

24-25

GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA  
SEGUNDO CURSO

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## TERMODINÁMICA II

CÓDIGO 68052014

UNED

**24-25****TERMODINÁMICA II****CÓDIGO 68052014**

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA  
TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS  
PRÁCTICAS DE LABORATORIO  
IGUALDAD DE GÉNERO

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TERMODINÁMICA II
CÓDIGO	68052014
CURSO ACADÉMICO	2024/2025
DEPARTAMENTO	INGENIERÍA ENERGÉTICA
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE	GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA
CURSO	SEGUNDO CURSO
PERIODO	SEMESTRE 1
Nº ETCS	6
HORAS	150.0
IDIOMAS EN QUE SE IMPARTE	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La Termodinámica II se cursa en el primer semestre del segundo curso y es una asignatura fundamental en la formación académica, profesional y personal del estudiante dentro del plan de estudios para la obtención del grado. Al ser competencia de la termodinámica los balances de energía y las propiedades de las sustancias puras, es imprescindible para comprender otras asignaturas tales como Mecánica de Fluidos, Máquinas térmicas, Centrales termoeléctricas, etc.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Para poder cursar esta asignatura con garantías, es necesario dominar la asignatura **Termodinámica I** del segundo semestre de primer curso.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	FERNANDO VARELA DIEZ (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	fvarela@ind.uned.es
Teléfono	91398-6468
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

Nombre y Apellidos	JOSE DANIEL MARCOS DEL CANO
Correo Electrónico	jdmarcos@ind.uned.es
Teléfono	91398-8221
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

ALICIA MAYORAL ESTEBAN  
amayoral@ind.uned.es  
91398-6461  
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES  
INGENIERÍA ENERGÉTICA

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

El alumno podrá dirigirse al Equipo Docente de la asignatura a través de los foros habilitados al efecto en el curso virtual (preferentemente) o el correo electrónico, en todo momento, o bien mediante consulta presencial o telefónica durante el horario de guardia que se indica a continuación.

La **dirección postal** es la siguiente:

ETS de Ingenieros Industriales (UNED)

Despacho 2.20

C/ Juan del Rosal, 12 (28040-Madrid)

**Horario de guardia:**

•Dr. D. José Daniel MARCOS DEL CANO

Miércoles de 10:00 a 14:00 horas.

Teléfono: 91 398 8221

Despacho 0.16 E.T.S. Ingenieros Industriales

Email: [jdmarcos@ind.uned.es](mailto:jdmarcos@ind.uned.es)

•Dra. D<sup>a</sup>. Alicia MAYORAL ESTEBAN

Martes de 10:00 a 14:00 horas.

Teléfono: 91 398 6465

Email: [amayoral@ind.uned.es](mailto:amayoral@ind.uned.es)

Despacho 2.21 E.T.S. Ingenieros Industriales

•Dr. D. Fernando VARELA DÍEZ

Miércoles de 10:00 a 14:00 horas.

Teléfono: 91 398 6468

Email: [fvarela@ind.uned.es](mailto:fvarela@ind.uned.es)

Despacho 2.20 E.T.S. Ingenieros Industriales

## TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

•**Tutorías de centro o presenciales:** se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.

•**Tutorías campus/intercampus:** se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 68052014

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### BÁSICAS Y GENERALES

- CG03 - Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- CG04 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial en el ámbito de la Energía
- CG05 - Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
- CG06 - Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- CG10 - Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.
- CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
- CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética
- CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado
- CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

### ESPECÍFICAS

- CEM03 - Conocimientos aplicados de ingeniería térmica.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Con el estudio de esta asignatura se pretende que el alumno llegue a comprender los fundamentos teóricos precisos para el análisis del funcionamiento de las máquinas térmicas y de los equipos asociados a las mismas, para lo cual se establecen los siguientes objetivos:

- Asimilar en profundidad los conceptos de temperatura, energía, trabajo, calor, entropía y exergía.
- Utilizar las relaciones entre propiedades de gases ideales, gases reales y, en general, sustancias puras, así como el manejo de ecuaciones de estado y tablas de datos de propiedades.

