



Grado en Ingeniería Mecánica

29713 - Termodinámica técnica y fundamentos de transmisión de calor

Guía docente para el curso 2011 - 2012

Curso: 2, Semestre: 1, Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- **Javier Pallarés Ranz** jpallare@unizar.es
- **Amaya Martínez Gracia** amayamg@unizar.es
- **Sergio Usón Gil** suson@unizar.es
- **María Carmen Velasco Callau** cvelasco@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

El estudiante debería haber estudiado con aprovechamiento la parte correspondiente a Termodinámica en las asignaturas de Física I y Química.

Resultará imprescindible el manejo de conceptos matemáticos, tales como derivadas e integrales básicas, funciones logarítmicas y exponenciales, interpolaciones, representaciones gráficas, etc. También la resolución de ecuaciones diferenciales sencillas tendrá cierta importancia para la parte de Transferencia de Calor. Todo ello se aprende en la asignatura de Matemáticas correspondiente a Formación Básica.

Cabe recordar que el hábito de lectura facilitará la comprensión de los textos recomendados en la asignatura y, por tanto, favorecerá el aprendizaje de la materia y mejorará el rendimiento académico.

Se recomienda a los estudiantes la asistencia activa a las sesiones de teoría, problemas y prácticas. El trabajo continuo de la asignatura es decir, la revisión diaria o semanal de los conceptos teóricos y de los problemas prácticos resueltos en las sesiones presenciales, así como el la elaboración regular de los trabajos prácticos, facilita la asimilación de los conceptos clave y la adquisición de los procedimientos de resolución de los problemas. Que es, en definitiva, el principal objetivo docente.

El trabajo constante es fundamental para superar con el máximo aprovechamiento esta asignatura, ya que prácticamente cada semana se introducen conceptos nuevos, que están basados en la materia impartida anteriormente. 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 2011-2012 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 Centro.

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. No obstante, y de manera orientativa, el calendario será el siguiente:

- a) 1ª semana de octubre. Inicio de prácticas y clases en grupos pequeños.
- b) 3ª semana de diciembre. Fecha límite de entrega de los informes de prácticas y trabajos tutorados.
- c) Examen global. Fecha fijada por el centro.

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Conocer las propiedades termofísicas de interés industrial y tener capacidad para utilizar y seleccionar procedimientos y herramientas adecuadas para su cálculo.
- 1:** Conocer y aplicar las leyes de la termodinámica al análisis energético de equipos y procesos básicos en ingeniería.
- 1:** Conocer los criterios básicos para el análisis de ciclos termodinámicos.
- 1:** Conocer y aplicar los mecanismos básicos de transmisión de calor al análisis de equipos térmicos.
- 1:** Resolver razonadamente problemas básicos de termodinámica técnica y transmisión de calor aplicados a la ingeniería.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

La asignatura forma parte del grupo de materias obligatorias de la Rama Industrial. Se trata de una asignatura de 6 créditos que se imparte en el primer cuatrimestre de segundo curso en el Grado de Ingeniería Mecánica. La Termodinámica Técnica y Fundamentos de Transmisión de Calor (TT & FTQ) es la primera asignatura de la carrera en la que los estudiantes toman contacto con aplicaciones tecnológicas, dando respuestas coherentes a preguntas tan básicas para un ingeniero mecánico como cuáles son, cómo funcionan y para qué se utilizan los equipos más importantes y habituales en Ingeniería Térmica y de Procesos.

También fundamenta, de forma rigurosa, el concepto de energía, preocupación mundial en el presente siglo, e íntimamente relacionada con el cambio climático al estar los sistemas de producción de electricidad y de automoción mayoritariamente basados en la combustión de carbón, gas natural, derivados del petróleo, etc., en los que se emite el gas CO₂, uno de los principales responsables del efecto invernadero sobre nuestro planeta, que ya está afectando al clima a escala mundial.

Otro aspecto muy importante es el manejo coherente de las unidades de medida de las magnitudes tecnológicas y sus múltiplos. Una misma magnitud, como por ejemplo la energía, se puede expresar en muy diferentes unidades tales como kwh (kilowatio-hora) —son las unidades en las que se basa el recibo de consumo de energía eléctrica de un hogar o una empresa—, Julios, calorías, etc. En cualquier caso se dará especial importancia a las unidades de sistema internacional (S.I.) para habituar a su manejo sistemático.

