



## GUÍA DE APRENDIZAJE

**CURSO 2017/18**

### ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA
2. CONOCIMIENTOS PREVIOS
3. COMPETENCIAS
4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE
5. PROFESORADO
6. PROGRAMA
7. PLAN DE TRABAJO
8. SISTEMA DE EVALUACIÓN
9. RECURSOS DIDÁCTICOS
10. OTRA INFORMACIÓN

## PLAN 14IB – MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA

**Código** 143003022

**Asignatura** ASTRODINÁMICA Y DINÁMICA DE ACTITUD

**Nombre en Inglés** ASTRODYNAMICS AND ATTITUDE DYNAMICS

**Módulo** «VEHICULOS ESPACIALES»

**Idiomas** «ESPAÑOL/INGLES»

<b>Curso</b>	2º
<b>Semestre</b>	TERCERO
<b>Carácter</b>	OBLIGATORIA
<b>Créditos</b>	6 ECTS

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

Los contenidos de la asignatura se resumen perfectamente en el nombre: Astrodinámica y Dinámica de Actitud

## 2. CONOCIMIENTOS PREVIOS

### a) CONOCIMIENTOS PREVIOS NECESARIOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

**Asignaturas superadas: No se imponen Otros requisitos: No se imponen**

### b) CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

**Se recomienda VIVAMENTE tener superadas las Asignaturas: Mecánica Clásica (GIA), Mecánica Orbital (GIA), Dinámica de Vuelo (MUIA)**

**Otros Conocimientos: Cálculo Numérico, Ecuaciones Diferenciales, Lenguajes de Programación de alto nivel**

## 3. COMPETENCIAS

Código	COMPETENCIA	NIVEL
CG1	Capacidad para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales, con sus correspondientes subsistemas.	AP
CG3	Capacidad para la dirección general y la dirección técnica de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos aeronáuticos y espaciales.	AP
CG4	Capacidad de integrar sistemas aeroespaciales complejos y equipos de trabajo multidisciplinares.	AP
CG5	Capacidad para analizar y corregir el impacto ambiental y social de las soluciones técnicas de cualquier sistema aeroespacial.	AP
CG6	Capacidad para el análisis y la resolución de problemas aeroespaciales en entornos nuevos o desconocidos, dentro de contextos amplios y complejos.	AP
CG9	Competencia en todas aquellas áreas relacionadas con las tecnologías aeroportuarias, aeronáuticas o espaciales que, por su naturaleza, no sean exclusivas de otras ramas de la ingeniería.	AP
CG12	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.	AP
CG14	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.	AP
CT3	Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.	AN
CT4	Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.	AN
CT5	Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.	AN
CT6	Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos.	AN
CT7	Capacidad para trabajar en contextos internacionales.	AN
CE-VA-5	Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.	AN
CE-VA-10	Conocimiento adecuado de los distintos Subsistemas de las Aeronaves y los Vehículos Espaciales.	AN

\* Para definir el nivel se ha utilizado la taxonomía de Bloom de acuerdo con la siguiente codificación: Conocimiento (CON), Comprensión (COM), Aplicación (AP), Análisis (AN), Síntesis (SIN) y Crítica (CR)

