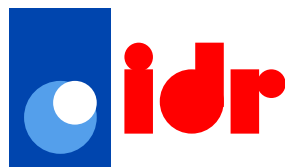


## FORMULARIO DE SOLICITUD PARA LA VERIFICACIÓN DE TÍTULOS OFICIALES DE MÁSTER UNIVERSITARIO



### **Denominación del MÁSTER:**

Máster Universitario en SISTEMAS ESPACIALES  
por la Universidad Politécnica de Madrid

### **Rama de Conocimiento:**

INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

### **Centro Responsable:**

Instituto Universitario de Microgravedad "Ignacio Da  
Riva" de la Universidad Politécnica de Madrid  
**(IDR/UPM)**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del  
Espacio

## 1.- DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO

### 1.0.- RESPONSABLE DEL TÍTULO (Decano/Director del Centro)

**Apellidos:** SANZ ANDRÉS

**Nombre:** ÁNGEL NIF: 3071809K

<b>Centro Responsable del Título:</b>	Instituto Universitario de Microgravedad "Ignacio Da Riva", de la Universidad Politécnica de Madrid ( <b>IDR/UPM</b> ), adscrito a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio
---------------------------------------	--

### 1.1.- DENOMINACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TÍTULO

<b>Denominación del Título:</b>	Máster Universitario en Sistemas Espaciales por la Universidad Politécnica de Madrid
---------------------------------	--

### 1.2.- CENTRO RESPONSABLE DE ORGANIZAR LAS ENSEÑANZAS

<b>Centro/s donde se impartirá:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituto Universitario de Microgravedad "Ignacio Da Riva"</li> <li>• Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio</li> </ul>
-------------------------------------	--

### 1.3.- TIPO DE ENSEÑANZA

<b>Tipo de enseñanza</b>	PRESENCIAL
--------------------------	------------

### 1.4.- NÚMERO DE PLAZAS DE NUEVO INGRESO OFERTADAS

**Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas en el 1º año de implantación:** 20

**Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas en el 2º año de implantación:** 20

**Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas en el 3º año de implantación:** 20

**Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas en el 4º año de implantación:** 20

### 1.5.- NÚMERO DE CRÉDITOS DEL TÍTULO Y REQUISITOS DE MATRICULACIÓN

**Número de créditos ECTS del Título:** 120

**Número mínimo de créditos ECTS de matrícula por el estudiante y período lectivo** Según la normativa UPM vigente

Sin perjuicio de lo que puedan establecer al respecto normas de rango superior, los estudiantes a tiempo parcial deberán cursar un número mínimo de créditos que se ha fijado en 30.

Para los estudiantes de primer curso a tiempo completo en primera matrícula, el número de créditos que deben cursar es de 60, mientras que para los estudiantes a tiempo parcial este número es de 30 ECTS. En el segundo año y sucesivos, los créditos máximos y mínimos para los estudiantes a tiempo completo son 75 y 40, respectivamente; si bien este número mínimo puede ser menor si al estudiante le quedaran menos créditos para finalizar el máster. Las cifras correspondientes para los estudiantes a tiempo parcial son 40 y 20, con la misma salvedad que la señalada para aquellos que les quedaran menos créditos para finalizar los estudios.

#### 1.5.1.- Normas de permanencia

La normativa de aplicación en este máster es la vigente en la Universidad de Politécnica de Madrid, recogida en el documento "Normativa de regulación de la permanencia de los estudiantes de la Universidad Politécnica de Madrid para titulaciones reguladas por RD 1393/2007 modificado por RD. 861/2010", aprobada por el Consejo Social en sesión extraordinaria 6/2009 del Pleno del Consejo Social de la UPM celebrada el día 8 de julio de 2009, disponible en:

<http://www.upm.es/institucional/UPM/NormativaLegislacion/NormativaUPM/NormativaAlumnos>

### 1.6.- RESTO DE INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA EXPEDICIÓN DE LA PROPUESTA

**Orientación:** PROFESIONAL (NO HABILITANTE)

**Naturaleza de la institución que ha conferido el título:** UNIVERSIDAD PÚBLICA

**Profesiones para las que capacita una vez obtenido el título:** NO APLICABLE

**Lenguas utilizadas a lo largo del proceso formativo:** CASTELLANO



## 2.- JUSTIFICACIÓN

### 2.1.- JUSTIFICACIÓN DEL TÍTULO PROPUESTO, ARGUMENTANDO EL INTERÉS CIENTÍFICO O ESTRATÉGICO DEL MISMO

La finalidad de este máster profesional no habilitante es la formación de ingenieros especializados en un área de actividad tecnológicamente muy avanzada y de interés creciente: la ingeniería de sistemas espaciales, área en la que los organismos oficiales tanto nacionales como internacionales, y la propia industria aeroespacial, ambas con previsiones de un notable incremento de actividad en los años venideros ya que se consideran estratégicas para la Unión Europea.

La propuesta que se somete a consideración está en consonancia con otras propuestas similares en universidades europeas (y en menor medida españolas), y se fundamenta en la experiencia de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en titulaciones cercanas dentro del área de Ingeniería y Arquitectura, así como en el desarrollo de ingenios espaciales (cargas útiles embarcadas y sistemas completos).

En este sentido la propuesta está avalada por las titulaciones relacionadas, propias y oficiales, impartidas en la actualidad en la UPM, algunas con un largo y dilatado historial. Con esta propuesta se pretende por una parte dar continuidad a los estudios relativos a la ingeniería aeroespacial en general, y por otra establecer un nuevo marco docente en la UPM orientado a un aspecto más específico de dicha ingeniería, como es la ingeniería de sistemas espaciales, todo ello ajustándose a lo establecido en el RD 1393/2007, modificado por el Real Decreto 861/2010, de 2 de julio.

Desde los puntos de vista científico y tecnológico se trata de aprovechar la experiencia y reconocimiento nacional e internacional de IDR/UPM en el ámbito de la ingeniería de sistemas espaciales, avalados por un buen número de desarrollos para misiones del programa científico de la Agencia Europea del Espacio (European Space Agency, ESA), así como con el diseño, desarrollo, fabricación, integración, calificación y operación en órbita de sus propios ingenios espaciales (el satélite UPMSat-1, en órbita desde 1995, y el satélite UPMSat-2, cuyo lanzamiento está previsto para 2019 después de haber sido retrasado en varias ocasiones, ambos vehículos de demostración tecnológica en órbita pertenecientes a la categoría de 50 kg de masa). En la vertiente estratégica se trata de ofrecer una titulación ciertamente demandada por la industria aeroespacial de titulados con formación específica en ingeniería de sistemas, aprovechando para ello las instalaciones existentes en IDR/UPM, entre las que cabe destacar la instalación de diseño concurrente de satélites denominada *Concurrent Design Facility* (CDF), única en España y una de las pocas existentes en Europa, con sede en IDR/UPM tras la firma del acuerdo correspondiente con la Agencia Europea del Espacio.

En lo que sigue se detallan con más precisión los principales motivos que justifican la propuesta de este título, pero antes conviene aclarar algunos aspectos acerca de la relación entre el Instituto Universitario de Microgravedad "Ignacio Da Riva" y la E.T.S. de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio.

- Debe quedar claro que el máster sólo se va a impartir en un centro, pero en dos campus, no hay opción, por tanto, a dos imparticiones.
- La responsabilidad académica del título MUSE recae exclusivamente en el IDR/UPM, cuyas instalaciones docentes están integradas en la ETSIAE y son compartidas con ésta de forma coordinada, tanto en el edificio CIDA ubicado en el campus de Montegancedo, como en los otros edificios de la ETSIAE situados en el campus de Moncloa. La capacidad docente de los institutos universitarios para impartir estudios de másteres no habilitantes está reconocida tanto en las leyes estatales como, en el caso de institutos de la Universidad Politécnica de Madrid, en los estatutos de dicha universidad (Artículo 90 de los Estatutos de la UPM) y, para ello, IDR tiene garantizado el uso de recursos de la ETSIAE (aulas, biblioteca, servicios administrativos, sistema de calidad, etc.), participando en las reuniones de coordinación destinadas a la asignación de tales recursos.

El Instituto Universitario de Microgravedad "Ignacio Da Riva" de la Universidad Politécnica de Madrid

(IDR/UPM) es un centro de esta Universidad creado por resolución del Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid (Decreto 46/1997, B.O.C.M. de 31 de Marzo de 1997), que en la actualidad está adscrito a la todavía existente E.T.S.I. Aeronáuticos (ETSIA) de la Universidad Politécnica de Madrid y también a la nueva E.T.S. de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (ETSIAE). Sus instalaciones están repartidas entre el campus de Moncloa de la Ciudad Universitaria (edificios de la ETSIAE) y el Campus de Montegancedo de la UPM (edificio del Centro de Investigación y Desarrollo Aeroespacial, CIDA, también de la ETSIAE), ambos campus declarados de Excelencia Internacional. Aunque el IDR/UPM es un centro independiente, desde su creación ha estado estrechamente ligado a la escuela a la que está adscrito, compartiendo con la misma locales, laboratorios e instalaciones, y compartiendo también actividades docentes dentro de los marcos de colaboración establecidos entre ambos centros (por ejemplo los estudiantes de la ETSIA pueden hacer ciertos proyectos fin de carrera de índole espacial en el IDR/UPM, y de forma análoga los de la ETSIAE pueden hacer ciertos proyectos fin de grado en el Instituto, así como su periodo de estancia en empresas).

El Máster Universitario en Sistemas Espaciales es una iniciativa de IDR/UPM consensuada con la ETSIAE por cuanto que para su ejecución se necesitan recursos tanto de un campus como del otro. Por ejemplo, las aulas donde se impartirán las enseñanzas están en la ETSIAE (Moncloa), así como ciertos servicios como la Biblioteca (los libros que se adquieren en IDR/UPM quedan registrados y depositados en la citada Biblioteca), y de igual forma se ha acordado que exista una administración única, la de la ETSIAE, para todas las gestiones administrativas relativas a los diferentes estudios de máster que se impartirán en el entorno de la ETSIAE, sean estos responsabilidad directa de la ETSIAE o del IDR/UPM. Los laboratorios e instalaciones del IDR/UPM donde se realizarán las prácticas y actividades docentes de carácter experimental están en el edificio CIDA en Montegancedo.

Esta situación quedó reflejada en el acuerdo adoptado en la reunión ordinaria de la Comisión Gestora (precursora de la futura Junta de Escuela) de la ETSIAE, celebrada el día 16 de julio de 2013, donde se adoptó válidamente el siguiente acuerdo, del que se adjunta copia del acta correspondiente: Se aprueba informar favorablemente la inclusión del "Master Universitario en Sistemas Espaciales" en el mapa de titulaciones de la Universidad Politécnica de Madrid y su adscripción al Instituto Universitario de Microgravedad "Ignacio Da Riva". Al final del escrito donde se detallan las modificaciones y alegaciones realizadas se presenta una copia del acuerdo adoptado por la Comisión Gestora de la ETSIAE

Así pues, el Master Universitario en Sistemas Espaciales es un título único que se imparte en el IDR/UPM, si bien para la docencia se utilizan recursos tanto de la ETSIAE (aulas, biblioteca, centro de cálculo y soporte administrativo para la gestión de matrículas y de calificaciones) como del IDR/UPM (un aula para seminarios, laboratorios, instalaciones de ensayos de aplicación espacial, sala de diseño concurrente, y grupos de trabajo de proyectos espaciales en desarrollo en IDR/UPM, proyectos de aplicación en las asignaturas directamente relacionados con la modalidad de enseñanza basada en proyectos). Los edificios de Moncloa y de Montegancedo están conectados mediante una línea de autobuses de la empresa municipal de transportes (transporte público, línea 865) que discurre entre la plaza del cardenal Cisneros, que es donde se ubica la ETSIAE, y el campus de Montegancedo, con una parada situada a unos 50 m del edificio CIDA, donde está la otra sede del IDR/UPM.

El idioma para la impartición de la docencia del máster es principalmente el castellano, si bien podrán impartirse algunas clases en inglés en función de los alumnos de movilidad que sean aceptados en el master.

### 2.1.1. Experiencias docentes previas de la Universidad Politécnica de Madrid en el ámbito académico-profesional del título propuesto.

La Universidad Politécnica de Madrid ofrece o ha ofrecido entre su catálogo de estudios las siguientes titulaciones relacionadas de forma directa con este Máster:

- Titulación oficial de Ingeniero Aeronáutico, Intensificación de Aeronaves y Vehículos Espaciales (desde 2000, aunque esta titulación hunde sus raíces, con diferentes denominaciones, en el año 1928, cuando se creó la Escuela Superior Aerotécnica).

- Titulación propia de Tecnología de Sistemas Espaciales (Curso de Formación Continua) impartido en 1997-1998 y 1998-1999.
- Titulación propia Curso de Formación Continua en Navegación por Satélite impartido entre 2001 y 2010
- Titulación oficial Master Erasmus Mundus “European Master Course in Aeronautics and Space Technology”, desde el año 2005 hasta el año 2009, en colaboración con otras cuatro universidades europeas.
- Titulación oficial Máster Universitario en Ciencia e Infraestructuras Aeroespaciales, desde el año 2005, posteriormente transformado en Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica, con mención de calidad desde el año 2007.
- Titulación propia Master in Satellite Technology, desde 2010 hasta 2011.
- Titulación propia Master in Space Technology, desde 2009 hasta 2011.
- Titulación propia Máster in Satellite and Space Technology, desde 2012

Entre las titulaciones previas y actuales no hay ninguna que ofrezca una formación centrada en el diseño y desarrollo de sistemas espaciales, con especial énfasis en los vehículos espaciales; quizás la oferta más cercana a la propuesta a este máster es la intensificación de Espacio dentro del título oficial de Ingeniería Aeronáutica, aunque dicha titulación ha de desaparecer como tal con la implantación de los nuevos títulos ajustados al Plan Bolonia. Por otra parte, la definición del máster contempla contenidos más específicos, más extensos, más prácticos y avanzados que los recogidos en la mencionada intensificación de la titulación de Ingeniería Aeronáutica, y en la actual titulación de Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica con competencias profesionales debido a que las múltiples competencias profesionales implican una notable dispersión y variedad en los contenidos, ya que el plan de estudios habrá que asegurar una cierta formación en contenidos que han de cubrir todo el espectro aeroespacial: tecnologías aeroportuarias, navegación y transporte aéreo, sistemas de propulsión, aviónica, aeronaves y vehículos espaciales (con sus propias disciplinas), etcétera.

En este contexto se encuadra esta iniciativa nacida en el Instituto Universitario de Microgravedad "Ignacio Da Riva" de la Universidad Politécnica de Madrid (IDR/UPM). El Instituto, creado por resolución del Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid (Decreto 46/1997, B.O.C.M. de 31 de Marzo de 1997), es un centro orientado hacia actividades de investigación, desarrollo, innovación y formación en las áreas de las ciencias y las tecnologías aeroespaciales.

El Instituto pertenece al Parque Científico Tecnológico de la Universidad Politécnica de Madrid, con sede en el Campus de Montegancedo de dicha Universidad, y también se ubica en el Campus de la Ciudad Universitaria de Madrid, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (formada de la fusión de la E.T.S.I. Aeronáuticos y de la E.U.I.T. Aeronáutica, con las que coexistirá hasta la extinción de los planes de estudios todavía en vigor). Tanto el Campus de Montegancedo como el Campus de la Ciudad Universitaria están reconocidos como Campus de Excelencia Internacional.

Hasta ahora, la acción docente de IDR/UPM ha estado centrada en docencia de tercer ciclo (doctorado), encuadrada en el programa único de doctorado de la E.T.S.I. Aeronáuticos, donde participan algunos departamentos de la E.T.S.I.A. y el propio Instituto, así como en el título oficial de la UPM EuMAS.

Paralelamente, en IDR/UPM se ha estado desarrollando un tipo de enseñanza no oficial basada en lo que se conoce como aprendizaje basado en proyectos (*Project Based Learning*), consistente en la incorporación de estudiantes de los últimos cursos de segundo ciclo y de tercer ciclo en proyectos de un cierto carácter institucional, como fue el caso del desarrollo, construcción, ensayos, lanzamiento y operación del satélite UPMSat-1, el desarrollo de una carga útil para el satélite MINISAT, o los desarrollos de los subsistemas de control térmico y estructural de instrumentos para misiones científicas de la Agencia Europea del Espacio (ESA) y de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) de EE.UU., donde junto con estudiantes nacionales han participado otros de Francia, Alemania, Italia, Holanda, Noruega, Irán, Malasia, México, Perú y

Argentina (por ejemplo, IDR/UPM viene recibiendo con regularidad estudiantes de la Ecole Nationale Supérieure de l'Aeronautique et de l'Espace – Supaero y de otras Escuelas Superiores francesas como centro receptor para el periodo de trabajo en empresas que suelen efectuar los estudiantes de estas instituciones).

Quizás sea de interés señalar también aquí que, como se ha estipulado en 2.1, la Universidad Politécnica de Madrid, y dentro de esta universidad el Instituto IDR/UPM, ha sido elegida por la Agencia Europea del Espacio para albergar en España lo que se conoce como *Concurrent Design Facility* (CDF), un centro encuadrado en una red de centros semejantes repartidos por Europa en donde se puede acometer de forma integrada y concurrente el diseño preliminar de una misión espacial, y dentro de ella de un vehículo espacial, incluyendo todos sus subsistemas. Aunque la orientación inicial de un complejo de esta naturaleza es ofrecer a las industrias un lugar donde desarrollar de forma coordinada las primeras etapas del diseño de un ingenio espacial, esta iniciativa posee también una fuerte orientación educativa (de hecho las CDF ya existentes suelen estar ligados a universidades), y es esta aplicación docente la de mayor interés para la titulación que se propone, por cuanto los estudiantes del título podrán utilizar esta instalación ubicada en IDR/UPM para efectuar diversos ejercicios de aplicación relativos a los distintos subsistemas y también, obviamente, en el trabajo fin de máster.

