



## Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales 30017 - Ingeniería térmica

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Francisco Javier Collado Giménez** fjk@unizar.es
- **Ana Lázaro Fernández** ana.lazaro@unizar.es
- **María Begoña Peña Pellicer** bpp@unizar.es
- **Luis María Serra De Renobales** serra@unizar.es
- **Luis Miguel Romeo Giménez** luismi@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Se considera idóneo que el estudiante haya superado la asignatura de Termodinámica Técnica y Fundamentos de Transferencia de Calor.

Resultará indispensable la soltura con ciertos conceptos matemáticos, tales como derivadas e integrales básicas, funciones logarítmicas y exponenciales, representaciones gráficas, etc. También la resolución de ecuaciones diferenciales sencillas. Todo ello se aprende en la materia de Matemáticas correspondiente a Formación Básica.

Se recomienda al alumno la asistencia activa a las clases de teoría y problemas, así como un estudio continuado de los contenidos de la asignatura, la preparación de los problemas prácticos que puedan ser resueltos en sesiones posteriores, el estudio de los guiones y la elaboración continua de los resultados de las prácticas.

El trabajo continuado es fundamental para superar con el máximo aprovechamiento esta asignatura, ya que cada parte se estudia gradualmente un procedimiento de análisis coherente. Por ello, cuando surjan dudas, es importante resolverlas cuanto antes para garantizar el progreso correcto en esta materia.

Para ayudarle a resolver sus dudas, el estudiante cuenta con la asesoría del profesor, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a tal fin.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

Las fechas de inicio y finalización de la asignatura y las horas concretas de impartición para cada grupo se podrán encontrar en la página web del Grado: <http://titulaciones.unizar.es/>

Desde el inicio del cuatrimestre los alumnos dispondrán del calendario detallado de actividades (prácticas y experiencias de laboratorio,...) que será proporcionado por el profesor correspondiente.

Examen global se realizará en las fechas fijadas por EINA.

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Conoce las fuentes y recursos energéticos para la industria y sus procesos de transformación
- 2:** Conoce las principales tecnologías de producción de calor, frío y trabajo en el ámbito de la Ingeniería térmica con aplicación a la industria
- 3:** Tiene capacidad y criterio para analizar, dimensionar y seleccionar equipos de utilización, producción y transformación de la energía térmica y mecánica en la industria
- 4:** Es capaz de realizar un análisis energético de sistemas de producción de energía para la industria

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura forma parte del grupo de materias obligatorias de Tecnologías Industriales. Se trata de una asignatura de 6 créditos que se imparte en el segundo cuatrimestre de segundo curso en el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales. Su objetivo es que el alumno conozca las principales fuentes de energía y tecnologías de producción de trabajo, calor y frío, así como capacitar al graduado para analizar y mejorar instalaciones térmicas mediante los procedimientos de análisis energético y transferencia de calor. Forma parte de las asignaturas base para el bloque optativo de Energía de cuarto curso.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

La asignatura se ha planteado para que, una vez superada la evaluación, el alumno sea capaz de:

1. Comprender las propiedades del aire y analizar los procesos básicos de acondicionamiento del aire. Analizar el comportamiento del aire húmedo.
2. Aplicar las leyes que rigen los mecanismos de transferencia de calor con cambio de fase en evaporadores y condensadores, así como las de convección natural.
3. Conocer el modo de transferencia de calor transitorio.
4. Manejar con soltura herramientas informáticas para el cálculo de métodos numéricos de transferencia de calor en transitorio y estacionario.
5. Conocer y aplicar las leyes que rigen los mecanismos de transferencia de calor con radiación térmica (intercambio superficial y volumétrico).
6. Analizar intercambiadores de calor multimodo.

7. Conocer los procesos de producción de calor.
8. Aplicar balances de materia y energía a procesos de combustión (Termoquímica), y conocer las principales tecnologías de la combustión. Quemadores, calderas, hornos, etc
9. Conocer los procesos de producción de trabajo.
10. Analizar las turbomáquinas térmicas: turbinas y compresores.
11. Analizar las máquinas y sistemas de producción de trabajo: Ciclos de vapor, turbinas de gas, MACI, pilas de combustible, etc.
12. Conocer los modos de producción de frío, y analizar las máquinas y sistemas frigoríficos de compresión mecánica y de absorción.

## **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

La asignatura sirve de continuación de la asignatura de termodinámica técnica y fundamentos de transferencia de calor, profundizando en los principios básicos y fundamentos tecnológicos para comprender las transformaciones energéticas y poder llevar a cabo el análisis y diseño de instalaciones térmicas para la generación, transformación, transferencia y uso de la energía.

