



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería  
Aeronáutica y del Espacio

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**143003022 - Astrodinámica Y Dinámica De Actitud**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IB - Master Universitario En Ingeniería Aeronautica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - 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.....	5
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	15

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	143003022 - Astrodinámica y Dinámica de Actitud
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	14IB - Master Universitario en Ingeniería Aeronautica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	14 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería Aeronáutica Y Del Espacio
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Jesus Pelaez Alvarez (Coordinador/a)	14A.01.052.0	j.pelaez@upm.es	L - 09:00 - 12:00 X - 09:00 - 12:00
Manuel Ruiz Delgado	14A.01.068.0	manuel.ruizd@upm.es	M - 10:00 - 13:00 J - 10:00 - 13:00
Claudio Bombardelli	14A.01.083.0	claudio.bombardelli@upm.es	M - 10:00 - 13:00 J - 10:00 - 13:00

Ricardo Angel Garcia-Pelayo Novo	14A.01.072.0	r.garcia-pelayo@upm.es	M - 10:00 - 13:00 J - 10:00 - 13:00
-------------------------------------	--------------	------------------------	--

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

### 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Manuel Sanjurjo Rivo	msanrivo@gmail.com	Universidad Carlos III de Madrid
Hodei Urrutxua Cereijo	hodei.urrutxua@urjc.es	Universidad Rey Juan Carlos

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Aeronáutica no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- Mecánica Clásica (GIA), Mecánica Orbital (GIA), Cálculo Numérico

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE-VA-10 - Conocimiento adecuado de los distintos Subsistemas de las Aeronaves y los Vehículos Espaciales.

CE-VA-5 - Comprensión y dominio de la Mecánica del Vuelo Atmosférico (Actuaciones y Estabilidad y Control Estáticos y Dinámicos), y de la Mecánica Orbital y Dinámica de Actitud.

CG1 - Capacidad para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales, con sus correspondientes subsistemas.

CG10 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Aeronáutico.

CG11 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

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.

CG13 - Ser capaz 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.

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.

CG15 - Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

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.

CG4 - Capacidad de integrar sistemas aeroespaciales complejos y equipos de trabajo multidisciplinares.

CG5 - Capacidad para analizar y corregir el impacto ambiental y social de las soluciones técnicas de cualquier sistema aeroespacial.

CG6 - Capacidad para el análisis y la resolución de problemas aeroespaciales en entornos nuevos o desconocidos, dentro de contextos amplios y complejos.

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.

CT2 - Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

CT3 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.

CT4 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CT5 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

CT6 - Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos.

CT7 - Capacidad para trabajar en contextos internacionales.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA111 - Conocer y saber emplear los métodos de perturbaciones en mecánica de fluidos y otras áreas

RA153 - Conocimiento y comprensión de las configuraciones básicas, subsistemas, misiones de los vehículos espaciales y su entorno de operación

RA163 - Análisis y síntesis de las configuraciones básicas, subsistemas, misiones de los vehículos espaciales y su entorno de operación

RA32 - Conocer los principios básicos de la cinemática de actitud y saber plantear las ecuaciones cinemáticas

RA33 - Conocer las técnicas fundamentales usadas en los problemas de adquisición de actitud y medidas de actitud

RA34 - Conocer y saber plantear las ecuaciones que gobiernan la dinámica de actitud de vehículos espaciales en casos sencillos.

RA35 - Conocer los elementos básicos de la teoría de estabilidad de vehículos espaciales.

RA156 - Conocimiento, comprensión, aplicación y análisis de control de actitud y órbita del vehículo espacial

RA36 - Conocer los momentos ambientales y las principales técnicas de estabilización de actitud

RA21 - Conocer los sistemas de referencia y los modelos geodésicos elementales usados en Misiones Espaciales y en problemas de Astrodinámica y Dinámica de Actitud

RA24 - Conocer y saber usar la teoría básica del movimiento kepleriano

RA28 - Conocer los aspectos básicos del movimiento relativo y las diferentes teorías que se recogen alrededor del concepto de matriz de transición..

RA120 - Aprender a pensar sobre fenómenos físicos.

