



## GUÍA DE APRENDIZAJE

CURSO 2017/18

### ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA
2. CONOCIMIENTOS PREVIOS
3. COMPETENCIAS
4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE
5. PROFESORADO
6. PROGRAMA
7. PLAN DE TRABAJO
8. SISTEMA DE EVALUACIÓN
9. RECURSOS DIDÁCTICOS
10. OTRA INFORMACIÓN

## PLAN 14IA - GRADO EN INGENIERÍA AEROESPACIAL

Código **145003003**

Asignatura **TERMODINÁMICA**

Nombre en Inglés **FUNDAMENTAL THERMODYNAMICS**

Materia MECÁNICA Y TERMOFLUIDODINÁMICA

Especialidad COMÚN A TODAS LAS ESPECIALIDADES

Idiomas CASTELLANO

Curso SEGUNDO

Semestre TERCERO

Carácter OB

Créditos 6 ECTS

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

Breve descripción de la asignatura.

En esta asignatura se introducen los conceptos básicos de la termodinámica. Inicialmente se introducen el primer y segundo principio aplicados a sistemas cerrados y a continuación se obtienen las ecuaciones para volúmenes de control. Se comienza aplicando dichos principios a gases perfectos y posteriormente a gases reales. El curso está centrado en sistemas monofásicos y monocomponentes, salvo el tema final en el que se estudia el equilibrio y el cambio de fase.

## 2. CONOCIMIENTOS PREVIOS

### a) CONOCIMIENTOS PREVIOS NECESARIOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

**Asignaturas superadas:** Las legalmente establecidas para el acceso a segundo curso.

**Otros requisitos:**

### b) CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

**Se recomienda tener superadas las Asignaturas:** Física I, Física II, Matemáticas I, Matemáticas II.

**Otros Conocimientos:**

## 3. COMPETENCIAS

- CG3.-** Capacidad para identificar y resolver problemas aplicando, con creatividad, los conocimientos adquiridos.
- CE8.-** Conocimiento aplicado de la Termodinámica a la Ingeniería.
- CE16.-** Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de los conceptos y las leyes que gobiernan los procesos de transferencia de energía.
- CE19.-** Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los conceptos y las leyes que gobiernan los procesos de transferencia de energía, el movimiento de los fluidos, los mecanismos de transmisión de calor y el cambio de materia y su papel en el análisis de los principales sistemas de propulsión aeroespaciales.

## 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- RA01.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de los principios y métodos de la Termodinámica.
- RA02.-** Conocimiento y comprensión de los dos primeros principios de la termodinámica y su aplicación a sistemas cerrados y abiertos, tomando como ejemplos algunos sistemas aeroespaciales típicos.
- RA03.-** Conocimiento, comprensión y aplicación de las relaciones termodinámicas generalizadas, del equilibrio y estabilidad de sistemas simples compresibles y de los cambios de fase.

**RAO4.-** Incremento de la capacidad de abstracción para poder formular y calcular las soluciones a problemas de ingeniería.

## 5. PROFESORADO

**Departamento:** MECÁNICA DE FLUIDOS Y PROPULSIÓN AEROESPACIAL.

**Coordinador de la Asignatura:** Isabel PÉREZ GRANDE.

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
BARRERO GIL, Antonio	<a href="mailto:antonio.barrero@upm.es">antonio.barrero@upm.es</a>	
CABRERA REVUELTA, Ignacio	<a href="mailto:ignacio.cabrera@upm.es">ignacio.cabrera@upm.es</a>	
CALZADA MACERES, Pedro de la	<a href="mailto:pedro.delacalzada@upm.es">pedro.delacalzada@upm.es</a>	
JIMÉNEZ DE CISNEROS BAILLY-BAILLIERE, Borja	<a href="mailto:borja.jimenezdecisneros@upm.es">borja.jimenezdecisneros@upm.es</a>	
MORENO MARTÍN, Rafael	<a href="mailto:rafael.moreno@upm.es">rafael.moreno@upm.es</a>	
PÉREZ GRANDE, M. Isabel	<a href="mailto:isabel.perez.grande@upm.es">isabel.perez.grande@upm.es</a>	

Los horarios de tutorías estarán publicados en el tablón de la asignatura y en la plataforma Moodle.

## 6. TEMARIO

Tema 1. ALGUNOS CONCEPTOS Y DEFINICIONES.

1.1. Alcance y método de la termodinámica. 1.2. Sistema termodinámico. 1.3. Propiedad, estado, proceso. 1.4. Equilibrio: proceso cuasiestático. 1.5. Frontera adiabática y frontera diatérmica; equilibrio térmico. Principio cero de la termodinámica. Definición empírica de temperatura. 1.6. Densidad y presión.