### 2.1.2 Comentarios sobre la demanda potencial del título y su interés para la sociedad.

La relevancia de la actividad profesional asociada al programa de máster que se propone queda refrendada por las múltiples aplicaciones y el impacto social, económico y científico que tiene el segmento aeroespacial en la vida cotidiana, hasta el punto de poderse decir que en las sociedades desarrolladas una parte importante de los avances tecnológicos experimentados en los diferentes sectores industriales ha tenido su origen en dicho segmento.

Las actividades aeronáuticas y espaciales se consideran un factor clave en el futuro de Europa, debido sin duda al creciente número de empleos directamente relacionados con estas actividades (más de 38.000, según el informe “Facts and Figures 2015” de la Asociación de Empresas Aeroespaciales de Europa, [www.asd-europe.org](http://www.asd-europe.org)), así como a la dependencia de un amplísimo sector auxiliar compuesto en su mayoría por pequeñas y medianas empresas.

Específicamente la actividad espacial requiere el uso de tecnologías de muy alto nivel cuyo desarrollo precisa de personas de gran cualificación. Es relevante señalar que algunas empresas del sector aeroespacial invierten hasta el 30% de sus ingresos en investigación y desarrollo para poder mejorar su oferta, lo que significa que deben confiar en ingenieros excelentemente formados que sean capaces de utilizar y explotar las tecnologías más avanzadas. Se debe apuntar también que el empleo en la industria aeroespacial ha experimentado un crecimiento sostenido durante los últimos cinco años, de nuevo según el mencionado informe “Facts and Figures 2015”.

La sostenibilidad de estos factores clave está lógicamente relacionada con la capacidad para establecer y mantener un sistema de educación superior de solvencia reconocida que ofrezca una vertiente aeroespacial.

Es importante señalar que aunque una gran parte del empleo en el sector aeroespacial puede quedar cubierto con las titulaciones de grado existentes, o con las de máster de próxima implantación, en todas las empresas e instituciones del sector espacial consultadas para explorar la oportunidad y aceptación de un máster como el que se propone, se ha manifestado la necesidad de disponer de un grupo de ingenieros, quizás no muy numeroso, con una formación específica más exigente, y focalizada en el vehículo espacial como sistema, formación que en la terminología al uso en sector se suele denominar como ingenieros de diseño o ingenieros de sistemas. Con este máster se pretende dar respuesta a esa necesidad. Esto se debe al deseo de una parte importante de la industria espacial española, que tradicionalmente ha estado especializada en un subsistema concreto del vehículo, de ampliar su capacitación y ser capaz de ofrecer a sus clientes un sistema completo, convirtiéndose en integrador de sistemas. Para ello es necesario un nuevo perfil de profesional, que es precisamente el que este máster quiere formar.

### 2.1.3. Relación de la propuesta con las características socioeconómicas de la zona de

### influencia del título.

Como es sabido, hasta muy recientemente la única universidad española donde se impartía la titulación de Ingeniero Aeronáutico, donde tiene cabida una cierta intensificación de Espacio, era la Universidad Politécnica de Madrid, cuya Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos (como ya se ha dicho actualmente transformada tras su fusión con la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio), tiene su origen en la antigua Escuela Superior Aerotécnica, fundada en 1928.

Desde hace unos pocos años la carrera de ingeniero aeronáutico se puede cursar también en la Universidad de Sevilla, en la Universidad Politécnica de Cataluña, y en la Universidad Politécnica de Valencia, y dentro de la nueva organización de la docencia universitaria las enseñanzas de grado correspondientes (graduado en ingeniería aeroespacial) han iniciado ya sus andaduras en las mismas universidades, y además en las Universidades de León, en la Universidad de Vigo, en la Carlos III y Juan Carlos I de Madrid y en algunas universidades privadas ubicadas en la región de Madrid (Europea de Madrid, Alfonso X el Sabio), no habiéndose considerado en esta relación las instituciones de enseñanza universitaria que imparten grados relacionados con gestión de empresas aeronáuticas o sobre aspectos exclusivamente aeroportuarios.

Si bien la industria espacial está absolutamente globalizada, y el mercado potencial de trabajo para los egresados de este máster es cualquier lugar del mundo donde exista industria espacial, se da la circunstancia que en la Comunidad de Madrid, donde está situada la UPM, se concentra la mayor parte de los empleos potenciales en el sector espacial español. Efectivamente, aunque en los últimos años se ha producido una cierta dispersión de las industrias aeronáuticas por todo el territorio nacional, es en la Comunidad Autónoma de Madrid donde se sigue concentrando el mayor porcentaje de las mismas, porcentaje que resulta todavía mucho más acusado si se focaliza la atención en las empresas espaciales. Se debe decir que en este contexto el Instituto promotor de este máster (IDR/UPM) goza de una situación de privilegio, sin duda porque fue el centro universitario donde se diseñó, desarrolló, integró, ensayó, lanzó y operó el único satélite universitario español fabricado hasta la fecha (el UPMSat-1, puesto en órbita en julio de 1995), cuyo éxito fue posible gracias a la cooperación y ayuda del sector espacial nacional (industrias e instituciones) e internacional (principalmente la Agencia Europea del Espacio y Arianespace).

Bajo las mismas premisas académicas, aunque con un objetivo comercial más ambicioso (desarrollar una plataforma de bajo coste que sirva de vehículo de demostración tecnológica en órbita para el sector espacial nacional y europeo), actualmente se está desarrollando en IDR/UPM la plataforma UPMSat-2, un satélite también de demostración tecnológica en órbita en el que confluyen los intereses docentes y tecnológicos de la UPM con los institucionales (este proyecto es de gran interés para el Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial, CDTI, del Ministerio de Economía y Competitividad) y los industriales. Un ejemplo de este interés no académico son las cargas útiles aceptadas para vuelo en UPMSat-2, cuyo coste económico es cubierto por las empresas e instituciones responsables de las mismas:

- MTS Micro Thermal Switch. Este experimento ha sido propuesto y está siendo construido por Iberespacio (España). El objetivo del mismo es el de demostrar el funcionamiento de un interruptor térmico desarrollado por esta compañía, líder mundial en el sector, en versión miniaturizada, cuya función es conseguir evacuar el calor de un cierto componente hacia el espacio (mediante un radiador), de forma que no se supere una cierta temperatura máxima, que se puede ajustar de antemano.
- MGM Magnetómetro. Se ha llegado a un acuerdo con la empresa Bartington (Reino Unido) para probar este magnetómetro en vuelo. Se trata de medir el campo magnético terrestre con este magnetómetro experimental y comparar los resultados con otras medidas realizadas con magnetómetros cualificados y con otros sensores del subsistema de control de actitud.
- MAC Control de actitud. Este experimento forma parte de un programa interno de IDR/UPM, para desarrollar esquemas robustos de control de actitud basados en el campo magnético, para aplicar en próximos vuelos, y que se va a probar en este vuelo como experimento.
- MRAD Monitorización del efecto de la Radiación. Bajo responsabilidad de la empresa española



TECNOBIT y del Grupo de Sistemas de Tiempo Real y Arquitectura de Servicios Telemáticos (STRAST) de la UPM, se trata de observar el efecto de la dosis de radiación recibida en órbita sobre la electrónica del satélite a través de un chequeo de errores en una parte de la memoria del ordenador embarcado cada cierto intervalo de tiempo y, manteniendo el registro de las posiciones de memoria dañadas, hacer una estadística del número de daños en función del tiempo (y de ahí deducir su posición en la órbita, pues el mayor interés está en el efecto de la denominada anomalía del Atlántico Sur).

- CTM Control térmico. Este experimento forma parte de un programa interno de IDR/UPM. Se trata de obtener datos de funcionamiento del satélite y de su comportamiento térmico, para refinar los métodos de cálculo y diseño térmico en los que IDR/UPM tiene una amplia experiencia.
- SS6 Sensores solares. El Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid está desarrollando unas células solares especiales, de gran estabilidad, para emplearlas como sensores de Sol sencillos y económicos. El experimento consiste en medir la corriente generada por las mencionadas células, dispuestas sobre cada una de las caras del satélite, para determinar el ángulo que forma cada cara del satélite con la dirección del Sol. Los resultados se compararán con las medidas realizadas por los magnetómetros.
- SMA Mecanismo. La empresa ARQUIMEA (España) está preparando dos actuadores basados en aleaciones con memoria de forma (SMA, Shape Memory Alloys) para demostración en órbita de su funcionamiento. Como candidato se ha considerado el despliegue de un mástil extensible con un magnetómetro.
- RW Ruedas de reacción. La empresa SSBV (Holanda) proporciona al satélite, para probar en órbita, una rueda de reacción en miniatura, del tamaño adecuado para su aplicación en el control de actitud de pequeños satélites.
- SSX Células solares. El departamento TEC-EPG Solar Generator Section de ESTEC (European Space and Technology Center, Noordwijk, Holanda), Agencia Europea del Espacio, está preparando un conjunto de células solares de nueva tecnología que quedará instalado en una de las caras del UPMSat-2 para su prueba en órbita.
- SSS Sistema de separación. Bajo responsabilidad de Astrium CASA Espacio; se trata de un nuevo sistema de separación para satélites de entre 50 kg y 150 kg, adaptado al lanzador, que se probará en órbita con el UPMSat-2.

Además de las actividades relacionadas con los satélites, desde finales del siglo pasado IDR/UPM ha participado en diferentes misiones científicas de la Agencia Europea del Espacio, como socio tecnológico en consorcios responsables del desarrollo de instrumentos científicos embarcados en vehículos espaciales de la Agencia Europea del Espacio. En estos instrumentos IDR/UPM ha sido y es responsable del control térmico del instrumento en consideración, y últimamente también del diseño estructural. Como ejemplos de esta actividad, que implica una fuerte interacción con grupos científicos internacionales, agencias espaciales y empresas del sector, cabe citar:

- Participación en el consorcio de instituciones europeas responsables del instrumento OSIRIS, uno de los equipos embarcados en la misión Rosetta de la Agencia Europea del Espacio, lanzada en 2004, cuya finalidad es la exploración de un núcleo cometario. OSIRIS está compuesto por dos cámaras de alta resolución, y es el instrumento encargado de tomar imágenes de asteroides cuando el vehículo cruce el cinturón de asteroides, así como del núcleo del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko a lo largo de toda la misión, que se iniciará cuando Rosetta se encuentre a una distancia de más de 5 unidades astronómicas del Sol (lo que ocurrirá hacia 2014) y que durará hasta su paso por el perihelio. Dentro del consorcio científico europeo OSIRIS, la participación de IDR/UPM se ha centrado en el diseño térmico global y análisis estructural, así como aprovisionamiento de los elementos de control térmico en colaboración con CASA-Espacio. Las instituciones europeas participantes en OSIRIS son, en el consorcio científico Max-Planck-Institut für Aeronomie (Alemania), Laboratoire d'Astronomie Spatiale (Francia), Università di Padova (Italia), Instituto de Astrofísica de Andalucía (España), Uppsalaobservatoriets Nyhetstjänst (Suecia), ESA/ESTEC (Holanda), y como socios tecnológicos Technische Univ. Braunschweig (Alemania), INTA (España), e IDR/UPM (España).

- De modo análogo, IDR/UPM ha participado, también como socio tecnológico, en el proyecto SUNRISE, un telescopio embarcado en un globo estratosférico para observación solar (el primer vuelo tuvo lugar en 2009, desde Kiruna, Suecia, estando previsto otro vuelo del mismo instrumento en el año en curso). Las instituciones participantes en este proyecto son Max-Planck-Institut für Aeronomie (Alemania), Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (Alemania), High Altitude Observatory (Colorado, EE.UU.), Lockheed-Martin Solar and Astrophysics Lab. (California, EE.UU.), Instituto de Astrofísica de Canarias (España), INTA (España), e IDR/UPM (España).
- En la actualidad IDR/UPM participa con el mismo cometido respecto a los subsistemas estructural y de control térmico en el consorcio internacional responsable del instrumento NOMAD (un espectrómetro con tres canales en el infrarrojo, en el visible y en el ultravioleta), que irá embarcado en el orbitador de la misión de ESA denominada ExoMars llevada a cabo en cooperación con la agencia espacial rusa Roscosmos, cuyo objetivo es la exploración de Marte.
- IDR/UPM participa también con una responsabilidad semejante en los subsistemas estructural y de control térmico en los respectivos consorcios de los instrumentos SO/PHI (Polarimetric and Helioseismic Imager for Solar Orbiter) y EPD (Energetic Particle Detector) de la misión Solar Orbiter de ESA.

## 2.2.- REFERENTES EXTERNOS A LA UNIVERSIDAD PROPONENTE QUE AVALEN LA ADECUACIÓN DE LA PROPUESTA A CRITERIOS NACIONALES O INTERNACIONALES PARA TÍTULOS DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS

En el entorno nacional no existen demasiadas titulaciones de máster con objetivos cercanos al que se propone (ingeniería de sistemas espaciales), ni como enseñanzas oficiales ni como títulos propios, posiblemente en razón de lo reducido de la industria espacial española en comparación con otros sectores y a su marcada concentración geográfica. Los títulos donde específicamente se tratan algunos aspectos relativos a la tecnología espacial dentro de la ingeniería aeroespacial son los enumerados en el apartado 2.1.1, entre los que cabe destacar el

- Máster Universitario en Ingeniería Aeroespacial, de la Universidad Politécnica de Madrid (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos). Tal y como se ha comentado, para conferir todas las atribuciones profesionales de la ingeniería aeronáutica implica multitud de contenidos en las disciplinas de tecnologías aeroportuarias, navegación y transporte aéreo, sistemas de propulsión, aviónica, aeronaves y vehículos espaciales. Al ser cada uno de ellos extenso y multidisciplinar el temario impide focalizar los contenidos específicos de cada disciplina.

En el mismo apartado se pueden citar otros tres, si bien estos últimos están más relacionados con las aplicaciones o con la ciencia que se realiza desde el espacio:

- Máster oficial en Ciencia y Tecnología Espacial, de la Universidad del País Vasco (Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao). Se trata de un máster con dos orientaciones, una tecnológica (que facilita el acceso al doctorado en tecnologías espaciales) y otra científica (con acceso al doctorado en investigación básica). Según se declara, el objetivo es la formación en todos los ámbitos relacionados con el espacio (vehículos y naves espaciales, observatorios astronómicos, estaciones terrestres de seguimiento y control de satélites, análisis y explotación de resultados espaciales).
- Máster oficial en Ciencia y Tecnología desde el Espacio, de la Universidad de Alcalá, Madrid (Departamentos de Automática y de Física). Es un máster mixto (profesional e investigador) cuya finalidad es la formación en los campos de la investigación desde el espacio: procesos de definición, diseño y fabricación de cargas útiles de vehículos espaciales, módulos de servicio para satélites, y análisis e interpretación de datos espaciales.
- Master in Aerospace Science and Technology de la Universidad Politécnica de Cataluña (Escuela Politécnica Superior de Castelldefels, EPSC, y Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial y Aeronáutica de Tarrasa, ETSEIAT). El objetivo del máster es la formación orientada a doctorado e

investigación en el ámbito aeronáutico y espacial, e incluye fundamentos teóricos y prácticos de técnicas, metodologías y procesos para impulsar, definir y gestionar proyectos de investigación espaciales.

Otros referentes utilizados para la elaboración de la propuesta han sido el Libro Blanco del Título de Grado en Ingeniería Aeronáutica y bases de datos del consorcio EuMAS (European Master Course in Aeronautics and Space Technology), en el que la UPM participó activamente.

En el contexto internacional la situación es diferente. La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) forma parte de la red PEGASUS que agrupa a 24 universidades europeas dedicadas a la enseñanza e investigación en el terreno aeroespacial, que tienen titulaciones semejantes a la española. Las Universidades participantes en el Consorcio PEGASUS, además de la UPM, son: Technische Universitaet Delft (Holanda), Norwegian University of Science and Technology (Noruega), Royal Institute of Technology - Kungliga Tekniska Högskolan (Suecia), Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (Alemania), Technische Universität Braunschweig (Alemania), Technische Universität München (Alemania), Technische Universität Berlin (Alemania), Technische Universität Dresden (Alemania), Universität Stuttgart (Alemania), Czech Technical University in Prague (República Checa), Politecnico di Milano (Italia), Politecnico di Torino (Italia), Università di Napoli (Italia), Università di Roma (Italia), Università di Pisa (Italia), Instituto Superior Tecnico de Lisboa (Portugal), University of Glasgow (Reino Unido), Cranfield University (Reino Unido), University of Bristol (Reino Unido), Ecole National de l'Aviation Civile (Toulouse – Francia), Ecole Nationale Supérieure de l'Aeronautique et de l'Espace - Supaero (Toulouse – Francia), Ecole Nationale Supérieure d'Ingenieurs de Constructions Aeronautiques (Toulouse – Francia), Ecole Nationale Supérieure de Mecanique et d'Aerotechnique (Poitiers – Francia).

