modelización y simulación
2. Requisitos de los AOCS

3. Cinemática, dinámica y control del movimiento 6-DOF
4. Navegación por star tracker, sistemas inerciales y sistemas de radio (GPS, ranging, doppler, delta-DOR)
5. Sensores inerciales
6. Estimación de estados, probabilidad, estocasticidad y filtro de Kalman
7. Teoría de control y control óptimo
8. Caso práctico: Hardware on-the-loop AOCs con un hexápodo

(M4.A9) Seguridad espacial

1. Conocimiento de la situación en el espacio. Definición e historia
2. Vigilancia y seguimiento espacial
3. NEOs
4. Meteorología espacial

(M4.A1) Advanced Space Propulsion

1. *Introduction to in-space propulsion*
2. *Chemical propulsion in space*
3. *Plasma propulsion physics*
4. *Gridded ion thrusters*
5. *Hall effect thrusters*
6. *Plasma diagnostics and testing*

(M4.A2) Space Environment

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*

(M4.A3) Orbital Dynamics and mission analysis

1. *Two Body Problem*
2. *Orbital Perturbations*
3. *Orbital Maneuvering*
4. *Groundtrack analysis and coverage performance*
5. *Single-satellite missions: orbit analysis and selection*
6. *Multi-satellite missions: constellation design*
7. *Formation flying and relative motion*

(M4.A4) Launchers and Re-entry

1. *Launcher Vehicle Requirements*
2. *Launchers System Elements and Subsystems*
3. *Dynamics of 6 DOF motion*
4. *Ascent trajectory design and Optimum Trajectory*
5. *Navigation Sensors: Modelling and Algorithms*
6. *Guidance Schemes and Algorithms*
7. *Control Actuators: Modelling and Control Algorithms*
8. *Re-entry*

(M4.A5) Aerospace Robust Control Methods

1. *Loop-Shaping (frequency-domain design requirements, basic controller components, limits of performance),*
2. *State-Space Modeling & Linearization,*
3. *SISO Robust Control (nominal performance, uncertainty modeling, small-gain theorem),*
4. *Robust Analysis (structure singular value, worst-case gain analysis),*
5. *MIMO Robust Control (MIMO margins, MIMO robust performance),*
6. *Optimal Control Design (theory, practice),*
7. *Examples: VEGA launcher, PHOBOS descent & landing, HIMAT, ORION CEV.*

(M4.A6) Physics of plasma propulsion

1. *Magneto plasma dynamic thrusters and propulsive magnetic nozzles*
2. *Plasma-wave propagation and heating*
3. *ECR and HPT plasma thrusters*
4. *Radio-frequency ion thrusters*
5. *Pulsed Plasma Thrusters*
6. *Neutralizer hollow cathodes*
7. *Particle in cell methods for plasma simulation*
8. *Advanced laboratory thruster diagnostics and testing*

(M4.A7) Space Systems Design

1. *Introduction to Space Systems and Missions, the different segments (space, ground and launch) and subsystems.*
2. *The space environment.*
3. *Space Systems Engineering.*
4. *Mission analysis: orbital maneuvers, groundtracks, mission examples in LEO, MEO, GEO and interplanetary missions*
5. *The space segment subsystems*
6. *Launchers and access to space*
7. *Manufacturing, assembly; certification, testing and QA*
8. *Ground segment and operations*
9. *End of life considerations; space debris, space law*

(M4.A8) Attitude dynamics and Guidance Navigation and Control

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*

(M4.A9) Space Safety

1. *Space Situational Awareness. Definition and history*
2. *Space Surveillance and Tracking*
3. *NEOs*
4. *Space Weather*

Materia 5 (M5): TFM					
Número de créditos ECTS	12				
Tipología	TFM				
Organización temporal	Segundo cuatrimestre / 2nd Semester				
Resultados del aprendizaje	Competencias / Competences	C7: Elaborar, presentar y defender adecuadamente en público un Trabajo de investigación Fin de Máster, original y riguroso, relacionado con alguna de las materias objeto de la titulación, de forma individual y ante un tribunal. / <i>Prepare, present, and defend in public an original and rigorous research Master's thesis related to one of the subjects covered in the degree program, individually and before a panel.</i>			
Metodologías docentes	MD5				
Actividades formativas	Tipo de actividad	Horas totales	Horas presenciales (8-12)		
	AF6 – Tutorías / <i>Tutoring</i>	14	14		
	AF4 – Exámenes parciales y finales / <i>Mid-term and final exams</i>	1	1		
	AF5 – Trabajo individual del estudiante o en grupo / <i>Individual or group work</i>	280	0		
	Total	300	15		
Sistemas de evaluación	Denominación	Mínimo		Máximo	
	SE4 – Informe Tutor del TFM / <i>Final Master Thesis Tutor's Report</i>	20		20	
	SE5 – Presentación y defensa pública del TFM / <i>Presentation and public defense of the Final Master Thesis</i>	80		80	
Asignaturas	Denominación	ECTS	CT	Tipología	Idioma
	(M5.A1) TFM	12	2	TFM	EN