



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

**145007203 - Sistemas de Motor**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - 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.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	145007203 - Sistemas de Motor
<b>No de créditos</b>	4 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Séptimo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial
<b>Centro responsable de la titulación</b>	14 - Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Francisco Sastre Matesanz	b325	francisco.sastre@upm.es	Sin horario.
Gregorio Lopez Juste (Coordinador/a)		gregorio.lopez@upm.es	- -
Jorge Redon Vallejo	B325	jorge.redon@upm.es	Sin horario. Se debe solicitar tutoría por email

\* 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

- Ingeniería Eléctrica
- Termodinámica
- Mecánica de Fluidos
- Motores Alternativos Aeronáuticos
- Aerorreactores

### 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

CE34 - Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: los métodos de cálculo y de desarrollo de instalaciones de los sistemas propulsivos; la regulación y control de instalaciones de los sistemas propulsivos; el manejo de las técnicas experimentales, equipamiento e instrumentos de medida propios de la disciplina; los combustibles y lubricantes empleados en los motores de aviación y automoción; la simulación numérica de los procesos físico-matemáticos más significativos; los sistemas de mantenimiento y certificación de los motores aeroespaciales.

CE35 - Conocimiento aplicado de: aerodinámica interna; teoría de la propulsión; actuaciones de aviones y de aerorreactores; ingeniería de sistemas de propulsión; mecánica y termodinámica.

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

RA227 - Manejo de técnicas experimentales.

RA228 - Determinación de las actuaciones de una instalación auxiliar del motor

RA226 - Conocimiento, y modelización de los diferentes componentes de una instalación.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura trata de dar una visión global de los distintos subsistemas que aseguran la operación continua y la supervivencia de las plantas de potencia de origen aeronáutico, ayudando a ubicarlos e identificarlos y a obtener una idea integral más completa de un motor en su conjunto

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Introducción a la asignatura
- 1.2. Concepto de planta propulsora y de planta de potencia
- 1.3. Requisitos generales para la instalación en aeronaves
- 1.4. Requisitos generales para la instalación en plantas industriales
- 1.5. Aerorreactores: Aplicación aeronáutica, marina e industrial
- 1.6. Motores alternativos: Aplicación aeronáutica, marina e industrial.

#### 2. MEDICIÓN DE MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR

- 2.1. Medición de temperaturas: RTD's, termopares y dispositivos especiales de medida
- 2.2. Medición de presiones: Manómetros y transductores de presión y posición
- 2.3. Medición de la velocidad
- 2.4. Medición de caudal y gasto másico. Indicadores de nivel
- 2.5. Medida de la potencia suministrada por el motor. Torquímetros
- 2.6. Medición de revoluciones. Tacómetros
- 2.7. Trabajo práctico: Ajuste de un caudal con un orificio calibrado. Aplicación a turbinas de gas.

### 3. COMPONENTES PASIVOS EN SISTEMAS FLUIDOS

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Cambiadores de calor. Coeficiente de transmisión de calor. Curvas características. Aplicaciones
- 3.3. Tipos de depósitos y su dimensionado
- 3.4. Sistemas integrales de filtración. Colmatación. Análisis y resolución de problemas a través del filtrado
- 3.5. Juntas y sellado. Juntas estáticas. Sellado dinámico. Racorería. Uniones rápidas
- 3.6. Tuberías: Materiales empleados, cálculo del espesor de la pared. Tuberías flexibles. Aplicaciones
- 3.7. Acumuladores: Tipos y aplicaciones. Dimensionado de un acumulador hidráulico
- 3.8. Trabajo práctico: Dimensionado de un cambiador de calor. Aplicación a un motor aeronáutico

### 4. COMPONENTES DE CONTROL Y POTENCIA EN SISTEMAS FLUIDOS

- 4.1. Introducción
- 4.2. Válvulas de control: Tipos, aplicaciones
- 4.3. Bombas hidrodinámicas: Tipos, descripción, características, rendimiento, cavitación, acoplamiento
- 4.4. Compresores volumétricos: Descripción, características. Ventiladores
- 4.5. Bombas volumétricas: Tipos. Actuadores lineales

### 5. COMPONENTES Y ACCESORIOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR

- 5.1. Introducción
- 5.2. Arrancadores. Generadores
- 5.3. Sistemas de encendido: Excitadores, bujías, cableado
- 5.4. Procedimientos de arranque: Purga, ignición, regulación
- 5.5. Sistema de distribución eléctrica y de baterías
- 5.6. Reencendido en vuelo
- 5.7. Trabajo práctico: Dimensionado de un sistema de baterías. Aplicación a una turbina de gas

### 6. SISTEMAS DE LUBRICACIÓN Y DE ACTUACIÓN HIDRÁULICA

- 6.1. Introducción
- 6.2. Aceites lubricantes. Propiedades y especificaciones
- 6.3. Descripción, componentes, indicadores, refrigeración, detección de partículas.
- 6.4. Sistemas de geometría variable en aerorreactores. Reversa. Toberas variables
- 6.5. Sistemas de variación del paso de hélice y puesta en bandera