Los referentes internacionales específicos de estudios de postgrado relativos a vehículos espaciales utilizados en la elaboración de esta propuesta han sido:

- Master of Science in Aerospace Engineering, Technische Universitaet Delft (Holanda). Máster internacional cuya docencia se imparte en inglés, con una carga lectiva de 120 ECTS repartidos en dos años; en el segundo año se realiza una estancia en empresa, así como el trabajo fin de máster.
- Master of Science in Astronautics and Space Engineering, Cranfield University (Reino Unido). Con una orientación muy práctica hacia los requisitos de la industria, este máster está pensado para ser cursado en un año a tiempo completo (aunque se admiten estudios a tiempo parcial, obviamente en más años). Consta de tres partes: cursos, proyecto en grupo y trabajo fin de máster.
- Master of Science in Aeronautics and Astronautics, Massachussets Institute of Technology (EEUU). Máster especializado, después de un título de Bachelor de 4 años que capacita tanto para el acceso a la profesión con una formación de alto nivel, como para el acceso a la tesis doctoral. La carga docente es de 90 créditos, de los cuales 66 corresponden a cursos y 24 al trabajo fin de máster. Este máster se suele cursar en dos años (normalmente los cursos son en el primer año y el trabajo fin de máster en el segundo).
- Ingenieur Diplômée de Supaero, Institut Supérieur de l'Aeronautique et de l'Espace (Toulouse-Francia). Su objetivo es preparar ingenieros especializados en el sector aeroespacial. La formación de base se extiende a lo largo de dos años, y en el tercer año se eligen las opciones (aeronaves y vehículos espaciales, propulsión, espacio, adquisición y tratamiento de la información, sistemas embarcados, ingeniería y gestión de sistemas). También se ofrece la posibilidad de pasar un año de inmersión en una empresa entre el segundo y el tercer curso.
- Máster Europeo Conjunto en Ciencia Espacial y Tecnología, ofrecido por el consorcio de universidades formado por Universidad Tecnológica de Luleå (Kiruna, Suecia), Universidad Julius-Maximilians (Würzburg, Alemania), Universidad de Cranfield (Cranfield, Reino Unido), Universidad Técnica Checa (Praga, República Checa), Universidad de Aalto, Escuela de Ingeniería Eléctrica (Helsinki, Finlandia), Universidad Paul Sabatier (Toulouse, Francia), Universidad de Tokyo (Tokyo, Japón) y Universidad Estatal de Utah (Logan, EE.UU.).
- Máster en Tecnología Espacial y Exploración Planetaria de la Universidad de Surrey (Reino Unido).

## 2.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE CONSULTA INTERNOS Y EXTERNOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS

### 2.3.1.- Procedimientos de consulta internos

Esta propuesta ha sido elaborada fundamentalmente con la participación de los profesores adscritos a IDR/UPM, aunque también se ha contado con la opinión de profesores de otros Departamentos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio, participantes también en las tareas de desarrollo del segundo satélite de la Universidad Politécnica de Madrid, UPMSat-2,

Las aportaciones de los profesores han sido organizadas por los miembros de la Comisión Académica del Máster, incorporando además sugerencias de las empresas del sector espacial, de agentes institucionales (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial del Ministerio del Ministerio de Economía y Competitividad, CDTI, Agencia Europea del Espacio, ESA, Colegio Oficial de Ingenieros Aeronáuticos de España, COIAE), y de estudiantes egresados de la E.T.S.I. Aeronáuticos, sobre todo de aquellos que en el pasado fueron estudiantes colaboradores del Instituto en tareas de desarrollo espacial y que ahora ocupan cargos relevantes en el panorama espacial europeo y estadounidense, así como de los egresados más recientes implicados en el proyecto UPMSat-2.

Para ello, desde el inicio del proceso se constituyó un Consejo Consultivo de Máster formado por los miembros de la Comisión Académica del Máster y cinco coordinadores de materias. Este Consejo ha elaborado, asesorado por distintos profesores del Instituto interesados en la docencia del Máster toda la documentación necesaria para la presentación del mismo. Un primer borrador del Plan de Estudios fue presentado y discutido en reuniones abiertas a todo el profesorado del Instituto interesado en el mismo, acogiendo las propuestas efectuadas en las mismas en un primer esquema general de planificación, que posteriormente ha dado lugar a los planes de estudio de las diferentes asignaturas, donde, tras un proceso ciertamente iterativo, han quedado detallados temarios, propuestas de material didáctico y metodología docente. La presente solicitud recoge los cambios propuestos después de la experiencia de tres cursos académicos y dos promociones de egresados, que si bien mantiene la filosofía, contenidos y estructura del master, pretende mejorar la movilidad de los estudiantes y la multidisciplinariedad de los contenidos de la metodología *Project Based Learning*.

Así pues, los procedimientos de consulta internos han consistido en la celebración de reuniones entre miembros del Instituto y de los colectivos consultados (autoridades académicas de la ETSIAE, profesores de asignaturas de grado especialmente relevantes para las enseñanzas del MUSE, alumnos que colaboran en las actividades espaciales del IDR, alumnos egresados que han participado en estas actividades, alumnos egresados de las dos promociones anteriores y alumnos que están cursando actualmente el master) en donde los convocados podían expresar sus opiniones acerca de:

- la conveniencia de unos estudios de máster específicamente orientados a la ingeniería de sistemas espaciales en el entorno del IDR/UPM, así como
- fundamentar la docencia en la enseñanza basada en proyectos, permitiendo a los estudiantes seguir el desarrollo de un proyecto espacial real a través de los proyectos ligados al desarrollo de satélites UPMSat, o
- de los desarrollos tecnológicos que se llevan a cabo en IDR/UPM dentro de proyectos del programa de exploración del universo de la Agencia Espacial Europea.

Las conclusiones derivadas de este proceso de consulta fueron

- la conveniencia de que el máster tenga una duración de 2 años y 120 créditos,
- un apoyo decidido a la enseñanza basada en proyectos,
- la definición de las materias y asignaturas del plan de estudios del MUSE, y
- la distribución y organización de contenidos del plan de estudios

La propuesta final ha obtenido el respaldo del Consejo de Instituto y de la Junta de Centro.

Por otra parte, para la revisión del máster con el fin de la verificación del mismo, se ha consultado la resolución de 15 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Universidades, por la que se publican los Acuerdos de Consejo de Ministros donde se establecen las condiciones a las que deben

adecuarse los planes de estudios conducentes a la obtención de títulos que habiliten para el ejercicio de las distintas profesiones reguladas de Ingeniero y de Ingeniero Técnico (BOE de 29 de enero de 2009). Dichos acuerdos establecen las condiciones de los títulos de grado y de máster en el ámbito de la Ingeniería Técnica Aeronáutica (Orden CIN/308/2009), e Ingeniería Aeronáutica (Orden CIN/312/2009), ambas órdenes publicadas en el BOE de 9 de febrero de 2009. De esta forma se considera garantizada la compatibilidad y no solapamiento del máster propuesto con los títulos de grado y máster elaborados o que se elaboren a partir de esa normativa. Prueba de ello es el informe favorable de ANECA obtenido el 20 de Mayo de 2014

### 2.3.2.- Procedimientos de consulta externos

Las consultas externas han consistido fundamentalmente en la presentación del máster propuesto a diversos agentes externos, principalmente a empresas e instituciones colaboradoras en el proyecto UPMSat-2, bien como cooperadoras en el proceso de desarrollo o bien como suministradoras de cargas útiles, entre éstas cabe citar agentes institucionales como el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) del Ministerio de Economía y Competitividad, Agencia Europea del Espacio (ESA), Colegio Oficial de Ingenieros Aeronáuticos de España (COIAE), y empresas pertenecientes al grupo ProEspacio de TEDAE (Asociación Española de Empresas del Sector Espacial), que agrupa a a ALTER Technology Group Spain, Arquimea, DAS Photonics S.L., Elecnor DEIMOS., CRISA, ASTRIUM-CASA Espacio, GMV, GTD Sistemas de Información S.A., HISDESAT Servicios Estratégicos S.A., IBERESPACIO, INDRA Espacio, INSA, MIER Comunicaciones, NTE-SENER, RYMSA, SENER, Starlab, TECNALIA, THALES ALENIA Space España.

En resumen, los procedimientos de consulta externos han sido del todo análogos a los internos, consistiendo en la celebración de reuniones entre miembros del Instituto y de los representantes de los sectores espaciales industrial e institucional (Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Aeronáuticos de España, Director General y Director Técnico de la entonces llamada EADS Astrium CASA Espacio, Asesor del Director General de la Agencia Espacial Europea y otros destacados miembros de dicha agencia, Director de Aeronáutica, Espacio y Retornos Tecnológicos del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, CDTI, del Ministerio de Economía y Competitividad, representantes de las industrias espaciales representadas en la asociación ProEspacio-TEDAE, etc.), planteándose la conveniencia de:

- unos estudios de máster específicamente orientados a la ingeniería de sistemas espaciales, de 120 créditos, y
- en la adecuación del uso de la enseñanza basada en proyectos, tal como se hizo durante el desarrollo del satélite UPMSat-1.

La respuesta obtenida fue favorable a la propuesta en todos los casos de consulta, sin que se añadieran nuevos requisitos al MUSE.

### 3.- OBJETIVOS

#### 3.1.- OBJETIVOS Y COMPETENCIAS GENERALES DEL TÍTULO

##### 3.1.1.- Objetivos que reflejan la orientación general del título

El objetivo del máster es la formación avanzada en el ámbito de la ingeniería de sistemas espaciales. El máster debe proporcionar una formación avanzada tanto en materias fundamentales (matemáticas y mecánica), como en las relativas al vehículo espacial y su entorno de operación, tanto en lo que se refiere al segmento de vuelo como al segmento de tierra. En un sentido amplio los alumnos que cursen este máster, y de acuerdo a los requisitos establecidos en el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (R.D. 1027/2011), recibirán una formación que les permita comprender las bases científicas y tecnológicas que gobiernan la concepción y el diseño de un sistema espacial: entorno espacial, mecánica orbital, control de actitud, control térmico, lanzadores, mecanismos y estructuras espaciales, materiales, sistema de potencia, sistemas de gestión y tratamiento de datos, comunicaciones, compatibilidades, fiabilidad, etcétera, así como el proceso de integración de los diferentes subsistemas en un sistema espacial.

Para el desarrollo del curso se propone una metodología cimentada en lo que se ha dado en llamar "*Project Based Learning*", para lo que inicialmente se aprovecha como base el desarrollo del satélite UPMSat-2 de la Universidad Politécnica de Madrid, así como la experiencia real que se deriva de la participación de IDR/UPM como agente tecnológico en misiones espaciales de ESA y NASA. De este modo se pretende que, a la par que el alumno progresa en las diferentes asignaturas del programa de estudios, que participe también de forma proporcionada a sus conocimientos en el desarrollo de un ingenio espacial, desde la fase de diseño conceptual pasando por la de diseño preliminar (y en algunos subsistemas hasta la de diseño detallado), y posteriormente la fabricación, integración y verificación mediante ensayos del diseño, implicándose en las diferentes tareas que este proceso conlleva, en algunas de forma individual y en otras integrado en un grupo de trabajo.

Paralelamente el alumno habrá de realizar otras actividades cuyo objetivo es el desarrollo de otras competencias no específicas de esta área de conocimiento, pero muy necesarias para su desarrollo profesional, como son la exposición oral de ideas y argumentos mediante presentaciones en público, fomentar la capacidad de trabajar en grupo liderando o no al mismo, la capacidad de resolver problemas técnicos aplicando los conocimientos adquiridos o la realización de trabajos de análisis críticos que permitan evaluar soluciones diferentes de un problema.

Estas capacidades específicas y transversales permitirán a los egresados su incorporación a empresas y organismos del sector espacial, así como en cualquier otro tipo de empresa que requiera del diseño o gestión avanzada de sistemas y servicios complejos. Para estas actividades es de capital importancia la disponibilidad en IDR/UPM de un centro de diseño integral de vehículos espaciales patrocinado por la Agencia Europea del Espacio (*Concurrent Design Facility*), así como una avanzada instalación para la integración y ensayos en ambiente espacial.

##### 3.1.2.- Competencias generales y específicas que los estudiantes deben adquirir durante sus estudios y que son exigibles para otorgar el título

Atendiendo a los objetivos del título, y teniendo en cuenta las competencias básicas que al menos se deben contemplar para el Máster según establece el Real Decreto 861/2010, de 2 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, se garantizarán, como mínimo las siguientes competencias básicas, en el caso del Máster, y aquellas otras que figuren en el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior, MECES, establecidas en el Real Decreto 1027/2011:

##### **Competencias básicas/generales**

**CB6.** Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

- CB7.** Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8.** Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9.** Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones –y los conocimientos y razones últimas que las sustentan– a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10.** Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CB11.** Que sean capaces de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito multidisciplinar científico/investigador, tecnológico y profesional ligado a los sistemas espaciales.
- CB12.** Conocer los sistemas de calidad de aplicación a los vehículos espaciales, en particular el conjunto de normas conocidas bajo las siglas ECSS (European Cooperation for Space Standardization).
- CB13.** Conocer técnicas para trabajar en grupo, liderando, o no, el mismo.

Para la elaboración de la lista de competencias específicas del máster se han seguido las orientaciones detalladas en el documento “ANECA, Guía de Apoyo para la Elaboración de la Memoria de Verificación de Títulos Oficiales Universitarios (Grado y Máster), Documento V.04, Actualizado el 16-01-2012”, donde se recomienda que las competencias recojan dos elementos: un verbo activo y la descripción del objeto de la acción y el contexto en el que se aplica.

En el mismo documento se aporta un listado de verbos activos (de menor a mayor requerimiento intelectual), en función de sus objetivos. Algunos de estos verbos utilizados en la elaboración de la lista de competencias del máster, en el citado orden de menor a mayor, han sido:

Conocer  
Comprender  
Aplicar, calcular, establecer.  
Analizar.  
Planear, desarrollar, integrar, validar.  
Evaluar.

### **Competencias específicas**

- E01.** Aplicar los principios físicos y matemáticos avanzados y los métodos numéricos empleados en el análisis de problemas típicos de la ingeniería de sistemas espaciales. Evaluar e interpretar críticamente los resultados obtenidos con estos métodos, tanto cualitativa como cuantitativamente.
- E02.** Aplicar los métodos de análisis propios de un determinado subsistema, para verificar la adecuación del diseño del mismo.
- E03.** Conocer y comprender el entorno espacial y planetario, y su efecto en la operación de los vehículos aeroespaciales.
- E04.** Conocer los sistemas de transferencia y protección del conocimiento, los mecanismos de cooperación internacional en el ámbito espacial, y la política de I+D+i espacial a nivel nacional e internacional.

- E05.** Comprender de forma estructurada la ingeniería de sistemas espaciales y las habilidades, tecnologías y metodologías relacionadas con el desarrollo de esta disciplina.
- E06.** Conocer las etapas y procedimientos propios en el desarrollo de un programa espacial, así como las metodologías empleadas en la integración y operación de sistemas espaciales.
- E07.** Conocer las fases de diseño, desarrollo, integración, ensayos, lanzamiento y operación en órbita de un vehículo espacial.
- E08.** Analizar los mecanismos de propulsión espacial y el funcionamiento de los vehículos lanzadores.
- E09.** Analizar los requisitos de una misión o vehículo espacial y extraer especificaciones de diseño para los diferentes subsistemas a partir de dichos requisitos.
- E10.** Conocer los diferentes tipos de configuraciones de subsistemas y su relación con los distintos tipos de misión y los correspondientes requisitos, así como las relaciones entre diferentes subsistemas.
- E11.** Establecer, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso de desarrollo de un subsistema de un vehículo espacial, y también del sistema completo.
- E12.** Desarrollar los diferentes subsistemas específicos que conforman un vehículo espacial.
- E13.** Analizar los subsistemas específicos que conforman un vehículo espacial.
- E14.** Conocer los distintos tipos de ensayos ambientales, de radiación, estructurales y térmicos necesarios para verificar el diseño de una nave espacial
- E15.** Desarrollar pruebas y experimentos para valorar y validar los resultados teóricos.
- E16.** Planear, especificar, realizar y documentar un ensayo sobre un determinado subsistema espacial.
- E17.** Validar los modelos matemáticos a partir de los resultados de los correspondientes ensayos.
- E18.** Integrar los diferentes subsistemas para conformar un sistema espacial.
- E19.** Comprender las metodologías para el desarrollo e integración del segmento de tierra.
- E20.** Conocer los subsistemas embarcados de comunicaciones y de gestión y tratamiento de datos.
- E21.** Calcular estructuras espaciales con la herramienta de uso industrial Patran/Nastran.
- E22.** Calcular subsistemas de control térmico con la herramienta de uso industrial ESATAN-TMS.
- E23.** Desarrollar un trabajo de diseño de un producto propio de la ingeniería aeroespacial, utilizando eficazmente los recursos modernos de información y tecnologías, así como los recursos e infraestructuras disponibles.
- E24.** Evaluar la bondad de un determinado diseño para satisfacer los requisitos de misión.



## 4.- ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES

### 4.1.- SISTEMAS DE INFORMACIÓN PREVIA A LA MATRICULACIÓN Y PROCEDIMIENTOS ACCESIBLES DE ACOGIDA Y ORIENTACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE NUEVO INGRESO PARA FACILITAR SU INCORPORACIÓN A LA UNIVERSIDAD Y LA TITULACIÓN

#### 4.1.1. Vías y requisitos de acceso al título

Para acceder a las enseñanzas oficiales del máster será necesario estar en posesión de un título universitario oficial español de acuerdo con lo definido en el Real Decreto 1393/2007 modificado por RD 861/2010, del grado académico de Licenciado, Ingeniero o Arquitecto, otorgado por el estado español de acuerdo a legislaciones anteriores al Real Decreto citado, o de otras titulaciones equivalentes expedidas por una institución de educación superior del Espacio Europeo de Educación Superior que faculten en el país expedidor del título para el acceso a enseñanzas de Máster.

De igual forma podrán acceder los titulados conforme a sistemas educativos ajenos al Espacio Europeo de Educación Superior sin necesidad de la homologación de sus títulos, previa comprobación por la Universidad de que aquellos acreditan un nivel de formación equivalente a los correspondientes títulos universitarios oficiales españoles, y que facultan en el país expedidor del título para el acceso a enseñanzas de postgrado.

En lo que se refiere al máster en consideración, las titulaciones idóneas para el acceso son las actuales de Ingeniero Aeronáutico, y dentro del esquema de Bolonia los Graduados en Ingeniería Aeroespacial o en disciplinas afines.