RA173 - Capacidad para comunicar

RA25 - Conocer y saber usar la teoría de perturbaciones y sus aplicaciones fundamentales

RA26 - Conocer los conceptos involucrados en la propagación de órbitas tanto con esquemas clásicos como con esquemas regularizados

RA29 - 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..

RA154 - Conocimiento y comprensión del análisis de la misión y de las principales órbitas espaciales

RA23 - Conocer los principales tipos de fuerzas que pueden actuar sobre vehículos espaciales y que condicionan su dinámica. Conocer el concepto de gradiente de gravedad

RA30 - Conocer los rudimentos de la optimización de trayectorias impulsadas con motores de bajo empuje

RA31 - Conocer y saber usar las distintas representaciones de la actitud de un vehículo espacial

RA22 - Conocer las diferentes formas de medida del tiempo y su uso en Misiones Espaciales

RA27 - Conocer los aspectos básicos del problema de tres cuerpos, los rudimentos de misiones interplanetarias y las maniobras impulsivas.

RA172 - Capacidad para trabajar en equipo

RA124 - RA4.- Conocimiento y comprensión de los principales aspectos que rigen la mecánica orbital y la dinámica de actitud de los vehículos espaciales

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

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

No obstante, una descripción más precisa de la asignatura requiere considerar los problemas asociados al estudio, diseño y operación de las órbitas de satélites artificiales y vehículos espaciales. La **Astrodinámica**, aun cuando es heredera de la **Mecánica Celeste**, se diferencia de ella porque introduce fuerzas de tipo no gravitatorio que afectan drásticamente al movimiento del objeto estudiado, fuerzas que, tradicionalmente, están ausentes en **Dinámica Astronómica**.

Las órbitas keplerianas del problema de dos cuerpos y las no-keplerianas del problema de n cuerpos, junto con las perturbaciones que las modifican, juegan un papel importante en el ámbito espacial y se estudian con cierto detalle.

La técnica del promediado que permite obtener soluciones analíticas aproximadas a muchos problemas de interés se describe con un enfoque doble:

1. con el objetivo de introducir al alumno en los aspectos más avanzados de la disciplina y
2. con la finalidad de convertir al alumno en un usuario avanzado de las herramientas que se usan en

### **Análisis de Misión.**

La **Dinámica de Actitud** es una parte esencial de la dinámica de vehículos espaciales dada la influencia que tiene en múltiples aspectos característicos de la operación de una nave (apuntamiento de antenas, comunicaciones, estabilización, etc).

El temario que se recoge en la siguiente sección constituye de por sí una descripción suficientemente detallada de los contenidos de la asignatura.

El enfoque de la asignatura intenta conjugar dos cuestiones importantes. Por una parte se busca dar una base científica que pueda ser de interés para aquellos alumnos que pretendan continuar su formación realizando una tesis doctoral y, a la vez, se atiende a las necesidades de aquellos alumnos que enfocan su vida profesional en el ámbito de la industria aeroespacial.

