



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S.I Aeronáutica y del
Espacio

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

145025006 - Mecánica Orbital

PLAN DE ESTUDIOS

14TS - Grado En Ingeniería En Tecnologías Aeroespaciales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	10
9. Otra información.....	10

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	145025006 - Mecánica Orbital
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Tercero curso
Semestre	Quinto semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	14TS - Grado en Ingeniería en Tecnologías Aeroespaciales
Centro responsable de la titulación	14 - E.T.S.I. Aeronáutica Y Del Espacio
Curso académico	2025-26

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Manuel Ruiz Delgado (Coordinador/a)		manuel.ruizd@upm.es	- -
Oscar Lopez Rebollal		oscar.lopez@upm.es	Sin horario.
Ricardo Angel Garcia-Pelayo Novo		r.garcia-pelayo@upm.es	Sin horario.

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Mecánica I

- Mecánica II

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Esta asignatura es continuación de la Mecánica I, y usa conocimientos y métodos explicados en Mecánica II

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

CFB2 - Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la Mecánica, Termodinámica, Campos y Ondas y Electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

CT 3 - Capacidad para identificar y resolver problemas aplicando, con creatividad, los conocimientos adquiridos.

CT 9 - Razonamiento crítico y capacidad de asociación que posibiliten el aprendizaje continuo.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA194 - Habilidades: Calcular e identificar las órbitas keplerianas, las órbitas reales condicionadas por las diferentes perturbaciones orbitales, las órbitas oscultrices y aplicar los métodos numéricos usuales en Astrodinámica.

RA193 - Habilidades: Resolver problemas astrodinámicos relacionados con el movimiento del centro de masas de un vehículo espacial.

RA192 - Conocimientos: Entender los métodos de seguimiento y del subsistema de Guiado, Navegación y Control (GNC) de los vehículos espaciales, así como la dinámica de actitud de los vehículos espaciales.

RA191 - Conocimientos: Comprender los principios básicos de la mecánica orbital y la astrodinámica.

RA35 - Conocimientos: Comprender los principios básicos de la Física y su aplicación al análisis y a la resolución de problemas de ingeniería, incluyendo el movimiento de los cuerpos entre sí

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La Mecánica Orbital o Astrodinámica estudia el movimiento de los cuerpos sometidos a la atracción gravitatoria en el espacio, tanto los naturales (Mecánica Celeste) como los artificiales (Astronáutica).

Se considera, como primera aproximación, el movimiento kepleriano: propiedades, posición, velocidad, ley horaria, y descripción mediante elementos clásicos. Se aplica a casos sencillos de misiones espaciales, como el problema de Lambert o la asistencia gravitatoria.

Se estudian a continuación los movimientos perturbados, en primera lugar el problema restringido circular de los tres cuerpos. Luego se estudian las ecuaciones para órbitas perturbadas: Ecuaciones planetarias y ecuaciones canónicas.

Se considera el método de perturbaciones y el promediado para obtener soluciones analíticas aproximadas o semianalíticas.

Finalmente se estudian algunas de las perturbaciones principales, como el campo gravitatorio no puntual o la resistencia aerodinámica en órbitas bajas.

En cuanto a la dinámica de actitud, se estudia el uso de cuaternios para la descripción de la orientación y el movimiento.

Además de las explicaciones teóricas, se da importancia al cálculo numérico: rutinas para cambio de ejes y de escalas de tiempo; manejo del vector de estado y del de elementos; obtención de efemérides; algoritmos para el problema de Lambert; integración de las ecuaciones planetarias; comparación con los resultados promediados; algoritmos para manejo de cuaternios y paso a otras representaciones de la actitud.

5.2. Temario de la asignatura

1. Escalas de tiempo y sistemas de referencia.
2. Problema de Kepler.
3. Problema de N cuerpos. Perturbación de un tercer cuerpo. Esfera de influencia.
4. Problema de Lambert. Asistencia gravitatoria.
5. Problema restringido circular de los tres cuerpos.
6. Movimiento perturbado: Ecuaciones de variación de los parámetros.
7. Método de perturbaciones.
8. Campo gravitatorio terrestre. Efectos promediados.
9. Resistencia atmosférica. Efectos sobre la órbita.
10. Dinámica de actitud de satélites.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>Escalas de tiempo y sistemas de referencia Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Rutinas SOFA y escalas de tiempo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
2	<p>Problema de Kepler Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p>Problema de Kepler Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p>Problema de N cuerpos Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Sistema SPICE para obtención de efemérides Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
5	<p>Trayectorias interplanetarias: problema de Lambert Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
6	<p>Trayectorias interplanetarias: asistencia gravitatoria Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Algoritmos para el problema de Lambert y asistencia gravitatoria Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
7	<p>Problema restringido circular de los tres cuerpos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Presentación de trabajos PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>
8	<p>Ecuaciones de Delaunay Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ecuaciones planetarias de Lagrange y Gauss Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