#### 4.1.2. Perfil de ingreso al título

El perfil más adecuado para la asimilación de las competencias y habilidades del máster es el de ingeniero o graduado con conocimientos suficientes de diferentes aspectos relativos a la ingeniería aeronáutica y aeroespacial: álgebra, cálculo y ecuaciones diferenciales, mecánica clásica, elasticidad y resistencia de materiales, mecánica de fluidos y cálculo estructural.

Aunque las asignaturas del máster se impartirán en español, el idioma inglés será de uso habitual en el mismo, principalmente en lo relativo a la bibliografía recomendada y búsqueda de información. Asimismo, se utilizará el inglés en bastantes reuniones y seminarios específicos organizados en el contexto de la docencia del máster. En consecuencia es recomendable que el alumno posea como mínimo un nivel de competencias lingüísticas respecto al idioma inglés equivalente al B1 del Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas.

#### 4.1.3. Canales de difusión para informar a los potenciales estudiantes (sobre la titulación y sobre el proceso de matriculación)

Toda la información regulada relativa al acceso y admisión en las titulaciones que se imparten en la Universidad Politécnica de Madrid es de libre acceso para los interesados a través de la página web de la UPM, donde en la dirección

<http://www.upm.es/UPM/NormativaLegislacion/LegislacionNormativa/NormativaAlumnos>

se puede conseguir la información general sobre requisitos y vías de acceso, documento "NORMATIVA DE ACCESO Y MATRICULACIÓN (Aprobado por el Consejo de Gobierno en su sesión de 26 de abril de 2012) Curso 2012-13"

Además, la Universidad Politécnica de Madrid elabora y difunde información escrita y audiovisual sobre sus titulaciones y planes de estudios. En el caso del presente máster la información relativa al plan de estudios, perfiles de los estudiantes a que está dirigido, competencias a adquirir, etcétera, quedarán recogidas en una Guía de la Titulación, que estará a disposición de los interesados a través

de las páginas web pertinentes (la general de la universidad, la de la E.T.S.I.A.E. y la de IDR/UPM). El calendario y los aspectos relativos a la ordenación académica, que serán aprobados anualmente, se publicarán por idénticos medios.

Se ha de añadir, además, que la Universidad Politécnica de Madrid en su página web:

[http://www.upm.es/institucional/Estudiantes/Estudios\\_Titulaciones](http://www.upm.es/institucional/Estudiantes/Estudios_Titulaciones)

suministra información sobre los diferentes planes de estudios, lo que garantiza, entre otras cuestiones relacionadas con la difusión de las titulaciones, la existencia de un sistema accesible de información previa a la matriculación.

En otro orden de cosas cabe citar que la Universidad Politécnica de Madrid participa regularmente en el Salón Internacional del Estudiante y de la Oferta Educativa (AULA), organizado por Feria de Madrid con el patrocinio del Ministerio de Educación, también se organizan jornadas de puertas abiertas, si bien éstas están enfocadas a un público preuniversitario. Además, los diferentes centros de la UPM informan y asesoran a los estudiantes universitarios sobre su oferta académica de posgrado.

De modo general, hay que citar también que la Universidad Politécnica de Madrid mantiene un portal,

<http://www.upm.es/Estudiantes>

destinado a alumnos potenciales de postgrado, donde se incluye información sobre:

01. Estudios y titulaciones: estudios oficiales de grado, estudios propios de grado, estudios oficiales de máster, estudios oficiales de doctorado, estudios propios de posgrado, formación para el empleo.
02. Ordenación académica: matrícula, convalidaciones, calendario académico, carné universitario, oferta global de libre elección, convenios con otras instituciones y universidades.
03. e-edu: plataforma de tele-educación, punto de inicio, puesta a punto para estudiantes, open course ware, notas por SMS, multimedia.
04. Becas, ayudas y premios: ayudas a alumnos de doble titulación, becas, bolsa de viaje, ayudas de viaje en cooperación, seguro escolar, ayudas del consejo social, premios.
05. Movilidad: programas de intercambio, dobles titulaciones, programas nacionales, programas internacionales, lenguas para la internacionalización, coordinadores en los centros.
06. Empleo y prácticas: orientación e información de empleo (COIE).
07. Atención al alumno: alojamiento para estudiantes, tramitación de visados, seguro de asistencia, guía para estudiantes extranjeros, manuales de prevención de riesgos, apoyo y asesoramiento psicológico.
08. Cursos de verano.
09. Biblioteca universitaria
10. Defensor universitario.
11. Delegación de alumnos.
12. Asociaciones de estudiantes.
13. Servicios en red: correo electrónico, auto-matrícula, red inalámbrica, red privada virtual, politécnica virtual, otros servicios.
14. Competiciones de estudiantes.
15. Normativa y legislación.

#### 16. Administración electrónica.

Señalar también que la Universidad Politécnica de Madrid mantiene puntos de información universitaria (PIU) en todos sus centros.

Con relación a este máster los estudiantes pueden encontrar la información necesaria sobre los estudios del Máster Universitario en Sistemas Espaciales por la Universidad Politécnica de Madrid en la página web:

*<http://muse.idr.upm.es/index.php/es/>*

#### 4.1.4. Sistemas accesibles de información previa a la matriculación (procedimiento de información académica sobre la planificación del proceso de aprendizaje)

Como se detalla en el apartado anterior, la Universidad Politécnica de Madrid ha puesto a disposición de los alumnos, y en general de todos los ciudadanos, un portal que suministra información relativa a la programación docente de las distintas titulaciones ofertadas por los centros universitarios y para distintos cursos académicos.

Además de la difusión de la titulación y su orientación a través de páginas web, IDR/UPM organizará también, con carácter general, las siguientes actividades de forma regular:

- a) Charlas de orientación dirigidas a estudiantes de los grados relacionados.
- b) Jornadas de puertas abiertas donde se presenten las actividades docentes y de I+D+i de IDR/UPM.

#### 4.1.5. Sistema de acogida a los estudiantes de nuevo ingreso, específico del máster

La información previa a la matriculación se presenta en la página propia del Máster (accesible a partir de su aprobación), que contiene la información relativa al plan de estudios vigente, criterios de admisión, becas, profesores, horarios de clases y de actividades, exámenes, etcétera, y en las páginas web institucionales en las que se publica la oferta de titulaciones de máster oficial, tanto de alcance nacional (Ministerio de Educación) como autonómico.

Respecto a los procedimientos de acogida y orientación a estudiantes de nuevo ingreso, es claro que las necesidades de asistencia de los estudiantes de máster son diferentes de los que entran por primera vez en la Universidad, por lo que se realiza una presentación de la filosofía, estructura y objetivos del master organizada por el IDR/UPM y por la ETSIAE.

Teniendo en cuenta este aspecto, la mayor parte de la orientación la realizan los coordinadores del Máster, y tiene como objetivo facilitar la elección del trabajo que cada alumno ha de desarrollar a lo largo del máster que mejor se ajuste al perfil de cada estudiante, de manera que puedan obtener el máximo rendimiento; esta atención se realiza personalmente, ya que lo permite el reducido número de alumnos.

#### 4.2.-CRITERIOS DE ACCESO -CONDICIONES O PRUEBAS DE ACCESO ESPECIALES- Y ADMISIÓN

Los estudiantes serán admitidos en el máster conforme a los requisitos específicos y criterios de valoración de méritos que determinarán la adecuación de su perfil al del máster, siendo la Comisión Académica del Máster la que determine el peso relativo de cada uno de ellos y cómo se implementan en cada convocatoria.

Entre ellos estará la realización de una entrevista personal. Estos requisitos y criterios se harán públicos anualmente. La admisión a la titulación no implicará, en ningún caso, modificación alguna de los efectos académicos y, en su caso, profesionales que correspondan al título previo que posea el interesado, ni su reconocimiento a otros efectos que el de cursar enseñanzas de este máster. Por último, la admisión llevará consigo la aceptación por parte del estudiante de que la Comisión Académica del Máster supervisará los términos de su matrícula de modo que asegure la coherencia entre la formación previa del alumno y los trabajos a realizar elegidos dentro del máster, así como la secuencia de ejecución de éstos.

El perfil recomendable está definido en el apartado 4.1.2, con las condiciones estipuladas en 4.1.1. Los criterios y valoraciones a emplear para adjudicar las plazas ofertadas son los siguientes:

- Formación académica previa
- Nota media del expediente académico
- Entrevista personal

Si la demanda de candidatos para cursar el máster fuera muy superior a las plazas ofertadas, se contempla la posibilidad de efectuar una prueba de ingreso para evaluar los conocimientos de matemáticas y física de los candidatos (nivel de grado). El valor de esta prueba será la mitad del valor asignado a la entrevista personal, quedando la otra mitad para la entrevista personal propiamente dicha.

Los detalles de estos criterios son:

#### *Formación académica previa*

El máster está orientado a graduados en ingeniería aeroespacial e ingenieros aeronáuticos. Cualquier otra titulación de grado o de ingeniería será valorada por la Comisión Académica del Máster.

#### *Entrevista previa*

El propósito de la entrevista previa es el de determinar el grado de desarrollo académico, y, si fuera el caso, profesional de los aspirantes ligado a las actividades aeroespaciales. Consistirá en una entrevista personal con el estudiante en un aula en la que el interesado expondrá durante un tiempo máximo de 15 minutos los aspectos más relevantes de su expediente académico, así como de su motivación para cursar el máster. En particular, se pedirá al estudiante que destaque:

- Qué aspectos de las asignaturas cursadas en los estudios previos destacarían por su relación con la actividad aeroespacial.
- Qué pueden aportar los estudios de este Máster a su carrera profesional y personal.
- Qué asignaturas del Máster considera de mayor importancia y la razón para ello.

Terminada la exposición la Comisión Académica del Máster podrá plantear preguntas al candidato durante un tiempo máximo de 15 minutos (para preguntas y respuestas).

Para la evaluación de la entrevista los miembros de la Comisión Académica del Máster valorarán los aspectos que se indican a continuación, junto con sus criterios de ponderación (sobre una escala de 0 a 10 puntos):

- Forma de expresión y articulación de los conceptos expuestos por el aspirante: de 0 a 5 puntos.
- Grado de preparación de la entrevista en relación a los contenidos del Máster: de 0 a 5 puntos.

#### *Prueba de ingreso*

De llevarse a cabo una prueba de ingreso esta consistirá en un examen escrito con diez ejercicios de matemáticas y física a nivel de grado, que tendrá lugar en un aula de la ETSIAE señalada con la debida antelación a los candidatos, los ejercicios serán cortos, con un tiempo máximo de 15 minutos por ejercicio (150 minutos en total). En la corrección se asignará el valor 1 (uno) a los ejercicios que presenten la solución y desarrollo correctos, y 0 (cero) a los que presenten una solución o desarrollo

incorrectos.

Como también se menciona en el Apartado 5.1.3, el máster dispondrá de una Comisión Académica formada por al menos seis miembros: el director del Instituto, el secretario del Instituto y tres profesores o más, elegidos por el Consejo del Instituto entre los miembros del mismo que ejerzan funciones docentes en el máster, y un estudiante elegido entre los estudiantes matriculados en el máster por ellos mismos. La Comisión Académica nombrará de entre sus miembros un Director Académico del Máster. El nombramiento de los miembros electos de la Comisión Académica del Máster tendrá una duración de cuatro años, y sus funciones serán:

- Proponer la selección de los estudiantes que hayan solicitado acceder al Máster.
- Asignar tutores a los estudiantes admitidos.
- Coordinar la programación docente de las asignaturas y de las diferentes actividades académicas del Máster.
- Realizar la planificación docente detallada de cada edición del Máster.
- Liderar los procesos de garantía de calidad del Máster, evaluar la correcta impartición de las materias, proponiendo modificaciones que mejoren la calidad de la docencia impartida, si fuera el caso.
- Otras funciones de coordinación y dirección que le sean conferidas por Consejo del Instituto.

#### 4.3.- SISTEMAS DE APOYO Y ORIENTACIÓN DE LOS ESTUDIANTES UNA VEZ MATRICULADOS

Habida cuenta del carácter fuertemente presencial de la titulación que se propone, cada estudiante tendrá un tutor académico al que podrá solicitar orientación y aclaración sobre temas relativos a los trabajos del master basados en la metodología *Project Based Learning* de las asignaturas Caso de Estudio I, II y III y Trabajo Fin de Master (TFM) y al master en general. El coordinador del Master supervisará y apoyará a los tutores y a los alumnos del master con el fin de realizar las medidas correctoras oportunas.

En los procedimientos de acogida y orientación de los estudiantes de nuevo ingreso, que no hayan cursado estudios previos en la UPM, con el fin de facilitarles su proceso de adaptación e integración al máster, se contempla un corto programa de recepción por parte del equipo responsable del máster, donde se incluye la visita a las instalaciones experimentales, una charla informativa sobre diversos aspectos concretos del plan de estudios, formación como usuarios de recursos e infraestructuras (ejemplo, bibliotecas, aulas de informática, etc.), y presentación de tutores personales. Además, los estudiantes que no hayan cursado estudios previos en la UPM disponen de una página web (<http://www.upm.es/institucional/FuturosEstudiantes>) donde se proporciona información de interés general sobre el funcionamiento de esta universidad.

##### 4.3.1. Sistema de apoyo y orientación a los estudiantes para estudiantes extranjeros

Los alumnos extranjeros, al igual que a los nacionales, se les asigna un tutor académico asociado a las asignaturas de Caso de Estudio. Para estos estudiantes, y para los nacionales que no hayan cursado estudios previos en la UPM, existe el documento "Normativa sobre estudiantes visitantes en la Universidad Politécnica de Madrid" donde se proporciona información detallada sobre los procedimientos administrativos que deben seguir durante su estancia en la UPM (véase el apartado 5.2).

##### 4.3.2. Sistema de apoyo específico a los estudiantes con discapacidad

La Universidad Politécnica de Madrid considera que la atención a las necesidades educativas de los

estudiantes con discapacidad es un reconocimiento de los valores de la persona y de su derecho a la educación y formación superiores. Por esta razón y con los objetivos de garantizar la igualdad de oportunidades y la plena integración de los estudiantes universitarios con discapacidad en la vida académica, y promover la sensibilidad y la concienciación del resto de miembros de la comunidad universitaria, la Universidad Politécnica de Madrid, cuenta con una Unidad de Discapacidad y con una Unidad de Igualdad, cuyas funciones se recogen en el apartado en el Capítulo V, Artículos 177 y 178 de los Estatutos de la Universidad Politécnica de Madrid (Decreto 74/2010, de 21 de octubre, BOCM de 15 de noviembre). Véase también el Apartado 6.2.

#### 4.4.- SISTEMA DE TRANSFERENCIA Y RECONOCIMIENTO DE CRÉDITOS

Será de aplicación la normativa de reconocimiento y transferencia de créditos de la Universidad Politécnica de Madrid, de acuerdo a la cual la Comisión Académica del máster propondrá a la Comisión de Reconocimiento y Transferencia de la Universidad Politécnica de Madrid las medidas a tomar en relación a solicitudes de reconocimiento y transferencia de créditos.

Téngase en cuenta que en este máster no es de aplicación el apartado 6.3 de la normativa de transferencia y reconocimiento de créditos de la UPM, pues dicha normativa es para másteres habilitantes y el Máster Universitario en Sistemas Espaciales, MUSE, es una titulación no habilitante.

En este apartado se recogen las normas reguladoras del sistema de reconocimiento y transferencia de créditos, recogidas en el documento:

“Normativa de reconocimiento y transferencia de créditos de la Universidad Politécnica de Madrid (Aprobada en la reunión del Consejo de Gobierno del 31 de febrero de 2013, y sus sucesivas modificaciones)”

## 5.- PLANIFICACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS

### 5.1.- ESTRUCTURA DE LAS ENSEÑANZAS

**5.1.1.- Distribución del plan de estudios en créditos ECTS por tipo de materia** (No se pide la denominación de los cursos sino solamente la distribución de créditos. **La suma de las casillas será 120 ECTS**)

#### Distribución

Tipo de Materia	ECTS
Obligatorias	102
Optativas (indicar el número de créditos que deberá cursar el alumno)	0
Prácticas Externas (Indicar aquí sólo las consideradas obligatorias. En los másteres con orientación profesional serán obligatorias)	0
Trabajo Fin de Máster (entre 6 y 30 créditos)	18
<b>CRÉDITOS TOTALES</b> (necesarios para obtener el título)	<b>120</b>

Considérese que es un máster sin atribuciones profesionales

### 5.1.2.- Explicación general de la planificación y secuenciación temporal del plan de estudios

El plan de estudios consta de tres módulos, con un total de cinco materias, y la siguiente división en asignaturas:

Módulo	Materia	Asignatura	ECTS
1 Fundamentos y principios generales	11 Fundamentos matemáticos	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 de 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
2 Desarrollo de programas espaciales	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
3 Sistemas espaciales	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
		<b>SUMA</b>	<b>120.0</b>

Los estudios se organizan de forma que se puedan superar en dos años con dedicación completa. Las asignaturas se planifican en los cursos en la forma que se expone en la tabla siguiente, considerando la evaluación de las asignaturas como parte de su desarrollo (véase también el apartado 5.3.5 donde se presenta un diagrama con la distribución temporal de las enseñanzas).

