



Grado en Ingeniería Eléctrica, Doble Grado en Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Energética

DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre:

Termotecnia

Denominación en inglés:

Engineering Thermodynamics

Código:

606310203, 609417203

Carácter:

Obligatorio

Horas:

	Totales	Presenciales	No presenciales
Trabajo estimado:	150	60	90

Créditos:

Grupos reducidos				
Grupos grandes	Aula estándar	Laboratorio	Prácticas de campo	Aula de informática
4.5	0	1.5	0	0

Departamentos:

Ingeniería Eléctrica y Térmica, de Diseño y Proyectos

Áreas de Conocimiento:

Máquinas y Motores Térmicos

Curso:

2º - Segundo

Cuatrimestre:

Primer cuatrimestre

DATOS DE LOS PROFESORES

Nombre:	E-Mail:	Teléfono:	Despacho:
Domingo Borrero Govantes	domingo.borrero@die.uhu.es	666202500	340 / ETSI / El Carmen
*Orihuela Espina, Maria del Pilar	maria.orihuela@die.uhu.es	87465	343 / ETSI / Carmen

*Profesor coordinador de la asignatura

Consultar los horarios de la asignatura

1. Descripción de contenidos

1.1. Breve descripción (en castellano):

Introducción a la Termodinámica.
 Principios de la Termodinámica.
 Propiedades de las Sustancias Puras.
 Balances de Materia y Energía en sistemas abiertos.
 Máquinas Térmicas.
 Ciclos de potencia de vapor.
 Ciclos de potencia de gas.
 Ciclos de refrigeración.

1.2. Breve descripción (en inglés):

Introduction to Thermodynamics. Laws of Thermodynamics. Thermodynamic properties of pure substances. Energy and mass balances in open systems. Heat engines. Steam cycles. Gas cycles. Refrigeration cycles.

2. Situación de la asignatura

2.1. Contexto dentro de la titulación:

La asignatura de Termotecnia desarrolla conceptos básicos necesarios para la formación de un ingeniero eléctrico, tanto para el estudio de asignaturas posteriores como para su ejercicio profesional como graduado. En este sentido, la asignatura resulta indispensable para la formación de graduados con una sólida base teórica y experimental, cuyas experiencias analíticas, de diseño y de laboratorio los haga atractivos a la industria. Los conocimientos adquiridos son de utilidad en el estudio de materias tales como plantas de potencia, automoción, calor y frío, ingeniería medioambiental, fuentes alternativas de energía, etc.

2.2. Recomendaciones:

Para abordar con éxito esta asignatura es necesario haber superado previamente las asignaturas básicas de Física y Matemáticas. Algunas herramientas elementales y recurrentes de esta asignatura son:

- Interpolaciones y extrapolaciones
- Derivadas de una o varias variables
- Derivadas totales y parciales
- Integrales simples, dobles
- Integrales de línea y de superficie
- Leyes de Newton
- Cálculo de errores

Es muy recomendable, además, repasar los siguientes conceptos antes de estudiar la asignatura:

- Equilibrio de fuerzas (suma de vectores)
- Gas ideal
- Sustancia incompresible
- Magnitudes másicas y molares
- Densidad
- Masa y energía (calor y trabajo)
- Energía cinética
- Energía potencial gravitatoria y elástica
- Calor específico, poder calorífico

3. Objetivos (Expresados como resultados del aprendizaje):

Objetivos generales recogidos en la memoria de verificación:

- Comprender el primer principio de la termodinámica y realizar balances energéticos en sistemas cerrados y abiertos.
- Análisis del segundo principio de la termodinámica y su aplicación al cálculo de rendimientos y eficiencias.
- Conocer los procesos básicos de los ciclos de potencia y de refrigeración.
- Análisis de los procesos de acondicionamiento de aire

Para lograr estos objetivos globales será necesario adquirir las siguientes habilidades y conocimientos básicos:

- Identificar (cantidad de materia, composición, fase) y caracterizar (propiedades) sistemas termodinámicos.
- Distinguir propiedades termodinámicas (p , v , T , u , h , s) de interacciones energéticas (Q , W).
- Comprender el principio de conservación de la masa y conocer sus implicaciones en sistemas cerrados y abiertos.
- Comprender el Primer Principio de la Termodinámica y saber realizar balances energéticos en sistemas cerrados y abiertos.
- Distinguir procesos de ciclos. Reconocer las diferentes tipologías de procesos y de ciclos.
- Comprender el Segundo Principio de la Termodinámica y su aplicación al cálculo de eficiencias.
- Entender y manejar el concepto de Entropía como herramienta para el análisis de procesos a la luz del Segundo Principio de la Termodinámica.

4. Competencias a adquirir por los estudiantes

4.1. Competencias específicas:

- **C01:** Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería
- **C10:** Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad

4.2. Competencias básicas, generales o transversales:

- **CB5:** Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía
- **G01:** Capacidad para la resolución de problemas
- **G04:** Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- **G07:** Capacidad de análisis y síntesis
- **G09:** Creatividad y espíritu inventivo en la resolución de problemas científico-técnicos
- **G12:** Capacidad para el aprendizaje autónomo y profundo
- **G14:** Capacidad de gestión de la información en la solución de situaciones problemáticas
- **G16:** Sensibilidad por temas medioambientales
- **G17:** Capacidad para el razonamiento crítico
- **CT2:** Desarrollo de una actitud crítica en relación con la capacidad de análisis y síntesis.
- **CT3:** Desarrollo de una actitud de indagación que permita la revisión y avance permanente del conocimiento.

5. Actividades Formativas y Metodologías Docentes

5.1. Actividades formativas:

- Sesiones de Teoría sobre los contenidos del Programa.
- Sesiones de Resolución de Problemas.
- Sesiones Prácticas en Laboratorios Especializados o en Aulas de Informática.

5.2. Metodologías docentes:

- Clase Magistral Participativa.
- Desarrollo de Prácticas en Laboratorios Especializados o Aulas de Informática en grupos reducidos.
- Resolución de Problemas y Ejercicios Prácticos.
- Tutorías Individuales o Colectivas. Interacción directa profesorado-estudiantes.
- Planteamiento, Realización, Tutorización y Presentación de Trabajos.
- Evaluaciones y Exámenes.

5.3. Desarrollo y justificación:

- **Sesiones de teoría y problemas**

Tanto las sesiones de teoría (grupos grandes) como las de problemas (grupos reducidos) tienen una duración de 90 minutos. En las sesiones de teoría se explicarán los conceptos teóricos de cada tema y cómo aplicarlos a la resolución de problemas. Serán básicamente clases magistrales participativas, aunque complementadas con otras actividades grupales tales como debates o ejercicios de autoevaluación. Dependiendo del tema y del progreso del curso, la franja de 90 minutos asignada a estas sesiones de teoría podrá dedicarse íntegramente a desarrollar conceptos teóricos, o bien a resolver ejercicios y problemas. Las sesiones de problemas sí serán dedicadas íntegramente a profundizar en el análisis y la resolución de problemas. Diversas relaciones de problemas específicos a cada tema servirán de conexión fundamental entre los contenidos teóricos y los sistemas ingenieriles reales. Son un total de 5 sesiones.

- **Sesiones de laboratorio**

Las prácticas de laboratorio incluyen un total de 5 sesiones. Cada sesión implica un trabajo en el laboratorio de aproximadamente 90 minutos, trabajo que se realizará en grupos reducidos (4-5 alumnos por grupo). Deberá entregarse con posterioridad un informe sobre el trabajo de laboratorio realizado.

6. Temario desarrollado:

TEMA 1. INTRODUCCIÓN.

- 1.1.Introducción
- 1.2.Sistema, propiedad, estado y equilibrio termodinámico.
- 1.3.Procesos termodinámicos.
- 1.4.Propiedades fundamentales.
- 1.5.Principio cero de la termodinámica: temperatura. Termometría.

TEMA 2. PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA.