Tema 2. PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMO-DINÁMICA. ENERGÍA.

2.1. Concepto de trabajo. Proceso adiabático. Evaluación del trabajo en una superficie. 2.2. Primer principio de la termodinámica. Energía. Principio de conservación de la energía para una masa de control; calor. 2.3. Ecuación de la energía interna. 2.4. Trabajo en procesos reversibles. 2.5. Postulado de estado; sistema simple.

Tema 3. SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMO-DINÁMICA. ENTROPÍA.

3.1. Enunciados de Kelvin-Planck y de Clausius del segundo principio: equivalencia de estos postulados. 3.2. Procesos reversibles e irreversibles. 3.3. Teoremas de Carnot. 3.4. Escala termodinámica de temperatura. 3.5. Teorema (desigualdad) de Clausius. 3.6. Entropía. 3.7. Procesos reales; producción de entropía. 3.8. Ecuación de Gibbs. 3.9. Entropía y energía no utilizable.

Tema 4. PRIMER Y SEGUNDO PRINCIPIOS APLICADOS A VOLÚMENES DE CONTROL.

4.1. Variación de una propiedad extensiva: teorema del transporte de Reynolds. 4.2. Primer principio aplicado a volúmenes de control. 4.3. Ecuación del segundo principio para volúmenes de control. 4.4. Procesos en régimen estacionario. 4.5. Ecuación de Bernoulli generalizada. 4.6. Magnitudes de remanso. 4.7. Análisis de turbinas, compresores, difusores y toberas; rendimiento adiabático de estos dispositivos. 4.8. Dispositivos de estrangulamiento.

## Tema 5. POTENCIALES TERMODINÁMICOS. RELACIONES TERMODINÁMICAS GENERALIZADAS.

5.1. Potenciales termodinámicos, potencial termodinámico U (energía interna). Transformación de Legendre. Otros potenciales termodinámicos. 5.2. Relaciones de Maxwell. 5.3. Relaciones generalizadas para cambios de energía interna, entalpía y entropía. 5.4. Relaciones generalizadas para Cp y Cv. Diferencia Cp - Cv. 5.5. Coeficiente de Joule-Thomson. 5.6. Datos que necesita la Termodinámica.

## Tema 6. EQUILIBRIO DE LOS SISTEMAS TERMODINÁMICOS. TRANSICIÓN DE FASE.

6.1. Potencial químico. 6.2. Criterios de equilibrio y estabilidad: Principio de máxima entropía; principio de mínima energía. Criterios de estabilidad para los otros potenciales termodinámicos. 6.3. Propiedades termodinámicas en el equilibrio de los sistemas. 6.4. Condiciones de estabilidad de los sistemas simples compresibles. 6.5. Cambio de fase: regla de Gibbs de las fases para un sistema no reactivo. 6.6. Ecuación de Clapeyron. 6.7. Propiedades termodinámicas del agua.

## 7. PLAN DE TRABAJO

## a) Cronograma.

Semana Nº	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
1	x			
2	x			
3	x			
4	x	x		
5	x	x		
6	x	x		
7	x	x		Control de teoría de temas 1, 2 y 3
8	x	x		
9	x	x		
10	x	x		
11	x	x		Control de teoría y problemas de los temas 1 a 4
12	x	x		
13	x	x		
14	x	x		
15	x	x		
16	x			

## b) Metodologías Docentes.

Métodos Docentes	EPD	LM	PL	RPA	TP	Otros*
ECTS	3,65	1,07	0,21	1,07		

EPD: ESTUDIO PERSONAL DIRIGIDO  
 LM: LECCIÓN MAGISTRAL  
 PBL: APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS  
 PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO

**RPA:** RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL AULA

**TP:** TUTORÍAS PROGRAMADAS

**\*Otros** (especificar):

## 8. SISTEMA DE EVALUACIÓN

### a) Tribunal de Evaluación.

<b>Presidente:</b>	M. Isabel PÉREZ GRANDE
<b>Vocal:</b>	Isidoro MARTÍNEZ HERRANZ
<b>Secretario:</b>	Ignacio CABRERA REVUELTA
<b>Suplente:</b>	Antonio BARRERO GIL

### b) Actividades de Evaluación.

Semana N°	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
7	Control de teoría de temas 1, 2 y 3	Prueba escrita	POPF	1 h		5	CG3, CE8, CE16, CE19
11	Control de teoría y problemas de los temas 1 a 4	Prueba escrita	POPF	4 h		5	CG3, CE8, CE16, CE19
16	Control de teoría y problemas de los temas 5 y 6.	Prueba escrita	POPF	2 h		5	CG3, CE8, CE16, CE19
16	Examen final. Control de teoría y problemas de los temas 1 a 6.	Prueba escrita	POPF	4h		5	CG3, CE8, CE16, CE19

### c) Criterios de Evaluación.

En la evaluación la teoría tiene un peso del 40% y los problemas un peso del 60%. El proceso de evaluación que se plantea en esta asignatura es el siguiente.