## 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Código	RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA
RA01	Conocer los sistemas de referencia y los modelos geodésicos elementales usados en Misiones Espaciales y en problemas de Astrodinámica y Dinámica de Actitud
RA02	Conocer las diferentes formas de medida del tiempo y su uso en Misiones Espaciales
RA03	Conocer los principales tipos de fuerzas que pueden actuar sobre vehículos espaciales y que condicionan su dinámica. Conocer el concepto de gradiente de gravedad
RA04	Conocer y saber usar la teoría básica del movimiento kepleriano
RA05	Conocer y saber usar la teoría de perturbaciones y sus aplicaciones fundamentales
RA06	Conocer los conceptos involucrados en la propagación de órbitas tanto con esquemas clásicos como con esquemas regularizados
RA07	Conocer los aspectos básicos del problema de tres cuerpos, los rudimentos de misiones interplanetarias y las maniobras impulsivas.
RA08	Conocer los aspectos básicos del movimiento relativo y las diferentes teorías que se recogen alrededor del concepto de matriz de transición.
RA09	Conocer los aspectos básicos y las técnicas usadas en el campo de la determinación de órbitas. Conocer los rudimentos de las técnicas de navegación y guiado
RA10	Conocer los rudimentos de la optimización de trayectorias impulsadas con motores de bajo empuje
RA11	Conocer y saber usar las distintas representaciones de la actitud de un vehículo espacial
RA12	Conocer los principios básicos de la cinemática de actitud y saber plantear las ecuaciones cinemáticas
RA13	Conocer las técnicas fundamentales usadas en los problemas de adquisición de actitud y medidas de actitud
RA14	Conocer y saber plantear las ecuaciones que gobiernan la dinámica de actitud de vehículos espaciales en casos sencillos.
RA15	Conocer los elementos básicos de la teoría de estabilidad de vehículos espaciales
RA16	Conocer los momentos ambientales y las principales técnicas de estabilización de actitud

## 5. PROFESORADO

**Departamento:** Departamento de Física Aplicada a las Ingenierías Aeronáutica y Naval

**Coordinador de la Asignatura:** Jesús PELÁEZ ÁLVAREZ

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
Jesús PELÁEZ ÁLVAREZ	<a href="mailto:j.pelaez@upm.es">j.pelaez@upm.es</a>	DPTO. FÍSICA
Manuel RUIZ DELGADO	<a href="mailto:manuel.ruizd@upm.es">manuel.ruizd@upm.es</a>	DPTO. FÍSICA
Claudio BOMBARDELLI	<a href="mailto:claudio.bombardelli@upm.es">claudio.bombardelli@upm.es</a>	DPTO. FÍSICA
Ricardo GARCÍA-PELAYO NOVO	<a href="mailto:r.garcia-pelayo@upm.es">r.garcia-pelayo@upm.es</a>	DPTO. FÍSICA
Virginia Raposo Pulido	<a href="mailto:v.raposo.pulido@upm.es">v.raposo.pulido@upm.es</a>	DPTO. FÍSICA

Los horarios de tutorías estarán publicados en los tableros del departamento y en el Moodle de la asignatura

## 6. TEMARIO

### **BLOQUE TEMÁTICO 1. DINÁMICA ORBITAL**

Tema 1. INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA

Tema 2. SISTEMAS DE REFERENCIA USADOS EN ASTRODINÁMICA

Tema 3. MEDIDAS DEL TIEMPO

Tema 4. MOVIMIENTO KEPLERIANO (RECORDATORIO)