- 2.1.Introducción.
- 2.2.Transferencia de energía mediante trabajo.
- 2.3.Primer Principio de la Termodinámica: energía interna.
- 2.4.Transferencia de energía mediante calor.
- 2.5.Balance de energía para un sistema cerrado.
- 2.6.Aplicación del primer principio al análisis de sistemas abiertos: procesos de flujo estacionario.

TEMA 3. PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE LAS SUSTANCIAS PURAS.

- 3.1.Postulado de estado.
- 3.2.Procesos de cambio de fases.
- 3.3.Diagramas termodinámicos para procesos de cambio de fases.
- 3.4.Tablas de propiedades.
- 3.5.Calores específicos.
- 3.6.El modelo de la sustancia incompresible.
- 3.7.El modelo de gas ideal.

TEMA 4. SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA.

- 4.1.Introducción.
- 4.2.Reservorios térmicos. Máquinas térmicas (motores, refrigeradores y bombas de calor).
- 4.3.Enunciados clásicos del segundo principio.
- 4.4.Procesos reversibles e irreversibles.
- 4.5.Corolarios del segundo principio. Escala de temperaturas absolutas.
- 4.6.El ciclo de Carnot.

TEMA 5. ENTROPÍA

- 5.1.Desigualdad de Clausius.
- 5.2.Entropía.
- 5.3.Principio de incremento de entropía.
- 5.4.Balance de entropía.
- 5.5.Cálculo del cambio de entropía.
- 5.6.Diagramas termodinámicos que incluyen la entropía.
- 5.7.Procesos isoentrópicos. Eficiencia isoentrópica.
- 5.8.Proceso de flujo estacionario internamente reversibles.

TEMA 6. CICLOS DE POTENCIA DE VAPOR.

- 6.1.Introducción.
- 6.2.El ciclo de vapor de Carnot.
- 6.3.El ciclo Rankine simple.
- 6.4.Mejora del rendimiento de un ciclo Rankine.
- 6.5.Recalentamiento intermedio.
- 6.6.Regeneración.
- 6.7.Cogeneración.

TEMA 7. CICLOS DE POTENCIA DE GAS.

- 7.1.Introducción.
- 7.2.Descripción de los motores alternativos de combustión interna.
- 7.3.Hipótesis de aire-estándar.
- 7.4.El ciclo Otto.
- 7.5.El ciclo Diesel.
- 7.6.El ciclo dual.
- 7.7.El ciclo de las turbinas de gas: ciclo Brayton.
- 7.8.Ciclo Brayton regenerativo.
- 7.9.El ciclo combinado gas-vapor.

TEMA 8. CICLOS DE REFRIGERACIÓN.

- 8.1.Introducción.
- 8.2.Ciclo de Carnot inverso.
- 8.3.Refrigeración por compresión de vapor.
- 8.4.Propiedades de los refrigerantes.
- 8.5.Bombas de calor.
- 8.6.Ciclos de refrigeración de gas.

TEMA 9.MEZCLAS NO REACTIVAS DE GASES IDEALES. AIRE HÚMEDO.

- 9.1.Mezclas no reactivas de gases ideales.
- 9.2.Propiedades termodinámicas del aire húmedo.
- 9.3.Proceso de saturación adiabática. Temperatura de bulbo húmedo.
- 9.4.Diagrama psicrométrico.
- 9.5.Procesos de acondicionamiento de aire.

7. Bibliografía

7.1. Bibliografía básica:

- Termodinámica (Vol I y II). Y.A. Cengel y M.A. Boles (McGraw-Hill, 1996).
- Fundamentos de Termodinámica Técnica (Vol I y II), M.J. Moran y H.N. Shapiro (Reverté, 1995).
- Ingeniería Termodinámica. J.B. Jones y R.E. Dugan (Prentice Hall, 1997).
- Termodinámica. K. Wark y D.E. Richards (McGraw-Hill, 6a ed., 2000).

7.2. Bibliografía complementaria:

- Termodinámica Lógica y Motores Térmicos. J. Agüera Soriano (Ciencia 3, 1993).