### Distribución temporal de las enseñanzas

Sem.	Asignatura	ECTS	Total
1	111 Ampliación de matemáticas 1	6.0	28.5
	121 Entorno espacial y análisis de misión	3.0	
	211 Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos	6.0	
	123 Vibraciones y aeroacústica	4.5	
	125 Ingeniería gráfica para diseño mecánico aeroespacial	4.5	
	216 Propulsión espacial y lanzadores	4.5	
2	112 Ampliación de matemáticas 2	6.0	33
	122 Aerodinámica de altas velocidades y fenómenos de reentrada	3.0	
	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	
	311 Caso de estudio (1)	1.5	
	225 Comunicaciones	4.5	
	226 Gestión de datos	4.5	
3	221 Dinámica orbital y control de actitud	4.5	30
	124 Materiales de uso espacial	4.5	
	212 Garantía de calidad	4.5	
	214 Tecnologías de producción	4.5	
	215 Integración y ensayos	4.5	
	312 Caso de estudio (2)	7.5	
4	213 Seminario sobre industria e instituciones espaciales	1.5	28.5
	313 Caso de estudio (3)	9.0	
	321 Trabajo fin de máster	18.0	

Teniendo en cuenta que el máster está fundamentado en la enseñanza basada en proyectos (*Project Based Learning*), que requiere una presencia activa y continuada de los estudiantes en el lugar donde se imparte la docencia, no se considera necesaria la oferta de prácticas curriculares en empresas, dado que tal experiencia es adquirida a lo largo del desarrollo del máster en el entorno de IDR/UPM, si bien las asignaturas Caso de Estudio I, II y III y el Trabajo de Fin de Master podrán realizarse en empresa. Tampoco se considera conveniente que en tan corto periodo de tiempo los estudiantes puedan realizar estancias largas en otras instituciones de enseñanza universitaria (superiores a una o dos semanas) salvo en el último semestre, aunque sí se contempla la incorporación circunstancial de estudiantes de otras universidades al máster.

Abundando en el aspecto de la adquisición de competencias ligadas al desarrollo profesional, esto se realiza en este Máster a través de la metodología de enseñanza basada en proyectos directamente ligados a la actividad profesional del Instituto en el ámbito de los sistemas espaciales, que tiene como finalidad asegurar el desarrollo profesional mediante actividades realizadas en el entorno académico, enseñando a los estudiantes a desenvolverse en un entorno análogo al de la empresa (a través de la mencionada metodología de enseñanza basada en proyectos). Por tanto, no se considera necesario la inclusión de una materia obligatoria de prácticas externas, por cuanto esta formación la adquieren los alumnos en las diferentes asignaturas relacionadas con los subsistemas espaciales, y en particular con la asignatura obligatoria "Caso de estudio".

#### 5.1.3.- Mecanismos de coordinación docente

El máster dispondrá de una Comisión Académica (véase el apartado 4.2) presidida por el Director Académico del Máster, al menos otros cuatro profesores participantes y un estudiante elegido entre los estudiantes matriculados en el máster. Esta comisión será la encargada de coordinar la programación docente de las asignaturas (evitando duplicidades o solapes), fijar los seminarios que se puedan celebrar a lo largo del curso, y evaluar la correcta impartición de las materias, proponiendo



modificaciones que mejoren la calidad de la docencia impartida. Cualquier profesor o estudiante del máster podrá elevar a esta comisión las cuestiones que estime oportunas con objeto de que sean analizadas por la misma. Esta comisión se reunirá al menos una vez por semestre.

Asimismo, se celebrarán reuniones de coordinación entre los profesores de asignaturas de temática afín tanto al principio del semestre, con objeto de determinar las actividades docentes durante el mismo, como a mitad del semestre, con objeto de evaluar posibles incidencias que puedan haber ocurrido. En caso de que haya opiniones distintas sobre algún tema, la decisión final en materia de coordinación corresponderá a la Comisión Académica.

## 5.2.- PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA MOVILIDAD DE LOS ESTUDIANTES PROPIOS Y DE ACOGIDA

En este máster no se contemplan de forma directa acciones de movilidad concretas para los estudiantes matriculados en el mismo (no se contemplan, por tanto, acciones de movilidad específicas dentro del Máster), sin embargo, en caso de que se reciba alguna solicitud por parte de alumnos externos, se atenderá a los mecanismos de gestión de la movilidad establecidos en la Universidad Politécnica de Madrid. En lo que sigue se recoge la normativa pertinente (Texto aprobado en Consejo de Gobierno del 27 de febrero de 2014).

## 5.3.- DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MÓDULOS, MATERIAS Y ASIGNATURAS EN QUE SE ESTRUCTURA EL PLAN DE ESTUDIOS

### 5.3.1. Modalidades de enseñanza

Las diferentes competencias que forman el perfil formativo del alumnado que curse este Máster han de ser asignadas a las diferentes modalidades de enseñanza que se van a tener en cuenta para articular la formación necesaria para que los estudiantes adquieran los aprendizajes establecidos.

Generalmente se consideran como modalidades de enseñanza los distintos escenarios donde tienen lugar las actividades a realizar por el profesorado y el alumnado a lo largo de un curso, que se diferencian entre sí en función de los propósitos de la acción didáctica, las tareas a realizar y los recursos necesarios para su ejecución. Lógicamente diferentes modalidades de enseñanza reclaman tipos de trabajos distintos para profesores y estudiantes y exigen la utilización de herramientas metodológicas también diferentes. Estas pueden ser presenciales (aquellas que reclaman la intervención directa de profesores y alumnos), y no presenciales (actividades que los alumnos pueden realizar libremente bien de forma individual o mediante trabajo en grupo). Su selección puede responder a necesidades organizativas, espaciales, horarias y de agrupamiento.

Para el desarrollo de competencias generales y específicas el máster que se presenta se imparte desde la modalidad de enseñanza presencial, siguiendo una metodología de aprendizaje basado en proyectos (*Project Based Learning*). La adopción de este modelo se justifica por la necesidad de cambiar el enfoque docente y por el papel más activo que debe desarrollar el alumno.

El modelo de aprendizaje basado en proyectos que se propone es totalmente presencial, y en el mismo se desarrollarán diferentes actividades para cubrir las diferentes competencias de este título, eligiendo para cada asignatura las más adecuadas. Las actividades son las siguientes:

1. Clases de presentación de contenidos: la metodología de enseñanza y aprendizaje consiste en explicaciones que se desarrollan en el aula, complementadas con la realización de ejercicios o trabajos por parte de los estudiantes. Durante las explicaciones se hace uso, cuando sea necesario, de las herramientas audiovisuales e informáticas y de los equipos de laboratorio necesarios.

2. Clases prácticas guiadas: tienen como objetivo el aprendizaje de herramientas analíticas y numéricas, utilizadas para realizar las actividades prácticas de la asignatura. La metodología de enseñanza y aprendizaje sólo se diferencia de la seguida en las clases teóricas en la participación activa de los alumnos con los medios de prácticas del aula.

3. Trabajos en laboratorio: mediante el uso de las instalaciones de ensayo disponibles en IDR/UPM se pretende que los estudiantes aprendan la metodología de los ensayos térmicos y mecánicos que debe seguir un producto espacial hasta su calificación de apto para vuelo. En estos trabajos el estudiante obtiene experimentalmente, de forma individual o en grupo, los datos térmicos y mecánicos necesarios para validar los modelos de los diferentes subsistemas relativos al proyecto seleccionado, aplicando los conocimientos impartidos en las clases de presentación de contenidos. La metodología de enseñanza y aprendizaje se centra en el trabajo del estudiante, supervisado por los profesores.

4. Sesiones de presentación de trabajos: se trata de exposiciones de trabajos por parte de los estudiantes, que corresponden a trabajos individuales o en grupo propuestos en las clases teóricas o en las prácticas realizadas. La metodología de enseñanza y aprendizaje se centra en el trabajo del estudiante, supervisado por el profesor.

5. Seminarios especializados: son seminarios impartidos por profesionales de organismos institucionales o de la industria, dentro del ámbito de este máster, que presenten temas de actualidad directamente relacionados con los contenidos del máster. Estos seminarios tienen una orientación eminentemente profesional y se consideran como un apoyo al resto de actividades de las asignaturas con objeto de proporcionar una visión amplia del ámbito extra-académico.

Las fichas de las asignaturas contienen los detalles que afectan a cada una, incluyendo la relación concreta con las competencias.

### 5.3.2. Sistema de evaluación

Los sistemas de evaluación constituyen un elemento prioritario de planificación y ejecución del proceso de enseñanza-aprendizaje en cualquier modelo educativo, siendo de importancia capital que los sistemas de evaluación adoptados constituyan un aliciente para orientar y motivar el aprendizaje del alumnado. Para los estudiantes los exámenes son el elemento fundamental que orienta su trabajo, su aprendizaje, y para los docentes constituye un elemento primordial para certificar el grado en que el alumnado ha aprendido. Existe una tendencia creciente para ampliar con otras muchas facetas la evaluación del aprendizaje del alumnado, tendencia que supone una revisión exhaustiva de los sistemas de evaluación, pues centrar una formación en competencias requiere el empleo conjunto de procedimientos y herramientas evaluativas diversas.

En razón de lo dicho, la elección de las estrategias y de los procedimientos de evaluación debe realizarse desde la visión conjunta de la enseñanza y el aprendizaje, y, en cualquier caso, deberán ajustarse a la normativa de la Universidad Politécnica de Madrid, según lo estipulado en el documento "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, y disponible en:

<http://www.upm.es/institucional/UPM/NormativaLegislacion/NormativaUPM/NormativaAlumnos>

En la tabla siguiente se presenta una clasificación de los principales procedimientos y técnicas de evaluación entre los cuales un profesor debería seleccionar los que en conjunto sean más adecuados para los propósitos formativos establecidos.

Estrategias evaluativas	Descripción
1. Pruebas escritas	Estimación del nivel instructivo de un sujeto utilizando preguntas breves y concisas cuya respuesta exige un mínimo de palabras. Dentro de esta categoría se puede distinguir entre pruebas de respuesta corta y pruebas de respuesta larga, según el carácter de

	las preguntas, concretas o de carácter general.
2. Pruebas orales	Valoración de las exposiciones resultantes de la puesta en práctica de proyectos de trabajo y de diferentes tareas académicas.
3. Trabajos y proyectos	Valoración de la realización escrita de una descripción detallada de las actividades desarrolladas por el alumnado en los períodos destinados a las prácticas del master.

El sistema de calificación se regirá por lo establecido en el RD 1125/2003 de 5 de septiembre por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial (BOE número 224, de 18 de septiembre de 2003), que fija los siguientes tramos de calificación: a) 0.0 - 4.9 Suspenso; b) 5.0 - 6.9 Aprobado; c) 7.0 - 8.9 Notable; d) 9.0 - 10 Sobresaliente. La calificación literal de "Matrícula de Honor" podrá ser otorgada a los estudiantes que hayan obtenido una calificación igual o superior a 9.0, pudiéndose otorgar sólo una Matrícula de Honor por cada 20 estudiantes.

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.

### 5.3.3. Comentarios sobre la docencia basada en casos de estudio (*Project Based Learning*)

La docencia basada en el aprendizaje mediante el desarrollo de proyectos requiere una adaptación de los métodos tradicionales de enseñanza-aprendizaje, fundamentada en las lecciones magistrales, a una nueva metodología en la que deben primar el trabajo cooperativo en grupo y el seguimiento de unos procedimientos bien definidos, adaptados a la rama de la ingeniería que se esté considerando. Como en todo desarrollo de un sistema complejo desde el punto de vista técnico, la experiencia acumulada a lo largo de décadas ha dado lugar a procedimientos de trabajo con los que se pretende asegurar la trazabilidad de todos los pasos intermedios, la correcta integración de las diferentes partes del producto y otros aspectos similares que, en resumidas cuentas, garanticen la fiabilidad del producto final.

Aunque el proceso de diseño, fabricación y ensayos suele ajustarse a un cierto patrón cuyo núcleo es común a casi todas las tecnologías, cada rama de la ingeniería presenta sus propias particularidades que, normalmente, se manifiestan en una terminología propia (lo que indefectiblemente da lugar a la aparición de una nomenclatura específica que en no pocas ocasiones deviene en una jerga particularizada).

En los sistemas espaciales hay dos circunstancias que distinguen su proceso de diseño de los empleados en otras vertientes de la ingeniería. La primera surge en gran medida por el requisito de operación remota del vehículo espacial, y la segunda reside en que la definición del sistema se suele simplificar ya que sus fronteras son relativamente fáciles de definir, así como en el grado de interacción entre las diversas partes del vehículo espacial.

Para apreciar la naturaleza de sistema del vehículo espacial no es necesario profundizar excesivamente en un área determinada del diseño, pues de hecho, hasta cierto punto, ese ejercicio generaría más confusión que claridad. En este máster se han dedicado asignaturas específicas a los diferentes subsistemas de un sistema espacial, y se ha dedicado incluso una asignatura específica a describir la forma en que interaccionan los diversos subsistemas (211 Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos). Se trata ahora de ir aplicando a lo largo de tres semestres todos estos conceptos a un proyecto concreto, que en lo posible estará referido a alguno de los proyectos espaciales reales ya realizados o en curso en IDR/UPM.

Es una convicción de la Comisión Académica del título que los procesos de aprendizaje necesitan de una fase de maduración y asentamiento de los conocimientos posterior a la adquisición de los mismos, fase que resulta ser tanto más extensa en el tiempo cuanto mayor sea la complejidad del fenómeno en estudio. Por esta razón esta materia (compuesta de una única asignatura), se extiende a lo largo de prácticamente toda la duración del máster, pues de la experiencia adquirida en actuaciones previas se sabe que incluso tres semestres es un tiempo algo escaso para los fines que se pretende alcanzar. Concentrar esta materia en un único semestre sería contraproducente, pues la enseñanza basada en proyectos descansa fundamentalmente en el trabajo del alumno, de modo que,

probablemente, provocaría la saturación de los mismos. Admitida la conveniencia de una actividad docente distribuida en varios semestres, encajar esta materia en la organización temporal de las enseñanzas constituye un reto, pues se han de acomodar las diferentes tareas de la materia en consideración a las enseñanzas de las asignaturas que en cada momento se estén impartiendo en paralelo con la primera.

En esquema, lo que se pretende es que los alumnos sigan todos los pasos del proceso de diseño de un sistema espacial, desde sus orígenes en la definición del concepto de misión hasta la calificación para vuelo. Para visualizar este proceso se puede considerar una organización matricial de dos dimensiones donde, por ejemplo, en las filas se colocan las diferentes fases de desarrollo del proyecto, y en las columnas los diversos subsistemas. La nomenclatura característica de un proyecto espacial queda reflejada en la lista siguiente, donde se detallan los contenidos y también los hitos que establecen el final de cada fase y el inicio de la siguiente:

## DISEÑO Y DESARROLLO

### **Fase A: Viabilidad. Exploración del concepto. Diseño conceptual**

Requisitos de la misión y del sistema  
Estudio de alternativas. Elección de un concepto  
Planificación de actividades de las fases siguientes  
Planes de gestión, control, aseguramiento de calidad y ensayos  
Planificación de inversiones  
Estimación de presupuestos  
Disponibilidad de la tecnología

HITO: Revisión de requisitos del sistema

### **Fase B: Definición preliminar**

Análisis de los subsistemas  
Estudios de fiabilidad y seguridad  
Diseño preliminar de los subsistemas y equipos  
Definición de los modelos de ingeniería a ensayar  
Realización de ensayos de desarrollo y de modelos de ingeniería  
Estudio de la filosofía de modelos  
Ajuste definitivo de inversiones y recursos, y calendario de adquisiciones de equipos

HITO: Revisión del diseño preliminar

### **Fase C/D: Diseño detallado, fabricación y ensayos**

Definición de la configuración de vuelo  
Diseño detallado de los subsistemas, equipos y componentes  
Cierre de estudios de fiabilidad y seguridad  
Definición de interfases externas  
Fabricación, integración y ensayos de los diferentes modelos

HITOS: Entrega del modelo térmico estructural  
Revisión del diseño crítico  
Revisión de calificación  
Revisión de aceptación para transporte a la base de lanzamiento

### **FASE E: Transporte y lanzamiento**

Transporte del modelo de vuelo a la base de lanzamiento  
Ensayos de verificación  
Integración final del modelo de vuelo  
Integración en el lanzador  
Lanzamiento

HITOS: Revisión de aceptación para lanzamiento  
Lanzamiento

## OPERACIÓN

### Fase F: Operación

Comprobación de funcionamiento en órbita  
Operación por el usuario  
Mantenimiento  
Desactivación

HITOS: Suministro al cliente  
Desactivación

Para el desarrollo de la asignatura los estudiantes se agruparán en equipos dos o más personas, controladas por un tutor. Dependiendo de la fase, los diferentes grupos trabajarán en paralelo, bien de forma concertada, explorando diversas alternativas de un mismo concepto, o bien de forma autónoma, centrandó el interés en un determinado subsistema. No tendría sentido que se repitiera aquí la misma estructura de enseñanza-aprendizaje que la adoptada para las asignaturas tradicionales (fundamentalmente clases de presentación de contenidos y clases prácticas guiadas), ni, como es obvio, que se repitan las enseñanzas específicas de las diferentes materias. Más bien se trata de que los estudiantes de cada grupo trabajen conjuntamente en la tarea correspondiente empleando para ello las instalaciones propias del máster (instalación de diseño concurrente y laboratorios de ensayos de vacío-térmico y de modelado de prototipos).

Se estima que por cada hora de trabajo en la estación de diseño concurrente se deben dedicar al menos dos horas de discusión en cada grupo sobre el tema de trabajo, en sesiones dirigidas y moderadas por el tutor correspondiente, donde cada estudiante deba en primer lugar exponer las conclusiones de sus reflexiones particulares sobre el tema en consideración (obviamente avaladas por un informe técnico personal), y someterlas al análisis crítico de sus compañeros de grupo y del tutor. De este proceso se alumbrará una conclusión general del grupo que posteriormente habrá de ser contrastada con las de los otros grupos de trabajo.

### 5.3.4. Fichas de los módulos, materias y asignaturas

Como ANEXO I se adjunta, de acuerdo con los modelos diseñados al efecto, una ficha para cada Módulo, Materia y Asignatura en que se estructura la titulación.

En la tabla de la página siguiente se recoge un cuadro con la distribución temporal de las enseñanzas (análogo al presentado en 5.1.2, tabla "Distribución temporal de las enseñanzas"), y después un resumen de asignación de competencias.