Tema 5. TEORIA DE PERTURBACIONES

5.1 Ecuaciones planetarias de Lagrange

5.2 Ecuaciones de Gauss

5.3 Elementos Equinoctiales

Tema 6. PROPAGACIÓN DE ÓRBITAS

6.1 Métodos clásicos (Cowell, Encke)

6.2 Regularización. DROMO. KS

Tema 7. MOVIMIENTO RELATIVO

Tema 8. PROBLEMA DE N CUERPOS

Tema 9. TRAYECTORIAS INTERPLANETARIAS

Tema 10. MANIOBRAS IMPULSIVAS

Tema 11. SEGUIMIENTO DE SATÉLITES Y MODELOS DE OBSERVACIÓN

Tema 12. DETERMINACION DE ORBITAS

Tema 13. INTRODUCCIÓN A LA NAVEGACIÓN Y GUIADO

Tema 14. INTRODUCCIÓN A LA OPTIMIZACIÓN DE TRAYECTORIAS DE BAJO EMPUJE

### **BLOQUE TEMÁTICO 2. DINÁMICA DE ACTITUD**

Tema 15. CINEMÁTICA DE LA ACTITUD

Tema 16. ADQUISICION DE ACTITUD

Tema 17. ECUACIONES DE ACTITUD DE UN SOLIDO RIGIDO

Tema 18. EFECTOS DE LA DISIPACIÓN DE ENERGÍA

Tema 19. MOMENTOD AMBIENTALES QUE ACTÚAN SOBRE UN VEHÍCULO ESPACIAL

Tema 20. ESTABILIZACION GRAVITATORIA

Tema 21. ESTABILIZACION POR GIRO

## 7. PLAN DE TRABAJO

### a) Cronograma.

Semana Nº	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
1	Temas 1, 2 y 3		Se propone EJERCICIO 1	
2	Temas 4 y 5			
3	Temas 5 y 6		Se propone EJERCICIO 2	
4	Temas 6			Se entrega EJERCICIO 1
5	Tema 7 (sólo 2 horas)			
6	Temas 8 y 9			Se entrega EJERCICIO 2
7	Temas 10 y 11			
8	Temas 12 y 13		Se propone EJERCICIO 3	
9	Temas 13 y 14			
10	Temas 15 y 16			
11	Temas 17 y 18			Se entrega EJERCICIO 3
12	Temas 19 y 20		Se propone EJERCICIO 4	
13	Tema 20			
14	Tema 21			Se entrega EJERCICIO 4
15				
16				

### b) Actividades formativas.

Actividades formativas	EP	CT	CP	PL	TIE	TP	Otros*
ECTS	1	1.5	1.5		1.5	0.5	

**EP:** ESTUDIO Y TRABAJO PERSONAL DEL ALUMNO

**CT:** CLASES DE TEORÍA

**CP:** CLASES DE PROBLEMAS

**PL:** PRÁCTICAS DE LABORATORIO

**TIE:** TRABAJOS INDIVIDUALES O EN EQUIPO

**TP:** TUTORÍAS PROGRAMADAS

\*Otros (especificar):

### c) Metodologías Docentes.

Métodos Docentes	LM	PBL	RPA/MC	EIP	PL	Otros*
SI / NO	SI	SI	SI			

**LM:** LECCIÓN MAGISTRAL

**PBL:** APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

**RPA/MC:** RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL AULA / MÉTODO DEL CASO

**EIP:** EXPOSICIÓN DE INFORMES Y PROYECTOS

**PL:** PRÁCTICAS DE LABORATORIO

\*Otros (especificar):

## 8. SISTEMA DE EVALUACIÓN

### a) Tribunal de Evaluación.

<b>Presidente:</b>	<b>Jesús PELÁEZ ÁLVAREZ</b>
<b>Vocal:</b>	<b>Ricardo GARCÍA-PELAYO NOVO</b>
<b>Secretario:</b>	<b>Manuel RUIZ DELGADO</b>
<b>Suplente:</b>	<b>Oscar LÓPEZ REBOLLAL</b>

### b) Actividades de Evaluación.

Semana Nº	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
4	EJERCICIO 1	Entrega Informe	Se mide la calidad del informe	0	25 %	5/10	Todas las indicadas en el apartado 3
6	EJERCICIO 2	Entrega Informe	Se mide la calidad del informe	0	25 %	5/10	Todas las indicadas en el apartado 3
11	EJERCICIO 3	Entrega Informe	Se mide la calidad del informe	0	25 %	5/10	Todas las indicadas en el apartado 3
14	EJERCICIO 4	Entrega Informe	Se mide la calidad del informe	0	25 %	5/10	Todas las indicadas en el apartado 3
<b>En época de exámenes</b>	EXAMEN FINAL	Test y/o problemas	Test y/o corrección	De 2 a 3 horas	75 %	5/10	Todas las indicadas en el apartado 3

### c) Criterios de Evaluación.

Existen dos modalidades en la forma de cursar la asignatura: 1) evaluación continua y 2) sólo examen final.

**Evaluación continua:** el alumno que siga la asignatura por evaluación continua deberá asistir a un mínimo del 80% de las clases de la asignatura y deberá presentar y aprobar **todos** los ejercicios que se le propongan (un mínimo de 4 actualmente planificados, pero pueden ser más).

