

ANEXO I

ÍNDICE DE LAS FICHAS DE MÓDULOS, MATERIAS Y ASIGNATURAS

En este Anexo se presentan las fichas correspondientes a módulos, materias y asignaturas. Para facilitar la búsqueda de las fichas de los correspondientes elementos, en la tabla siguiente se muestra el índice de contenidos.

Categoría	Elemento	Página
Módulo	1 Fundamentos y principios generales	A1-02
	2 Desarrollo de programas espaciales	A1-04
	3 Sistemas espaciales	A1-06
Materia	11 Matemáticas avanzadas	A1-07
	12 Bases de un proyecto espacial	A1-08
	21 Ingeniería de sistemas	A1-10
	22 Subsistemas de un vehículo espacial	A1-12
	31 Casos de estudio	A1-14
	32 Proyecto fin de máster	A1-16
Asignatura	111 Ampliación de matemáticas 1	A1-18
	112 Ampliación de matemáticas 2	A1-20
	121 Entorno espacial y análisis de misión	A1-22
	122 Aerodinámica de altas velocidades y fenómenos de reentrada	A1-24
	123 Vibraciones y aeroacústica	A1-26
	124 Materiales de uso espacial	A1-28
	125 Ingeniería gráfica para diseño mecánico aeroespacial	A1-30
	211 Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos	A1-32
	212 Garantía de calidad	A1-34
	213 Seminario sobre industria e instituciones espaciales	A1-36
	214 Tecnologías de producción	A1-38
	215 Integración y ensayos	A1-40
	216 Propulsión espacial y lanzadores	A1-42
	221 Dinámica orbital y control de actitud	A1-44
	222 Transferencia de calor y control térmico	A1-46
	223 Generación y gestión de potencia eléctrica	A1-48
	224 Estructuras de uso espacial	A1-50
	225 Comunicaciones	A1-52
	226 Gestión de datos	A1-54
	311 Caso de estudio (1)	A1-56
312 Caso de estudio (2)	A1-58	
313 Caso de estudio (3)	A1-60	
321 Trabajo fin de máster	A1-62	

FICHA DESCRIPTIVA DE MÓDULO (1)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación del módulo	1 Fundamentos y principios generales
Número de créditos ECTS	31.5
Ubicación temporal	Primer, segundo y tercer semestres
Carácter (sólo si todas las materias tienen igual carácter)	Obligatorio

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Los estudiantes serán evaluados mediante exámenes, informes de prácticas y trabajos individuales o en grupo. También se tendrá en cuenta la participación durante el desarrollo de la asignatura, así como el grado de asistencia. Las calificaciones se ajustarán a la normativa vigente (véase el apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Las actividades que se desarrollarán para cubrir la docencia de las asignaturas incluidas en este módulo están entre las detalladas en el apartado 5.3.1: clases de presentación de contenidos, clases prácticas guiadas y trabajos de laboratorio, habiéndose elegido para cada asignatura las que han considerado más adecuadas y asignando a cada una de ellas los créditos que se ha considerado más conveniente para un aprovechamiento óptimo de las actividades docentes.

CONTENIDOS DEL MÓDULO 1 Y OBSERVACIONES

Este módulo consta de dos materias, la primera materia con dos asignaturas y la segunda con cinco.

Materia	Asignatura	ECTS
11 Matemáticas avanzadas	111 Ampliación de matemáticas 1	6.0
	112 Ampliación de matemáticas 2	6.0
12 Bases de un proyecto espacial	121 Entorno espacial y análisis de misión	3.0
	122 Aerodinámica de altas velocidades y fenómenos reentrada	3.0
	123 Vibraciones y aeroacústica	4.5
	124 Materiales de uso espacial	4.5
	125 Ingeniería gráfica para diseño mecánico aeroespacial	4.5

Para detalles de los contenidos véanse las fichas de las materias:

- 11 Matemáticas avanzadas
- 12 Bases de un proyecto espacial

COMPETENCIAS

Son la unión de las competencias asignadas a las materias que conforman el módulo: las específicas E01, E02, E03, E05, E06, E07, E09, E10, E11, E13, E14, E17, E23 y E24.

DESCRIPCIÓN DE LAS MATERIAS QUE INTEGRAN EL MÓDULO

Denominación de las materias o asignaturas	Créditos ECTS	Carácter
11 Matemáticas avanzadas	12.0	Obligatoria
12 Bases de un proyecto espacial	19.5	Obligatoria

FICHA DESCRIPTIVA DE MÓDULO (2)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación del módulo	2 Desarrollo de programas espaciales
Número de créditos ECTS	52.5
Ubicación temporal	primero, segundo, tercero y cuarto semestres
Carácter (sólo si todas las materias tienen igual carácter)	Obligatorio

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Los estudiantes serán evaluados mediante exámenes escritos, informes de prácticas y trabajos individuales o en grupo. También se tendrá en cuenta la participación durante el desarrollo de la asignatura, así como el grado de asistencia.

Las calificaciones se ajustarán a la normativa vigente (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Las actividades que se desarrollarán para cubrir las competencias de este módulo están entre las detalladas en el apartado 5.3.1, eligiendo cada asignatura las que considere más adecuadas.

CONTENIDOS DEL MÓDULO 2 Y OBSERVACIONES

Este módulo consta de dos materias: Ingeniería de sistemas (21), y Subsistemas de un vehículo espacial (22). La materia 21 consta de seis asignaturas con un total de 25.5 ECTS, y en la materia 22 están integradas otras seis asignaturas, siendo el total de esta materia 30 ECTS, de modo que la carga docente del módulo es de 55.5 ECTS. Las doce asignaturas del módulo son obligatorias y, en su conjunto, cubren todas las competencias definidas para el máster, a excepción de la E19.

Materia	Asignatura	ECTS
21 Ingeniería de sistemas	211 Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos	6.0
	212 Garantía de calidad	4.5
	213 Seminario sobre industria e instituciones espaciales	1.5
	214 Tecnologías de producción	4.5
	215 Integración y ensayos	4.5
	216 Propulsión espacial y lanzadores	4.5
22 Subsistemas de un vehículo espacial	221 Dinámica orbital y control de actitud	4.5
	222 Transferencia de calor y control térmico	6.0
	223 Generación y gestión de potencia eléctrica	3.0
	224 Estructuras de uso espacial	4.5
	225 Comunicaciones	4.5
	226 Gestión de datos	4.5

Para detalles de los contenidos véanse las fichas de las materias:

21 Ingeniería de sistemas

22 Subsistemas de un vehículo espacial

COMPETENCIAS

Son la unión de las competencias asignadas a las materias que conforman el módulo: las específicas de la E01 a la E24.

DESCRIPCIÓN DE LAS MATERIAS QUE INTEGRAN EL MÓDULO

Denominación de las materias o asignaturas	Créditos ECTS	Carácter
21 Ingeniería de sistemas	25.5	Obligatoria
22 Subsistemas de un vehículo espacial	27	Obligatoria

FICHA DESCRIPTIVA DE MÓDULO (3)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación del módulo	3 Sistemas espaciales
Número de créditos ECTS	36.0
Ubicación temporal	Segundo, tercero y cuarto semestre
Carácter (sólo si todas las materias tienen igual carácter)	Obligatorio

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Los estudiantes serán evaluados tras el examen de los informes escritos relativos a los trabajos individuales o en grupo realizados en el marco de las asignaturas, y tras la exposición pública del trabajo fin de máster.

Las calificaciones se ajustarán a la normativa vigente (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Las actividades que se desarrollarán para cubrir las competencias de este módulo están entre las detalladas en el apartado 5.3.1.

CONTENIDOS DEL MÓDULO 3 Y OBSERVACIONES

Este módulo consta de una única materia: 31 Proyecto fin de máster, dividida en dos asignaturas:

Materia	Asignatura	ECTS
31 Casos de estudio	311 Caso de estudio (1)	1.5
	312 Caso de estudio (2)	7.5
	313 Caso de estudio (3)	9.0
32 Proyecto fin de máster	321 Trabajo fin de máster	18.0

Para detalles de los contenidos véanse la ficha de la materia 31 y las de las asignaturas.

- 311 Caso de estudio (1)
- 312 Caso de estudio (2)
- 313 Caso de estudio (3)
- 321 Trabajo fin de máster

COMPETENCIAS

Todas las establecidas en el apartado 3.1.2: las ocho básicas/generales, de la CB6 a la CB13, y las veinticuatro específicas, de la E01 a la E24.

DESCRIPCIÓN DE LAS MATERIAS QUE INTEGRAN EL MÓDULO

Denominación de las materias	Créditos ECTS	Carácter
31 Casos de estudio	18.0	Obligatoria
32 Proyecto fin de máster	18.0	Obligatoria

FICHA DESCRIPTIVA DE MATERIA (11)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la materia	11 Matemáticas avanzadas
Número de créditos ECTS	12
Ubicación temporal	Primer y segundo semestre
Módulo en el que se integra	1 Fundamentos y principios generales
Carácter	Obligatorio

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Los descritos en las fichas de las asignaturas que integran la materia.

Las calificaciones se ajustarán a la normativa vigente (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Las actividades que se desarrollarán para cubrir las competencias de esta materia están entre las detalladas en el apartado 5.3.1.

CONTENIDOS DE LA MATERIA 11 Y OBSERVACIONES

Consta de dos asignaturas de 6 ECTS cada una. Esta materia cubre los aspectos relativos a la formación físico-matemática avanzada necesaria para las materias que preceden a esta en el plan de estudios.

La asignaturas incluidas en esta materia constituyen una extensión de la formación matemática estándar recibida en los estudios de grado (véanse las fichas de las asignaturas 111 y 112)

COMPETENCIAS

Las ocho básicas/generales, de la CB6 a la CB13, y las específicas E01 y E17, al igual que en las asignaturas de la materia.

DESCRIPCIÓN DE LAS ASIGNATURAS QUE INTEGRAN LA MATERIA 11

Denominación de las asignaturas	Créditos ECTS	Carácter
Ampliación de matemáticas (1)	6	Obligatoria
Ampliación de matemáticas (2)	6	Obligatoria

FICHA DESCRIPTIVA DE MATERIA (12)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la materia	12 Bases de un proyecto espacial
Número de créditos ECTS	19.5
Ubicación temporal	Primer, segundo y tercer semestre
Módulo en el que se integra	1 Fundamentos y principios generales
Carácter	Obligatorio

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Los descritos en las fichas de las asignaturas que integran la materia.

Las calificaciones se ajustarán a la normativa vigente (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Las actividades que se desarrollarán para cubrir las competencias de esta materia están entre las detalladas en el apartado 5.3.1..