### 5.3.5. Distribución temporal de las enseñanzas

En la tabla se indican las diferentes asignaturas repartidas en semestres y la carga docente asignada a cada una de ellas, así como la carga total semestral.

Sem.	Asignatura ↓	Semestre →	1º	2º	3º	4º
1	111 Ampliación de matemáticas 1		6.0			
2	112 Ampliación de matemáticas 2			6.0		
1	121 Entorno espacial y análisis de misión		3.0			
2	122 Aerodinámica de altas velocidades. y fenómenos de reentrada			3.0		
1	123 Vibraciones y aeroacústica		4.5			
3	124 Materiales de uso espacial				4.5	
1	125 Ingeniería gráfica para diseño mecánico aeroespacial		4.5			
1	211 Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos		6.0			
3	212 Garantía de calidad				4.5	
4	213 Seminario sobre industria e instituciones espaciales					1.5
3	214 Tecnologías de producción				4.5	
3	215 Integración y ensayos				4.5	
1	216 Propulsión espacial y lanzadores		4.5			
3	221 Dinámica orbital y control de actitud				4.5	
2	222 Transferencia de calor y control térmico			6.0		
2	223 Generación y gestión de potencia eléctrica			3.0		
2	224 Estructuras de uso espacial			4.5		
2	225 Comunicaciones			4.5		
2	226 Gestión de datos			4.5		
2	311 Caso de estudio (1)			1.5		
3	312 Caso de estudio (2)				7.5	
4	313 Caso de estudio (3)					9.0
4	321 Trabajo fin de máster					18.0
TOTAL			28.5	33.0	30.0	28.5

**5.3.6. Cuadro de asignaturas y competencias**

Competencia → Asignatura ↓	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
111 Ampliación de matemáticas 1	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
112 Ampliación de matemáticas 2	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
121 Entorno espacial y análisis de misión	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
122 Aerod. de altas velocidades y fenómenos reentrada	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
123 Vibraciones y aeroacústica	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
124 Materiales de uso espacial	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
125 Ingeniería gráfica para diseño mec. aeroespacial	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
211 Ingeniería de sistemas y gestión de proyectos	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
212 Garantía de calidad	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
213 Seminario sobre industria e instituciones espaciales	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
214 Tecnologías de producción	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
215 Integración y ensayos	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
216 Propulsión espacial y lanzadores	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
221 Dinámica orbital y control de actitud	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
222 Transferencia calor y control térmico	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
223 Generación y gestión de potencia eléctrica	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
224 Estructuras de uso espacial	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
225 Comunicaciones	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
226 Gestión de datos	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
311 Caso de estudio (1)	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
312 Caso de estudio (2)	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
313 Caso de estudio (3)	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
321 Trabajo fin de máster	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10	CB11	CB12	CB13	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24

## 6.- PERSONAL ACADÉMICO

### 6.1.- PROFESORADO Y OTROS RECURSOS HUMANOS NECESARIOS Y DISPONIBLES PARA LLEVAR A CABO EL PLAN DE ESTUDIOS PROPUESTO

#### 6.1.1.- Personal académico disponible

Los miembros del personal académico del máster pertenecen al área de conocimiento de Ingeniería Aeroespacial (dieciséis profesores), al área de conocimiento de Matemática Aplicada (un profesor), y al área de conocimiento de Máquinas y Motores Térmicos (un profesor). Todos menos uno poseen la titulación de doctor, y todos poseen también una amplia experiencia en las materias que imparten. (Datos curso 2014/2015)

Un amplio porcentaje de este profesorado ha formado parte de la plantilla del Programa de Doctorado con Mención de Calidad de Ingeniería Aeroespacial. Profesores de este máster que se propone han impartido docencia y formado también parte de las comisiones académicas de los títulos propios de máster de la Universidad Politécnica de Madrid "Master in Satellite Technology" y "Master in Space Technology", así como del máster oficial de la UPM "European Master Course in Aeronautics and Space Technology (EuMAS)".

En las tablas siguientes se resumen las características del profesorado del máster en función de su categoría académica, su experiencia investigadora (sexenios) y su experiencia docente (quinquenios).

Número Total de Profesores	18	Porcentaje del total
<b>Distribución según categoría académica:</b>		
Catedráticos de Universidad	8	44.4
Profesores Titulares de Universidad	6	33.3
Profesores Titulares de Universidad (interinos)	2	11.1
Profesores Titulares de Escuela Universitaria (no doctores)	1	5.6
Profesores Contratados con Título de Doctor	1	5.6
<b>Tipo de vinculación</b>		
Profesores con vinculación permanente	18	100
Profesores con vinculación parcial	-	-

#### \*Datos curso 2014/2015

##### Experiencia investigadora (sexenios)

Número de sexenios	Número de profesores	Porcentaje del total de profesores
0	3	16.7
1	5	27.7
2	2	11.1
3	2	11.1
4	2	11.1
5	3	16.7
6	1	5.6

#### \*Datos curso 2014/2015

##### Experiencia docente (quinquenios)

Número de quinquenios	Número de profesores	Porcentaje del total de profesores
0	2	11.1
1	4	22.2
2	1	5.6
3	2	11.1
4	2	11.1
5	1	5.6
6	6	33.3

#### \*Datos curso 2014/2015

No se han incluido en la anterior relación otros profesores pertenecientes al Instituto contratados por



la UPM como ayudantes, ni tampoco otros profesionales como doctores e ingenieros contratados con cargo a proyectos.

Otros indicadores de calidad no incluidos en los sexenios reconocidos (publicaciones, proyectos, contratos, patentes, etc.), son los referidos a proyectos y contratos de relevancia con empresas e instituciones, y la pertenencia a comités científicos de índole espacial.

El máster cuenta con profesores que tienen también una amplia experiencia en dirección de proyectos y contratos en el ámbito de la ingeniería aeroespacial y en gestión universitaria, lo que redundará también en beneficio de la organización general de los estudios. El número de proyectos de investigación competitivos desarrollados en el ámbito de IDR/UPM en los diez años precedentes a la solicitud del título supera los 20, de los que la mitad son proyectos relacionados con la Agencia Europea del Espacio. El número de contratos con empresas con un importe superior a 30.000 € supera los 15, siendo del orden de 130 el número de contratos con empresas con importe inferior a 30.000 €. El número de tesis doctorales dirigidas en esos diez años ha sido de 10. Estos datos se han mantenido en la misma línea en los últimos años.

Otros indicadores de interés, referidos a los cuatro años precedentes a la solicitud del título son:

Artículos en revistas indexadas en el Journal Citation Report: 36

Comunicaciones a congresos de carácter internacional: 46

También, y como ejemplo de la vinculación del profesorado con el sector espacial, en la siguiente lista se recogen los proyectos de relevancia relacionados con actividades del ámbito de la ingeniería aeroespacial, en los que participan o han participado profesores del máster.

- Microsatélite UPM Sat-1 (50 kg), calificado para vuelo en Ariane 4. Lanzado en Julio de 1995.
- Carga útil sobre acelerómetros fluidos CPLM embarcada en el satélite MINISAT 01.
- Control térmico del vehículo orbital FUEGO.
- Preparación del manual de control térmico de vehículos espaciales de la Agencia Europea del Espacio: Spacecraft Thermal Control Design Data (STCDD, ESA PSS 03-108).
- Control térmico del satélite geoestacionario DESAT.
- Experimentos de carácter educativo APIS y TEBAS realizados a bordo de la Estación Espacial Internacional (ISS) en el marco de la misión espacial Cervantes.
- Misión ROSETTA (ESA). Participación de la UPM en el instrumento OSIRIS.
- E-USOC, Centro español de asistencia a usuarios científicos de las instalaciones experimentales de la Agencia Espacial Europea embarcadas en la Estación Espacial Internacional.
- Control térmico del telescopio Sunrise, embarcado en un globo estratosférico (2009 y 2013).
- Participación del IDR/UPM en el proyecto Integración y vuelo de SUNRISE/IMAX. Fase conceptual de SOLAR ORBITER/VIM.
- Diseño preliminar de SO/PHI. Explotación científica de SUNRISE.
- Diseño térmico y estructural del instrumento EPD del satélite Solar Orbiter
- Microsatélite UPMSat-2 .

- Microsatélite LiaHé/UNION.
- Estudio de las atmósferas planetarias y cometarias. Misión EXOMARS–NOMAD, fases 1 y 2.
- Diseño detallado, fabricación e integración de SO/PHI.
- Fase A del sistema de cámaras de la misión Marco Polo.

Por último, se presenta a continuación la lista de instituciones, comités científicos y cargos relacionados con la investigación, el desarrollo y la innovación a los que han pertenecido o han ocupado miembros del cuadro de profesores del máster.

- Consejo Científico de la International Association for the Promotion of Cooperation with Scientists from the Independent States of the Former Soviet Union (INTAS), Comisión Europea.
- Consejo Científico Asesor del Programa de Microgravedad de la Agencia Europea del Espacio (ESA): Physics, Fluids and Materials Working Group (PFMWG)
- Consejo Técnico Asesor en temas espaciales, Space Advisory Group (SAG/EU), de la Comisión Europea
- Consejo Científico Asesor del Área de Microgravedad (Microgravity Processes and Science) de la International Astronautical Federation
- Consejo Científico Asesor para Nuevas Tecnologías, Central Technology Advisory Committee (CTAC), del Centro de Tecnología Espacial de la Agencia Europea del Espacio (ESA/ESTEC).
- Consejo Asesor de Ciencias Físicas y de la Vida, Life and Physical Science Advisory Committee (LPSAC) de la Agencia Europea del Espacio (ESA).
- Consejo de AECMA SME Group (Grupo de pequeñas y medianas empresas de AECMA: Asociación de Empresas Aeroespaciales de Europa).
- Gerencia del Área de Industria de Atos ODS S.A.
- Dirección General de Tegrat Ingeniería S.L.

El personal académico del máster es el mismo donde quiera que se impartan las enseñanzas programadas (edificios de la ETSIAE en el campus de Moncloa o edificio CIDA en el campus de Montegancedo). Todos los profesores tienen vinculación permanente con la Universidad Politécnica a través de ETSIAE, e imparten docencia en los estudios de graduado en ingeniería aeroespacial y, muy presumiblemente, en el máster de ingeniería aeronáutica. La carga docente del MUSE (120 créditos al año una vez se alcance el régimen estacionario) significa el 27.7 % de la capacidad docente de los profesores del máster.

La experiencia profesional del personal académico con relación al título del profesorado queda reflejada en el amplio número de proyectos de índole espacial que se desarrollan o se han desarrollado en el IDR. En los últimos años, desde un punto de vista profesional se está trabajando en el desarrollo de una plataforma de demostración tecnológica en órbita (UPMSat-2) cuyas cargas útiles son suministradas por empresas españolas y de otros países europeos. Este desarrollo ha sido declarado de interés por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), que ha admitido al UPMSat-2 como carga de pago secundaria en el lanzamiento que ha de poner en órbita el satélite español Ingenio. De igual modo se está trabajando en aspectos térmicos y estructurales de cinco instrumentos para las misiones Solar Orbiter y ExoMars de la Agencia Espacial Europea (ESA), en cooperación con diferentes consorcios internacionales. En el pasado se ha desarrollado, para la ESA

el manual oficial de la Agencia para el control térmico de vehículos espaciales (Spacecraft Thermal Design Data Handbook), y también una instalación de ensayos en microgravedad simulada empleada en los años noventa para entrenamiento de astronautas, además de haber trabajado en otras misiones, algunas ya finalizadas (Hispasat, Minisat, UPMSat-1) o a punto de finalizar (instrumento OSIRIS de la misión Rosetta).

La Agencia Europea del Espacio (European Space Agency, ESA) es un organismo que es independiente de la Unión Europea (UE) y que no coincide con la misma, pues de hecho hay países que pertenecen a ESA pero no a la UE (tal es el caso de, por ejemplo, Suiza y Canadá). La ESA funciona como un club con actividades obligatorias y a la carta. En las obligatorias los países han de participar en relación a su PIB, mientras que los programas a la carta se subscriben en función de los intereses nacionales de cada país.

El llamado programa científico, orientado a la exploración del universo, es el programa obligatorio más importante, apareciendo en la Agencia desde su acta fundacional. Dentro de este programa se configuran las misiones espaciales que patrocina la ESA, según un protocolo de selección en el que las misiones son propuestas por consorcios científicos, y tras un relativamente complejo proceso de selección las escogidas han de ser aprobadas finalmente por la Conferencia Interministerial de países miembros. El diseño de una misión espacial lleva asociado generalmente un plazo de desarrollo de años, y su ejecución puede requerir plazos todavía mayores (el viaje a los grandes planetas exteriores viene a durar unos diez años), razón por la que en la exploración espacial las decisiones han de ser tomadas con bastante antelación.

En el concepto de misión de la ESA, la Agencia es responsable del desarrollo de la nave espacial que ha de cumplirla, de su lanzamiento y posterior seguimiento y operación hasta su finalización, y este es el coste que se cubre con las aportaciones obligatorias de los diferentes países. En este esquema no están incluidas las cargas científicas que han de dar contenido a la misión, quedando el desarrollo y fabricación de éstas bajo responsabilidad de los científicos implicados.

El coste típico de un instrumento espacial suele ser de algunos millones de euros, demasiado elevado para que pueda ser cubierto por una única institución científica, lo que generalmente conduce a la formación de consorcios científicos internacionales a fin de compartir costes. En cada consorcio cabe distinguir entre los miembros científicos, interesados en los datos científicos que generará el instrumento científico en consideración, y los socios tecnológicos, cuyo trabajo es desarrollar el instrumento que ha de soportar la misión científica, participando desde la etapa de diseño conceptual hasta la de aceptación para vuelo. En este aspecto IDR/UPM es socio tecnológico en varios instrumentos de las misiones Solar Orbiter y ExoMars, siendo de su responsabilidad los subsistemas estructural y de control térmico, incluyendo en este último el suministro de hardware de vuelo.

Para que un instrumento determinado pueda entrar en competición con otros, es preciso que los diferentes grupos integrados en un cierto consorcio consigan de sus gobiernos compromisos de financiación tanto para el desarrollo y construcción del instrumento en consideración como de los costes de explotación, de modo que son los gobiernos nacionales quienes han de proveer los fondos, a través de los diferentes programas nacionales para I+D+i, para el desarrollo de la instrumentación embarcada. Se produce así la aparente paradoja de que los programas de I+D+i de carácter espacial están financiados con cargo a programas nacionales cuando en realidad son proyectos de absoluta proyección internacional.

Fuera del entorno espacial esta realidad no es muy conocida, de modo que a la hora de evaluar la actividad tecnológica e investigadora de los grupos que se mueven en este ámbito es habitual que no se considere la elevadísima proyección tecnológica internacional de estos proyectos, ya que formalmente son proyectos financiados por agencias nacionales.

La mayoría de los proyectos que se acometen en el IDR, y desde luego todos aquellos susceptibles de ser empleados en la docencia del MUSE, tienen un marcado carácter profesional, pues se trata de proyectos donde se aplican los métodos y procedimientos y regulaciones que exige la Agencia Europea del Espacio al sector espacial, sin distinción sobre si el trabajo se realiza en un entorno industrial o académico.

Todos los profesores del máster han participado en alguno o varios de los proyectos espaciales enumerados, en los que el cliente final, en la mayoría de ellos, es la mencionada Agencia. Como

ejemplo se puede decir que en 1995 el satélite UPMSat1, diseñado, construido, ensayado y puesto en órbita por el grupo promotor de lo que hoy es el IDR, obtuvo la calificación de apto para vuelo de la compañía lanzadora (Arianespace), dándose la circunstancia paradójica de que en aquel momento la UPM era la única institución española, industrial o universitaria, que había alcanzado esta calificación para un sistema espacial completo.

### 6.1.2.- Personal académico necesario (no disponible)

El Instituto IDR/UPM, y consecuentemente la Universidad Politécnica de Madrid, cuenta ya con el personal académico necesario para garantizar el desarrollo efectivo de las enseñanzas que se proponen.

### 6.1.3.- Otros recursos humanos disponibles

El máster tiene prevista la participación de profesionales para impartir charlas y participar en seminarios de corta duración (entre 1 y 2 horas) dentro de las actividades correspondientes a la asignatura etiquetada como "213. Seminario sobre industria e instituciones espaciales". Tales profesionales provienen sobre todo de las empresas del sector espacial español (institucional y empresarial) y de la Agencia Europea del Espacio, y podrían ir cambiando cada año en función de la disponibilidad de los mismos.

La Universidad Politécnica de Madrid cuenta con el Personal de Administración y Servicios (PAS) - especialmente con el destinado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio-, necesario para atender las necesidades logístico/administrativas derivadas de la impartición del título que se propone.

Especialmente se cuenta con el apoyo del personal de administración y servicios de IDR/UPM y con el apoyo del personal técnico de dicho Instituto: la persona responsable de la secretaría administrativa del Instituto (PAS, dependiente de la UPM), más las personas directamente dependientes del Instituto, todos ellos a tiempo completo: un titulado superior (responsable del sistema de garantía de calidad de IDR/UPM), dos titulados de grado medio, y dos laborales cuya misión es el mantenimiento de las instalaciones, además de colaborar en los diferentes proyectos en desarrollo.

En relación con el Personal de Administración y Servicios, la ETSIAE de la UPM tiene dotadas 191 plazas, 61 de personal funcionario y 91 contratados, y el IDR/UPM dispone de 1 funcionario y 6 contratados (estos últimos con cargo a los presupuestos del Instituto). El PAS de la ETSIAE estará involucrado directamente en las titulaciones que se imparten en los edificios de la ETSIAE, incluido el MUSE (además de participar en otras actividades relativas a las líneas de I+D+i). La distribución del PAS es

Grupo	Funcionarios	Contratados
A1	2	-
A2	7	1
B1	-	1
B2	-	9
C1	44	53
C2	8	4
C3	-	17
D	-	5

#### \*Datos curso 2014/2015

Teniendo en cuenta el número de alumnos del MUSE y el de la ETSIAE, se estima que la dedicación requerida por el MUSE (básicamente en tareas administrativas) no llega ni siquiera al 1 % de la capacidad laboral del PAS de la ETSIAE. Respecto al personal específico del IDR, su dedicación a las actividades del máster se estima en un 30 %.