## 7. SISTEMAS DE COMBUSTIBLE

7.1. Introducción

7.2. Combustibles empleados. Propiedades

7.3. Descripción, componentes, indicadores, regulación, precalentamiento

7.4. Condiciones críticas de operación. Tapón de vapor. Relación de mezcla vapor-líquido

## 8. SISTEMAS DE INYECCIÓN DE AGUA

8.1. Introducción

8.2. Efectos de la inyección de agua en los motores

8.3. Sistemas de inyección de agua en motores alternativos

8.4. Inyección de agua en aerorreactores: Inyección en el compresor. Inyección en el combustor

8.5. Incremento de empuje, consumo y consumo específico en el caso ideal

## 9. ESCAPE DEL MOTOR. INVERSIÓN DE EMPUJE

9.1. Introducción

9.2. Sistemas de escape en motores alternativos: Funciones

9.3. Sistemas de escape en aerorreactores: Funciones

9.4. Elementos empleados para la inversión de empuje

## 10. SISTEMAS ANTI-INCENDIOS. SISTEMAS ANTI-HIELO. SISTEMAS DE LAVADO

10.1. Introducción.

10.2. Sistemas de detección de incendios. Detección de sobrecalentamiento en motores. Extinción

10.3. Formación de hielo en motores alternativos. Calentamiento en el carburador

10.4. Formación de hielo en aerorreactores. Sistemas por aire caliente

10.5. Sistemas de lavado

## 11. SISTEMAS DE CONTROL E INDICACIONES DEL MOTOR

11.1. Introducción

11.2. Normativa

11.3. Sistemas de control en motores alternativos: Indicadores y alarmas

11.4. Sistemas de control en aerorreactores: Indicadores y alarmas

11.5. Trabajo práctico: Elaboración de un algoritmo de control para un subsistema de un motor

## 12. MANTENIMIENTO

12.1. Introducción

12.2. Concepto de mantenimiento: tipos y niveles

12.3. Mantenimiento ligero. Inspecciones periódicas

12.4. Mantenimiento pesado. Mantenimiento no programado

12.5. Pruebas en banco.

### 13. ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DEL MOTOR

13.1. Introducción

13.2. Fases del diseño.

13.3. Ensayos: De desarrollo, en tierra y en vuelo

13.4. Normativa aeronáutica. Certificación



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1			lección magistral Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2			lección magistral Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
3			lección magistral Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
4			lección magistral Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
5			lección magistral Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
6			lección magistral Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
7			lección magistral Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
8			lección magistral Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	trabajo individual: diseño preliminar de un subsistema TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 03:00
9			lección magistral Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
10		Prácticas voluntarias Calibración de toberas y orificios Arquitectura de Motores y sistemas auxiliares Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	lección magistral Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	trabajo individual: diseño preliminar de un subsistema TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 03:00
11		Prácticas voluntarias Calibración de toberas y orificios Arquitectura de Motores y sistemas auxiliares Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	lección magistral Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	

12		<b>Prácticas voluntarias Calibración de toberas y orificios Arquitectura de Motores y sistemas auxiliares</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>trabajo individual: diseño preliminar de un subsistema</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 03:00
13		<b>Prácticas voluntarias Calibración de toberas y orificios Arquitectura de Motores y sistemas auxiliares</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
14		<b>Prácticas voluntarias Calibración de toberas y orificios Arquitectura de Motores y sistemas auxiliares</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
15		<b>Prácticas voluntarias Calibración de toberas y orificios Arquitectura de Motores y sistemas auxiliares</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
16			<b>tutorías de grupo</b> Duración: 02:30 OT: Otras actividades formativas	
17				<b>Evaluación final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00  <b>Evaluación final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final 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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	trabajo individual: diseño preliminar de un subsistema	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	03:00	16.66%	/ 10	
10	trabajo individual: diseño preliminar de un subsistema	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	03:00	16.66%	/ 10	
12	trabajo individual: diseño preliminar de un subsistema	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	03:00	16.66%	/ 10	
17	Evaluación final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	/ 10	CE34 CE35 CG3 CG9

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Evaluación final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG3 CG9 CE34 CE35

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

Los tres problemas obligatorios que se plantearán a lo largo del curso pretenden que el alumno sea capaz de diseñar de forma preliminar, y con un grado de aproximación suficiente, distintos sistemas presentes en motores de origen aeronáutico, o empleados de forma habitual en el Sector Aeronáutico, mediante los modelos explicados en clase. Los problemas resueltos sumarán un 50% de la nota final. Esto animará a los alumnos a adquirir las destrezas necesarias y le permitirá desplegar una actividad en la iniciativa personal y la creatividad que serán muy útiles para enfrentarse al mundo profesional en relación con los temas tratados.

Se plantearán dos o tres trabajos voluntarios que permitirán subir nota hasta un máximo de un 10% en total

En el examen final se evaluará el conjunto de conocimientos adquiridos. Se hará mediante la realización de una parte teórica tipo test y la realización de un problema con ayuda de las referencias que se consideren oportunas. Esta parte valdrá el 60% de la nota final. Será necesario llegar a una puntuación de 4.0 en el examen final para poder hacer media con la nota obtenida en los trabajos realizados a lo largo del curso.