CONTENIDOS DE LA MATERIA 12 Y OBSERVACIONES

Consta de cinco asignaturas, con 19.5 ECTS en total. Esta materia cubre los aspectos fundamentales de la ingeniería aeroespacial, necesarios para el desarrollo de las materias específicas de la ingeniería de sistemas espaciales que conforman el plan de estudios.

La asignaturas incluidas en esta materia son:

121	Entorno espacial y análisis de misión	3.0
122	Aerodinámica de altas velocidades y fenómenos reentrada	3.0
123	Vibraciones y aeroacústica	4.5
124	Materiales de uso espacial	4.5
125	Ingeniería gráfica para diseño mecánico aeroespacial	4.5

121. Un sistema espacial se diseña para que desarrolle su función en el entorno hostil existente fuera de la atmósfera terrestre, lo que implica la necesidad de conocer las particularidades de este entorno, caracterizado por aspectos tales como entorno terrestre (fuentes de contaminación, salas limpias, humedad y temperatura, cargas electrostáticas, ensayos y transporte) entorno de lanzamiento (cargas axiales y laterales, ruido aerodinámico, despresurización), entorno solar y planetario (radiación solar directa, albedo y otras fuentes de radiación, entornos planetarios), y otros aspectos del entorno en órbita (desgasificación, vacío, microgravedad, micrometeoritos y restos espaciales), etc.

122. Aunque los vehículos espaciales suelen funcionar en un entorno de vacío, es claro que al menos durante la operación de lanzamiento y en algunos de ellos durante la fase de reentrada (si este es el caso) donde se producen fuertes interacciones con las atmósferas planetarias, generalmente a muy altas velocidades (flujo hipersónico). Los aspectos a considerar en esta asignatura básicamente son: flujo hipersónico no viscoso, flujo hipersónico con viscosidad, mecánica del vuelo de la reentrada,

fenómenos térmicos en la reentrada,

123. Conocer la respuesta de un vehículo espacial frente a las vibraciones es totalmente necesario en un régimen de solicitud extrema como es la fase de lanzamiento. También en la misma fase son de capital importancia los fenómenos aeroacústicos debidos al ruido generado por el lanzador (el problema es de tal magnitud que en algunas bases de lanzamiento se inundan los terrenos que circundan al punto de lanzamiento para disminuir el ruido reflejado).

124. Como en toda actividad de ingeniería donde se termina construyendo sistemas mecánicos, resulta fundamental conocer las propiedades mecánicas de tales materiales a fin de asegurar la integridad del diseño. Aunque todas las agencias espaciales disponen de manuales donde se establecen criterios de selección de los posibles materiales a emplear, conviene tener una idea clara de las propiedades esperables.

125. Antes de llegar a la fase de producción es preciso asegurar la compatibilidad geométrica de las diversas partes y componentes del vehículo espacial, así como generar la información necesaria para alimentar a las diferentes herramientas de mecanizado que funcionan bajo control numérico. Las herramientas de diseño gráfico son elementos cuyo uso es prácticamente imprescindible en el proceso de diseño de un sistema complejo como es un vehículo espacial.

COMPETENCIAS

Son la unión de las definidas en las diferentes asignaturas de la materia: las específicas E01, E02, E03, E05, E06, E07, E09, E10, E11, E13, E14, E23 y E24.

DESCRIPCIÓN DE LAS ASIGNATURAS QUE INTEGRAN LA MATERIA 12

Denominación de las asignaturas	ECTS	Carácter
121 Entorno espacial y análisis de misión	3.0	Obligatoria
122 Aerodinámica de altas velocidades y fenómenos reentrada	3.0	Obligatoria
123 Vibraciones y aeroacústica	4.5	Obligatoria
124 Materiales de uso espacial	4.5	Obligatoria
125 Ingeniería gráfica para diseño mecánico aeroespacial	4.5	Obligatoria

FICHA DESCRIPTIVA DE MATERIA (21)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la materia	21 Ingeniería de sistemas
Número de créditos ECTS	25.5
Ubicación temporal	Primero y tercer semestres
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Carácter	Obligatorio

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Los descritos en las fichas de las asignaturas que integran la materia.

Las calificaciones se ajustarán a la normativa vigente (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Las actividades que se desarrollarán para cubrir las competencias de esta materia están entre las detalladas en el apartado 5.3.1.

CONTENIDOS DE LA MATERIA 21 Y OBSERVACIONES

Consta de seis asignaturas, con 25.5 ECTS en total. Esta materia cubre los aspectos y conocimientos de carácter general que definen un proyecto espacial.

La asignaturas incluidas en esta materia son:

211	Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos	6
212	Garantía de calidad	4.5
213	Seminario sobre industria e instituciones espaciales	1.5
214	Tecnologías de producción	4.5
215	Integración y ensayos	4.5
216	Propulsión espacial y lanzadores	4.5

211. Con esta asignatura se pretende que el estudiante maneje con suficiencia los conceptos de la ingeniería de sistemas aplicada a las misiones espaciales, así como que conozca los detalles relacionados con la gestión de un proyecto espacial, para que, de acuerdo a las competencias básicas y específicas, pueda gestionar de manera eficaz un proyecto en el ámbito espacial.

212. Conocer las funciones básicas de la garantía de calidad es primordial para poder desarrollar, implantar y gestionar un plan de calidad para un proyecto espacial, asegurando así un procedimiento de trabajo que facilite del desarrollo, y seguimiento, de un proceso de trabajo que globalmente resulta ser extremadamente complejo.

213. El objetivo de la asignatura es que los estudiantes tengan una visión lo más detallada y equilibrada del sector espacial nacional e internacional, abordando los problemas del sector desde diferentes puntos de vista: tecnológico, científico y económico. Por ello esta asignatura ha quedado organizada como un conjunto de conferencias dictadas por personas de la industria, de la academia y

de la administración con responsabilidad en actividades espaciales.

214. El objetivo de la asignatura es proporcionar información sobre las tareas de organización de la producción de un determinado desarrollo espacial, siquiera de un modo simplificado. Aunque el proceso en sí mismo no es muy diferente del empleado en otras ingenierías, sí hay ciertos requisitos específicos a tener en cuenta que tienen que ver, sobre todo, con el entorno donde se ha de mover el producto a lo largo de su vida en servicio.

215. La etapa final de un proyecto espacial, antes del lanzamiento y operación en órbita, está constituida por las actividades de ensamblaje, integración y ensayos del vehículo equipo espacial, para así poder, asegurar la adecuación del producto final a los requisitos de diseño.

216. El objetivo de la asignatura es que los estudiantes adquieran la formación necesaria sobre los sistemas de propulsión espacial y el modo en que interaccionan con los vehículos espaciales, pues el diseño de un cierto vehículo espacial resulta estar fuertemente condicionado por el lanzador que ha de ponerlo en órbita.

COMPETENCIAS

Son la unión de las definidas en las diferentes asignaturas de la materia: las específicas de la E03 a la E11, de la E14 a la E19, y las E23 y E24.

DESCRIPCIÓN DE LAS ASIGNATURAS QUE INTEGRAN LA MATERIA 21

Denominación de las asignaturas	ECTS	Carácter
211 Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos	6	Obligatoria
212 Garantía de calidad	4.5	Obligatoria
213 Seminario sobre industria e instituciones espaciales	1.5	Obligatoria
214 Tecnologías de producción	4.5	Obligatoria
215 Integración y ensayos	4.5	Obligatoria
216 Propulsión espacial y lanzadores	4.5	Obligatoria

FICHA DESCRIPTIVA DE MATERIA (22)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la materia	22 Subsistemas de un vehículo espacial
Número de créditos ECTS	27
Ubicación temporal	Segundo, tercer y cuarto semestre
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Carácter	Obligatorio

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Los descritos en las fichas de las asignaturas que integran la materia.

Las calificaciones se ajustarán a la normativa vigente (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Las actividades que se desarrollarán para cubrir las competencias de esta materia están entre las detalladas en el apartado 5.3.1.

CONTENIDOS DE LA MATERIA 22 Y OBSERVACIONES

Consta de seis asignaturas, con 27 ECTS en total. En esta materia se analizan los diversos subsistemas que conforman un proyecto espacial.

La asignaturas incluidas en esta materia son:

221	Dinámica orbital y control de actitud	4.5
222	Transferencia de calor y control térmico	6.0
223	Generación y gestión de potencia eléctrica	3.0
224	Estructuras de uso espacial	4.5
225	Comunicaciones	4.5
226	Gestión de datos	4.5

221. Con esta asignatura se pretende que el estudiante comprenda y conozca la necesidad de implementar un subsistema de control de actitud en un vehículo espacial, así como las funciones que debe asumir y la arquitectura de este subsistema, poniendo de relieve aquellos aspectos más relevantes que influyen en el diseño del mismo. El subsistema de guiado, navegación y control mide y controla la posición en el espacio, la orientación y la velocidad de desplazamiento del vehículo espacial. En esta misma asignatura, previamente, se presentan los aspectos más relevantes de la dinámica orbital, necesarios para la comprensión de la funcionalidad del subsistema de control de actitud.

222. El objetivo del control térmico de vehículos espaciales está enfocado hacia el diseño de una configuración (geometría, materiales, operaciones) que garantice un ambiente térmico local adecuado (óptimo, operacional, de reserva, de almacenamiento, de supervivencia) a cada uno de los componentes y subsistemas del vehículo, es decir, mantener las temperaturas y los flujos de calor

dentro de los intervalos apropiados durante todas las fases de la misión (manejo en tierra, lanzamiento, puesta en órbita, despliegue, operación, recuperación, reentrada).

223. La finalidad de esta asignatura es que el alumno identifique y conozca el comportamiento de las distintas partes que componen el subsistema de potencia de un sistema (satélite, vehículo, estación...) espacial, atendiendo a aspectos tales como fuentes de potencia, dimensionado, regulación y control, distribución e integración y ensayos.

224. El subsistema estructural de un vehículo espacial es aquél que proporciona el soporte de referencia a todos los otros subsistemas embarcados. El fin de esta asignatura es asegurar el conocimiento necesario para que el estudiante sea capaz, de realizar y verificar el diseño y dimensionado de la estructura de un vehículo espacial, utilizando para ello las herramientas estándar de uso en este campo.