#### 6.1.4.- Otros recursos humanos necesarios (no disponibles)

No se precisan.

#### 6.2.- MECANISMOS DE QUE SE DISPONE PARA ASEGURAR QUE LA CONTRATACIÓN DEL PROFESORADO Y DEL PERSONAL DE APOYO SE REALIZARÁ ATENDIENDO A LOS CRITERIOS DE IGUALDAD ENTRE HOMBRES Y MUJERES Y DE NO DISCRIMINACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD

Los mecanismos de que se dispone en este ámbito son aquéllos con los que cuenta la UPM. Estos mecanismos se describen a continuación en este apartado.

Para dar cumplimiento a la Ley Orgánica 3/2007 de 22 de marzo para la igualdad efectiva de mujeres y hombres, así como a la Ley Orgánica 4/2007 de 12 de abril por la que se modifica la Ley Orgánica de Universidades, la Universidad Politécnica de Madrid ha creado la Unidad de Igualdad, cuyo objetivo principal es favorecer políticas de igualdad de género en el seno de la UPM a través de la elaboración y puesta en marcha de un Plan de Igualdad que abarca a toda la comunidad universitaria: profesorado y personal investigador, alumnado y personal de administración y servicios.

Las funciones que tiene asignada la Unidad de Igualdad de la UPM (artículo 177 de los estatutos de la UPM) son:

- Elaborar, implantar, hacer el seguimiento y evaluar los planes de igualdad en la Universidad.
- Informar y asesorar a los órganos de gobierno de la Universidad en materia de políticas de igualdad.
- Apoyar la realización de estudios con la finalidad de promover la igualdad de género.
- Fomentar el conocimiento de la comunidad universitaria del alcance y significado del principio de igualdad mediante la formulación de propuestas de acciones formativas.

De forma análoga, en el artículo 178, relativo a la Unidad de Discapacidad se establece que

1. La Universidad contará con una Unidad de Discapacidad para el desarrollo de las funciones relacionadas con los principios de accesibilidad universal y diseño para todos en cumplimiento de la legislación vigente.

2. La Unidad de Discapacidad asumirá, entre otras, las siguientes competencias:

- a) Elaborar, implantar, hacer el seguimiento y evaluar los planes de discapacidad en la Universidad.
- b) Informar y asesorar a los órganos de gobierno de la Universidad en materia de políticas de accesibilidad universal, diseño para todos, no discriminación por discapacidad y promoción de la autonomía personal.
- c) Apoyar la realización de actividades formativas, de I+D+i y divulgativas, con la finalidad de promover los principios de accesibilidad universal, diseño para todos, integración e inclusión en la sociedad.

Además, en el Título III del Preámbulo de los Estatutos de la UPM se declara que:

La Universidad Politécnica de Madrid es una universidad pública y goza de las prerrogativas que le corresponden como tal entidad de derecho público con vinculación administrativa a la Comunidad de Madrid, en la que ejerce sus competencias en los términos de la legislación estatal sobre régimen jurídico de las administraciones públicas y del procedimiento administrativo común. En el desempeño de sus actividades, basará su gestión en los criterios de responsabilidad, publicidad, transparencia y participación, respetará, en el marco de la Constitución Española, todos los derechos, libertades e intereses legítimos de quienes dan o reciben sus servicios. Buscará para ellos la máxima calidad y una óptima prestación, y aplicará con carácter general los principios de legalidad, de eficacia, de diafanidad y de accesibilidad universal y diseño para todos, y, de modo particular para su personal, los de igualdad, mérito y capacidad en su selección, evaluación y promoción profesional, y los de eficiencia y economía en su actuación.

## 7.- RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS

### 7.1.- JUSTIFICACIÓN DE LA ADECUACIÓN DE LOS MEDIOS MATERIALES Y SERVICIOS DISPONIBLES

Para impartir el Máster, el Instituto IDR/UPM y el Centro E.T.S.I.A.E. tienen disponibles los siguientes medios:

- Aulas específicas para uso del máster, equipadas con ordenadores en red, una en la E.T.S.I.A.E. en el campus de la Ciudad Universitaria de Madrid y otra en el edificio C.I.T.A. (Centro de Investigación y Tecnología Aeroespacial en el Parque Tecnológico de Montegancedo en Pozuelo de Alarcón), donde se albergan parte de las instalaciones de IDR/UPM.
- Laboratorios de ordenadores con licencias de software de uso estándar en la industria espacial.
- Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio.
- Acceso telemático a bases de datos bibliográficas.
- Red inalámbrica para acceso a recursos telemáticos y software con licencia.
- Laboratorio de ensayos térmicos y de vacío.
- Instalación de diseño concurrente (*Concurrent Design Facility*).
- Laboratorio de diseño y fabricación de prototipos.

En lo que sigue se describen con mayor detalle algunos de estos medios

#### **Biblioteca de la E.T.S.I.A.E.**

La Biblioteca de la E.T.S.I.A.E., Biblioteca Aeronáutica, se ha consolidado como uno de los recursos fundamentales para la docencia y la investigación de este Centro.

Su capacidad y prestigio en el campo de la Ingeniería Aeroespacial es reconocido gracias a que se estructuró como servicio compartido y conjunto de la E.T.S.I. Aeronáuticos y la E.U.I.T. Aeronáutica. Además se beneficia de los recursos y servicios de la Universidad Politécnica de Madrid a través del Servicio de Biblioteca Universitaria. Por este motivo, es miembro del Consorcio Madroño (Consorcio de Universidades de la Comunidad de Madrid y de la UNED para la cooperación bibliotecaria) y de Rebiun (Red de Bibliotecas Universitarias y Científicas Españolas), entre otros.

El edificio sobre el que se asienta se estrenó en 2004 y tiene 2.373 m<sup>2</sup>. En sus diferentes salas de estudio, individual o colectivo, hay 462 puestos de lectura y 3.090 metros lineales de estanterías, de los que el 61.16 % está en libre acceso.

Su colección documental atiende tanto a la función docente (las asignaturas de los distintos programas de estudio de las diferentes titulaciones y especialidades), como a la investigadora (las líneas de trabajo desarrolladas por los departamentos e instituto de investigación). Para ello dispone de:

- 76.515 volúmenes, de los que más de 20.000 están en libre acceso y más de 15.000 son de literatura gris (Normas técnicas, Informes técnicos, Tesis Doctorales, Documentos de Trabajo, Actas, etc.).
- 23.978 microfichas, de las que más de 20.000 son documentación de la NASA.
- 608 títulos de publicaciones periódicas (en libre acceso en su totalidad) de los que 207 son de suscripción. 22.106 documentos electrónicos accesibles a través de la intranet desde cualquier

ordenador del Centro convenientemente filtrados para la protección de los derechos de copyright.

Además de la colección documental, la Biblioteca pone a disposición de los usuarios medios para la gestión de la información y el estudio. Dispone en servicio de préstamo de 23 ordenadores portátiles (HP), 12 calculadoras gráficas (HP 50g) y 10 científicas (Casio fx-579ES). Mantiene operativos 20 puestos de consulta (OPAC) así como equipos multimedia y lectores digitalizadores de microfichas. Como soporte directo a la actividad docente, dispone de dos Puntos de Apoyo a la Docencia (Puestos PAD) para la creación de contenidos digitales para la plataforma de tele-enseñanza Moodle (cada puesto está dotado de un ordenador de sobremesa, escáner con OCR, cámara fotográfica Sony DSC H2, cámara de vídeo Sony DCR-HC23E, proyector Mitsubishi Electric XD435U, etc.) y de dos puestos de videoconferencia para asignaturas de libre elección.

La Biblioteca dispone de su propio servidor web <http://aerobib.aero.upm.es>, con un motor cgi que complementa a los servicios en línea de la Universidad mediante herramientas específicas tales como el buscador de índices y tablas de contenido, catálogo de artículos (363.250 referencias bibliográficas), servicio de localización de libros mediante planos del libre acceso, etc.

### Centro de Cálculo

El Centro de Cálculo forma parte del conjunto de Servicios Generales de la E.T.S.I.A.E. y presta servicios informáticos a alumnos, profesores y personal de la misma.

El equipamiento del Centro de Cálculo y Aulas informáticas de la E.T.S.I.A.E., lo componen siete dependencias, seis de ellas accesibles a los alumnos, con un total de 243 puestos de trabajo (ordenadores) e infraestructura de apoyo al trabajo.

Las salas informáticas están abiertas para libre acceso de los alumnos de lunes a viernes 11 horas diarias, en horario de mañana y tarde. Esta disponibilidad está sujeta a modificaciones que dependen de los otros usos previstos para las salas informáticas (docencia, cursos, etc.). Los alumnos que quieran utilizar las Aulas deben solicitar una cuenta personal de usuario.

Las dependencias están organizadas de la siguiente forma:

- Sala 1. Dispone de 34 puestos. Incluye un escáner para uso de los alumnos, PC para Profesor y cañón de video-proyección para impartición de clases.
- Sala 2. Dispone de 18 puestos. Incluye PC para profesor y cañón de video-proyección para impartición de clases.
- Sala de Periféricos 3. Dispone de 5 puestos que tienen el sistema operativo Windows XP Profesional reservados para alumnos matriculados de proyecto. Incluye escáner, impresora láser en blanco y negro, impresora color de gran tirada y plotter de capacidad hasta A0 para impresión de planos.
- Sala 4. Dispone de 57 puestos. Incluye PC para profesor y cañón de video-proyección para impartición de clases; dotado de equipamiento multimedia de última generación (pizarra SMARTBOARD).
- Sala 4. Dispone en la actualidad de 71 puestos de trabajo interconectados entre sí mediante una red local..
- Sala 5. Dispone en la actualidad de 14 puestos de trabajo. Equipos de elevadas prestaciones, dedicados exclusivamente para uso del programa de diseño CATIA.
- Sala 6, que está compuesta por 25 ordenadores, que poseen una configuración básica, estando conectados a otro servidor Samba también bajo sistema operativo Linux. Durante el tiempo no ocupado por las prácticas, y si las peticiones lo requieren, este Aula es utilizada como Centro de Cálculo, ya que la demanda de uso por parte del alumnado es cada vez mayor.
- Sala 7. Cuenta con 19 ordenadores con la misma configuración que los equipos de la anterior, y está destinada en exclusiva a la realización de clases especiales y cursos.

### Laboratorio de ensayos de vacío-térmico espacial.

Este laboratorio está montado en torno a una cámara térmica de vacío para ensayos de simulación del entorno espacial. La cámara de vacío, desarrollada por Telstar, es cilíndrica y tiene 1 metro de diámetro y 1.4 metros de longitud, estando destinada a ensayos de simulación espacial y análisis del comportamiento de microsátélites y otros equipos y subsistemas espaciales, en unas condiciones de temperatura y vacío que simulan las que estos sistemas experimentan en el espacio. Este equipo se utiliza tanto para ensayos de calificación, sobre modelos de calificación que se quedan en tierra, como de aceptación de los que van al espacio exterior (modelos de vuelo).

En la cámara se puede alcanzar un nivel de vacío de  $10^{-5}$  Pa, en un rango de temperaturas que se extiende desde  $-150$  °C hasta  $+180$  °C. Estas condiciones permiten someter a los equipos y sistemas espaciales a unos niveles de esfuerzos similares a los que se experimentan en espacio, donde el satélite queda expuesto a la radiación solar, sin la protección de la atmósfera, así como a un ambiente extremadamente frío cuando entra en la sombra de la Tierra.

En el mismo entorno se dispone de una cámara limpia de clase 100000 (clase M 6.5 según la nomenclatura del SI), empleada para las tareas de montaje e integración de equipos y sistemas de uso espacial.

### **Instalación de ingeniería concurrente (*Concurrent Design Facility, CDF*).**

Se trata de un entorno integrado de diseño para aplicaciones multidisciplinares, basada en la metodología de la ingeniería concurrente. Esta instalación es el resultado del acuerdo firmado con la Agencia Europea del Espacio (ESA) en julio de 2011 para el uso con fines educativos en IDR/UPM, Universidad Politécnica de Madrid, del software desarrollado por la ESA de aplicación al diseño preliminar de vehículos y misiones espaciales.

Esta instalación, configurada de manera que permite el trabajo en modo concurrente de un equipo de ingenieros de diferentes disciplinas técnicas (la instalación admite hasta doce puestos de trabajo simultáneos), bajo la dirección de un ingeniero de sistemas o director, consta de 12 equipos informáticos de trabajo, así como un entorno audiovisual que permite la comunicación y puesta en común del trabajo de cada uno de los miembros del equipo.

Los distintos equipos informáticos están conectados entre sí y con el entorno audiovisual, lo que permite al ingeniero de sistemas controlar la información que se muestra tanto en cada una de las pantallas generales, así como en los puestos de cada miembro del equipo. La conexión entre los equipos informáticos permite también el uso compartido de aplicaciones informáticas. Sus principales características son: ingeniería concurrente a través de trabajo en equipo, integración de herramientas, datos de proyecto y participación simultánea de todos los dominios de la misión, incluyendo planificación, integración y ensayos, operaciones, costes, análisis de riesgos, CAD y simulación.

La instalación consta de un servidor y doce estaciones de trabajo, con las siguientes capacidades:

- Compartir datos y ficheros
- Gestión centralizada. Control de las sesiones
- Compartir imágenes
- Conectividad con terceros en tiempo real
- Grabación y difusión de las sesiones
- Trabajo en colaboración – ingeniería concurrente

### **Laboratorio de diseño y fabricación de prototipos**

Además de las instalaciones de ingeniería gráfica y de los talleres de fabricación existentes en la E.T.S.I.A.E., en IDR/UPM se dispone de un laboratorio propio donde acometer las tareas de ingeniería gráfica (varios ordenadores con CATIA) y un centro de producción equipado con el utillaje necesario para fabricar modelos y prototipos. En este centro se dispone, entre otros equipos (torno, taladros de columna, equipos de soldadura, etc.) de dos fresadoras con control numérico, que permiten el mecanizado de piezas con planta de hasta 80 cm de largo y de 60 cm de ancho en una, y de piezas con planta de hasta 50 cm de lado en otra.



Se dispone también de dos impresoras de tres dimensiones que se utilizan tanto para el desarrollo de prototipos en el área aeroespacial del Instituto, como para la fabricación de modelos de ensayo en otra de las áreas de actividad de IDR/UPM (ensayos en túnel aerodinámico).

Como el máster sólo se imparte en un centro, aunque en dos campus, todos los alumnos disponen de todos los medios materiales necesarios, sea en un campus o en otro.

Según la organización del máster las clases en aula se impartirán en el edificio de la ETSIAE (campus de Moncloa), mientras que las actividades prácticas tendrán lugar en el campus de Montegancedo (edificio CIDA, también de la ETSIAE). Para evitar un exceso de desplazamientos, las actividades relacionadas con los laboratorios estarán concentradas en un día de la semana.

#### 7.1.1. Criterios de accesibilidad

Véase el apartado 6.2.

#### 7.1.2. Mecanismos para realizar o garantizar la revisión y el mantenimiento de los materiales y servicios en la universidad y en las instituciones colaboradoras, así como los mecanismos para su actualización

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio dispone de un servicio centralizado de mantenimiento cuyo objetivo es mantener en perfecto estado las instalaciones y servicios existentes en el centro. A menor escala IDR/UPM también cuenta también con un equipo reducido de mantenimiento que permite solventar en corto tiempo la mayoría de las incidencias que pudieran ocurrir.

### 7.2.- PREVISIÓN DE ADQUISICIÓN DE LOS RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS NECESARIOS

No se estima que sea necesario adquirir otros recursos materiales, ni servicios, que añadir a los ya existentes para el desarrollo del máster.

## 8.- RESULTADOS PREVISTOS

### 8.1.- VALORES CUANTITATIVOS ESTIMADOS PARA LOS INDICADORES Y SU JUSTIFICACIÓN

Según se establece en el documento de ANECA “Guía de apoyo para la elaboración de la Memoria de verificación de títulos oficiales universitarios (Grado y Máster). Última actualización 16-01-2012”, se ha de aportar una estimación de ciertos indicadores relacionados con los resultados previstos del título, justificando dicha estimación a partir del perfil de ingreso recomendado, el tipo de estudiantes que acceden al plan de estudios, y otros elementos del contexto que se consideren apropiados.

En el caso de títulos nuevos o no presentes en el antiguo catálogo oficial de títulos se pueden utilizar valores procedentes de otras universidades nacionales o internacionales o de otros títulos de la misma rama de conocimiento.

Los indicadores a evaluar son:

**Tasa de Graduación:** porcentaje de estudiantes que finalizan la enseñanza en el tiempo previsto en el plan de estudios o en un año académico más en relación con su cohorte de entrada.

**Tasa de Abandono:** relación porcentual entre el número total de estudiantes de una cohorte de nuevo ingreso que debieron obtener el Título el año académico anterior y que no se han matriculado ni en ese año académico ni en el anterior.

**Tasa de eficiencia:** relación porcentual entre el número total de créditos teóricos del plan de estudios a los que debieron haberse matriculado a lo largo de sus estudios el conjunto de estudiantes graduados en un determinado curso académico y el número total de créditos en los que realmente se han matriculado.

#### 8.1.1.- Indicadores obligatorios

Los indicadores obligatorios estimados, definidos en 8.1 son:

Indicador	Valor estimado
Tasa de Graduación	80 %
Tasa de Abandono	20 %
Tasa de Eficiencia	85 %

No se ha previsto el uso de otros indicadores distintos de los obligatorios.