## **5.2. Temario de la asignatura**

### 1. BLOQUE TEMÁTICO 1. DINÁMICA ORBITAL

#### 1.1. INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA

#### 1.2. SISTEMAS DE REFERENCIA USADOS EN ASTRODINÁMICA

#### 1.3. MEDIDAS DEL TIEMPO

#### 1.4. MOVIMIENTO KEPLERIANO (RECORDATORIO)

#### 1.5. TEORIA DE PERTURBACIONES

##### 1.5.1. Ecuaciones planetarias de Lagrange

##### 1.5.2. Ecuaciones de Gauss

##### 1.5.3. Elementos Equinociales

#### 1.6. PROPAGACIÓN DE ÓRBITAS

##### 1.6.1. Métodos clásicos (Cowell, Encke)

##### 1.6.2. Métodos regularizados. DROMO. KS

#### 1.7. MOVIMIENTO RELATIVO

#### 1.8. PROBLEMA DE N CUERPOS

#### 1.9. TRAYECTORIAS INTERPLANETARIAS



### 1.10. MANIOBRAS IMPULSIVAS

#### 1.11. SEGUIMIENTO DE SATÉLITES Y MODELOS DE OBSERVACIÓN

#### 1.12. DETERMINACION DE ORBITAS

#### 1.13. INTRODUCCIÓN A LA NAVEGACIÓN Y GUIADO

#### 1.14. INTRODUCCIÓN A LA OPTIMIZACIÓN DE TRAYECTORIAS DE BAJO EMPUJE

## 2. BLOQUE TEMÁTICO 2. DINÁMICA DE ACTITUD

### 2.1. CINEMÁTICA DE LA ACTITUD

### 2.2. ADQUISICION DE ACTITUD

### 2.3. ECUACIONES DE ACTITUD DE UN SOLIDO RIGIDO

### 2.4. EFECTOS DE LA DISIPACIÓN DE ENERGÍA

### 2.5. MOMENTOD AMBIENTALES QUE ACTÚAN SOBRE UN VEHÍCULO ESPACIAL

### 2.6. ESTABILIZACION GRAVITATORIA

### 2.7. ESTABILIZACION POR GIRO

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Se tratarán los temas 1,2 y 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven ejercicios de tipo práctico</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Se propone el EJERCICIO 1 que deberán realizar todos los alumnos. Tendrán que entregarlo en un plazo de 20 días, aproximadamente</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 00:15</p>
2	<p><b>Se tratarán los temas 4 y 5</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven ejercicios de tipo práctico</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		
3	<p><b>Se tratan los temas 5 y 6</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven cuestiones de tipo práctico</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Se propone el EJERCICIO 2 que deberán realizar todos los alumnos. Tendrán que entregarlo en un plazo de 20 días, aproximadamente</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 00:15</p>
4	<p><b>Se trata el tema 6</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven cuestiones de tipo práctico</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>El alumno debe entregar el informe del EJERCICIO 1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 08:00</p>
5	<p><b>Se tratan los temas 6 y 7</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven cuestiones de tipo práctico</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		
6	<p><b>Se tratan los temas 8 y 9</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se tratan los temas 8 y 9</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>El alumno debe entregar el informe del EJERCICIO 2</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 20:00</p>

7	<p><b>Se tratan los temas 10 y 11</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven cuestiones de tipo práctico</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Se propone el EJERCICIO 3 que deberán realizar todos los alumnos encuadrados en grupos de 4 ó 5 personas. Tendrán que entregarlo en un plazo de 20 días, aproximadamente</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:15</p>
8	<p><b>Se tratan los temas 12 y 13</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven cuestiones de tipo práctico</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Se propone el EJERCICIO 4 que deberán realizar todos los alumnos encuadrados en grupos de 4 ó 5 personas. Tendrán que entregarlo en un plazo de 20 días, aproximadamente</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:15</p>
9	<p><b>Se tratan los temas 13 y 14</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven cuestiones de tipo práctico</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		
10	<p><b>Se tratan los temas 15 y 16</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven cuestiones de tipo práctico</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Los diferentes grupos deberán entregar el informe del EJERCICIO 3</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 30:00</p>
11	<p><b>Se tratan los temas 17 y 18</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		
12	<p><b>Se tratan los temas 19 y 20</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven cuestiones de tipo práctico</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Los diferentes grupos deberán entregar el informe del EJERCICIO 4</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 38:00</p>
13	<p><b>Se trata el tema 20</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se plantean y resuelven cuestiones de tipo práctico</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		
14	<p><b>Se trata el tema 21</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Se trata el tema 21</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>		

15	<b>Se trata el tema 21</b> Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas		
16		<b>NO se contempla</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas		
17				<b>EXAMEN FINAL</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 03:00

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.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 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
1	Se propone el EJERCICIO 1 que deberán realizar todos los alumnos. Tendrán que entregarlo en un plazo de 20 días, aproximadamente	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:15	0%	0 / 10	
3	Se propone el EJERCICIO 2 que deberán realizar todos los alumnos. Tendrán que entregarlo en un plazo de 20 días, aproximadamente	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:15	0%	5 / 10	
4	El alumno debe entregar el informe del EJERCICIO 1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	08:00	10%	5 / 10	CG5 CG12 CG15 CT3 CT4 CT6 CT7 CE-VA-5 CE-VA-10 CG13 CG1 CG4 CT5 CG3 CG6 CG11 CG14
6	El alumno debe entregar el informe del EJERCICIO 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	20:00	20%	5 / 10	CG5 CG12 CG15 CT3 CT4 CT6 CT7 CE-VA-5 CG13 CG1 CG4 CT5 CG3 CG6 CG11