225. Se pretende que el estudiante conozca los modos de comunicaciones entre los vehículos espaciales y las estaciones de tierra. Hay que señalar que, salvo en lo que se refiere a los posibles efectos de la radiación existente en el espacio exterior sobre los diferentes equipos embarcados (que requiere procedimientos específicos de protección y el uso de componentes calificados para vuelo), el funcionamiento de la electrónica embarcada es análogo al de la electrónica sobre la superficie terrestre, siendo responsabilidad de otros subsistemas asegurar las condiciones que permitan sobrevivir a los equipos electrónicos en el ambiente hostil del espacio exterior.

226. En un esquema quizás demasiado elemental y en extremo simplificado un vehículo espacial no tripulado consiste en uno o varios ordenadores embarcados que se comunican a través del sistema de comunicaciones con los ordenadores de las estaciones de tierra. El mismo esquema sirve para los vehículos tripulados. Teniendo en cuenta la orientación del máster, esta asignatura está concebida de modo que el estudio del sistema embarcado de gestión de datos se analiza a través de un caso práctico.

COMPETENCIAS

Son la unión de las definidas en las diferentes asignaturas de la materia: las específicas E01, E02, E03, de la E10 a la E24.

DESCRIPCIÓN DE LAS ASIGNATURAS QUE INTEGRAN LA MATERIA 22

Denominación de las asignaturas	Créditos ECTS	Carácter
221 Dinámica orbital y control de actitud	4.5	Obligatoria
222 Transferencia de calor y control térmico	6.0	Obligatoria
223 Generación y gestión de potencia eléctrica	3.0	Obligatoria
224 Estructuras de uso espacial	4.5	Obligatoria
225 Comunicaciones	4.5	Obligatoria
226 Gestión de datos	4.5	Obligatoria

FICHA DESCRIPTIVA DE MATERIA (31)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la materia	31 Casos de estudio
Número de créditos ECTS	18
Ubicación temporal	Segundo, tercero y cuarto semestre
Módulo en el que se integra	3 Sistemas espaciales
Carácter	Obligatorio

REQUISITOS PREVIOS

Para cursar la asignatura 312 es preciso haber superado la asignatura 311.

Para cursar la asignatura 313 es preciso haber superado la asignatura 312.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Véanse las fichas de las asignaturas 311, 312 y 313.

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Véanse las fichas de las asignaturas 311, 312 y 313.

CONTENIDOS DE LA MATERIA 31 Y OBSERVACIONES

Consta de tres asignaturas, con 18.0 ECTS en total. En esta materia se sintetizan e integran los diversos subsistemas que conforman un proyecto espacial.

Las asignaturas incluidas en esta materia son:

311	Caso de estudio (1)	1.5
312	Caso de estudio (2)	7.5
313	Caso de estudio (3)	9.0

Con la asignatura “311 Caso de estudio (1)” se pretende que los estudiantes adquieran una visión global de un sistema espacial, así como que se familiaricen con el proceso de desarrollo de un sistema tal siguiendo las técnicas y procedimientos habituales del sector aeroespacial, estando limitado el alcance al análisis de misión y diseño conceptual. La asignatura “312 Caso de estudio (2)” se centra principalmente en el diseño preliminar de algunos subsistemas relevantes del vehículo, y la asignatura “313 Caso de estudio (3)” tiene por finalidad la integración de los subsistemas desarrollados en único sistema espacial. Aquí, la metodología de enseñanza difiere de la tradicional empleada en otras asignaturas del máster, estando basada más en el trabajo cooperativo en grupo que en las explicaciones del profesor en clase. En estas asignaturas los estudiantes harán uso de la instalación de diseño concurrente existente en IDR/UPM, consecuencia del acuerdo firmado entre la Agencia Europea del Espacio y la Universidad Politécnica de Madrid (véase el apartado 7.1). La orientación docente de esta asignatura está reflejada en el apartado 5.3.3, y para los contenidos véanse las fichas 311, 312 y 313.

COMPETENCIAS

Todas las establecidas en el apartado 3.1.2: las ocho básicas/generales, de la CB6 a la CB13, y las veinticuatro específicas, de la E01 a la E24.

DESCRIPCIÓN DE LAS ASIGNATURAS QUE INTEGRAN LA MATERIA 31

Denominación de la asignatura	Créditos ECTS	Carácter
311 Caso de estudio (1)	1.5	Obligatoria
312 Caso de estudio (2)	7.5	Obligatoria
313 Caso de estudio (3)	9.0	Obligatoria

FICHA DESCRIPTIVA DE MATERIA (32)**INFORMACIÓN GENERAL**

Denominación de la materia	32 Proyecto fin de máster
Número de créditos ECTS	18
Ubicación temporal	Cuarto semestre
Módulo en el que se integra	3 Sistemas espaciales
Carácter	Obligatorio

REQUISITOS PREVIOS

Para cursar la asignatura 321 es preciso haber superado todas las demás del plan de estudios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Véase la ficha de la asignatura 321.

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Véase la ficha de la asignatura 321.

CONTENIDOS DE LA MATERIA 31 Y OBSERVACIONES

Consta de una asignatura, con 18.0 ECTS en total. En esta materia se sintetizan e integran los diversos conocimientos de los subsistemas que conforman un proyecto espacial.

La asignatura incluida en esta materia es:

321	Trabajo fin de máster	18.0
-----	-----------------------	------

El Trabajo fin de máster está basado en el trabajo personal del alumno bajo la dirección de un profesor-tutor, apoyado por tutorías especializadas. Para más información véase la ficha 321.

COMPETENCIAS

Todas las establecidas en el apartado 3.1.2: las ocho básicas/generales, de la CB6 a la CB13, y las veinticuatro específicas, de la E01 a la E24.

DESCRIPCIÓN DE LAS ASIGNATURAS QUE INTEGRAN LA MATERIA 31

Denominación de la asignatura	Créditos ECTS	Carácter
321 Trabajo fin de máster	18.0	Obligatoria

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (111)**INFORMACIÓN GENERAL**

Denominación de la asignatura	111 Ampliación de matemáticas 1
Número de créditos ECTS	6.0
Ubicación temporal	Primer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	11 Matemáticas avanzadas
Módulo en el que se integra	1 Fundamentos y principios generales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo general de la asignatura 111 Ampliación de matemáticas 1 es aumentar la destreza y habilidad para resolver los problemas matemáticos que aparecen en el estudio y la práctica de la ingeniería aeroespacial, centrados particularmente en los sistemas espaciales, incrementando al mismo tiempo la capacidad para relacionar fenómenos físicos distintos a través de un modelo matemático, aplicar las técnicas apropiadas para obtener información del mismo e interpretar los resultados.

Objetivo específico de esta asignatura es el conocimiento y aplicación de métodos de resolución avanzados para modelos que, en forma de ecuaciones diferenciales ordinarias, son de aplicación en ingeniería aeroespacial. Así mismo, se incluye una introducción al análisis de Fourier, que será de aplicación en la segunda parte de la materia.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas.

El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (4.0 ECTS)
- Clases prácticas guiadas (2.0 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

- Técnicas analíticas y numéricas de integración de ecuaciones diferenciales ordinarias.
- Sistemas dinámicos unidimensionales y bidimensionales.
- Teoría de bifurcaciones y caos.

- Métodos espectrales.
- Generalización del concepto de serie de Fourier.
- Transformadas integrales.

COMPETENCIAS

Las competencias específicas E01 y E17.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (112)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	112 Ampliación de matemáticas 2
Número de créditos ECTS	6.0
Ubicación temporal	Segundo semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	11 Matemáticas avanzadas
Módulo en el que se integra	1 Fundamentos y principios generales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios, aunque es muy recomendable haber superado la asignatura 111 Ampliación de matemáticas 1.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo general de la materia 112 Ampliación de matemáticas 2 es, al igual que en la asignatura 111 Ampliación de matemáticas 1, aumentar la destreza y habilidad para resolver los problemas matemáticos que aparecen en el estudio y la práctica de la ingeniería aeroespacial, incrementando al mismo tiempo la capacidad para relacionar fenómenos físicos distintos a través de un modelo matemático, aplicar las técnicas apropiadas para obtener información del mismo e interpretar los resultados.

Objetivo específico de esta asignatura es el conocimiento y aplicación de métodos de resolución avanzados para modelos que, en forma de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, son de aplicación en ingeniería aeroespacial. Así mismo, se incluye una introducción a la Teoría del control.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas.

El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (4.0 ECTS)
- Clases prácticas guiadas (2.0 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

- Ecuaciones en derivadas parciales de primer y de segundo orden.
- Técnicas de resolución analíticas y numéricas.
- Teoría del control, definiciones, estabilidad de los sistemas de control, análisis en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia.

- Análisis asintótico, métodos de perturbaciones, problemas de autovalores, problemas de perturbaciones singulares, desarrollos asintóticos acoplados, escalas múltiples.

COMPETENCIAS

Las competencias específicas E01 y E17.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (121)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	121 Entorno espacial y análisis de misión
Número de créditos ECTS	3.0
Ubicación temporal	Primer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	12 Bases de un proyecto espacial
Módulo en el que se integra	1 Fundamentos y principios generales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante conozca lo que, en un sentido amplio, se denomina el entorno del vehículo espacial, donde se ha de incluir todo aquello a lo que el vehículo está expuesto desde sus orígenes, cuando aún es sólo un conjunto de materiales y componentes a ensamblar, hasta el final de su vida operativa. En el entorno del vehículo hay que considerar, en el caso más general, los procesos de fabricación, integración, ensayos en tierra, transporte hasta el punto de lanzamiento, lanzamiento, entorno interplanetario y, posiblemente, reentrada y entorno atmosférico en otro planeta. En algunos casos, especialmente si son de aplicación las rigurosas normas de seguridad vigentes para el caso de vuelos tripulados, incluso el origen de los materiales y los detalles de los procesos de fabricación pueden ser importantes.

También en esta asignatura se consideran algunos aspectos generales de las misiones cosmonáuticas, incluyendo una descripción de los tipos de misión más generales, así como las operaciones que intervienen en éstas, las velocidades características utilizadas en cosmonáutica (velocidades que proporcionan un nivel de referencia de la energía asociada al tipo de órbita relacionada con una determinada misión).

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas. El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (2 ECTS)
- Clases prácticas guiadas (1 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Utilización del espacio: antecedentes y perspectivas, misiones espaciales e infraestructura, iniciativas para el futuro, desafíos tecnológicos.

Entorno de un vehículo espacial: entorno terrestre, entorno de lanzamiento, entornos solar, planetario e interplanetario (radiación solar directa, albedo planetario, radiación infrarroja, radiación de partículas, del viento solar y extra-solares, campos electromagnéticos, microgravedad y micrometeoritos).

Definición de la misión: órbitas, lanzadores y lanzamientos, necesidades propulsivas, estimación de masa y potencia.

