



## Grado en Ingeniería Química 29927 - Termotecnia

Guía docente para el curso 2012 - 2013

Curso: 3, Semestre: 2, Créditos: 6.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Mariano Muñoz Rodríguez** mmunoz@unizar.es

- **Irene Bolea Agüero** ibolea@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

A la hora de cursar la asignatura de Termotecnia se considera imprescindible que el estudiante haya superado la asignatura de Termodinámica Técnica y Fundamentos de Transferencia de Calor. Asimismo se considera muy recomendable que el estudiante haya superado la asignatura de Mecánica de Fluidos de 2º curso. Resultará indispensable la soltura con el cálculo y el álgebra básicos, entre los que deben incluirse sus conceptos y operaciones matemáticas básicas como derivación e integración, representaciones gráficas y 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, la elaboración continua de los resultados de trabajos prácticos. El trabajo continuado es fundamental para superar con el máximo aprovechamiento esta asignatura, ya que cada parte se estudia gradualmente con un procedimiento progresivo. 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

En el curso 2012-2013 las fechas de inicio y finalización de la asignatura y las horas concretas de impartición se podrán encontrar en la página web del Centro: <http://eina.unizar.es>

Desde el inicio del cuatrimestre los alumnos dispondrán del calendario detallado de actividades que será proporcionado por el profesor correspondiente. La relación de fechas y actividades concretas, así como todo tipo de información y documentación sobre la asignatura, en principio se publicará en el Anillo Digital Docente (para el acceso a este recurso web, el estudiante deberá estar matriculado en la asignatura).

---

### 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 química y de sus procesos de transformación.
- 2:** Conoce de las principales tecnologías de producción de calor, frío y trabajo en el ámbito de la ingeniería térmica con aplicación a la industria química.
- 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 química.
- 4:** Es capaz de realizar el análisis energético de sistemas de producción de energía para la industria química.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura de Termotecnia es una asignatura de 6 créditos que se imparte en el segundo cuatrimestre de tercer curso en el Grado en Ingeniería Química. Su objetivo es que el alumno conozca los procedimientos básicos de cálculo de transferencia de calor, las principales tecnologías de producción de trabajo, calor y frío y capacitarlo para analizar y mejorar instalaciones térmicas mediante el análisis energético y la transferencia de calor. Forma parte de las asignaturas base para el bloque optativo de Procesos e Instalaciones de la Industria Química 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 de Termotecnia 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.
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. Ciclos criogénicos. Licuación de gases.

## 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 la fenomenología y los principios básicos de la generación de calor y de frío y de sus mecanismos de transporte. El alumno se familiarizará con la metodología de la ingeniería térmica para abordar, analizar, modelar y simular equipos e instalaciones energéticas importantes en la industria química y a nivel económico y social: calderas, intercambiadores de calor, captadores solares, sistemas de cogeneración, sistemas de refrigeración y de aire acondicionado, etc.

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

- 1: Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico
- 2: Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma
- 3: Capacidad de gestión de la información, manejo y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería
- 4: Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo
- 5: Capacidad para aplicar conocimientos sobre sistemas térmicos
- 6: Capacidad para aplicar conocimientos sobre sistemas de distribución de fluidos

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

En lo que respecta a la asignatura de Termotecnia, el análisis y la optimización de instalaciones energéticas es de vital importancia para el Graduado en Ingeniería Química, 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 Termotecnia dota al estudiante de las herramientas para abordar estas tareas con éxito, junto con asignaturas posteriores del bloque optativo 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: Resolución de varios **ejercicios y problemas/cuestiones**. Carácter: semipresencial. Duración estimada por

sesión: 1 h. El estudiante resuelve un conjunto de ejercicios, cuestiones/problemas propuestos por el profesor y entrega los resultados con las respuestas. La resolución de estos ejercicios podrá llevarse a cabo bien durante alguna de las sesiones presenciales, o bien el profesor formula los ejercicios, cuestiones/problemas en clase y el alumno los resuelve/desarrolla durante el tiempo de estudio dedicado a su trabajo personal. El estudiante se familiariza con el tipo de problemas en el ámbito de Termotecnia, aplica los procedimientos de análisis de equipos de utilización, producción y transformación de la energía térmica y mecánica en la industria química (15% de la nota final)

**1:** **Trabajos tutorados.** Carácter: semipresencial. Duración total estimada de cada trabajo: 6 h. El estudiante con la guía del profesor resuelve un problema de cierta complejidad y entrega un informe de resultados. El estudiante desarrolla su capacidad de análisis y espíritu crítico en el ámbito de los equipos y sistemas térmicos empleados en la industria química (15% de la nota final).

**2:** **Examen escrito.** Duración: 3 h. Constará de dos partes diferenciadas: una parte teórica en forma de cuestiones de tipo teórico-práctico; una segunda parte puramente práctica consistente en varios problemas similares a los resueltos en clase. Esta prueba pretende evaluar los conocimientos adquiridos por el alumno y su destreza a la hora de aplicarlos a la resolución de algunos problemas prácticos (70% de la nota final).