- Asimilar las técnicas precisas para efectuar balances de materia, energía, entropía y exergía en sistemas cerrados y abiertos.

Los resultados de aprendizaje esperados, que indican el cumplimiento de dichos objetivos, son:

- Saber evaluar propiedades de sustancias puras compresibles e incompresibles y de disoluciones de gases.
- Saber aplicar los principios de la Termodinámica a procesos reales.
- Saber efectuar balances de materia, energía, entropía y exergía en equipos concretos.
- Saber efectuar balances de materia, energía, entropía y exergía en el conjunto de una planta industrial.
- Saber analizar la eficiencia térmica y exergética de equipos, procesos y plantas.
- Saber valorar los impactos sociales, económicos y ambientales de procesos y plantas.
- Saber efectuar balances de materia, energía y exergía en sistemas abiertos y cerrados monocomponente.
- Conocer y analizar diferentes ciclos de generación de potencia, frigoríficos y criogénicos.
- Saber analizar la eficiencia térmica y exergética de equipos, procesos y plantas.
- Conocer el principio de funcionamiento de los principales equipos térmicos empleados en la industria.
- Conocer y saber evaluar desde el punto de vista termodinámico y medioambiental nuevas tendencias de diseño en ciclos de potencia y tecnologías de producción de energía mecánica y térmica.

## CONTENIDOS

### 8. Instalaciones de producción de potencia mediante vapor

- Las instalaciones de potencia de vapor
- Análisis de las instalaciones de potencia con vapor: el ciclo Rankine
- Para mejorar el funcionamiento: sobrecalentamiento y recalentamiento
- Para mejorar el rendimiento: el ciclo de potencia regenerativo
- Otros aspectos del ciclo de vapor
- Estudio de un caso: balance exergético de una planta de potencia

### 9. Instalaciones de producción de potencia mediante gas

#### MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

- Terminología de motores
- El ciclo Otto de aire-estándar

- El ciclo diesel de aire-estándar
- El ciclo dual de aire-estándar

### **CENTRALES ELÉCTRICAS DE TURBINA DE GAS**

- Las centrales de turbina de gas
- El ciclo Brayton de aire-estándar
- Turbinas de gas regenerativas
- Turbinas de gas regenerativas con recalentamiento y refrigeración
- Turbinas de gas para propulsión aérea
- Ciclo combinado turbina de gas-ciclo de vapor
- Los ciclos Ericsson y Stirling

### **FLUJO COMPRESIBLE EN TOBERAS Y DIFUSORES**

- Aspectos preliminares del flujo compresible
- Flujo unidimensional estacionario en toberas y difusores
- Flujo de gases ideales con calores específicos constantes en toberas y difusores

## 10. Sistemas de refrigeración y bomba de calor

- Sistemas de refrigeración con vapor
- Análisis de los sistemas de refrigeración por compresión de vapor
- Propiedades de los refrigerantes
- Sistemas de compresión de vapor en cascada y multietapa
- Refrigeración por absorción
- Bomba de calor
- Sistemas de refrigeración con gas

## 11. Relaciones termodinámicas

- Ecuaciones de estado
- Relaciones matemáticas importantes
- Deducción de relaciones entre propiedades
- Cálculo de las variaciones de entropía, energía interna y entalpía
- Otras relaciones termodinámicas
- Construcción de tablas de propiedades termodinámicas
- Gráficas generalizadas para la entalpía y la entropía
- Relaciones p-v-T para mezclas de gases
- Estudio de sistemas multicomponentes

## 12. Mezclas no reactivas de gases ideales y psicrometría

### **MEZCLAS DE GASES IDEALES: CONSIDERACIONES GENERALES**

- Descripción de la composición de la mezcla
- Relaciones p-v-t en mezclas de gases ideales
- Cálculo de U, H, S y calores específicos
- Análisis de sistemas que contienen mezclas