Problemas asociados a órbitas: trazas, repetitividad, perturbaciones, órbitas congeladas, visibilidad, tasa de cobertura, iluminación solar, eclipses, instantes o ventanas de lanzamiento, tiempos de vida y fin de la emisión, órbitas heliosíncronas, geoestacionarias, multiestacionarias.

Problemas asociados a trayectorias: estudio paramétrico, trayectoria nominal, ventanas, errores de inyección, el guiado intermedio, ayuda gravitatoria, inserción en órbita, aerocaptura, órbitas "halo".

COMPETENCIAS

E01, E03, E09 y E24

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (122)**INFORMACIÓN GENERAL**

Denominación de la asignatura	122 Aerodinámica de altas velocidades y fenómenos de reentrada
Número de créditos ECTS	3.0
Ubicación temporal	Segundo semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	12 Bases de un proyecto espacial
Módulo en el que se integra	1 Fundamentos y principios generales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

Conocimientos de Mecánica, Mecánica de los Fluidos y Aerodinámica con nivel de Grado de Ingeniería.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante las estrategias evaluativas 1. Pruebas escritas y 3. Trabajos y proyectos (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante conozca los fenómenos relacionado con el vuelo a velocidades hipersónicas, en particular aquellos que aparecen en lanzadores y vehículos espaciales que realizan maniobras de reentrada atmosférica (competencias CB6, CB7, E01, E03 y E07). Los estudiantes que superen el curso deberán estar en condiciones de

1. Resolver problemas relacionados con flujo hipersónico no viscoso
2. Entender los problemas relacionados con flujo hipersónico viscoso
3. Entender los efectos de las altas temperaturas en la aerodinámica hipersónica.
4. Entender los problemas del diseño de los vehículos lanzadores y de reentrada.
5. Conocer los últimos desarrollos de la aerodinámica hipersónica y su aplicación a sistemas aeroespaciales.

El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (2.0 ECTS)
- Clases prácticas guiadas (1.0 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

En este curso se desarrollan los principios fundamentales de la aerodinámica hipersónica. Se trata de un curso auto-contenido en el que se espera que los estudiantes aprendan los aspectos físicos básicos de la aerodinámica hipersónica y su aplicación a la problemática de lanzadores, sistemas de propulsión espacial y maniobras de reentrada atmosférica. Se desarrolla mediante una presentación coherente de los fundamentos, incluyendo la teoría y los métodos clásicos para abordar problemas de esta naturaleza; una discusión de los resultados más destacados, con énfasis en los aspectos físicos,

y una presentación del enfoque moderno sobre el tema. El temario resumido de la asignatura puede condensarse en los siguientes títulos:

1. Introducción al flujo hipersónico: notas históricas, importancia del estudio de la reentrada en la tecnología espacial, características del régimen de vuelo hipersónico: flujos fuera de equilibrio, vibraciones moleculares, reacciones químicas, ionización, interacción de las ondas de choque con la capa límite, radiación, flujos de calor.
2. Flujo hipersónico no viscoso: ondas de choque y ondas de expansión en el límite hipersónico, la zona de relajación, estructura de la zona de relajación con disociación y recombinación fuera de equilibrio, estudio del flujo en la línea de remanso, teoría de Newton, métodos del tipo "onda de detonación", métodos integrales, métodos de perturbaciones.
3. Flujo hipersónico con viscosidad: flujos a alta temperatura con viscosidad, ecuaciones que gobiernan el flujo de gases con reacciones químicas y viscosidad, capa límite en un gas con reacciones químicas, transferencia de calor en el punto de remanso, aproximación del tipo de la capa de choque viscosa, aproximación del tipo de las ecuaciones de Navier-Stokes parabolizadas, métodos numéricos de resolución de las ecuaciones.
4. Mecánica del vuelo de la reentrada: ecuaciones del movimiento de la reentrada atmosférica, reentrada balística con altos ángulos de ataque, reentrada con sustentación, análisis de la estabilidad.
5. Fenómenos térmicos en la reentrada: análisis simplificados, ecuaciones de la capa límite, influencia de la disociación, interferencia entre la onda de choque y la capa límite, efecto de la radiación, sistemas de protección térmica,

COMPETENCIAS

E01, E03, E07 y E24.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (123)**INFORMACIÓN GENERAL**

Denominación de la asignatura	123 Vibraciones y aeroacústica
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Primer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	12 Bases de un proyecto espacial
Módulo en el que se integra	1 Fundamentos y principios generales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante conozca la respuesta de un sistema mecánico frente a las vibraciones de pequeña amplitud, que es un régimen de solicitud extrema que se presenta fundamentalmente durante la fase de lanzamiento. También en la misma fase son de capital importancia los fenómenos aeroacústicos debidos al ruido generado por el lanzador (el problema es de tal magnitud que en algunas bases de lanzamiento, tal es el caso de la Base Espacial Europea en la Guayana Francesa, se inundan los terrenos que circundan al punto de lanzamiento para disminuir el ruido reflejado).

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas, con la distribución siguiente:

Clases de presentación de contenidos (3.5 ECTS)
Clases prácticas guiadas (1.0 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

La asignatura se enfoca con la idea de que los alumnos obtengan conocimientos suficientes sobre los problemas de vibraciones de pequeña amplitud de una estructura respecto de una posición de equilibrio y los campos acústicos generados.

En ambos temas se hace una pequeña introducción (capítulos 1 y 3 del programa) con la intención de revisar algunos conceptos de ambas disciplinas. En el capítulo 2 se abordan casos más complejos de vibraciones de estructuras considerando un número arbitrario de grados de libertad y se indica como obtener la solución numérica de sistemas reales con un gran número de grados.

Para el caso de acústica se considera únicamente el problema de ondas planas (el más comúnmente utilizado en cualquier caso). Se estudia la reflexión de la onda plana con una pared rígida y con una pared deformable. Se determina el coeficiente de absorción por la pared. Por último se considera el caso de ondas planas tridimensionales.

En modo resumido, el programa propuesto es:

Vibraciones de sistemas de un grado de libertad: vibraciones de sistemas conservativos de un grado de libertad y vibraciones de sistemas no conservativos de un grado de libertad

Sistemas de varios grados de libertad: frecuencias y modos propios de los sistemas conservativos, respuesta a condiciones iniciales en coordenadas normales, respuesta a cargas externas en coordenadas normales, respuesta al movimiento de los apoyos en coordenadas normales, amortiguamiento en sistemas de varios grados de libertad, respuesta permanente en sistemas con amortiguamiento, respuesta transitoria en sistemas con amortiguamiento, solución numérica de sistemas de muchos grados de libertad.

El sonido: definición del sonido, las ecuaciones de estado de Euler y de continuidad, La ecuación de ondas y el potencial de velocidades, la ecuación de ondas para un medio no homogéneo, efectos de la viscosidad.

La ecuación de ondas unidimensional: la onda plana, la onda estacionaria y la onda viajera, presión y velocidad de las partículas en una onda viajera, radiación de una onda plana.

Reflexión y transmisión de ondas planas incidentes en la dirección normal: reflexión en una superficie rígida, reflexión en una superficie deformable, reflexión en la interfase entre dos medios y coeficiente de absorción, impedancia acústica, campo acústico frente a una superficie absorbente en función de armónicos complejos, factor de reflexión y tiempo de retardo.

Ondas planas tridimensionales: ondas planas en un espacio tridimensional, reflexión de una onda plana en una incidencia oblicua, radiación acústica de una placa infinita excitada por una vibración sinusoidal.

COMPETENCIAS

E01, E02, E05, E06 y E14

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (124)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	124 Materiales de uso espacial
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Tercer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	12 Bases de un proyecto espacial
Módulo en el que se integra	1 Fundamentos y principios generales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante adquiera una información que le permita discernir sobre la conveniencia o no del uso de ciertos materiales en un vehículo espacial, atendiendo no sólo a sus propiedades mecánicas, sino también a los requisitos específicos que impone el entorno espacial (radiación, desgasificación, etc.)

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con trabajos de laboratorio.

El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (4.0 ECTS)
- Trabajos de laboratorio (0.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Los aspectos a cubrir dentro de la asignatura 124 Materiales de uso espacial, además de que el estudiante conozca la normativa específica de selección de materiales de la Agencia Europea del Espacio, son:

Propiedades mecánicas y físicas (resistencia, deformación y tenacidad, tipos de rotura, fallos en servicio, oxidación y corrosión, tipos de corrosión), propiedades térmicas (conductividad, calor específico, dilatación, propiedades ópticas).

Propiedades, elementos de aleación, tipos de aleaciones, tratamientos térmicos, propiedades y comportamiento de las aleaciones, procesos de fabricación de aleaciones de aluminio y magnesio, aleaciones de magnesio, aleaciones de titanio, aleaciones de berilio.

Comparación de las propiedades de las aleaciones ligeras.

Materiales compuestos: Cálculo con materiales compuestos. Uso de criterios de fallo. Metodología para el diseño basado en requisitos estructurales. Fabricación mediante bolsa de vacío y ensayo y validación de estructuras.

Modelización y análisis de materiales compuestos: teoría del laminado (rigidez equivalente), criterios de resistencia de laminados, fractura interlaminar, delaminaciones, cálculo de esfuerzos interlaminares, efecto de borde, pandeo, técnicas de optimización estructural.

COMPETENCIAS

E11, E13, E14 y E21

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (125)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	125 Ingeniería gráfica para diseño mecánico aeroespacial
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Primer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	12 Bases de un proyecto espacial
Módulo en el que se integra	1 Fundamentos y principios generales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante las estrategias evaluativas 3 y 1: entrega de trabajos periódicos, exámenes escritos abiertos y exámenes de tipo test.

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante adquiera las competencias generales y específicas que se enumeran al final de esta ficha.

En primer lugar, se expone la base teórica necesaria para la adquisición de los conocimientos necesarios para comprender diferentes metodologías de diseño mecánico en función de los elementos a diseñar, la aplicación e interpretación de información técnica asociada al modelo y el uso experto de herramientas gráficas de generación en tres dimensiones tanto para modelos sólidos, superficies y conjuntos completos. Mediante la aplicación de estos conocimientos, el estudiante se formará en las competencias que se detallan posteriormente. La comprensión adecuada de estos contenidos contribuye a que el estudiante sea capaz de entender los principios relacionados con el diseño mecánico que subyacen en sistemas complejos, y explicar, con el nivel adecuado para la audiencia, tales principios y metodologías.