8. Sistemas y criterios de evaluación.

8.1. Sistemas de evaluación:

- Examen de teoría/problemas
- Defensa de Prácticas
- Seguimiento Individual del Estudiante

8.2. Criterios de evaluación y calificación:

Evaluación tradicional

Para valorar el aprendizaje de los alumnos y su nivel de adquisición de competencias, la presente asignatura seguirá un sistema de evaluación semi-continua. La calificación global del alumno se establecerá en base al resultado obtenido en cada una de las pruebas de evaluación (obligatorias y voluntarias) que se realizarán a lo largo del cuatrimestre. Las pruebas a realizar serán las siguientes:

- Asistencia a las **prácticas de laboratorio**, realización de ensayos, y elaboración de una memoria de resultados experimentales (OBLIGATORIA). Las prácticas tendrán lugar en el laboratorio de Máquinas y Motores Térmicos de la ETSI. La asistencia será obligatoria. Los alumnos deberán venir habiendo leído y comprendido el guión de prácticas. La ejecución de los ensayos y la posterior redacción de las memorias se realizará en grupos de 3-5 alumnos. En la actitud del alumno durante las sesiones de laboratorio, y en el contenido de las memorias, se evaluará la adquisición de las competencias CB5, G04, G07, G14, G16, G17, CT2 y CT3. Será requisito para aprobar la asignatura que la nota de prácticas sea igual o superior a **3** sobre 10.
- Un **examen parcial** escrito de teoría y problemas. Este examen parcial se hará (o no) a criterio de profesor según la marcha de la enseñanza del curso. En caso de realizarse, se hará en horario de clase un día a determinar a mitad del cuatrimestre. En este parcial se preguntará por los contenidos del bloque de Termodinámica (temas 1 a 5, ambos incluidos). Constará de una serie de cuestiones teóricas y problemas donde se evaluarán las competencias C01, C10, CB5, G01, G04, G07, G09, G12, G17, CT2 y CT3. En caso de realizarse, será requisito para aprobar la asignatura que la nota del examen parcial sea igual o superior a **2** sobre 10.
- Un **examen global** escrito de teoría y problemas. En este examen se preguntará por todos los contenidos impartidos en la asignatura, incluyendo tanto el bloque de Termodinámica (temas 1-5) como el de Termotecnia (temas 6-9). Constará de una serie de cuestiones teóricas y problemas donde se evaluarán las competencias C01, C10, CB5, G01, G04, G07, G09, G12, G17, CT2 y CT3. Será requisito para aprobar la asignatura que la nota del examen global sea igual o superior a **4,5** sobre 10.
- Un **trabajo** de la asignatura. A criterio del profesor, y según la marcha del curso, este trabajo podrá tener carácter voluntario u OBLIGATORIO. En caso de ser voluntario, el trabajo requerirá una nota mínima de 6 sobre 10 para ser tenido en cuenta en la calificación global, y su peso en la misma será del 10%. En caso de ser OBLIGATORIO, conllevará una defensa y exposición en clase, y su peso en la calificación global será del 30%.

CALIFICACIÓN

La calificación global de la asignatura se calculará ponderando la nota de las diferentes pruebas de la siguiente manera:

En el supuesto más general, la calificación global se calcularía como:

- Calificación global = $0,15 \times$ Nota de prácticas + $0,35 \times$ Nota del examen parcial + $0,5 \times$ Nota del examen global

En el caso de no haber examen parcial, su ponderación pasaría al examen global. Por ejemplo:

- Calificación global = $0,15 \times$ Nota de prácticas + $0,85 \times$ Nota del examen global

Si se ofrece la posibilidad de hacerlo, y el alumno realiza con éxito el trabajo voluntario, su nota será:

- Calificación global = $0,15 \times$ Nota de prácticas + $0,3 \times$ Nota del examen parcial + $0,45 \times$ Nota del examen global + $0,1 \times$ Nota del trabajo voluntario