### **APLICACIÓN A LA PSICROMETRÍA**

- Principios básicos de la psicrometría
- Aplicación de los balances de masa y energía a los sistemas de acondicionamiento de aire
- Las temperaturas de saturación adiabática y de bulbo húmedo
- Diagramas psicrométricos
- Análisis de procesos de acondicionamiento de aire

## 13. Mezclas reactivas y combustión

### **FUNDAMENTOS DE LA COMBUSTIÓN**

- El proceso de combustión
- Conservación de la energía en sistemas reactivos
- Cálculo de la temperatura adiabática de llama
- Entropía absoluta y tercer principio de la termodinámica
- Células de combustible

### **EXERGÍA QUÍMICA**

- Introducción a la exergía química
- Exergía química estándar
- Resumen sobre la exergía
- Eficiencia exergética de los sistemas reactivos

## 14. Equilibrio químico y de fases

### **CONSIDERACIONES PRELIMINARES SOBRE EL EQUILIBRIO**

- Introducción de los criterios de equilibrio

### **EQUILIBRIO QUÍMICO**

- Ecuación del equilibrio de reacción
- Cálculo de la composición de equilibrio
- Ejemplos adicionales del uso de la constante de equilibrio

### **EQUILIBRIO DE FASES**

- Equilibrio entre dos fases de una sustancia pura



- Equilibrio en sistemas multicomponentes y multifásicos

## METODOLOGÍA

El desarrollo de la asignatura utiliza metodologías propias de la educación a distancia, la enseñanza virtualizada y el aprendizaje autónomo, con apoyo del profesorado, y de las TIC. Plantea la siguiente estructura básica:

1. Texto básico de estudio, que cubre todos los temas del programa.
2. Material audiovisual en el curso virtual que complementará la información presentada en los diversos temas y permitirá una mejor comprensión de los contenidos.
3. Tutoría en línea y telefónica.
4. Foros de consultas generales y por temas.
5. Actividad/es práctica/s de evaluación continua (PEC).
6. Prácticas on-line.

El estudio de cada uno de los temas debe comenzar con una **primera lectura** del mismo que permita identificar los objetivos específicos del mismo, así como la identificación y análisis de los puntos fundamentales. Seguidamente se procederá al **estudio** propiamente dicho: elaboración de esquemas conceptuales y sinópticos, identificación de las relaciones del tema en estudio con otros anteriores, etc.

Cuando se estime que se ha comprendido el tema razonablemente, se pasará a la **resolución de ejercicios**, comenzando por los ejemplos propuestos en el texto base que incluyen las resoluciones detalladas de los mismos. Se aprovechará para repasar todos aquellos conceptos que se hayan manifestado *oscuros* por algún *tropiezo* en la resolución de los ejercicios. Estos ejercicios podrán (y deberán) complementarse con los existentes al final del capítulo y exigidos en cada una de las PEC.

La labor personal y continuada del estudiante es imprescindible para el proceso de aprendizaje, **siendo aconsejable que resuelva de forma completa y personal el mayor número posible de ejercicios**. También es importante hacer un análisis de los resultados de los ejercicios, con el doble fin de relacionar unos procesos con otros y de adquirir 4 aspectos fundamentales:

1. *Sentido del rigor.*
2. *Sentido de la medida.*
3. *Sentido crítico.*
4. *Claridad en la exposición*

**Si después de un esfuerzo personal razonable no puede resolver algún ejercicio**, no dude en acudir a su tutor (si existe en su Centro Asociado) o bien, en cualquier caso, directamente al equipo docente de la asignatura en la Sede Académica Central (bien personándose en la Escuela, bien a través del teléfono o bien a través de los **foros habilitados al efecto en el curso virtual**).

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	2
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	

En las pruebas presenciales **se permitirá el empleo de cualquier tipo de material escrito de consulta** como apoyo, y todo tipo de calculadoras.

Criterios de evaluación

El examen constará de un problema y un conjunto de cuestiones teórico-prácticas (entre 2 y 5, dependiendo de su complejidad).