El peso de las distintas actividades formativas es el siguiente:

1. Clases de presentación de contenidos (3 ECTS).
2. Clases prácticas guiadas (1.5 ECTS).

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Documentación gráfica en proyectos de ingeniería aeroespacial: normas de aplicación para la documentación de proyectos de ingeniería aeroespacial, definición y estructura de producto.

Información técnica asociada a modelos: acotación funcional en base a criterios de ajuste y criterios de intercambiabilidad, teoría funcional aplicada al montaje y fabricación.

Metodología de diseño mecánico avanzado: diseño basado en modelos, diseño avanzado de piezas mecanizadas y piezas de material compuesto.

Aplicaciones gráficas para diseño mecánico avanzado de piezas controladas: modelización paramétrica avanzada de piezas en 3D, diseño paramétrico y gestión del conocimiento, tablas de diseño y controles externos.

Aplicaciones gráficas para diseño mecánico avanzado de conjuntos: Geometría Master, estructura paramétrica de maqueta electrónica,

Aplicaciones gráficas para diseño avanzado de superficies: diseño de geometría alámbrica 3D, tratamiento de curvas: curvas de Bezier, curvas Splines. generación avanzada de superficies.

Documentación de proyectos: planos, presentación interactiva de producto.

Aplicaciones especiales: Diseño funcional, doblado de chapa, cableado, simulación cinemática de conjuntos.

COMPETENCIAS

E02, E05, E07, E10, E23 y E24.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (211)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	211 Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos
Número de créditos ECTS	6
Ubicación temporal	Primer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	21 Ingeniería de sistemas
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante maneje los conceptos de la ingeniería de sistemas aplicada a las misiones espaciales, así como que conozca los procedimientos relacionados con la gestión de un proyecto espacial, para que, de acuerdo a las competencias básicas y específicas detalladas posteriormente, pueda gestionar de manera eficaz un proyecto en el ámbito espacial.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos.

El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

Clases de presentación de contenidos (6ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Características de una misión espacial.

La ingeniería de sistemas como herramienta para la gestión de proyectos espaciales.

- Conceptos de la ingeniería de sistemas: análisis funcional, verificación y validación, filosofía de modelos, los TRL (Technology Readiness Level), márgenes, análisis de compromiso (trade-off), el control de la configuración, el documento de control de interfaces (ICD), el plan de gestión de la ingeniería de sistemas, revisiones de programa, planificación, costes, gestión de riesgos.

- Estándares europeos (ECSS).

Introducción a la gestión de proyectos.

- Planificación de proyectos: actividades preparatorias (propósitos y objetivos del proyecto, requisitos del cliente, disponibilidad de recursos, entregables del proyecto, plan de gestión del proyecto); filosofía de desarrollo; gestión de riesgos (gestión continua de riesgos (CRM)); gestión del presupuesto (modelos de estimación de costes, contingencias); gestión de equipos de trabajo (gestión de reuniones, gestión del cambio, sistemas de información).
- Organización de proyectos: estructuras de proyecto (árbol de funciones, árbol de especificaciones, árbol de producto, estructura de descomposición del trabajo (WBS), paquetes de trabajo, estructura organizativa (OBS)); comunicación e informes; auditorías.
- Fases del proyecto: gestión de plazos; las fases de un proyecto espacial; revisiones de proyecto

COMPETENCIAS

E05, E06, E07, E08, E10, E11, E18, E24

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (212)**INFORMACIÓN GENERAL**

Denominación de la asignatura	212 Garantía de calidad
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Tercer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	21 Ingeniería de sistemas
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

Es necesario haber cursado con anterioridad las asignaturas de todas las materias del Módulo 1 (Fundamentos y Principios Generales).

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante conozca las funciones de la garantía de calidad para así ser capaz de desarrollar, implantar y gestionar un plan de calidad para un proyecto espacial, conforme a las competencias genéricas y específicas que se detallan posteriormente.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos.

El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

Clases de presentación de contenidos (4.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

- Concepto de calidad aplicado al campo espacial: evolución de la calidad durante el ciclo de vida; especificación del sistema; diseño y sus revisiones, control de cambios.
- Funciones básicas de la garantía de calidad: definiciones y peculiaridades en el campo espacial; actividades típicas en el presente; actividades para el futuro.
- Sistema de garantía de calidad de la Agencia Europea del Espacio: organización del sistema de garantía de calidad; normativa aplicable; estandarización de componentes electrónicos.
- Fiabilidad: conceptos fundamentales; análisis de fiabilidad; análisis de los modos de fallo, sus efectos y criticidad; análisis de árbol de fallos; análisis de esfuerzos; análisis del peor caso; lista de elementos críticos; pruebas de fiabilidad; pruebas de crecimiento y desarrollo de la fiabilidad; pruebas

de demostración de la fiabilidad; pruebas de cribado; casos prácticos; lanzadores y satélites.

- **Mantenibilidad:** conceptos fundamentales; análisis de mantenibilidad; demostración de mantenibilidad; disponibilidad; casos prácticos.
- **Partes, materiales y procesos:** selección, control y compra de componentes; selección y control de calidad de materiales; selección y control de calidad de procesos.
- **Garantía de calidad:** plan de garantía de calidad; compras; fabricación; integración y ensayos; requisitos de calidad y trazabilidad; control de contaminación y limpieza; control y métodos de identificación; tratamiento de no conformidades; metrología y calibración; control de manejo, almacenamiento, empaquetado, marcado, etiquetado y transporte.
- **Control y gestión de la configuración:** conceptos generales; gestión de la configuración; control de la configuración; lista de elementos de configuración.
- **Garantía de calidad del software:** conceptos generales y normativa aplicable; control de la compra del software; desarrollo del software; control y gestión de la configuración; control de no-conformidades.
- **Auditorías:** concepto de auditoría; auditorías externas e internas; auditorías de sistema, proceso o producto; programa de auditorías; realización de la auditoría: listas de chequeo, informe de resultados, seguimiento de las acciones correctoras.
- **Seguridad:** conceptos generales; plan de seguridad; análisis de seguridad; aceptación y seguimiento de los riesgos; identificación y control de las funciones y elementos críticos para la seguridad; ensayos de validación y calificación de la seguridad; evaluación de riesgos; control de operaciones con riesgo; gestión de la seguridad.
- **Filosofía de modelos y calificación aplicada a equipos y subsistemas en el desarrollo de un proyecto espacial:** filosofía de modelos; montaje, integración y pruebas.
- **Ejemplo práctico de aplicación de actividades de garantía de calidad a un proyecto espacial:** fase de definición; fase de desarrollo de prototipos; fase de desarrollo en serie; fase de lanzamiento.

COMPETENCIAS

E06, E09, E11, E14, E15, E24

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (213)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	213 Seminario sobre industria e instituciones espaciales
Número de créditos ECTS	1.5
Ubicación temporal	Cuarto semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	21 Ingeniería de sistemas
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 3. Trabajos y proyectos (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante tenga una visión lo más detallada y equilibrada del sector espacial nacional e internacional, abordando los problemas del sector desde diferentes puntos de vista: tecnológico, científico y económico.

Para ello, esta asignatura se organiza como un conjunto de conferencias dictadas por personas de la industria, de la academia y de la administración con responsabilidad en actividades espaciales, dando la oportunidad a los estudiantes de establecer un dialogo con estos interlocutores a fin de mejorar su formación.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos (que aquí son las conferencias citadas).

El peso asignado a esta actividad formativa (conferencias o clases de presentación de contenidos) es de 1.5 ECTS.

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Aunque el contenido de las diferentes conferencias puede variar de un año a otro en función de los conferenciantes, la lista de temas a cubrir es:

- Gestión de proyectos espaciales
- Instituciones del sector espacial
- Desarrollo de aplicaciones e instrumentos espaciales
- Lanzadores

- Satélites de Comunicación
- Segmento de tierra/Antenas

COMPETENCIAS

E04, E06, E07 y E19.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (214)**INFORMACIÓN GENERAL**

Denominación de la asignatura	214 Tecnologías de producción
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Tercer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	21 Ingeniería de sistemas
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante adquiera las competencias necesarias para acometer las tareas de organización de la producción de un determinado desarrollo espacial, siquiera de un modo simplificado. Aunque el proceso en sí mismo no es muy diferente del empleado en otras ingenierías, sí hay ciertos requisitos específicos a tener en cuenta que tienen que ver, sobre todo, con el entorno donde se ha de mover el producto a lo largo de su vida en servicio.

Se trata en suma que el estudiante adquiera las competencias que se detallan en el epígrafe final de esta ficha.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas, siendo el peso asignado a las distintas actividades formativas el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (3.0 ECTS)
- Clases prácticas guiadas (1.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

INTRODUCCIÓN. Esquema de proceso productivo. Diferencias fundamentales para el diseño en el espacio, requisitos de comportamiento: finalidad, vida requerida, masa y potencia mínimas, requisitos de garantía de calidad del producto, coste, estimación del riesgo. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO. El proceso de diseño: selección del concepto, elección de materiales, selección de componentes. Normalización. Introducción y conceptos generales. Tolerancias dimensionales. Tolerancias Geométricas. Acabado superficial. Verificación dimensional. Incertidumbre de medida. CLASIFICACION GENERAL DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN. Criterios de clasificación. Esquema general de procesos. PROCESOS SIN ELIMINACIÓN DE MATERIAL Fundición y moldeo. Sinterizado. Conformación por deformación plástica. Fabricación aditiva. Capacidades campo de

aplicación en la industria Aeroespacial. PROCESOS DE UNION Unión de partes. Soldadura. Remachado. Uniones desmontables. Otros procesos Grado en Ingeniería Aeroespacial. PROCESOS CON ELIMINACIÓN DE MATERIAL. Mecanizado. Control Numérico. Otros procesos. ASPECTOS ECONÓMICOS EN LA PRODUCCIÓN AEROESPACIAL. Costes. Inversiones. Rentabilidad. ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN. Planificación. Mejora de métodos, Lean Manufacturing, Calidad.

COMPETENCIAS

E05, E23.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (215)**INFORMACIÓN GENERAL**

Denominación de la asignatura	215 Integración y ensayos
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Tercer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	21 Ingeniería de sistemas
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

Es necesario haber cursado con anterioridad las asignaturas de todas las materias del Módulo 1 (Fundamentos y Principios Generales).

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas y 3. Trabajos y Proyectos (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante conozca las actividades de ensamblaje, integración y ensayos de un vehículo equipo espacial, para así poder, conforme a las competencias que se indican posteriormente, gestionar y llevar a cabo dichas actividades.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas.