Ahora bien, en caso de que el trabajo sea OBLIGATORIO, el peso de los exámenes se vería minorado, y la calificación se ponderaría de la siguiente forma:

- Calificación global = $0,15 \times$ Nota de prácticas + $0,15 \times$ Nota del examen parcial + $0,40 \times$ Nota del examen global + $0,3 \times$ Nota del trabajo OBLIGATORIO

En cualquier caso, será requisito para aprobar la asignatura que la calificación global promediada de todas las pruebas sea igual o superior a 5, y que se hayan satisfecho todos los requisitos de nota mínima mencionados anteriormente: >3 en las prácticas, >2 en el examen parcial (en caso de realizarse), y $>4,5$ en el examen global.

Los alumnos que realicen cualquier tipo de actividad (trabajo, práctica o examen) desde el principio de curso sin haber manifestado expresamente su intención de acogerse a Evaluación Única Final se considerarán por defecto acogidos a Evaluación Continua y de ninguna manera podrán ser considerados en acta como "No presentados".

Todo lo anterior es de aplicación a la primera convocatoria ordinaria del curso (Febrero). En el resto de convocatorias se evaluará al alumno mediante un único examen global. Se deja a criterio del profesor conservar la nota de alguna de las actividades de evaluación continua (especialmente prácticas) realizadas durante el periodo lectivo.

Evaluación Única Final

Para acogerse al sistema de Evaluación Única Final, el estudiante deberá comunicarlo por correo electrónico al coordinador de la asignatura en las dos primeras semanas de impartición de la misma, o bien en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de la asignatura. Fuera de los citados plazos, el estudiante sólo podrá solicitar la Evaluación Única Final por causas excepcionales (motivos laborales, enfermedad o discapacidad) que deberá justificar debidamente. Para más información, puede consultarse el Reglamento de Evaluación de la UHU de 13 de marzo de 2019 (artículo 8).

Los alumnos acogidos a este sistema serán evaluados en un solo acto académico mediante las siguientes pruebas:

- Prueba de teoría **25%**. Constará de varias cuestiones teóricas a resolver razonadamente.
- Prueba de problemas **60%**. Constará de varios problemas a resolver numéricamente.
- Prueba de prácticas **15%**. Constará de varias cuestiones de carácter tanto teórico como numérico relacionadas con las experiencias desarrolladas en las sesiones de laboratorio.

Será requisito para aprobar la asignatura que la calificación global promediada de las tres pruebas sea igual o superior a 5, y que se haya obtenido en cada una de ellas una nota mínima de 3,5 sobre 10.

Los alumnos que realicen cualquier tipo de actividad (trabajo, práctica o examen) desde el principio de curso sin haber manifestado expresamente su intención de acogerse a Evaluación Única Final se considerarán por defecto acogidos a Evaluación Continua y de ninguna manera podrán ser considerados en acta como "No presentados".

9. Organización docente semanal orientativa:

	Semanas	Grupos Grandes	Grupos Reducidos Aula Estándar	Grupos Reducidos Aula de Informática	Grupos Reducidos Laboratorio	Grupos Reducidos prácticas de campo	Pruebas y/o actividades evaluables	Contenido desarrollado
#1	3	0	0	0	0		Tema 1	
#2	3	0	0	0	0		Tema 2	
#3	3	0	0	0	0		Tema 2	
#4	3	0	0	0	0		Tema 2	
#5	3	1.5	0	1.5	0		Tema 3	
#6	3	0	0	0	0		Tema 3	
#7	3	1.5	0	1.5	0		Tema 4	
#8	3	0	0	0	0		Tema 5	
#9	3	1.5	0	1.5	0		Tema 5	
#10	3	0	0	0	0		Tema 6	
#11	3	0	0	0	0		Tema 6	
#12	3	0	0	0	0		Tema 7	
#13	3	1.5	0	1.5	0		Tema 7	
#14	3	1.5	0	1.5	0		Tema 8	
#15	3	0	0	0	0		Tema 9	
	45	7.5	0	7.5	0			