Los alumnos deben respetar las normas de examen:

1. Todo alumno deberá estar convenientemente identificado y con su DNI sobre la mesa de examen.
2. No se permitirá tener ningún apunte, libro, guión, etc., cerca de la mesa de examen, ni en la cajonera. Todo material de este tipo deberá permanecer guardado.
3. Se permitirá únicamente el uso de calculadoras no programables.
4. Todo alumno deberá acudir a la prueba con el material necesario para su realización. Un bolígrafo y una calculadora son suficientes. No se prestará material de oficina durante el examen, ni se permitirá su intercambio. El alumno que no acuda con el material mínimo para realizar el examen podrá ser expulsado del mismo.
5. Se permitirá realizar preguntas sobre el contenido del examen únicamente durante los primeros 20 minutos de la prueba.
6. Si se sorprende a un alumno copiando durante el examen será expulsado automáticamente del mismo y se tomarán las medidas disciplinarias oportunas.

El alumno que no supere las pruebas establecidas a lo largo del curso deberá hacer una prueba de recuperación (examen o ejercicio similar a los realizados durante el curso, a determinar en función del número de alumnos).

La prueba de recuperación contará el 100% de la nota final. No obstante, el alumno que la realice deberá haber presentado (y superado) los ejercicios planteados durante el curso, igual que el resto de sus compañeros, como condición necesaria para aprobar la asignatura.

El grado de dificultad de la prueba de recuperación será similar al de la prueba ordinaria.

Los ejercicios prácticos obligatorios se deberán presentar por correo electrónico al mes de ser explicados en el curso (la fecha exacta se comunicará en el aula y se publicará en Moodle), con el formato y la extensión establecidos en clase y publicados en Moodle. Los trabajos que no cumplan con los requisitos de formato y/o de extensión, serán rechazados y devueltos a los alumnos autores. Un ejercicio devuelto por segunda vez, quedará automáticamente sin calificar y no aportará ningún punto a la nota final.

Se recomienda hacer estos ejercicios en grupos de un máximo de 3 alumnos. Podrán realizarse individualmente. Adicionalmente, a lo largo del curso se plantearán redacciones cortas voluntarias, para profundizar, que podrán ser expuestos en clase. Los alumnos que decidan exponer su trabajo en clase verán su esfuerzo recompensado con una puntuación extra, que será determinada convenientemente durante el curso. Las exposiciones que se realicen serán cortas, de un máximo de 10-15 minutos por grupo. El material de la exposición deberá ser enviado por correo electrónico, por adelantado, para su revisión

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
ANDREAS LINKE-DIESINGER. "Systems of Commercial Turbofan Engines	Bibliografía	
IAN MOIR Y ALLAN SEABRIDGE. "Aircraft Systems: Mechanical, Electrical and Avionics Subsystems Integration	Bibliografía	
ANTONIO CREUS. "Instrumentación Industrial	Bibliografía	
YUNUS A. CENGEL Y AFSHIN J GHAJAR. "Transferencia de calor y masa: Fundamentos y aplicaciones	Bibliografía	
SANTIAGO SABUGAL GARCÍA Y FLORENTINO GÓMEZ MOÑUX. "Centrales térmicas de ciclo combinado: Teoría y proyecto	Bibliografía	
THOMAS W. WILD Y MICHAEL J. KROES. "Aircraft Powerplants".	Bibliografía	
COHEN, ROGERS Y SARAVANAMUTTOO. "Gas Turbine Theory".	Bibliografía	

BERNARD FRIEDLAND. "Control System Design	Bibliografía	
LINK C. JAW Y JAK D. MATTINGLY. "Aircraft Engine Controls: Design, System Analysis and Health Monitoring	Bibliografía	
ROLLS ROYCE. "The Jet Engine	Bibliografía	
DAVID GONZALEZ CALLEJA. "Motores térmicos y sus sistemas auxiliares	Bibliografía	
THOMAS K. EISMIN. "Aircraft Electricity and electronics"	Bibliografía	
Espacio MOODLE de la asignatura <a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a>	Recursos web	En esta plataforma se incluyen documentos docentes básicos de la asignatura, enlaces, test de autoevaluación, ejercicios propuestos y resueltos, etc. y se utiliza como método de comunicación de avisos y solución de dudas.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Las prácticas de laboratorio correctamente desarrolladas y con un informe adecuado sumarán un 10% a la nota final

Los guiones de los temas se cargarán en Moodle a lo largo del curso. Cuando se acabe un tema en clase, se cargará en Moodle la lección a continuación. No se suministrará todo el temario desde el principio ya que se revisa y se actualiza cada curso.

Se intentará completar la formación de los alumnos con clases prácticas en Laboratorio (por confirmar la disponibilidad de Laboratorio).

Toda la actividad de lección magistral se desarrollara de forma telemática de forma excepcional para el curso 2020-21. se realizará un tutoría de grupo cada cuatro semanas, en grupos reducidos si fuera necesario para complementar la formación del alumno