El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

Clases de presentación de contenidos (3.0 ECTS)

Clases prácticas guiadas (1.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

- Las actividades de ensamblaje, integración y ensayos, AIT (Assembly, Integration & Testing).
- Los procedimientos de AIT.
- Secuencia de ensayos.
- Instalaciones de ensayos.
- AIT mecánico, MGSE (Mechanical Ground Support Equipment).
- AIT eléctrico y funcional, EGSE (Electrical Ground Support Equipment).

- Visita a instalaciones de ensayos de centros industriales seleccionados.
- Ejercicios prácticos, en el Laboratorio de Ensayos en Ambiente Espacial de IDR/UPM en el campus de Montegancedo.

COMPETENCIAS

E03, E05, E06, E09, E14, E15, E16, E17, E18

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (216)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	216 Propulsión espacial y lanzadores
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Primer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	21 Ingeniería de sistemas
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante adquiera la formación necesaria sobre los sistemas de propulsión espacial y el modo en que interaccionan con los vehículos espaciales, pues el diseño de un cierto vehículo espacial resulta estar fuertemente condicionado por el lanzador que ha de ponerlo en órbita.

Se pretende, en particular, que el estudiante adquiera los conocimientos que gobiernan las leyes de los sistemas propulsados por motores cohete; así como, los distintos sistemas utilizados y sus propulsores. El estudiante debe ser capaz de seleccionar el motor cohete más apropiado para una misión definida, y saber calcular los parámetros básicos del motor cohete y su dimensionado. Finalmente, debe ser capaz de dar las características necesarias para su diseño y entenderse con la comunidad encargada de diseñar y construir motores cohete

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas, y el peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (3.0 ECTS)
- Clases prácticas guiadas (1.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Las necesidades propulsivas asociadas a las misiones espaciales hacen referencia a los vehículos lanzadores, a los motores de apogeo y perigeo, y también a los motores de actitud y control orbital. Generalmente la tecnología está basada en motores cohete químicos, y aunque hay otras alternativas en desarrollo, esta asignatura está principalmente centrada en los primeros.

En esta asignatura se abordan también los principios básicos que determinan el diseño del vehículo lanzador y de los cuales se deducen las limitaciones para los vehículos espaciales.

En modo resumido, los contenidos de la asignatura son:

Propulsión espacial (parámetros característicos de los sistemas propulsivos espaciales, necesidades propulsivas asociadas a las misiones espaciales, incrementos de velocidad asociados a las misiones espaciales y propulsión secundaria).

Motores cohete de propulsión fluidodinámica (motor cohete ideal, efectos reales, actuaciones, diseño de toberas).

Motores de propulsante sólido (características generales, clasificación, actuaciones, dimensionado geométrico, cálculo estructural, inestabilidades de combustión).

Motores de propulsantes líquidos (cámaras y procesos de combustión, inyección, alimentación, refrigeración, inestabilidades de combustión). Estatorreactores de combustión subsónica y de combustión hipersónica.

Otros motores cohete (híbridos, nucleares, de propulsión eléctrica, termoeléctricos).

Problemas especiales y ensayo de motores cohete (generación de energía eléctrica en el espacio, problemas especiales de motores cohete espaciales, descripción de las instalaciones generales para ensayos de motores cohete y normas de seguridad, celdas de ensayo, bancadas, requisitos e instrumentación de medida, normas de prueba).

Actuaciones y operación básica de un vehículo lanzador (introducción, dinámica del vehículo, movimiento unidimensional de un cohete, movimiento bidimensional de un cohete, trayectorias de cohetes en tres dimensiones, optimización del diseño y de las trayectorias, guiado inercial y control, requisitos de la misión).

Fases del lanzamiento de un vehículo espacial y planificación de la misión (posicionamiento en la órbita geostacionaria, actuaciones de las misiones orbitales, interacciones con la configuración).

COMPETENCIAS

E05, E07, E08, E09 y E14.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (221)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	221 Dinámica orbital y control de actitud
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Tercer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	22 Subsistemas de un vehículo espacial
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Con esta asignatura se pretende que el estudiante comprenda y conozca la necesidad de implementar un subsistema de control de actitud en un vehículo espacial, así como las funciones que debe asumir y la arquitectura del subsistema, poniendo de relieve aquellos aspectos más relevantes que influyen en el diseño del mismo. El subsistema de guiado, navegación y control mide y controla la posición en el espacio, la orientación y la velocidad de desplazamiento del vehículo espacial. En esta asignatura, previamente, se presentan los aspectos más relevantes de la dinámica orbital, necesarios para la comprensión de la funcionalidad del subsistema de control de actitud.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas. El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

Clases de presentación de contenidos (3.0 ECTS)
Clases prácticas guiadas (1.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

A grandes rasgos, los contenidos de la asignatura son:

- Astronomía.
- Teoría del potencial.
- El problema de los dos cuerpos.
- El problema de n cuerpos.
- Teoría de perturbaciones.
- Cinemática y dinámica del vehículo espacial.
- Dinámica de satélites artificiales.

Dinámica de misiones interplanetarias.
Sistema de guiado, navegación y control.
Vehículos estabilizados en tres ejes.
Estabilización por rotación.
Estabilización por gradiente de gravedad.
Sensores y actuadores.

COMPETENCIAS

E02, E03, E12, E13 y E24

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (222)**INFORMACIÓN GENERAL**

Denominación de la asignatura	222 Transferencia de calor y control térmico
Número de créditos ECTS	6.0
Ubicación temporal	Segundo semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	22 Subsistemas de un vehículo espacial
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

Se trata en esta asignatura de los efectos térmicos del ambiente radiativo espacial y otras cargas térmicas sobre un objeto que, aunque se supone que es una astronave artificial, se aplica igualmente para cualquier cuerpo celeste.

El objetivo del control térmico de vehículos espaciales está enfocado hacia el diseño de una configuración (geometría, materiales, operaciones) que garantice un ambiente térmico local adecuado (óptimo, operacional, de reserva, de almacenamiento, de supervivencia) a cada uno de los componentes y subsistemas, es decir, mantener las temperaturas y los flujos de calor dentro de los intervalos apropiados durante todas las fases de la misión (manejo en tierra, lanzamiento, puesta en órbita, despliegue, operación, recuperación, reentrada). Desde el punto de vista docente el objetivo es que el estudiante adquiera las competencias necesarias para diseñar con suficiencia un subsistema de control térmico.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas, con el siguiente peso asignado a las distintas actividades formativas:

- Clases de presentación de contenidos (4.5 ECTS)
- Clases prácticas guiadas (1.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

- Mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación, radiación térmica: propiedades termo-ópticas, intercambio térmico entre superficies: factores geométricos, balances energéticos transitorios y estacionarios, método de los elementos discretos.

- Análisis térmico espacial: tipos de misiones espaciales y problemas de control ambiental asociados, características de los problemas térmicos de astronaves, ambiente espacial, propiedades termo-ópticas de los cuerpos celestes, determinación de cargas térmicas sobre una astronave, balances térmicos en una astronave, discretización en nodos.
- Tecnología de control térmico: superficies de control térmico, pinturas y recubrimientos superficiales, sistemas de aislamiento térmico, mantas aislantes multicapa, espumas, radiadores, escudos térmicos y parasoles, comportamiento térmico de interfaces mecánicas, conductores térmicos, conductos fluidos sellados y conectables, heat pipes, calentadores, termostatos e instrumentación térmica, control térmico de elementos y equipos electrónicos, sistemas térmicos criogénicos, sistemas de protección térmica de reentrada, materiales refractarios y ablativos.
- Diseño y optimización de sistemas de control térmico: requisitos térmicos y objetivos del diseño, proceso de diseño, casos de carga, modelos térmicos matemáticos, efectos de la discretización, software de análisis térmico: ESATAN-TMS, caso práctico: ejemplo de diseño y análisis.
- Ensayos: objetivos y tipos de ensayos térmicos, cámaras de ensayos de vacío y térmicas, instrumentación, simuladores solares para componentes y para astronaves, caso práctico: ejemplo de diseño de ensayos para un microsatélite, supervisión de datos térmicos durante el desarrollo de la misión.

COMPETENCIAS

E02, E03, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E22 y E24.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (223)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	223 Generación y gestión de potencia eléctrica
Número de créditos ECTS	3.0
Ubicación temporal	Segundo semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	22 Subsistemas de un vehículo espacial
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2), de acuerdo con el siguiente esquema:

Examen de conocimiento teóricos (20 - 30%).

Ejercicios prácticos de simulación con distintas aplicaciones (Matlab, Simulink, PSpice, etc.) (20 - 30%)

Ejercicio práctico de aplicación (40 - 60%)

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es lograr que el alumno identifique y conozca el comportamiento de las distintas partes que componen el subsistema de potencia de un sistema (satélite, vehículo, estación, etc) espacial.

La metodología de enseñanza se articula en torno a tres actividades distintas: clases magistrales, sesiones prácticas de simulación de sistemas eléctricos mediante programas informáticos, y trabajo final.

El peso de las distintas actividades formativas es el siguiente:

Clases de presentación de contenidos (2.0 ECTS).

Clases prácticas guiadas, fundamentalmente prácticas de simulación (1.0 ECTS).

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

1.- Elementos del subsistema de potencia de un sistema espacial. Se realiza una descripción general de este subsistema, atendiendo a sus posibles diseños de acuerdo a los distintos requerimientos de algunas misiones espaciales típicas.

2.- Fuentes de energía primarias. Se describen y clasifican estas fuentes (células de combustible,

generadores termoeléctricos por radioisótopos, paneles fotovoltaicos, etc.) según sus distintas características, y su idoneidad para los diferentes tipos de misión espacial.

3.- Fuentes de energía secundarias: Se detallan las características de las baterías eléctricas presentes en misiones espaciales, de acuerdo a las distintas tipologías existentes (Ni Cd, Li-Ion, etc.).

4.- Dimensionamiento de los subsistemas de potencia. Se establecen unos criterios para el prediseño y dimensionamiento de estos subsistemas atendiendo a los distintos tipos de misión espacial.

5.- Regulación y control de potencia. Se describen diferentes modos de control de la potencia generada (*Maximum Peak Power Tracking*, *Direct Energy Transfer*, etc.), de acuerdo a distintos casos típicos de misión espacial.

6.- Distribución de potencia. Se describen los diferentes elementos que requieren formar parte de la distribución de energía, tanto a otros subsistemas como a las posibles cargas útiles (tensiones de alimentación, cableado, protecciones, etc.).

7.- Integración y ensayos del subsistema de potencia. Se detallan los diferentes ensayos a realizar específicamente por los elementos de este subsistema, para asegurar su correcto funcionamiento.

