



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

**145006505 - Mecanica Orbital**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado En Ingeniería Aeroespacial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Segundo 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.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	11

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	145006505 - Mecanica Orbital
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Sexto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial
<b>Centro responsable de la titulación</b>	14 - E.T.S.I. Aeronáutica Y Del Espacio
<b>Curso académico</b>	2025-26

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

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

- Física I
- Matemáticas II
- Mecánica Analítica
- Matemáticas I
- Mecánica Clásica
- Física II

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería Aeroespacial no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE49 - Conocimiento aplicado de: aerodinámica; mecánica del vuelo, ingeniería de la defensa aérea (balística, misiles y sistemas aéreos), propulsión espacial, ciencia y tecnología de los materiales, teoría de estructuras.

CE54 - Conocimiento adecuado y aplicado de la Mecánica Orbital de vehículos espaciales (Astrodinámica), incluyendo conceptos preliminares de su Dinámica de Actitud

CG3 - Capacidad para identificar y resolver problemas aplicando, con creatividad, los conocimientos adquiridos

CG9 - Razonamiento crítico y capacidad de asociación que posibiliten el aprendizaje continuo

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA181 - Conocimiento de los métodos de seguimiento y del subsistema de Guiado, Navegación y Control (GNC) de los vehículos espaciales.

RA179 - Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de los problemas astrodinámicos relacionados con el movimiento del centro de masas de un vehículos espacial; en concreto, las órbitas keplerianas, las órbitas reales condicionadas por las diferentes perturbaciones orbitales, las órbitas osculatrices y los métodos numéricos usuales en Astrodinámica.

RA180 - Conocimiento y comprensión de la dinámica de actitud de los vehículos espaciales.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

#### 1. PROBLEMA DE KEPLER.

Principios de conservación. Ecuación de la órbita en polares. Anomalía verdadera. Ecuación de la órbita elíptica en coordenadas cartesianas. Anomalía excéntrica. Energía y semieje. Ley horaria. Anomalía media. Ecuación de Kepler. Órbitas abiertas y rectilíneas. Métodos numéricos directos. Método de Encke.

#### 2. TRAYECTORIAS INTERPLANETARIAS.

Planteamiento del problema de los N-cuerpos. Perturbación directa e indirecta. Desarrollo en serie del campo de un cuerpo lejano. Momentos sobre un cuerpo extenso. Esfera de influencia. Problema de Lambert. Teorema de Lambert. Cálculo del tiempo de vuelo. Cálculo de las velocidades terminales. Ventanas de lanzamiento. Empujón gravitatorio. Trayectorias cónicas acopladas.

#### 3. PROBLEMA DE LOS 3 CUERPOS.

Problema restringido de los 3 cuerpos. Integral de Jacobi-Painlevé. Criterio de Tisserand. Puntos de libración de Lagrange. Estudio de la estabilidad en L1 y L2. Solución general al problema linealizado. Órbitas 'halo'.

#### 4. ECUACIONES DE VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS.

Planteamiento del problema de Kepler por Mecánica Analítica. Transformaciones canónicas. Ecuaciones de Delaunay. Formas diferenciales. Ecuaciones planetarias de Lagrange. Ecuaciones planetarias de Gauss. Sistemas no-singulares de parámetros orbitales.

#### 5. INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE PERTURBACIONES.

Métodos de perturbaciones. Reducción a cuadraturas y superposición. Aplicación a las ecuaciones de Delaunay, Lagrange y Gauss. Ejemplo: fuerza de repulsión constante.

#### 6. CAMPO GRAVITATORIO TERRESTRE Y SUS EFECTOS.

Campo gravitatorio terrestre como problema de contorno. Armónicos esféricos sólidos . Fórmulas de derivación. Fórmulas de recurrencia. Fórmula de McCullagh. Geoide terrestre. Teoría de perturbación de primer orden para campos estacionarios. Variación secular de los parámetros orbitales. Método del promedio. Aplicación a órbitas heliosíncronas y "Molniya".