#### 8.1.2.- Justificación de las estimaciones de tasas de graduación, eficiencia y abandono, así como del resto de los indicadores definidos

La estimación de las tasas de graduación y de abandono se ha hecho considerando los resultados de la titulación oficial de Ingeniero Aeronáutico, Intensificación de Aeronaves y Vehículos Espaciales, así como los estudios de Máster en Ingeniería Aeronáutica que actualmente se imparten en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid, titulaciones que si bien están fundamentalmente orientadas hacia la ingeniería aeronáutica, guardan cierta similitud con la titulación que se propone. Se ha tenido en cuenta también que los criterios de admisión, la metodología docente a seguir en el plan de estudios que se propone, con un número ciertamente limitado de alumnos, y un plan de actividades prácticamente personalizado que facilita el seguimiento individual de cada uno de ellos, permitirá alcanzar la alta tasa de graduación estimada.

Así pues, dado que el máster es nuevo y no se tienen datos previos de enseñanzas totalmente semejantes, se han utilizado los datos de los últimos cinco años de las titulaciones citadas, corregidos para tener en cuenta que la enseñanza en el MUSE es bastante más personalizada y controlada.

## 8.2.- PROCEDIMIENTO GENERAL PARA VALORAR EL PROGRESO Y LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES

La regulación del procedimiento a seguir en la Universidad de Politécnica de Madrid para la valoración del progreso y los resultados del aprendizaje de los estudiantes, con carácter general, se contempla en el documento “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)”, disponible en:

<http://www.upm.es/institucional/UPM/NormativaLegislacion/NormativaUPM/NormativaAlumnos>

El citado documento contiene 64 artículos, estructurados en 8 Títulos, cuyo contenido se resume a continuación.

Los seis primeros títulos de este texto se han redactado para que formen el cuerpo normativo referido a titulaciones que sean impartidas por profesorado de un único Centro y teniendo en cuenta las competencias que estatutariamente se le asignan a las Juntas de Centro, a las Comisiones de Ordenación Académica de Centro, a las Direcciones o Decanatos, a las Subdirecciones o Vicedecanatos encargados de la Jefatura de Estudios, a los Consejos de Departamento, y en general a los Órganos de Gobierno y Comisiones Académicas que intervienen en los procesos de evaluación. En los dos últimos títulos se aborda, respectivamente, la adaptación de lo anterior a los casos de titulaciones de Máster Universitario y a las titulaciones con planes de estudio intercentros.

El Título I, *Preliminar*, está formado por tres Capítulos y además de enmarcar los procesos de evaluación y los objetivos de esta normativa, introduce los instrumentos que darán soporte a los procesos de evaluación. Así en el primer Capítulo, *Disposiciones Generales*, se definen los objetivos de la normativa y el ámbito de aplicación de la misma. El Capítulo 2º define y asigna funciones a la Comisión de Coordinación Académica de Curso y el Capítulo 3º se destina a los tribunales de evaluación de asignaturas, prácticas externas, trabajos fin de grado o máster, comisiones de reclamaciones y tribunales de evaluación curricular.

El Título II, *Del Plan Semestral Docente y del Plan Semestral de Evaluación*, se estructura en dos capítulos y recoge las disposiciones para realizar, dentro del calendario que el Consejo de Gobierno acuerde para cada curso académico, cómo elaborar en cada titulación la planificación de todas las actividades de evaluación y cómo se debe informar de ello a los estudiantes con antelación a la apertura del periodo de matrícula en el que se aplicarán los sistemas de evaluación correspondientes.

El Título III, *Sistemas de Evaluación*, se compone de seis Capítulos y en ellos se detallan los procesos de evaluación de las distintas actividades formativas de los planes de estudio. El Capítulo 1º se destina a la evaluación en asignaturas o materias asignadas a Departamentos. Los Capítulos 2º, 3º y 5º se regula la evaluación de prácticas internas, estancias en el extranjero y los trabajos fin de grado o máster. El capítulo 4º regula el reconocimiento de créditos obtenidos por actividades culturales, deportivas, de cooperación y de representación. El último capítulo de este título se dedica a regular los sistemas de evaluación curricular.

El Título IV, *De las pruebas de evaluación y la calificación*, reúne en los tres capítulos que lo componen, las disposiciones por las que se debe regular el desarrollo de las pruebas de evaluación, la comunicación de los resultados, la custodia de los ejercicios y la revisión y, en su caso, reclamación de las calificaciones.

El título V, *Del seguimiento de las actividades de evaluación y los resultados académicos*, define las tasas de eficiencia, éxito y abandono anual por asignatura y dispone que las Juntas de Centro fijen valores mínimos para las tasas de eficiencia, acordes con las tasas que se establecieron en las

memorias de verificación de los planes de estudio. Asimismo establece la forma de proceder para seguir los resultados académicos.

El Título VI, *Calificación media final del alumno*, establece cómo asignar a cada estudiante una calificación global al finalizar sus estudios.

El Título VII, *Aspectos específicos para la evaluación en estudios de Máster Universitario*, adapta al caso de los estudios de máster universitario que no conduzcan a profesiones reguladas lo dispuesto en los títulos anteriores.

Finalmente el Título VIII, *Aspectos específicos para la evaluación en titulaciones con Planes de Estudio Intercentros*, adapta la normativa de evaluación a las singularidades que presentan aquellas titulaciones cuyo Plan de Estudios prevé la participación de profesorado de distintos Centros de la Universidad.

Con relación a los estudios de máster universitario que no conduzcan a profesiones reguladas, el Título VII establece:

## TÍTULO VII

### ***Aspectos específicos para la evaluación en estudios de Máster Universitario***

#### **Artículo 60. De las titulaciones de Máster Universitario que no tienen especificidades de evaluación.**

Será de aplicación todo lo dispuesto en los artículos anteriores de esta normativa para las titulaciones de Máster Universitario que habiliten para ejercer las profesiones de:

- Arquitecto.
- Ingeniero Aeronáutico.
- Ingeniero Agrónomo.
- Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
- Ingeniero Industrial.
- Ingeniero de Minas.
- Ingeniero de Montes.
- Ingeniero Naval
- Ingeniero de Telecomunicación

así como para el Máster Universitario de Ingeniería Informática.

#### **Artículo 61. De las Comisiones de Coordinación Académica de Curso en titulaciones de Máster Universitario**

Para las titulaciones de Máster Universitario no citadas en el artículo anterior, la Comisión Académica del Máster asumirá las tareas que se asignan en esta Normativa a las Comisiones de Coordinación Académica de Curso.

**Artículo 62. Sobre los tribunales en las titulaciones de Máster Interuniversitario.** En los másteres universitarios los tribunales de evaluación y Comisiones Asesoras de Reclamaciones que se deben designar se atenderán a lo dispuesto en esta Normativa con las siguientes excepciones:

a. Cuando en algunas asignaturas o materias del máster universitario intervengan profesores o investigadores de otras instituciones de educación superior, y siempre que en la memoria del Plan de Estudios de la titulación que fue verificada por el Consejo de Universidades figurase la participación de profesorado ajeno a la UPM en el correspondiente Máster Universitario, se nombrarán los mismos tribunales y comisiones recogidos en artículos anteriores de esta normativa, con las mismas funciones que se les asigna en ellos, pero permitiéndose que todos o parte de los miembros del tribunal sean profesores o personal investigador no perteneciente a la UPM y que intervenga en la docencia de la asignatura correspondiente. Este personal ajeno a la UPM también podrá formar parte de las comisiones de reclamaciones que se establezcan para el máster, siempre que adquiera el compromiso de actuar conforme a lo previsto en esta normativa.

b. En los títulos de Máster Universitario e Interuniversitario que se desarrollen con otras instituciones y que se regulen mediante convenios específicos aprobados por el Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Madrid, se estará a lo que en dichos convenios se disponga expresamente

sobre los procedimientos de evaluación, siendo de aplicación, salvo que el convenio indique lo contrario, lo previsto en esta normativa para todas aquellas asignaturas y actividades formativas que se impartan en la UPM.

**Artículo 63. Sobre el reconocimiento de créditos por actividades culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación en las titulaciones de Máster Universitario.**

1. Para las titulaciones de Máster Universitario que se citan en el artículo 60 de esta Normativa, será aplicable el artículo 30 de esta normativa si bien el número de créditos reconocibles en cada titulación por actividades culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación estará sujeto a lo que se determine en la correspondiente memoria del Plan de Estudios que haya sido verificada por el Consejo de Universidades.

2. Para los másteres universitarios no recogidos en el artículo 60 de esta normativa, se podrán reconocer actividades culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación según lo que se disponga en la memoria del Plan de Estudios que haya sido verificada por el Consejo de Universidades. En el caso de que existan créditos reconocibles por estas actividades, la Comisión Académica del título elaborará y difundirá el Catálogo de Actividades reconocibles, en el que deberán figurar las actividades que son susceptibles de reconocimiento, los créditos con los que se podrían reconocer y los procesos de reconocimiento que correspondan para ello.

**Artículo 64. Sobre los sistemas de evaluación en las titulaciones de Máster Universitario con orientación investigadora**

No obstante lo dispuesto con carácter general en el artículo 19 de esta normativa, en las titulaciones de Máster Universitario con orientación investigadora, y cuando la naturaleza de las correspondientes asignaturas así lo justifique, la Comisión de Coordinación Académica del Máster podrá acordar la implantación exclusiva de sistemas de evaluación continua a como único sistema de evaluación correspondiente a la convocatoria ordinaria de la asignatura.

## 9.- SISTEMA DE GARANTÍA DE CALIDAD

### 9.1. RESPONSABLES DEL SISTEMA DE GARANTÍA DE LA CALIDAD DEL PLAN DE ESTUDIOS

Dado que el Instituto Universitario de Microgravedad “Ignacio Da Riva” de la Universidad Politécnica de Madrid está adscrito a la E.T.S.I. Aeronáuticos, y consecuentemente a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio, como manual de garantía de calidad de la titulación de Máster Universitario de Sistemas Espaciales por la Universidad Politécnica de Madrid (MUSE/UPM) se ha adoptado el de la E.T.S.I.A.E.: “Manual de Calidad de la Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid, de noviembre de 2009”, acogido al marco general de Garantía de Calidad de la UPM, que recibió una evaluación positiva en la convocatoria del año 2008.

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio, forma parte de la Comisión de Coordinación de la Calidad de la UPM, creada el 21 de diciembre de 2006. Ambos Centros llevaron a cabo, también, sus procesos de evaluación, siguiendo los Programas de Evaluación Institucional establecidos por la ANECA.

Siguiendo lo establecido en el citado documento, apartado 9.3. Responsables del sistema de calidad del plan de estudios, el órgano, unidades y personas responsables de gestionar, coordinar y realizar el seguimiento del Sistema Interno de Garantía de Calidad de la titulación son el Director del Centro y la Unidad de Calidad, compuesta por la Comisión de calidad, el Subdirector de calidad, las Comisiones de apoyo y el Administrador del Centro.

El Director del Centro, como responsable del Procedimiento, Revisión del Sistema Interno de Garantía de Calidad (Procedimientos del Sistema de Garantía de Calidad. Procedimientos Estratégicos. ES/1.1/001 Revisión del Sistema Interno de Garantía de Calidad), encarga la gestión, coordinación y seguimiento del SIGC al Subdirector de calidad. La Unidad de Calidad, en concreto la Comisión de Calidad, da el visto bueno a todas las revisiones que se realicen y reporta la información al Consejo de Instituto, máximo órgano representativo de los distintos grupos de interés que lo conforman. El Administrador del Centro, como máximo órgano gestor en la escala administrativa, lleva a cabo las tareas de gestión del SIGC, apoyado y en colaboración con las Comisiones de Apoyo para temas concretos, creadas “ad hoc” por el Subdirector de calidad.

En el Anexo II se presenta el documento “Manual de Calidad de la Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid”. Esta información se encuentra disponible también en

<http://www.aero.upm.es/etsia/mejora.htm>

### 9.2. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DE LA ENSEÑANZA Y EL PROFESORADO

Son los recogidos en el documento “Manual de Calidad de la Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid” (Anexo II), que se citan a continuación:

#### PROCEDIMIENTOS ESTRATÉGICOS

ES/2/003 Revisión de Resultados y Mejora de los Programas formativos

#### PROCEDIMIENTOS SOPORTE

SO/1/002 Formación del PDI y del PAS

SO/1/003 Evaluación, Promoción y Reconocimiento del PDI y del PAS

SO/1/004 Movilidad del PDI y del PAS

### 9.3. PROCEDIMIENTOS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DE LAS PRÁCTICAS EXTERNAS Y LOS PROGRAMAS DE MOVILIDAD

No ha lugar, pues en la titulación no se contemplan prácticas externas.

#### 9.4. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE LA INSERCIÓN LABORAL DE LOS GRADUADOS Y DE LA SATISFACCIÓN CON LA FORMACIÓN RECIBIDA E INCIDENCIA EN LA REVISIÓN Y MEJORA DEL TÍTULO.

Son los recogidos en el documento “Manual de Calidad de la Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid” (Anexo II), que se citan a continuación:

##### PROCEDIMIENTOS CLAVE

CL/2.5/002 Inserción Laboral

CL/2.5/003 Seguimiento de egresados

#### 9.5. PROCEDIMIENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LA SATISFACCIÓN DE LOS DISTINTOS COLECTIVOS IMPLICADOS Y DE ATENCIÓN A LAS SUGERENCIAS Y RECLAMACIONES.

Son los recogidos en el documento “Manual de Calidad de la Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid” (Anexo II), que se citan a continuación:

##### PROCEDIMIENTOS SOPORTE

SO/5/001 Gestión de Incidencias, Reclamaciones y Sugerencias

SO/4 Encuestas de Satisfacción

#### 9.6. CRITERIOS DE EXTINCIÓN DEL TÍTULO

Están recogidos en el documento “Manual de Calidad de la Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid” (Anexo II), en el procedimiento:

##### PROCEDIMIENTOS ESTRATÉGICOS

ES/2/006 Extinción de Planes de Estudio conducentes a Títulos Oficiales

#### 9.7. INFORMACIÓN SOBRE EL DESARROLLO DEL TÍTULO

Hay varios procedimientos sobre el desarrollo del título dentro del “Manual de Calidad de la Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid” (Anexo II), siendo los más relevantes:

##### PROCEDIMIENTOS ESTRATÉGICOS

ES/2/002 Verificación de Nuevos títulos Oficiales.

ES/2/003 Revisión de Resultados y Mejora de los Programas formativos

ES/2/004 Publicación de Información sobre las Titulaciones que imparte el Centro

## 10. CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN

### 10.1. CRONOGRAMA DE IMPLANTACIÓN DEL TÍTULO.

La implantación del plan de estudios propuesto en la presente memoria se realizará de forma progresiva (curso a curso). Considerando que este nuevo plan de estudios se organiza en dos cursos académicos -, , se propone el siguiente calendario de implantación:

Curso	Año académico
Primero	2018/2019
Segundo	2019/2020

Se considera que las modificaciones son menores frente al anterior plan de estudios, ya que lo que se pretende es una distribución y organización más adecuada de los contenidos, lo que permite fácilmente cursarlas durante el periodo de transición buscando un horario de acomodo. Además, se estudiarán facilidades para que los alumnos puedan seguir de forma efectiva las asignaturas durante el curso de implantación.

Los cambios respecto al anterior plan de estudios son los siguientes:

- Las asignaturas Comunicaciones y Gestión de datos pasan del cuarto semestre al segundo con el propósito de incluir su temática en los casos de estudio II y III
- La asignatura Seminario sobre industria e instituciones espaciales pasa del primer al cuarto semestre para un mejor aprovechamiento del contenido y favorecer el networking
- Las asignaturas Aerodinámica de altas velocidades y fenómenos de reentrada, Generación y Gestión de Potencia eléctrica, Estructuras de uso espacial y Caso de Estudio I reducen su carga a docente para adecuarla al plan de estudios
- La asignatura Caso de Estudio III y el TFM amplían su carga docente para una mejor implantación de la metodología *Project Based Learning* y para adecuarla al plan de estudios

### 10.2. ADAPTACIÓN DE LOS ESTUDIANTES PROCEDENTES DE LOS PLANES DE ESTUDIOS PREEXISTENTES

Para los cambios anteriores, se proponen las siguientes medidas de adaptación:

- Las asignaturas Comunicaciones, Gestión de datos y Seminario sobre industria e instituciones espaciales se convalidarían inmediatamente, al mantener temario, contenidos y carga docente
- Las asignaturas Aerodinámica de altas velocidades y fenómenos de reentrada, Generación y Gestión de Potencia eléctrica, Estructuras de uso espacial y Caso de Estudio I también se convalidarían de forma inmediata, al haber reducido la carga docente
- El resto de los casos serán evaluados individualmente por la comisión académica

### 10.3. ENSEÑANZAS QUE SE EXTINGUEN

El plan de estudios anterior, que quedaría sustituido por el presente.



## ANEXO I

# FICHAS DE MÓDULOS, MATERIAS Y ASIGNATURAS

## 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.

<b>Categoría</b>	<b>Elemento</b>	<b>Página</b>
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

<b>Denominación del módulo</b>	1 Fundamentos y principios generales
<b>Número de créditos ECTS</b>	31.5
<b>Ubicación temporal</b>	Primer, segundo y tercer semestres
<b>Carácter</b> (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

<b>Denominación del módulo</b>	2 Desarrollo de programas espaciales
<b>Número de créditos ECTS</b>	52.5
<b>Ubicación temporal</b>	primero, segundo, tercero y cuarto semestres
<b>Carácter</b> (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

<b>Denominación del módulo</b>	3 Sistemas espaciales
<b>Número de créditos ECTS</b>	36.0
<b>Ubicación temporal</b>	Segundo, tercero y cuarto semestre
<b>Carácter</b> (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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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