Como resultado del estudio efectivo de esta asignatura, el alumno tendrá una visión clara del propósito y objetivos del subsistema de potencia de un sistema espacial con respecto a la misión de éste, sus características generales, y los elementos que lo componen en casos tipificados (satélites LEO y GEO, misiones al espacio profundo, etc.).

COMPETENCIAS

E10, E11, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E23 y E24.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (224)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	224 Estructuras de uso espacial
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Segundo semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	22 Subsistemas de un vehículo espacial
Módulo en el que se integra	2 Desarrollo de programas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

Es necesario haber cursado con anterioridad las asignaturas de todas las materias del Módulo 1 (Fundamentos y Principios Generales).

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante las estrategias evaluativas 1. Pruebas escritas y 3. Trabajos y Proyectos (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante conozca la importancia del subsistema estructural de un vehículo espacial y que sea capaz, conforme a las competencias básicas y específicas detalladas posteriormente, de realizar y verificar el diseño y dimensionado de la estructura de un vehículo espacial.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas. Puesto que se trata, en línea con la naturaleza del máster, de que los alumnos pongan en práctica los conocimientos adquiridos, se realizarán prácticas con las herramientas de cálculo de estructuras que son el estándar en la industria aeroespacial (Patran / Nastran), lo que requerirá lógicamente la previa impartición de formación en el uso de las mismas.

El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

Clases de presentación de contenidos (3.0 ECTS)
Clases prácticas guiadas (1.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

La función de las estructuras espaciales.

Análisis de requisitos: cargas de lanzamiento, cargas en órbita; requerimientos de rigidez, requerimientos de resistencia; modos de trabajo de una estructura espacial; factores de seguridad, márgenes de seguridad.

Tipos de configuraciones estructurales: satélite estabilizado en tres ejes, satélite estabilizado en spin, sonda interplanetaria; estructura de un vehículo lanzador.

Proceso de diseño de estructuras espaciales: selección de materiales, diseño preliminar, diseño de detalle, elementos estructurales típicos, la estructura tipo sándwich.

Verificación del diseño: análisis estructurales: tipos de análisis estructurales, modelos analíticos, análisis por elementos finitos, verificación del diseño detallado: cálculo de uniones atornilladas, cálculo de uniones pegadas, fatiga y tolerancia al daño.

Verificación del diseño: ensayos estructurales: ensayos de vibraciones sinusoidales, ensayos de vibraciones aleatorias, ensayos acústicos, ensayos de choque.

Análisis de estructuras con Patran/Nastran: realización de modelos matemáticos con estas herramientas para dimensionar la estructura de un vehículo espacial; realización de los análisis correspondientes a los distintos tipos de ensayos estructurales mencionados en el punto anterior.

COMPETENCIAS

E01, E02, E03, E10, E12, E13 y E21.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (225)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	225 Comunicaciones
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Segundo semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	22 Subsistemas de un vehículo espacial
Módulo en el que se integra	2 Sistemas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura es que el estudiante conozca los modos de comunicaciones entre los vehículos espaciales y las estaciones de tierra, con el fin de alcanzar las competencias básicas, así como las competencias específicas detalladas posteriormente.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas. Hay que señalar que este programa de máster está más centrado en lo que en la nomenclatura aeroespacial se denomina la célula (el vehículo, excluido el subsistema de propulsión) más la "aviónica" responsable del control de actitud del sistema, en el entendimiento de que, salvo en lo que se refiere a los posibles efectos de la radiación existente en el espacio exterior sobre los diferentes equipos embarcados (que requiere procedimientos específicos de protección y el uso de componentes calificados para vuelo), el funcionamiento de la electrónica embarcada es análogo al de la electrónica sobre la superficie terrestre, siendo responsabilidad de otros subsistemas asegurar las condiciones que permitan sobrevivir a los equipos electrónicos en el ambiente hostil del espacio exterior.

El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (3.0 ECTS)
- Clases prácticas guiadas (1.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

- Elementos de las comunicaciones por satélite (estación de tierra, carga útil, enlaces ascendente y descendente).
- Caracterización del canal (ecuación del enlace, velocidad de transmisión).

- Acceso por división en frecuencia (descripción, características, ventajas e inconvenientes).
- Acceso por división en el tiempo (descripción, características, ventajas e inconvenientes).
- Técnicas eficientes de acceso.
- Comunicaciones por paquetes (tipos de paquetes, estructuras de paquetes, canales virtuales, control de errores, estándares).
- Modulaciones digitales.
- Sincronización de portadora y de símbolo.
- Comunicaciones con espectro ensanchado (descripción, ganancia de codificación).
- Terminales VSAT.
- Redes de comunicaciones móviles.
- Limitaciones del sistema (requisitos del usuario, limitaciones técnicas, regulaciones internacionales).
- Subsistema de antenas (tipos de antenas, patrón de radiación, anchura del haz, ganancia de la antena).
- Propagación (polarización, propagación en la atmósfera terrestre, presupuesto del enlace).
- Receptores (conversión en frecuencia, amplificadores de bajo ruido, sintetizadores de frecuencia).
- Transmisores, amplificación de potencia (tubos de ondas progresivas, amplificadores de estado sólido).
- Modulación y demodulación (convertidores de frecuencia, osciladores locales, procesadores de frecuencia intermedia, filtros).

COMPETENCIAS

E02, E03, E10, E13, E14, E19 y E20.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (226)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	226 Gestión de datos
Número de créditos ECTS	4.5
Ubicación temporal	Segundo semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	22 Subsistemas de un vehículo espacial
Módulo en el que se integra	2 Sistemas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 1. Pruebas escritas (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

En un esquema quizás demasiado elemental y en extremo simplificado un vehículo espacial no tripulado consiste en uno o varios ordenadores embarcados que se comunican a través del sistema de comunicaciones que el o los ordenadores de las estaciones de tierra. El mismo esquema sirve para los vehículos tripulados.

En la operación del vehículo espacial, la gestión de la información generada a bordo no es un problema menor, aunque resulta ser bien conocido, pues dejando aparte los problemas asociados a la radiación del espacio exterior, la concepción de la arquitectura del subsistema de gestión de datos es en gran medida semejante a los empleados en la aviación militar.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas. Como se ha establecido en la asignatura 225, se debe señalar que este programa de máster está más centrado en lo que en la nomenclatura aeroespacial se denomina la célula (el vehículo, excluido el subsistema de propulsión), más que en la "aviónica" responsable del control de actitud del sistema, de modo que esta asignatura, como la 225, es principalmente descriptiva.

El peso asignado a las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (3.5 ECTS)
- Clases prácticas guiadas (1.0 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Teniendo en cuenta la orientación del máster, esta asignatura está concebida de modo que el estudio del sistema embarcado de gestión de datos se analiza a través de un caso práctico. Para ello se ha

elegido como ejemplo el subsistema de gestión de datos del primer satélite de la Universidad Politécnica de Madrid: el UPMSat -1, de 50 kg de masa, puesto en órbita en 1995 con un lanzador Ariane 4-40 en julio de 1995, y para tener en cuenta los progresos habidos desde tal fecha a la actualidad, se compara el primer diseño con el adoptado para el segundo satélite UPMSat-2.

Dentro del esquema habitual de descripción / esquema funcional / tipos de comandos / dimensionado / sistemas existentes, el subsistema de gestión de datos se encarga de tomar los datos, procesarlos, almacenarlos, gobernar el módem y efectuar el control de todos los demás subsistemas activos de acuerdo con el programa incluido en las memorias y con los comandos enviados desde tierra. Este subsistema consta de un módulo de adquisición de datos y control, un ordenador, y los sensores internos e interfases.

El módulo de adquisición de datos y control tiene entradas analógicas y entradas digitales, así como salidas analógicas y salidas digitales, todas ellas relacionadas con las medidas y controles de las cargas útiles, del subsistema de control de actitud, del subsistema de potencia, así como con las medidas de temperaturas y las comunicaciones con el módem. El módulo de sensores internos recibe diferentes señales de temperatura y de tensión de alimentación analógica y las interfases las señales digitales de recepción y transmisión de datos.

Incluso en un satélite pequeño, el programa informático embarcado, ha de estar diseñado para que realice las siguientes funciones: • Arranque/reinicialización. • Apagado ordenado. • Realización de los experimentos y calibraciones. • Recogida de datos de estado interno, de navegación y su datación. • Vigilancia del comportamiento de los subsistemas (equipos, memorias). • Recopilación del estado/configuración del satélite. • Recopilación de los últimos contactos realizados. • Capacidad de establecer comunicación con tierra. • Posibilidad de manejo de distintas incidencias que pudieran ocurrir. • Soporte de los modos de funcionamiento (nominal, consumo reducido, contacto perdido). • Registro de los últimos contactos realizados.

COMPETENCIAS

E02, E03, E10, E13, E14 y E20.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (311)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	311 Caso de estudio (1)
Número de créditos ECTS	1.5
Ubicación temporal	Segundo semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	31 Casos de estudio
Módulo en el que se integra	3 Sistemas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

No son necesarios

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 3 relativa a presentaciones de trabajos y proyectos (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura, definida detalladamente en el apartado 5.3.3, es que el estudiante adquiera las competencias básicas, así como las competencias específicas del máster.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de un proyecto de índole espacial, acometiendo mediante una estrategia de trabajo cooperativo en grupo las diferentes fases que configuran un proyecto de esta naturaleza. Para ello es preciso que el estudiante adquiera la destreza necesaria para el manejo de las herramientas analíticas y numéricas que son objeto de otras asignaturas del plan de estudios, a fin de aplicarlas al proyecto en desarrollo. Con la asignatura "311 Caso de estudio (1)" se pretende que los estudiantes adquieran una visión global de un sistema espacial, así como que se familiaricen con el proceso de desarrollo de un sistema tal siguiendo las técnicas y procedimientos habituales del sector aeroespacial, estando limitado el alcance al análisis de misión y diseño conceptual.

En esta asignatura el estudiante hará uso de los equipamientos específicos para el diseño de sistemas espaciales existentes en IDR/UPM, definidas en el apartado 7.1, en particular, la instalación de diseño concurrente (obtenida tras el acuerdo firmado entre la Agencia Europea del Espacio y la Universidad Politécnica de Madrid), los equipos del laboratorio de vacío-térmico y del laboratorio de modelado de prototipos.