#### 7. PERTURBACIONES DEBIDAS A LA FRICCIÓN AERODINÁMICA.

Aerodinámica espacial. Número de Knudsen. Modelos de atmósfera. Perturbaciones de fricción. Modelo esférico sin viento ni arrastre. Solución de primer orden. Variaciones seculares. Ecuaciones diferenciales para excentricidad y semieje. Expresión de las integrales como desarrollo de funciones de Bessel modificadas. Caso de excentricidad nula. Caso de excentricidad pequeña. Caso de excentricidad no pequeña.

#### 8. PERTURBACIONES DE LAS COORDENADAS

Ecuaciones de Hill. Soluciones del sistema homogéneo. Términos forzantes. Soluciones resonantes: caso de fuerza constante. Paradojas. Perturbaciones Este-Oeste en un satélite geoestacionario. Perturbación solar, efecto

resonante, cambio de inclinación.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Temario expuesto en la descripción de la asignatura

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Ejercicio a realizar en casa TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 06:00
4	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Ejercicio a realizar en casa TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 06:00
7	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Ejercicio a realizar en casa TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 06:00
10	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Ejercicio a realizar en casa TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 06:00

13	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15	Exposición de los contenidos del temario Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
16				<b>Examen Final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 02:15
17				<b>Examen Final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:15

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
3	Ejercicio a realizar en casa	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	06:00	5%	/ 10	CE49 CE54 CG9 CG3
6	Ejercicio a realizar en casa	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	06:00	5%	/ 10	CE49 CE54 CG9 CG3
9	Ejercicio a realizar en casa	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	06:00	5%	/ 10	CE49 CE54 CG9 CG3
12	Ejercicio a realizar en casa	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	06:00	5%	/ 10	CE54 CG9 CG3 CE49
17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:15	80%	/ 10	CE49 CE54 CG9 CG3

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:15	100%	5 / 10	CG9 CE49 CE54 CG3

#### 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	02:15	100%	5 / 10	CE49 CE54 CG9 CG3

## 7.2. Criterios de evaluación

### EXAMEN FINAL

De 0 a 100 puntos, consta de:

1) Cuestiones teóricas y ejercicios cortos: 1 hora y 15 minutos (aproximadamente), 60 puntos, no se pueden consultar libros ni apuntes.

2) Un problema: de 1 hora (aproximadamente), 40 puntos, se pueden consultar libros y apuntes.

### EVALUACIÓN CONTINUA

De un modo voluntario el alumno podrá obtener hasta 20 puntos adicionales por asistencia a clase y por la realización de ejercicios. Para ello:

Se pasará control de asistencia de modo aleatorio (al menos 8 controles).

Los ejercicios se entregarán y recogerán en clase.

La puntuación de los ejercicios se multiplicará por el porcentaje de asistencias.

La puntuación obtenida se aplicará en las convocatorias ordinaria y extraordinaria.

## **CALIFICACIÓN**

Matrícula de Honor: Los alumnos con mayor puntuación en la convocatoria ordinaria

10: puntuación mayor o igual que 100

9: puntuación mayor o igual que 90 y menor que 100

8: puntuación mayor o igual que 80 y menor que 90

7: puntuación mayor o igual que 70 y menor que 80

6: puntuación mayor o igual que 60 y menor que 70

5: puntuación mayor o igual que 50 y menor que 60

SUSPENSO: puntuación menor que 50

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Moodle de la UPM	Recursos web	Apuntes, materiales diversos y exámenes resueltos
Apuntes	Bibliografía	Rafael Ramis, 'Mecánica Orbital', editados por la sección de publicaciones de la ETSIAE (también disponibles 'on-line' en el 'moodle')
Libros disponibles en la biblioteca de la ETSIAE	Bibliografía	Sección 521.1 Astrodinámica y Mecánica Celeste