							CG14
7	Se propone el EJERCICIO 3 que deberán realizar todos los alumnos encuadrados en grupos de 4 ó 5 personas. Tendrán que entregarlo en un plazo de 20 días, aproximadamente	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:15	0%	5 / 10	
8	Se propone el EJERCICIO 4 que deberán realizar todos los alumnos encuadrados en grupos de 4 ó 5 personas. Tendrán que entregarlo en un plazo de 20 días, aproximadamente	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:15	0%	5 / 10	
10	Los diferentes grupos deberán entregar el informe del EJERCICIO 3	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	30:00	30%	5 / 10	CG5 CG12 CG15 CT2 CT3 CT4 CT6 CT7 CE-VA-5 CE-VA-10 CG13 CG1 CG4 CT5 CG3 CG6 CG11 CG14
12	Los diferentes grupos deberán entregar el informe del EJERCICIO 4	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	38:00	40%	5 / 10	CG15 CT2 CT3 CT4 CT6 CT7 CE-VA-5 CE-VA-10 CG13 CG1 CG4 CT5 CG3 CG6 CG11 CG14 CG5 CG12

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Se propone el EJERCICIO 1 que deberán realizar todos los alumnos. Tendrán que entregarlo en un plazo de 20 días, aproximadamente	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:15	0%	0 / 10	
3	Se propone el EJERCICIO 2 que deberán realizar todos los alumnos. Tendrán que entregarlo en un plazo de 20 días, aproximadamente	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:15	0%	5 / 10	
4	El alumno debe entregar el informe del EJERCICIO 1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	08:00	10%	5 / 10	CG5 CG12 CG15 CT3 CT4 CT6 CT7 CE-VA-5 CE-VA-10 CG13 CG1 CG4 CT5 CG3 CG6 CG11 CG14
6	El alumno debe entregar el informe del EJERCICIO 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	20:00	20%	5 / 10	CG5 CG12 CG15 CT3 CT4 CT6 CT7 CE-VA-5 CG13 CG1 CG4 CT5 CG3 CG6 CG11 CG14
17	EXAMEN FINAL	EX: Técnica del tipo Examen	No Presencial	03:00	70%	5 / 10	CG5 CG12 CG15 CT2 CT3 CT4 CT6 CT7 CE-VA-5 CE-VA-10

		Escrito					CG13
							CG1
							CG4
							CT5
							CG3
							CG6
							CG11
							CG14

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

Existen dos modalidades en la forma de cursar la asignatura: 1) evaluación progresiva y 2) sólo prueba global.

**Evaluación progresiva:** el alumno que siga la asignatura por evaluación progresiva 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 (actualmente, el número **mínimo** de ejercicios planificados es cuatro, pero a lo largo del curso se pueden proponer más de cuatro).

A partir de la 1ª 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 (en principio, 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. Si es posible, los diferentes grupos realizarán una presentación de alguno de los ejercicios propuestos. 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 prueba global:** 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 70-75% 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 EVALUACIÓN PROGRESIVA**

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Espacio MOODLE de la asignatura <a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a>	Recursos web	Podrá usarse para incluir material adicional de trabajo (problemas o artículos científicos accesibles en la UPM) etc
Orbital Mechanics for Engineering Students, Howard D. Curtis, Elsevier 2005	Bibliografía	Obra clásica muy didáctica para la persona que se introduce en este campo
Alessandro de Iaco Veris, Practical Astrodynamics, Vol. 1, Springer International Publishing, 2017.	Bibliografía	Obra reciente muy completa y didáctica

