



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

143000121 - Propulsión Espacial y Lanzadores

PLAN DE ESTUDIOS

14SA - Master Universitario En Sistemas Espaciales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
4. Descripción de la asignatura y temario.....	3
5. Cronograma.....	5
6. Actividades y criterios de evaluación.....	8
7. Recursos didácticos.....	11

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	143000121 - Propulsión Espacial y Lanzadores
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Primer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	14SA - Master Universitario En Sistemas Espaciales
Centro responsable de la titulación	14 - Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio
Curso académico	2019-20

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Luis Sanchez De Leon Peque	B325	luis.sanchezdeleon@upm.es	L - 10:00 - 13:00 J - 10:00 - 13:00
Jose Luis Montañes Garcia (Coordinador/a)	AS141	joseluis.montanes@upm.es	M - 09:30 - 11:30 X - 09:30 - 11:30 V - 09:30 - 11:30

Francisco Sastre Matesanz		francisco.sastre@upm.es	Sin horario.
---------------------------	--	-------------------------	--------------

* 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
Andres Garcia Perez	andres.garcia.perez@upm.es	IDR

3. Competencias y resultados de aprendizaje

3.1. Competencias

E08 - Analizar los mecanismos de propulsión espacial y el funcionamiento de los vehículos lanzadores

3.2. Resultados del aprendizaje

RA14 - Entender los problemas del diseño de los vehículos lanzadores y de reentrada.

RA18 - Identifica y resuelve problemas aplicando los conocimientos adquiridos.

RA20 - Razona críticamente y de forma asociativa

RA26 - 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.

RA27 - 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

RA16 - Comprende la relevancia de las ciencias básicas y su aplicación en la ingeniería

RA21 - Se comunica correctamente de forma oral y escrita

RA19 - Se integra y forma parte activa de equipos de trabajo

RA17 - Utiliza herramientas analíticas y numéricas que son objeto de otras asignaturas del plan de estudios.

4. Descripción de la asignatura y temario

4.1. Descripción de la asignatura

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 propulsantes. 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 sesiones en el centro de cálculo para el aprendizaje y manejo de herramientas de software relevantes para la industria aeroespacial.

4.2. Temario de la asignatura

1. Introducción y misiones

1.1. Definición de Empuje y estudio propulsivo

1.2. Tecnologías y aplicaciones

2. El motor cohete ideal

2.1. Ecuación del cohete

2.2. Expansión ideal en toberas

2.3. Regímenes de funcionamiento en toberas

2.4. Definición del Impulso Específico, coeficiente de empuje y parámetro de velocidad característica

2.5. Relación de áreas óptima e Impulso Total óptimo

3. Motores Cohete de Propulsante Sólido

3.1. Descripción, clasificación y aplicaciones

3.2. Fenómenos de combustión y velocidad de recesión

3.3. Diseño y actuaciones

4. Motores Cohete de Propulsante Líquido

4.1. Descripción, clasificación y aplicaciones

4.2. Análisis de utilización

4.3. Sistemas de inyección

4.4. Cámaras de empuje

4.5. Refrigeración de toberas

4.6. Diseño, optimización y actuaciones de ciclos turboalimentados

4.7. Diseño, optimización y actuaciones de ciclos presurizados

5. Motores cohete electrostáticos

5.1. Descripción, clasificación y aplicaciones

5.2. Sistemas de ionización y aceleración de iones

5.3. Estudio del diodo plano y actuaciones

6. Motores cohete de arco eléctrico

6.1. Descripción y análisis de funcionamiento

6.2. Estudio del arco contenido sin flujo

6.3. Estudio del arco contenido con corriente paralela

7. Vehículos lanzadores

7.1. Requisitos de misión y necesidades propulsivas

7.2. Vehículos lanzadores multietapa

7.3. Lanzadores actuales y alternativos

5. Cronograma

5.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
2	Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
3	Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
4	Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
5	Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de informe individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:00 Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
6	Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00

7	<p>Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00</p>
8	<p>Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Examen parcial EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 01:00</p> <p>Entrega de informe individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:00</p>
9	<p>Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00</p>
10	<p>Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00</p>
11	<p>Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Entrega de informe individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:00</p> <p>Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00</p>
12	<p>Clase teórica en el aula Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00</p>
13	<p>Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Clase de PROOSIS LPRES en el centro de cálculo Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00</p>
14	<p>Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Clase de PROOSIS LPRES en el centro de cálculo Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega de informe individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:00</p> <p>Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua</p>

				Duración: 00:00
15	Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Clase de PROOSIS LPRES en el centro de cálculo Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
16	Clase de problemas en grupo Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Clase de PROOSIS LPRES en el centro de cálculo Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
17				Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 03:00 Entrega de informe individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:00

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

6. Actividades y criterios de evaluación

6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

6.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
2	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
3	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
4	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
5	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	8%	/ 10	
5	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
6	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
7	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	

8	Examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	15%	/ 10	E08
8	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	8%	/ 10	
9	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
10	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
11	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	8%	/ 10	
11	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
12	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
13	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
14	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	8%	/ 10	
14	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
15	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	
16	Entrega de problemas realizados en grupo durante la propia clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.67%	/ 10	

17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	45%	/ 10	E08
17	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	8%	/ 10	

6.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	8%	/ 10	
8	Examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	15%	/ 10	E08
8	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	8%	/ 10	
11	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	8%	/ 10	
14	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	8%	/ 10	
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	45%	/ 10	E08
17	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	8%	/ 10	

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

6.2. Criterios de evaluación

La evaluación será obtenida como la media ponderada entre:

- 60% la nota obtenida en el examen escrito (parcial + final)
- 40% la nota obtenida en los trabajos individuales entregados a lo largo del curso

Adicionalmente, por evaluación continua, se podrá conseguir otro punto adicional (10% de la nota), que sólo suma, en cualquier caso.

7. Recursos didácticos

7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
presentaciones de la asignatura	Recursos web	disponibles en Moodle
enunciados de problemas y exámenes de otros años	Recursos web	disponibles en Moodle
Hill & Peterson, "Mechanics and Thermodynamics of Propulsion"	Bibliografía	Addison-Wesley, 1992
Sutton & Biblarz, "Rocket Propulsion Elements"	Bibliografía	John Wiley, 2001
The International Handbook of Space Technology	Bibliografía	2014
Lecturas recomendadas	Bibliografía	Publicaciones y referencias que, por su interés, son de lectura recomendada para profundizar en algunos temas; disponibles en Moodle