## **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): la detección de plagios o copia fraudulenta de los trabajos anulará las calificaciones de las actividades de curso.
- Planteamiento correcto del procedimiento de resolución de las cuestiones y problemas encargados
- Exactitud de los resultados obtenidos, comparándolos con resultados conocidos y fiables.
- Se exigirá demostrar un conocimiento mínimo de cada uno de los contenidos básicos de la asignatura
- Corrección y claridad en la comunicación escrita: ortografía correcta, letra clara, correcta expresión, exposición coherente.
- Análisis crítico de los resultados (importante): coherencia, relación con otros aspectos de la asignatura, posibilidades de mejora, etc.

Para la resolución de ejercicios y problemas/cuestiones, y para los 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**

**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 (resolución de ejercicios y problemas/cuestiones, y trabajos tutorados), 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 (Teoría y Problemas, mínimo de 4 puntos en cada parte) 30 % resolución de ejercicios y problemas/cuestiones, y trabajos tutorados (realización y entrega obligatorias).

**2ª Convocatoria:** el procedimiento seguido en este caso es idéntico al de la primera convocatoria.

---

## **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. **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.
3. **Planteamiento de ejercicios y cuestiones/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.
4. **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 detallado de la asignatura se presentará a principio de curso por el profesor que la imparta y cubrirá los objetivos propuestos, tanto en los aspectos teóricos como los prácticos, acerca de los siguientes contenidos:

- Transferencia combinada de calor y masa: torres de refrigeración, secado, etc. Transferencia de calor con cambio de fase: evaporadores y condensadores. Intercambiadores de calor. Producción de calor. Radiación térmica. Termoquímica y tecnología de la combustión. Calderas, hornos, etc.
- Producción de trabajo. Máquinas volumétricas. Turbomáquinas térmicas.
- Compresores. Máquinas y sistemas de producción de trabajo: ciclos de vapor, turbinas de gas, motores alternativos de combustión interna, pilas de combustible, etc.
- Producción de frío. Máquinas y sistemas frigoríficos de compresión mecánica y de absorción. Ciclos criogénicos. Licuación de gases.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Por determinar al comienzo del curso académico.

### Recursos

Para facilitar y reforzar la comunicación entre el estudiante y el profesor, se podrá poner a disposición de los alumnos si el profesor lo estima conveniente, 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. Los libros de referencia básica de la asignatura se indicarán a principio de curso académico

### Bibliografía recomendada

#### Bibliografía general

- ALEFELD; RADERMACHER. Heat conversion systems. Ed. CRC
- ASHRAE. Ashrae handbook. Fundamentals 2009 American Society of Heating refrigerating and air-conditioning, Atlanta, 2009
- BEJAN A., Heat Transfer, Ed. Wiley.

- ÇENGEL Y. A., Transferencia de calor y masa. Un enfoque práctico. Ed. McGraw Hill.
- GIACOSA. Motores endotérmicos. Ed. Omega
- GOLDEN; BATRES; TERRONES. Termofluidos, turbomáquinas y máquinas térmicas. Ed. CECSA
- HAYWOOD. Análisis termodinámicos de plantas eléctricas. Ed. Limusa
- HUNDY, G.F.; TROTT, A.R.; WELCH, T.C. Refrigeration and Air-Conditioning (Fourth Edition). Elsevier Ltd. 2008
- INCROPERA F. Y DE WITT D, Fundamentos de Transferencia de Calor (4ª edic, 1ª en castellano),, Ed. Pearson Educ., 1999.
- KAKAÇ. Boilers, evaporators and condensers. Ed. John Willey & Sons
- LI; PRIDDY. Power plant system design. Ed. John Wiley & Sons
- MARÍN J.M. , MONNÉ C. Y UCHE J., Transferencia de Calor, Ed. Kronos.
- MATAIX. Turbomáquinas térmicas. Ed Dossat
- MILLS A.F., Transferencia de calor, Ed. Irwin.
- MORAN; SHAPIRO. Fundamentos de Termodinámica Técnica. Ed. Reverté.
- MUÑOZ, COLLADO; MORENO; MOREA. Turbomáquinas térmicas. Prensas Universitarias de Zaragoza
- MUÑOZ, MORENO; MOREA. Motores alternativos de combustión interna. Prensas Universitarias de Zaragoza.
- PIZZETI. Acondicionamiento de aire y refrigeración. Ed. Interciencia
- TESTER, J.W; DRAKE, E.M.; DRISCOLL, M.J.; GOLAY, M.W.; PETERS, W.A. Sustainable energy. Choosing among options. MIT Press.
- WARK; RICHARDS. Termodinámica. Ed. McGrawHill

### **Bibliografía de problemas**

- GONZÁLEZ J.M. Y CALVO R., Problemas de transmisión de calor, U.P. Madrid E.T.S.I. Industriales. Sección de publicaciones.
- GUALLAR, J. Ejercicios Resueltos de Termodinámica Técnica. Kronos, Zaragoza (2000)
- MORAN; SHAPIRO. Fundamentos de Termodinámica Técnica. Ed. Reverté.
- MUÑOZ E. Y CORROCHANO C., Una clase de problemas de Transferencia de Calor, Librería Editorial Belisco.
- PINAZO J.M. Y TORRELLA E., Transferencia de calor, U. Politécnica de Valencia. Servicio de publicaciones.
- STAFF OF RESEARCH AND EDUCATION ASSOCIATION, The Heat Transfer Problem Solver.
- WARK; RICHARDS. Termodinámica. Ed. McGrawHill