Oliver Montenbruck and Eberhard Gill, Satellite Orbits -Models,Methods and Applications, 1st Edition, Springer, 2005.	Bibliografía	Obra clásica. Una razonable introducción a las técnicas numéricas en Astrodinámica
Interplanetary Mission Analysis and Design, Stephen Kembler, Springer 2006	Bibliografía	Obra clásica. Excelente tratamiento de misiones interplanetarias
Michel Capderou, Satellites: Orbits and Missions, Vol. 1, Springer, 2005.	Bibliografía	Obra clásica. Introducción buena para Análisis de Misión
Wiesel, W.E., Spaceflight dynamics, Third Edition, Aphelion Press, Beavercreek, OH, USA, 2010, ISBN: 978-1- 4528795-9-8.	Bibliografía	Es de destacar la claridad de la exposición
Orbital Motion, Archie E. Roy, CRC Press, 2004	Bibliografía	Obra clásica
An introduction to the mathematics and methods of astrodynamics, Richard H. Battin, AIAA Education Series, 1999	Bibliografía	Obra clásica
Theory of orbits. The restricted problem of three bodies, Victor G. Szebehely, Academic Press, 1967	Bibliografía	Obra clásica
Analytical Mechanics of Space Systems, Hanspeter Schaub & John L. Junkins, AIAA Education Series, 2009	Bibliografía	Obra clásica.
Fundamentals of Astrodynamics and Applications, David A. Vallado, Space Technology Library, Microcosm Press, Springer, 2007	Bibliografía	Obra clásica
TIME : From Earth Rotation to Atomic Physics, Dennis D. McCarthy and P. Kenneth Seidelmann, Wiley-VCH 2009	Bibliografía	Obra clásica. Nivel alto

Spacecraft attitude dynamics, Peter C. Hughes, Courier Corporation, 2012	Bibliografía	Obra clásica
A survey of attitude representations, Malcolm D. Shuster, The Journal of the Astronautical Science, Vol. 41, No. 4 Octubre-Diciembre 1993, pp. 439-517	Bibliografía	Es un artículo dentro de un número dedicado a Dinámica de Actitud. Es difícil de encontrar.
Dino Boccaletti and Prof. Giuseppe Pucacco, Theory of Orbits: Volume 1: Integrable Systems and Non-Perturbative Methods, Vol. 1, Springer, 2003.	Bibliografía	Obra clásica de un nivel alto
Dino Boccaletti and Giuseppe Pucacco, Theory of Orbits: Volume 2: Perturbative and Geometrical Methods, Vol. 2, Springer, 2004.	Bibliografía	Obra clásica de un nivel alto
Jean Kovalevsky and P. Kenneth Seidelmann, Fundamentals of Astrometry, Vol. 1, Cambridge University Press, 2004.	Bibliografía	Obra clásica y excelente manual de consulta en cuestiones de Astrometría
Kaula, William M, Theory of Satellite Geodesy: Applications of Satellites to Geodesy, Dover Publications Inc., Mineola, New York, 2000.	Bibliografía	Una de las obras que más influencia ha tenido en la teoría del satélite artificial
Tomás Elices, Introducción a la dinámica espacial, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, 1991.	Bibliografía	Una de las pocas obras con nivel escrita en castellano.
Wertz, James Richard, Spacecraft attitude determination and control, Vol. 73, Kluwer Academic Pub, 1978.	Bibliografía	Obra clásicas en el campo de la Dinámica de Actitud
Beletkii, V. V., Essais sur le mouvement des corp cosmiques, Ed. MIR, 1977.	Bibliografía	Una obra excelente. Siete ensayos deliciosos de nivel alto.

Escobal, Pedro Ramon, Methods of orbit determination, Krieger Malabar Pub. Co., Florida, 1976.	Bibliografía	Obra clásica en el campo de la determinación de órbitas
Andrea Milani and Giovanni Federico Gronchi, Theory of Orbit Determination, Vol. 1, Cambridge University Press, 2014.	Bibliografía	Obra imprescindible en el campo de la determinación de órbitas
Bruce Conway, Spacecraft Trajectory Optimization (Cambridge Aerospace Series), Vol. 1, Cambridge University Press, 2014.	Bibliografía	Obra excelente dedicada a la optimización de trayectorias
Sergei Kopeikin and Michael Efroimsky and George Kaplan, Relativistic Celestial Mechanics of the Solar System, Vol. 1, Wiley-VCH, 2011.	Bibliografía	Obra que recoge los más modernos standars y que incluye el tratamiento de los efectos relativistas