El peso de las distintas actividades formativas es el siguiente:

Ejercicio práctico (1.0 ECTS)
Sesiones de presentación de trabajos (0.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Esta asignatura trata del desarrollo de un sistema espacial, de modo que los estudiantes se familiaricen con el proceso de desarrollo de un sistema de esta naturaleza siguiendo las técnicas y procedimientos habituales del sector aeroespacial. El objetivo es que los estudiantes, trabajando en grupo, apliquen los conocimientos que irán adquiriendo a lo largo del plan de estudios, hasta alcanzar una visión global del sistema espacial, con todas o casi todas sus ramificaciones.

Las tareas se podrán ejecutar en grupos, de forma individual o cooperativa, bajo la supervisión de tutores que encauzan el desarrollo. La metodología de la asignatura no descarta que se dediquen algunas clases de presentación de contenidos, donde se expongan los temas relativos a ingeniería de sistemas que no tienen cabida en otras asignaturas, así como las otras modalidades docentes recogidas en el epígrafe anterior.

Al finalizar la asignatura se celebrará una sesión de exposición pública en las que se discutirá el trabajo hecho por los alumnos.

COMPETENCIAS

Todas las establecidas en el apartado 3.1.2, las ocho básicas/generales, de la CB6 a la CB13, y las veinticuatro específicas, de la E01 a la E24.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (312)**INFORMACIÓN GENERAL**

Denominación de la asignatura	312 Caso de estudio (2)
Número de créditos ECTS	7.5
Ubicación temporal	Tercer semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	31 Casos de estudio
Módulo en el que se integra	3 Sistemas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

Es preciso haber superado la asignatura 311 Caso de estudio (1).

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 3 relativa a presentaciones de trabajos y proyectos (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura, definida detalladamente en el apartado 5.3.3, es que el estudiante adquiera las competencias básicas así como las competencias específicas del máster.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de un proyecto de índole espacial, acometiendo mediante una estrategia de trabajo cooperativo en grupo las diferentes fases que configuran un proyecto de esta naturaleza. Para ello es preciso que el estudiante adquiera la destreza necesaria para el manejo de las herramientas analíticas y numéricas que son objeto de otras asignaturas del plan de estudios, a fin de aplicarlas al proyecto en desarrollo. Tras los dos primeros semestres, en los que los estudiantes han adquirido una visión global de un sistema espacial, y están familiarizados con el proceso de desarrollo de un sistema tal siguiendo las técnicas y procedimientos habituales del sector aeroespacial, la asignatura "312 Caso de estudio (2)" se centra principalmente en el diseño preliminar de algunos subsistemas relevantes del vehículo.

En esta asignatura el estudiante hará uso de los equipamientos específicos para el diseño de sistemas espaciales existentes en IDR/UPM, definidas en el apartado 7.1, en particular, la instalación de diseño concurrente (obtenida tras el acuerdo firmado entre la Agencia Europea del Espacio y la Universidad Politécnica de Madrid), los equipos del laboratorio de vacío-térmico y del laboratorio de modelado de prototipos.

El peso de las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (0.5 ECTS)
- Trabajos tutelados en grupo (6.0 ECTS)
- Sesiones de presentación de trabajos (1.0 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Esta asignatura trata del desarrollo de un sistema espacial, de modo que los estudiantes se familiaricen con el proceso de desarrollo de un sistema de esta naturaleza siguiendo las técnicas y procedimientos habituales del sector aeroespacial. El objetivo es que los estudiantes, trabajando en grupo, apliquen los conocimientos que irán adquiriendo a lo largo del plan de estudios, hasta alcanzar una visión global del sistema espacial, con todas o casi todas sus ramificaciones.

Las tareas se podrán ejecutar en grupos, de forma individual o cooperativa, bajo la supervisión de tutores que encauzan el desarrollo. La metodología de la asignatura no descarta que se dediquen algunas clases de presentación de contenidos, donde se expongan los temas relativos a ingeniería de sistemas que no tienen cabida en otras asignaturas, así como las otras modalidades docentes recogidas en el epígrafe anterior.

Al finalizar la asignatura se celebrará una sesión de exposición pública en las que se discutirá el trabajo hecho por los alumnos.

COMPETENCIAS

Todas las establecidas en el apartado 3.1.2, las ocho básicas/generales, de la CB6 a la CB13, y las veinticuatro específicas, de la E01 a la E24.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (313)**INFORMACIÓN GENERAL**

Denominación de la asignatura	313 Caso de estudio (3)
Número de créditos ECTS	9.0
Ubicación temporal	Cuarto semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	31 Casos de estudio
Módulo en el que se integra	3 Sistemas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

Es preciso haber superado la asignatura 311 Caso de estudio (1) y la asignatura 312 Caso de estudio (2).

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de los resultados de aprendizaje se realizará usando los mecanismos descritos en la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007 (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010), concretamente se realizará mediante la estrategia evaluativa 3 relativa a presentaciones de trabajos y proyectos (apartado 5.3.2).

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El objetivo de la asignatura, definida detalladamente en el apartado 5.3.3, es que el estudiante adquiriera las competencias básicas, así como las competencias específicas del máster.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de un proyecto de índole espacial, acometiendo mediante una estrategia de trabajo cooperativo en grupo las diferentes fases que configuran un proyecto de esta naturaleza. Para ello es preciso que el estudiante adquiriera la destreza necesaria para el manejo de las herramientas analíticas y numéricas que son objeto de otras asignaturas del plan de estudios, a fin de aplicarlas al proyecto en desarrollo. Con la asignatura "313 Caso de estudio (3)" se pretende que los estudiantes adquieran los conocimientos propios de la industria aeroespacial acerca de la integración de los subsistemas, ya tratados de forma general y particular en las asignaturas "311 Caso de estudio (1)" y "312 Caso de estudio (2)", en un único sistema espacial.

En esta asignatura el estudiante hará uso de los equipamientos específicos para el diseño de sistemas espaciales existentes en IDR/UPM, definidas en el apartado 7.1, en particular, la instalación de diseño concurrente (obtenida tras el acuerdo firmado entre la Agencia Europea del Espacio y la Universidad Politécnica de Madrid), los equipos del laboratorio de vacío-térmico y del laboratorio de modelado de prototipos.

El peso de las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases de presentación de contenidos (0.5 ECTS)
- Trabajos tutelados en grupo (8 ECTS)
- Sesiones de presentación de trabajos (0.5 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Esta asignatura trata del desarrollo de un sistema espacial, de modo que los estudiantes se familiaricen con el proceso de desarrollo de un sistema de esta naturaleza siguiendo las técnicas y procedimientos habituales del sector aeroespacial. El objetivo es que los estudiantes, trabajando en grupo, apliquen los conocimientos que irán adquiriendo a lo largo del plan de estudios, hasta alcanzar una visión global del sistema espacial, con todas o casi todas sus ramificaciones.

Las tareas se podrán ejecutar en grupos, de forma individual o cooperativa, bajo la supervisión de tutores que encauzan el desarrollo. La metodología de la asignatura no descarta que se dediquen algunas clases de presentación de contenidos, donde se expongan los temas relativos a ingeniería de sistemas que no tienen cabida en otras asignaturas, así como las otras modalidades docentes recogidas en el epígrafe anterior.

Al finalizar la asignatura se celebrará una sesión de exposición pública en las que se discutirá el trabajo hecho por los alumnos.

COMPETENCIAS

Todas las establecidas en el apartado 3.1.2, las ocho básicas/generales, de la CB6 a la CB13, y las veinticuatro específicas, de la E01 a la E24.

FICHA DESCRIPTIVA DE ASIGNATURA (321)

INFORMACIÓN GENERAL

Denominación de la asignatura	321 Trabajo fin de máster
Número de créditos ECTS	18.0
Ubicación temporal	Cuarto semestre
Carácter	Obligatorio
Materia en la que se integra	32 Proyecto fin de máster
Módulo en el que se integra	3 Sistemas espaciales
Departamento encargado de organizar la docencia	IDR/UPM

REQUISITOS PREVIOS

Para presentar y defender el Trabajo Fin de Máster será exigible haber superado todas las materias del master correspondientes a los módulos 1, 2 y 3, así como las asignaturas "311 Caso de estudio (I)", "312 Caso de estudio (II) y "313 Caso de estudio (III).

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

La organización, elaboración y evaluación del Trabajo fin de máster se efectuará de conformidad a la "Normativa reguladora de los sistemas de evaluación en los procesos formativos vinculados a los títulos de grado y máster universitario con planes de estudio adaptados al R.D. 1393/2007" (Aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid en su sesión del 22 de Julio de 2010).

Previamente a la defensa del Trabajo fin de máster elaborado por el estudiante de acuerdo con el proyecto presentado y contando con el visto bueno del tutor, el alumno entregará una copia a la Comisión Académica del Máster para su análisis, la cual podrá, como paso previo a su presentación, y tras consultar al tutor, requerir al estudiante para que aclare cuantos conceptos considere oportunos, si éste fuera el caso.

Se evaluará mediante la presentación de los resultados del Trabajo fin de máster ante un tribunal nombrado por la Comisión Académica a principios del cuarto semestre, que estará formada por profesores del máster.

ACTIVIDADES FORMATIVAS CON SU CONTENIDO EN CRÉDITOS ECTS, SU METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, Y SU RELACIÓN CON LAS COMPETENCIAS QUE DEBE ADQUIRIR EL ESTUDIANTE

El Trabajo fin de máster está basado en el trabajo personal del alumno bajo la dirección de un profesor-tutor, apoyado por tutorías especializadas.

Previamente a la realización del Trabajo fin de máster los estudiantes recibirán de la Comisión Académica del Máster información sobre el catálogo de proyectos disponibles en el momento de la elección, así como de los tutores asignados a los mismos. Para desarrollar un determinado trabajo, el estudiante deberá contar anteriormente con el visto bueno del profesor tutor asignado al mismo.

El peso de las distintas actividades formativas es el siguiente:

- Clases prácticas guiadas (1.0 ECTS)
- Trabajos tutelados realizados individualmente (16.0 ECTS)
- Sesiones de presentación de trabajos (1.0 ECTS)

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA Y OBSERVACIONES

Con esta última asignatura se pretende que el estudiante haga un ejercicio de síntesis de carácter individual donde integre los diferentes conocimientos adquiridos a lo largo de los semestres anteriores. El Trabajo fin de máster (321) difiere de los casos de estudio (311, 312 y 313) en el alcance, que necesariamente ha de estar más acotado y con objetivos más concretos, pues se trata de una labor individual, y en la orientación, pues habitualmente se centrará, dentro de la concepción global del sistema, en profundizar en algunos aspectos particulares del mismo.

COMPETENCIAS

Todas las establecidas en el apartado 3.1.2, las ocho básicas/generales, de la CB6 a la CB13, y las veinticuatro específicas, de la E01 a la E24.