### **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- Alefeld, Georg. Heat conversion systems / Georg Alefeld, Reinhard Radermacher □ CRC
- Ashrae handbook. Fundamentals . - SI ed. Atlanta : American Society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers, 1985- [Publicación periódica]
- Bejan, Adrian. Heat transfer / Adrian Bejan New York [etc.] : John Wiley and Sons, cop. 1993
- Boilers, evaporators and condensers / Edited by Sadik Kakaç New York [etc.] : John Wiley and Sons, cop.1991
- Çengel, Yunus A.. Transferencia de calor y masa : fundamentos y aplicaciones / Yunus A. Çengel, Afshin J. Ghajar ; revisión técnica Rosario Dávalos Gutiérrez, Juan José Coble Castro, Sofía Faddeeva Sknarina, Álvaro Ochoa López . - 4ª ed. México D.F. : McGraw-Hill Interamericana, cop. 2011
- Giacosa, Dante. Motores endotérmicos : motores de encendido por chispa, de carburación y de inyección, motores de encendido por compresión Diesel, lentos y veloces, motores rotativos, turbinas de gas, teoría, construcción, pruebas / Dante Giacosa Barcelona : Omega, D.L.1988
- Golden, Frederick M.. Termofluidos, turbomáquinas y máquinas térmicas / Frederick M. Golden, Luis Batres de la Vega, Guillermo Terrones . - 1a ed. Mexico : Compañía Editorial Continental, 1989
- Gonzalez, J.M. Problemas de transmisión de calor / Gonzalez, J.M., Calvo, R., U.P. Madrid E.T.S.I. Industriales. Sección de publicaciones
- Guallar Paracuellos, Jesús. Ejercicios de termodinámica técnica / Jesús Guallar Paracuellos . - 1a. ed. Zaragoza : Universidad, Centro Politécnico Superior, 2000
- Haywood, R.W. Análisis termodinámicos de plantas eléctricas / R.W. Haywood. □ Ed. Limusa
- Hundy, Guy F.. Refrigeration and air-conditioning [Recurso electrónico] / G.F. Hundy, A.R. Trott, and T.C. Welch. . - 4th ed.
- Incropera, Frank P.. Fundamentos de transferencia de calor / Frank P. Incropera, David P. DeWitt . - 4a ed. México : Prentice Hall, 1999
- Li, Kam W.. Power plant system design / Kam W. Li, A. Paul Priddy New York [etc.] : John Wiley and Sons, cop. 1985
- Marín Herrero, José María. Transferencia de calor / Jose Ma. Marín y Carlos Monné . - 1a ed. Zaragoza : Kronos, 1998
- Mataix, Claudio. Turbomáquinas térmicas : turbinas de vapor, turbinas de gas, turbocompresores / Claudio Mataix . - 3ª ed. Madrid : CIE Dossat 2000, cop. 2000
- 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
- Moran, Michael J.. Fundamentos de termodinámica técnica / Michael J. Moran, Howard N. Shapiro . - 2ª ed. en español, reimp. Barcelona [etc.] : Reverté, D. L. 2011
- 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

- Pinazo Ojer, José Manuel. Transferencia de calor / J.M. Pinazo Ojer, E. Torrella Alcaraz Valencia : Universidad Politécnica, Servicio de Publicaciones, D.L. 1988
- Pizzeti, Carlo Acondicionamiento de aire y refrigeración / C. Pizzeti Ed. Interciencia
- Sustainable energy. Choosing among options / Tester, J.W; Drake, E.M.; Driscoll, M.J.; Golay, M.W.; Peters, W.A. MIT Press
- The Heat transfer problem solver / Research and Education Association ; M. Fogiel director Piscataway, New Jersey : Research and Education Association, cop. 1984[g(1988)
- Turbomáquinas térmicas / Mariano Muñoz Rodríguez ... [et al.] . - 1a ed. Zaragoza : Prensas Universitarias, 1999
- Wark, Kenneth. Termodinámica / Kenneth Wark, jr., Donald E. Richards; traducción, Pablo de Assas Martínez de Morentín, Teresa de Jesús Leo Mena, Isabel Pérez Grande; revisión técnica, Antonio Sánchez Sánchez . - 6ª ed. en español Madrid [etc.] : McGrawHill, D.L. 2003
- Wark, Kenneth. Termodinámica / Kenneth Wark, jr., Donald E. Richards; traducción, Pablo de Assas Martínez de Morentín, Teresa de Jesús Leo Mena, Isabel Pérez Grande; revisión técnica, Antonio Sánchez Sánchez . - 6ª ed. en español Madrid [etc.] : McGrawHill, D.L. 2003