Asimismo esta asignatura proporciona al alumno el lenguaje y los conceptos que le ayuden a comprender cualquier texto especializado o los manuales de los equipos más habituales en las instalaciones energéticas, tales como turbomáquinas, enfriadoras, MACI, calderas, etc.

El alumno se familiarizará con la metodología de ingeniería térmica para abordar, simplificar, modelar y simular instalaciones energéticas importantes tanto a nivel económico como social: centrales térmicas, turbinas de gas, sistemas de refrigeración y aire acondicionado, etc. También amplía los aspectos de transferencia de calor planteados en la asignatura de termodinámica técnica y fundamentos de transferencia de calor, y aprende a resolver problemas térmicos.

La asignatura resulta esencial para cursar las asignaturas posteriores del Módulo de Energía (optativas).

## **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

**1:**

### **Competencias genéricas:**

1. Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (C4).
2. Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería Industrial necesarias para la práctica de la misma (C7).
3. Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo (C11).

**2:**

### **Competencias específicas:**

4. Conocimientos aplicados de Ingeniería térmica (C30).

## **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

El análisis y la optimización de instalaciones energéticas es de vital importancia para el Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, ya que son tecnologías que permiten el actual desarrollo social, tecnológico y económico.

De acuerdo con las competencias profesionales de esta titulación, el futuro graduado deberá abordar proyectos para mejorar el rendimiento de una instalación determinada, obtener el mismo resultado mediante un sistema o equipo diferente, utilizar un fenómeno particular con un fin determinado o inventar nuevas aplicaciones del mismo.

La asignatura de Ingeniería Térmica dota al estudiante de las herramientas para abordar estas tareas con éxito, junto con asignaturas posteriores que profundizan en ciertos aspectos y presentan técnicas y métodos de análisis más avanzados.

---

## Evaluación

---

### Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:** **Prácticas de laboratorio.** Carácter: presencial. Duración estimada por sesión: 2 - 4 h. El estudiante se familiariza con los sistemas térmicos experimentales y con la toma y el análisis de datos experimentales. Aplica los procedimientos propios de la materia y entrega un informe de resultados.
- 2:** **Prácticas con herramientas informáticas.** Carácter: presencial. Duración estimada por sesión: 2 - 4 h. El estudiante aprende a resolver problemas propios de la Ingeniería Térmica mediante herramientas informáticas. Resuelve problemas y cuestiones y entrega un informe de resultados.
- 3:** **Trabajos Tutorados.** Carácter: semipresencial. Duración total estimada: 6 h. El estudiante con la guía del profesor resuelve un problema de cierta complejidad y entrega un informe de resultados.
- 4:** **Examen escrito.** Duración: 4 h. Constará de dos partes diferenciadas: una parte formada por cuestiones cortas de tipo teórico-práctico y por problemas similares a los resueltos en clase; una segunda parte que consistirá en la resolución de alguno de los problemas o cuestiones similares a los planteados en las actividades prácticas (quedarán exentos aquellos estudiantes que hayan superado esta parte durante el periodo docente, manteniéndose la nota obtenida si así lo deciden).

### Criterios de valoración y niveles de exigencia

#### Criterios de valoración y niveles de exigencia

En todas las actividades de evaluación se valorarán los siguientes aspectos y cualidades en el grado indicado en cada caso:

- Realización propia de las tareas (fundamental): si se detectaran plagios o copia fraudulenta de los trabajos, la nota correspondiente sería cero.
- Correcto planteamiento del procedimiento de resolución de las cuestiones y problemas planteados (fundamental).
- Exactitud del resultado obtenido.
- Existencia o no de cuestiones en blanco: se valorará negativamente no responder a ciertas preguntas planteadas.
- Corrección y claridad en la comunicación escrita (fundamental): correcta ortografía, letra clara, correcta expresión, estructura de contenidos coherente.
- Análisis crítico de los resultados (importante): coherencia, relación con otros aspectos de la asignatura, posibilidades de mejora, etc.

Adicionalmente, para las actividades prácticas y trabajos tutorados se valorará también:

- Entrega en el plazo estipulado (fundamental): no se admitirán informes fuera de la fecha límite, salvo causa justificada debidamente.
- Entrega en el formato y procedimiento indicado por el profesor.