#### Evaluación continua:

- C1: Control de teoría 1 (semana 7 aproximadamente). Incluye contenidos de teoría de los temas 1, 2 y 3.

Los alumnos que superen este control liberarán sólo en la prueba siguiente los contenidos teóricos de dichos temas. Calificación NT1.

- C2: Control de teoría y problemas (semana 11 aproximadamente). Incluye contenidos de teoría y problemas de los temas 1 a 4.

Se realizarán dos exámenes: uno para los alumnos que hayan liberado el primer control y otro para los que no lo hayan liberado y decidan continuar con la evaluación continua.

-Alumnos que han liberado el control C1:

Contenido del examen:

-Teoría del tema 4. Calificación NT2\_L.

-Problema 1. Calificación NP1.

-Problema 2. Calificación NP2.

Calificación del control:  $NC2 = 0,4 NT2 + 0,3 NP1 + 0,3 NP2$ ,

donde  $NT2 = 2/3 \times NT1 + 1/3 NT2\_L$

-Alumnos que no han liberado el control C1:

Contenido del examen:

-Teoría de los temas 1 a 4. Calificación NT2.

-Problema 1. Calificación NP1.

-Problema 2. Calificación NP2.

Calificación del control:  $NC2 = 0,4 NT2 + 0,3 NP1 + 0,3 NP2$ .

Aquellos alumnos que superen el control C2 liberarán los contenidos de los temas 1-4.

- C3: Control de teoría y problemas (simultáneamente al examen final). Incluye contenidos de teoría y problemas de los temas 5 y 6.

Contenido del examen:

-Teoría de los temas 5 y 6. Calificación NT3.

-Problema 1. Calificación NP3\_L.

Nota final de la asignatura por sistema de evaluación continua:

$NF = 0,4 (0,6 NT2 + 0,4 NT3) + 0,3 NP3\_L + 0,3 (0,5 NP1 + 0,5 NP2)$

Examen final. Prueba que incluye teoría y problemas de los temas 1 a 6.

Contenido del examen:

-Teoría de los temas 1 a 6. Calificación NTF.

-Problema 1. Calificación NPF1.

-Problema 2. Calificación NPF2.

Nota final de la asignatura:

$NF = 0,4 NTF + 0,3 NPF1 + 0,3 NPF2$

Para aprobar la asignatura, deberá obtenerse una calificación total superior o igual 5.

- Evaluación de las prácticas de laboratorio. Las prácticas serán de carácter voluntario. El alumno tendrá que entregar un informe de cada una de las prácticas realizadas y realizar un examen sobre sus contenidos. Estos informes contendrán como mínimo el método utilizado, resultados y conclusiones. La actividad de prácticas valorará con un máximo de 1,5 puntos que se sumará a la nota final obtenida, siempre que la nota del examen final sea mayor que 5 sobre 10.

## 9. RECURSOS DIDÁCTICOS

Descripción	Tipo	Observaciones
Apuntes de Termodinámica. Publicaciones de la ETSIAE.	Bibliografía	
BIEL, J. "Curso sobre el formalismo y los métodos de la Termodinámica." Ed. Reverté S.A. Barcelona, 1998.	Bibliografía	
MORAN, M.J. Y SHAPIRO, H.N. "Fundamentos de la Termodinámica técnica". Ed. Reverté, 2ª Edición (traducción de la 4ª ed. Inglesa) Barcelona, 2004.	Bibliografía	
WARK, K Y RICHARDS, D.E. "Termodinámica". McGraw-Hill, 6ª ed. (traducción de la 6ª ed. Inglesa) Madrid, 2000.	Bibliografía	
Plataforma Moodle <a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a>	Recursos web	En esta plataforma se incluyen documentos docentes de la asignatura. Se utiliza también como método de comunicación de avisos.
Laboratorio	Equipamiento	En el laboratorio los alumnos dispondrán del material e instrumentos necesarios para realizar las prácticas programadas de la asignatura.

## 10. OTRA INFORMACIÓN