### **Criterios generales**

**Se tendrá en cuenta prioritariamente el planteamiento coherente, la decisión razonada de hipótesis de cálculo, el conocimiento de las fuentes de datos, la coherencia dimensional y adecuación de unidades y la capacidad de detectar resultados claramente erróneos o incoherentes.**

**En segundo lugar, la estimación correcta de los datos precisos para la resolución del ejercicio y sólo en tercer lugar la obtención de resultados numéricamente correctos.**

### **Criterios específicos**

**Bloque de cuestiones. Se considerarán válidas las respuestas que estén debidamente justificadas (Usando: principio termodinámico, definición, expresión matemática, diagrama térmico, ejemplo, etc.).**

**Bloque de problemas. Se corregirán de forma general, de acuerdo con los siguientes criterios:**

El 60% de la puntuación del problema se concederá por el correcto planteamiento del mismo. Esto es, por la indicación clara y justificada de las hipótesis efectuadas y de las ecuaciones que describen el comportamiento del sistema en función de variables de estado y proceso conocidas particularizadas al problema objeto de estudio y que contienen a las incógnitas pedidas, de tal modo que con la simple sustitución en las ecuaciones de los valores numéricos de dichas variables, y la resolución de las mismas, se obtengan los resultados pedidos.

El 30% de la puntuación se asignará a la correcta determinación de todas las variables de estado necesarias para la resolución del problema, justificando adecuadamente el modelo utilizado para su obtención. No puntuarán las variables de estado obtenidas correctamente que no sean determinantes para la obtención del resultado pedido. Se considerará incorrecta la obtención de una propiedad si las unidades expuestas son incoherentes con la magnitud que representa.

El 10% restante se concederá por la correcta operación y obtención de los resultados finales.

La puntuación del ejercicio se verá drásticamente reducida por cada error conceptual cometido: resultado que viole una ley de la termodinámica, aplicación de un modelo completamente inadecuado, resultado numéricamente absurdo, etc. Algunos ejemplos son:

La estimación de propiedades de líquido comprimido por las del líquido saturado a la misma presión, en lugar de a la misma temperatura.

La obtención de valores  $<0$  o  $<0$ , rendimiento isentrópico negativo o mayor que 1. Si se detecta, pero no se encuentra la causa, basta indicar la imposibilidad del hecho para evitar la penalización.

La aplicación del modelo de Gas Ideal a un líquido o sólido.

**Es necesario puntuar un mínimo de 1.0 puntos en cada bloque de la prueba presencial.**

% del examen sobre la nota final	90
Nota del examen para aprobar sin PEC	5,6
Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC	9
Nota mínima en el examen para sumar la PEC	5

Comentarios y observaciones

El examen contará de 2 bloques:

**BLOQUE DE CUESTIONES** (5 sobre 10 puntos): preguntas teórico/prácticas en las que deberá justificar su respuesta.

**BLOQUE PRÁCTICO** (5 sobre 10 puntos): Un problema.

**Es necesario obtener un mínimo de 1.0 puntos en cada bloque.**

**PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)**

¿Hay PEC? Si

Descripción

Las pruebas de evaluación continua consisten en dos pruebas on-line. Todos los detalles referente a las mismas se ofrecerán en el curso virtual.

La primera PEC es una prueba objetiva (tipo test)

La segunda PEC tiene 3 partes:

Un bloque de preguntas tipo test

Un bloque de cuestiones cortas

Un bloque de problemas

Criterios de evaluación

En la evaluación de las PEC se valorar la correcta estimación del resultado numérico.

**Puntualmente en alguna de las cuestiones planteadas podría valorarse el planteamiento o justificación de la respuesta (en este caso se especificaría la aplicación de este criterio)**

Ponderación de la PEC en la nota final 5% cada PEC, 10% en total (ver apartado ¿Cómo se obtiene la nota final?).

Fecha aproximada de entrega PEC1/01/04 PEC2/15/05

Comentarios y observaciones

Cada PEC suma un 5% de su nota al resultado final de forma independiente, aunque esté suspensa. Puede hacerse una sola PEC y se añadirá su contribución a la calificación final.