# Procedimientos de evaluación

## Procedimientos de evaluación

**1ª Convocatoria:** el procedimiento planteado consiste en un conjunto de pruebas que permiten superar el 100% de la asignatura. Algunas de ellas, las de tipo práctico, se realizarán durante el periodo docente, mientras que el examen escrito se realizará en el periodo de exámenes. La nota final se calculará mediante la ponderación de las notas de cada una de las partes, de acuerdo con los siguientes pesos:

70% examen escrito (nota mínima exigida 4 puntos)

30% actividades prácticas (nota mínima exigida 4 puntos)

En el caso de que el estudiante no haya superado las actividades prácticas durante el periodo docente o quiera subir la nota obtenida en esa parte, tendrá derecho a un examen de prácticas que tendrá lugar durante el periodo de exámenes y que tendrá un peso en la nota final del 30%. Este examen consistirá en la resolución de uno o varios problemas o cuestiones similares a los planteados en las actividades prácticas realizadas a lo largo del periodo docente.

**2ª Convocatoria:** el procedimiento seguido en este caso es idéntico al de la primera convocatoria. La nota final se calculará mediante la ponderación de las notas de cada una de las partes, de acuerdo con los siguientes pesos:

70% examen escrito

30% examen de prácticas (quedarán exentos aquellos estudiantes que hayan superado esta parte durante el periodo docente, manteniéndose la nota obtenida).

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

1. Clases magistrales, impartidas al grupo completo, en las que el profesor explicará los principios básicos de la asignatura y resolverá algunos problemas representativos de la aplicación de la asignatura a casos realistas del futuro ejercicio profesional. Se buscará la participación de los alumnos en esta actividad. Paralelamente el alumno debe realizar trabajo personal de estudio para un mejor aprovechamiento de las clases.
2. Prácticas de simulación con ordenador y de laboratorio que se distribuyen a lo largo del cuatrimestre y cuya valoración formará parte de la calificación final de la asignatura. Se formarán grupos de dos o tres alumnos, con ello se fomenta el aprendizaje y el trabajo en grupo.
3. Trabajos tutorados en grupos pequeños (parejas idealmente): mediante una herramienta informática los estudiantes analizan y resuelven un problema de la asignatura. Se potencia el aprendizaje autónomo y el trabajo en grupo.
4. Planteamiento de ejercicios, cuestiones y problemas adicionales a los resueltos en clase. Con ello se fomenta el trabajo autónomo, estudiando la materia y aplicándola a la resolución de los ejercicios planteados. Esta actividad dirigida, pero de ejecución autónoma, es fundamental en el proceso de aprendizaje del alumno y para la superación de las actividades de evaluación.
5. Tutorías académicas: el profesor pondrá a disposición del estudiante ciertos procedimientos para el planteamiento y la resolución de dudas. Se recomienda altamente el uso de estas tutorías para asegurar el adecuado progreso en el aprendizaje.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

## **El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

El programa de la asignatura se planteará a principio de curso por el profesor que la imparta y cubrirá los objetivos propuestos tanto en los aspectos teóricos como los prácticos.

El programa propuesto se señala a continuación:

Tema 1: Fundamentos de Transferencia de Calor. Relación con la Termodinámica Técnica. Leyes básicas: conducción, convección, radiación.

Tema 2: Fundamentos de conducción Ley de Fourier. Ecuación de la difusión del calor. Condiciones de contorno e iniciales.

Tema 3: Conducción unidimensional estacionaria. Conducción unidimensional estacionaria. Conducción unidimensional aproximada. Conducción con generación térmica. Transferencia de calor en superficies extendidas (aletas).

Tema 4: Conducción multidimensional estacionaria. Caso analíticamente resoluble. Métodos numéricos en 2-D y 3-D. Método de diferencias finitas.

Tema 5: Conducción transitoria. Sistemas de capacidad. Resistencia y capacidad térmica del sistema: constante de tiempo. Sistemas unidimensionales. Sistemas multidimensionales. Métodos numéricos en sistemas transitorios (diferencias finitas).

Tema 6: Fundamentos de convección. Planteamiento matemático. Capas límite de convección. Resolución de las ecuaciones de convección. Análisis dimensional. Significado de los parámetros adimensionales. Analogías de los fenómenos de transporte.

Tema 7: Convección forzada exterior. Coeficiente de convección. Cálculo del coeficiente convectivo de transferencia de calor en placa plana (régimen laminar y turbulento, placa isoflujo), cilindro, esfera y banco de tubos.

Tema 8: Convección forzada interior. Consideraciones hidrodinámicas y térmicas. Ley cinética para convección interior. Condiciones de pleno desarrollo. Balance de energía. Cálculo del coeficiente convectivo de transferencia de calor en tubos circulares, tubos no circulares y tubos anulares.

Tema 9: Convección natural. Fenomenología y ecuaciones físicas. Convección laminar en superficie vertical. Correlaciones.

Tema 10: Convección bifásica. Condensación. Ebullición.