9	<p>Método de perturbaciones Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Promediado Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p>Campo gravitatorio terrestre: desarrollo multipolar y recurrencias Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>TLE (Two-Line Elements) y SGP Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p>Campo gravitatorio terrestre: Aproximación de McCullagh y par gravitatorio sobre cuerpos extensos Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Modelos numéricos del campo gravitatorio Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
12	<p>Efectos del campo gravitatorio sobre la órbita Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Efectos promediados de J2. Comparación con la integración de las ecuaciones planetarias Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p>Atmósfera alta y modelos numéricos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
14	<p>Efectos de la resistencia sobre la órbita: fórmulas aproximadas. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Comparación de la integración de las ecuaciones de Gauss con las fórmulas aproximadas de caída de satélites Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
15	<p>Dinámica de actitud de satélites Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Presentación de trabajos PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>
16				

17				<p>Examen final: teoría EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 01:15</p> <p>Examen final: problema EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global No presencial Duración: 01:15</p>
----	--	--	--	---

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Presentación de trabajos	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	02:00	25%	0 / 10	CFB2 CB2 CB5 CT 3 CT 9
15	Presentación de trabajos	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	02:00	25%	0 / 10	CFB2 CB2 CB5 CT 3 CT 9
17	Examen final: teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:15	50%	0 / 10	CFB2 CB2 CB5 CT 3 CT 9

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final: teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:15	50%	0 / 10	CFB2 CB2 CB5 CT 3 CT 9
17	Examen final: problema	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	01:15	50%	0 / 10	CFB2 CB2 CB5 CT 3 CT 9

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	100%	0 / 10	CFB2 CB2 CB5 CT 3 CT 9

7.2. Criterios de evaluación

Las clases de problemas se realizan en aula. Los alumnos deben llevar ordenador. Deberán trabajar con programas, modelos o rutinas disponibles, incorporarlas a sus programas, y obtener los resultados pedidos. Cuatro de estos se evaluarán por presentación individual en dos sesiones, una hacia la mitad y otra al final del curso. De este modo se obtiene el 50% de la nota por evaluación progresiva.

El resto se obtiene por un examen de teoría y ejercicios cortos.

La valoración de los trabajos individuales está ligada a una asistencia mínima del 80%.

Los que opten por evaluación global podrán realizar un examen: la parte de teoría es la misma que la de evaluación progresiva.

El examen extraordinario tiene la misma estructura que el final ordinario.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Moodle	Recursos web	En el Moodle se ponen a disposición de los alumnos colecciones de exámenes (teoría y problemas) de la asignatura homónima en una titulación anterior. También se pondrán transparencias de clase, mientras no haya apuntes editados.
Oliver Montenbruck y Eberhard Gill. Satellite Orbits. Springer 2005	Bibliografía	Texto de Mecánica Orbital orientado al cálculo numérico.
David Vallado. Fundamentals of Astrodynamics and Applications 5ª ed. Microcosm 2022	Bibliografía	Más amplio, con desarrollos analíticos, algoritmos numéricos y acceso a repositorio de programas.
Tomás Elices. Introducción a la Dinámica Espacial. INTA, 1991	Bibliografía	Comprendivo, escrito por un antiguo profesor de la Escuela.

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

En los ejercicios de cálculo numérico, podrán trabajar con Python, Matlab o FORTRAN. Lo importante es que, al darles unos datos iniciales, puedan obtener la respuesta correcta con suficiente aproximación. En muchos casos tendrán que usar modelos complejos disponibles, generalmente en FORTRAN, compilarlos y llamarlos desde su programa. Otros sistemas, como SPICE, están disponibles para múltiples lenguajes de programación. Los modelos más complejos, como densidad atmosférica, desarrollo multipolar o cálculo de efemérides de alta precisión, no es razonable replicarlos. Se incorporan y se usan.