Las PECs no tienen una fecha de entrega adicional para la prueba extraordinaria de septiembre, conservándose la calificación de las realizadas en convocatoria ordinaria.

**OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES**

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si

Descripción

**Prácticas de la Asignatura**

**Las prácticas consistirán en la realización de una serie de ejercicios de simulación mediante un software informático.**

### Criterios de evaluación

Las prácticas se evaluarán, aparte por el resultado numérico, por el correcto planteamiento de las mismas.

Ponderación en la nota final

Las prácticas contarán hasta 1 punto de la nota final.

Fecha aproximada de entrega

Prácticas/fecha 15/02

Comentarios y observaciones

Las prácticas son obligatorias. No se puede superar la asignatura sin haber obtenido en las prácticas una calificación superior a 5 puntos sobre 10.

**Una vez superadas las prácticas, la nota quedará guardada para cursos siguientes en caso necesario.**

**Las prácticas no tienen una fecha de entrega adicional para la prueba extraordinaria de septiembre, conservándose la calificación de las realizadas en convocatoria ordinaria.**

### ¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

Para superar la asignatura es necesario obtener al menos un 5 sobre 10 en la prueba presencial (PP) y en las prácticas (P).

**La nota final se obtiene según el siguiente algoritmo:**

Si  $PP < 5$ :  $NOTA = \text{SUSPENSO}$  (independientemente de otras calificaciones)

Si  $PP \geq 5$  y  $P < 5$  o  $P = \text{no presentado}$ :  $NOTA = \text{SUSPENSO}$  (independientemente de otras calificaciones)

Si  $PP \geq 5$  y  $P \geq 5$ :  $NOTA = \text{MIN}(10 ; 0,9 \cdot PP + 0,05 \cdot PEC1 + 0,05 \cdot PEC2 + 0,1 \cdot P)$

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9788429143799

Título:FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA TÉCNICA2

Autor/es:Howard N. Shapiro ; Michael J. Moran ;

Editorial:REVERTÉ

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9786071512819

Título:TERMODINÁMICA8

Autor/es:Cengel, Yunus A. ; Boles, Michael A. ;

Editorial:MC GRAW-HILL

ISBN(13):9788448128296

Título:TERMODINÁMICA6ª

Autor/es:Richards, Donald ; Wark, K. ;

Editorial:MC GRAW HILL

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

A través del curso virtual se suministrarán al alumno diversos materiales de interés para el estudio de la asignatura: resúmenes teóricos de los diversos temas, ejercicios propuestos, ejemplos de exámenes, etc.

El alumno puede efectuar consultas directas al Equipo docente de la asignatura, personalmente durante el horario de guardias, por teléfono o a través de los foros habilitados al efecto en el curso virtual. También podrá solicitar al equipo docente tutorías web personales.

Tanto la sede central de la UNED como sus Centros Asociados disponen de biblioteca, donde el alumno puede encontrar tanto la bibliografía básica como la complementaria y otros medios de apoyo que facilitan al alumno el estudio de la asignatura.

## TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

- Tutorías de centro o presenciales:** se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.
- Tutorías campus/intercampus:** se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 68052014

## PRÁCTICAS DE LABORATORIO

**¿Hay prácticas en esta asignatura de cualquier tipo (en el Centro Asociado de la Uned, en la Sede Central, Remotas, Online,..)?**

Si

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

Presencial: No

Obligatoria: Sí

Es necesario aprobar el examen para realizarlas: No

Fechas aproximadas de realización: semana siguiente a la segunda semana de pruebas presenciales

Se guarda la nota en cursos posteriores si no se aprueba el examen: Sí, indefinidamente

Cómo se determina la nota de las prácticas: Evaluando los ejercicios propuestos

### REALIZACIÓN

Lugar de realización: Online

N.º de sesiones: no procede

Actividades a realizar: Resolución de ejercicios en Matlab y enviar los resultados

**OTRAS INDICACIONES:**

## **IGUALDAD DE GÉNERO**

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.