Tema 11: Intercambiadores de calor. Descriptiva. Disposición de flujos y perfiles térmicos. Análisis de intercambiadores de calor. Método MLDT. Método NTU- $\epsilon$

Tema 12: Radiación. Características principales de la radiación. Tipos de radiación. Conceptos fundamentales. El cuerpo negro. Radiación ambiental. El factor de vista. Intercambio radiativo entre superficies.

Tema 13: Combustión. Combustibles. El proceso de la combustión. Balance de materia. Conservación de la energía en sistemas reactivos. Temperatura adiabática de llama. Entropía absoluta y Tercer Principio de Termodinámica.

Tema 14: Introducción a Equipos y Sistemas Térmicos. Producción de trabajo: Motores alternativos de combustión interna, turbomáquinas térmicas. Producción de calor: calderas. Producción de frío: Refrigeración por compresión de vapor, refrigeración por absorción, bomba de calor.

### Programa de actividades prácticas

1. Conducción
2. Convección forzada exterior
3. Intercambiadores de calor

4. Rendimiento de calderas

5. Producción de trabajo

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Por determinar al comienzo del curso académico.

## Recursos

### Recursos

La comunicación entre el estudiante y el profesor se gestionará a lo largo del curso mediante la plataforma del Anillo Digital Docente (ADD) de la Universidad de Zaragoza. En ella el profesor podrá distribuir los materiales de la asignatura (apuntes, cuestiones, problemas, exámenes tipo, tablas, etc.), realizar anuncios y notificaciones a los estudiantes, enviar y recibir correos y poner a disposición de los estudiantes las herramientas para la realización en el envío de los informes de las actividades de aprendizaje.

Bibliografía de referencia: señalada a través de la Biblioteca

Herramientas informáticas

- EES Manual. <http://www.fchart.com/> (ADD).

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- 1. Marín Herrero, José María. Transferencia de calor / Jose Ma. Marín y Carlos Monné . - 1a ed. Zaragoza : Kronos, 1998
- 2. Incropera, Frank P.. Fundamentos de transferencia de calor / Frank P. Incropera, David P. DeWitt . - 4a ed. México : Prentice Hall, 1999
- 3. Çengel, Yunus A.. Transferencia de calor y masa : un enfoque práctico / Yunus A. Çengel ; revisor técnico Sofía Faddeva . - 3ª ed. México D. F. : McGraw-Hill Interamericana, cop. 2007
- 4. Mills, Anthony F.. Transferencia de calor / Anthony F. Mills ; versión en español de Sergio de Régules Ruiz-Funes ; con la colaboración técnica de Eduardo Muñoz Tomás y Víctor Hugo del Valle Muñoz Barcelona [etc.] : Irwin, D.L. 1995
- 5. Bejan, Adrian. Heat transfer / Adrian Bejan . New York [etc.] : John Wiley and Sons, cop. 1993
- 6. Muñoz Rodríguez, Mariano. Motores alternativos de combustión interna / Mariano Muñoz Rodríguez, Francisco Moreno Gómez, Jesús F. Morea Roy Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza, 1999
- 7. Turbomáquinas térmicas / Mariano Muñoz Rodríguez, Francisco J. Collado Giménez, Francisco Moreno Gómez, Jesús F. Morea Roy . - 1a ed. Zaragoza : Prensas Universitarias, 1999
- 8. Tester, J.W. Sustainable energy. Choosing among options / TESTER, J.W; DRAKE, E.M.; DRISCOLL, M.J.; GOLAY, M.W.; PETERS, W.A MIT Press.
- [Resolución de problemas y prácticas] - Gonzalez García, Juan M.. Problemas de transmisión de calor / Juan M. Gonzalez García, Rafael Calvo Ortega ; Colaboradores: Eduardo Muñoz Tomás, Antonio Mardomingo Gimeno, José Luis Elviro Peña . Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de ingenieros industriales, Sección de publicaciones, 1989
- [Resolución de problemas y prácticas] - Muñoz Tomás, Eduardo. Una clase de problemas de transmisión del calor / Eduardo Muñoz Tomás, Carlos Corrochano Sánchez ; colaboradores, Luis Rebollo Medrano, Juan M. González García . [2a. ed.] Madrid : Bellisco, 1998
- [Resolución de problemas y prácticas] - Pinazo Ojer, José Manuel. Transferencia de calor / J.M. Pinazo Ojer, E. Torrella Alcaraz . Valencia : Universidad Politécnica, Servicio de Publicaciones, D.L. 1988
- [Resolución de problemas y prácticas] - The heat transfer problem solver / Research and Education Association ; M. Fogiel director . Piscataway, New Jersey : Research and Education Association, cop. 1984[g(1988)]