A partir de la 4ª semana se proponen diferentes ejercicios, unos de **carácter individual** y otros para ser resueltos en grupo. Estos últimos han de ser desarrollados por los alumnos encuadrados en grupo de tamaño reducido (no superior a cinco alumnos en cada grupo). Se pretende que los alumnos adquieran hábito de trabajar de una forma parecida a como se trabaja en el sector espacial, esto es, compaginando la responsabilidad individual con el trabajo en equipo. Cada alumno será responsable de desarrollar una parte del ejercicio. Se valorará la claridad, la concisión, la bondad de las soluciones técnicas por las que se optan, la calidad de las simulaciones numéricas, cuando sean parte esencial del proyecto y el tono general del ejercicio. **Suponiendo que sólo se propongan 4 ejercicios, el peso de cada prueba será del 25% de la calificación total y, en principio, será la misma para todos los miembros del equipo. La nota del alumno, será:**  $N = (E1 + E2 + E3 + E4) / 4$

**Sólo examen final:** el alumno que siga la asignatura por esta modalidad, deberá presentarse al Examen Final y contestar a las cuestiones que en él se le planteen. **El peso de esta prueba será del 75% de la calificación total.**

Para presentarse al Examen final, bien sea en convocatoria Ordinaria o Extraordinaria, es requisito indispensable que el alumno haya entregado, previamente, los informes de los ejercicios de carácter individual propuestos durante el curso, que se considera forman parte del Examen. La nota final del alumno será:  $N = (0.25 \times E + 0.75 \times EF)$

Siendo E la nota obtenida en los EJERCICIOS de carácter individual y EF la nota obtenida en la prueba final.

**TODO ALUMNO DEBERÁ INDICAR, EN LA PRIMERA SEMANA DE CLASES, LA MODALIDAD POR LA QUE OPTA. EN CASO DE NO HACERLO, SE ENTENDERÁ QUE OPTA POR LA MODALIDAD DE EVALUCION CONTINUA**

## 9. RECURSOS DIDÁCTICOS

Descripción	Tipo	Observaciones
<b>Orbital Motion, Archie E. Roy,</b> CRC Press, 2004	Bibliografía	
<b>An introduction to the mathematics and methods of astrodynamics, Richard H. Battin,</b> AIAA Education Series, 1999	Bibliografía	
<b>Theory of orbits. The restricted problem of three bodies, Victor G. Szebehely,</b> Academic Press, 1967	Bibliografía	
<b>Satelliet Orbits, O. Montenbruck &amp; E. Gill,</b> Springer 2001	Bibliografía	
<b>Interplanetary Mission Analysis and Design, Stephen Kemble,</b> Springer 2006	Bibliografía	
<b>Analytical Mechanics of Space Systems, Hanspeter Schaub &amp; John L. Junkins,</b> AIAA Education Series, 2009	Bibliografía	
<b>Fundamentals of Astrodynamics and Applications, David A. Vallado,</b> Space Technology Library, Microcosm Press, Springer, 2007	Bibliografía	
<b>Apuntes de la Asignatura, J. Peláez</b>	Bibliografía	
<b>Orbital Mechanics for Engineering Students, Howard D. Curtis,</b> Elsevier 2005	Bibliografía	
<b>TIME – From Earth Rotation to Atomic Physics, Dennis D. McCarthy and P. Kenneth Seidelmann,</b> Wiley-VCH 2009	Bibliografía	
<b>Spacecraft attitude dynamics, Peter C. Hughes,</b> Courier Corporation, 2012	Bibliografía	

Descripción	Tipo	Observaciones
<p><b>A survey of attitude representations, Malcolm D. Shuster</b>, The Journal of the Astronautical Science, Vol. 41, No. 4 Octubre-Diciembre 1993, pp. 439-517</p>	Bibliografía	
<p>Espacio MOODLE de la asignatura <a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a></p>	Recursos Web	<p>Podrá usarse para incluir material adicional de trabajo (como problemas o artículos científicos, libres o accesibles en la UPM), guiones esquemáticos de clases impartidas o notificaciones de interés para el grupo. No se usará esta plataforma para resolución de dudas o para pruebas de evaluación no presenciales.</p>

## 10. OTRA INFORMACIÓN