Conviene destacar que raramente un equipo se encuentra aislado en una industria, sino que forma parte de un conjunto más amplio de equipos a los que se encuentra conectado por tuberías y válvulas. A ese conjunto de equipos interconectados con un determinado objetivo se le denomina instalación. Por ejemplo, una instalación de refrigeración básica incluye

diferentes intercambiadores de calor, válvulas y un compresor por los que circula un fluido de trabajo, en este caso un refrigerante. El estudio de la asignatura capacita al estudiante para analizar no sólo los equipos individuales sino también las instalaciones de las que forman parte.

Un conjunto muy importante de instalaciones realizan procesos denominados ciclos, que tienen la particularidad de que su origen y su final están conectados, es decir, el fluido a su paso por la instalación empieza en unas condiciones (estado termodinámico) y termina en el mismo estado. Se pretende el funcionamiento estable y continuo en el tiempo de la instalación. Por ejemplo, los ciclos termodinámicos de potencia (en centrales térmicas, termosolares, etc.) transforman los combustibles fósiles (carbón, gas natural, gasoil, etc.) o la energía solar en electricidad, que constituye un gran porcentaje de la energía consumida por las sociedades industrializadas.

El cálculo del rendimiento de dichos ciclos —qué fracción o porcentaje del combustible inicial se consigue transformar en electricidad— tiene serias implicaciones energéticas, medioambientales y económicas. Una vez más, la TT & FTQ habilita para esos cálculos.

Finalmente, el dimensionado de los equipos de intercambio de calor, piezas clave de los ciclos de potencia y refrigeración, se basa en los principios de la transmisión de calor. También el cálculo de las pérdidas térmicas de una vivienda o una nave industrial, los tratamientos térmicos, las aplicaciones de la energía solar, y en general cualquier proceso térmico necesitan para su análisis de la combinación de la Termodinámica Técnica con los fundamentos de la Transmisión de Calor

Estas habilidades se aplicarán y ampliarán en la asignatura de Termotecnia en el segundo cuatrimestre de tercer curso del Grado.

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 estudiante sea capaz de:

1. Conocer y combinar correctamente las unidades básicas en ingeniería térmica, así como calcular las propiedades termofísicas de las sustancias puras de interés industrial mediante gráficas, tablas, modelos simplificados o aplicaciones informáticas.
2. Conocer y aplicar las leyes de la termodinámica al análisis energético de equipos y procesos básicos en ingeniería térmica.
3. Calcular y estimar razonadamente los términos de los balances de masa, energía y entropía que modelan el comportamiento básico de los equipos más importantes en ingeniería térmica y energética.
4. Describir sucintamente los principios básicos de funcionamiento y los objetivos de cada equipo. Dibujar en un diagrama termodinámico los procesos que sufre el fluido a su paso por el equipo.
5. Identificar y enumerar los equipos que conforman las instalaciones y ciclos termodinámicos más significativos. Dibujar en los diagramas termodinámicos más convenientes la evolución de las propiedades del fluido a lo largo de dichos equipos e instalaciones o ciclos.
6. Analizar las prestaciones de instalaciones energéticas basadas en ciclos termodinámicos: ciclos de potencia (turbina de vapor, turbina de gas, motores alternativos) y de refrigeración.
7. Conocer los criterios básicos termodinámicos para mejorar el funcionamiento y rendimiento de los ciclos termodinámicos.
8. Aplicar las leyes básicas que rigen los tres mecanismos de transferencia de calor en situaciones sencillas
9. Manejar con soltura una herramienta informática para la simulación de sistemas térmicos que incorpore la evaluación de propiedades termodinámicas y la representación de los diagramas termodinámicos asociados.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura Termodinámica Técnica y Fundamentos de la Transmisión de Calor (TT & FTQ) abre el bloque formativo que podríamos denominar energético, estudiando los principios básicos que rigen las transformaciones energéticas y permite analizar y diseñar instalaciones térmicas para la generación, transferencia y uso de diferentes formas de energía.

La TT & FTQ es la asignatura de base de algunas de las materias más importantes de los estudios de Ingeniería Mecánica, ya que abarca no sólo el análisis de los procesos térmicos —producción y absorción de potencia mecánica (motores y turbomáquinas, compresores, bombas, etc.), y la producción de frío/calor (equipos de intercambio de calor, calderas, evaporadores, condensadores, etc.)—, sino también buena parte de los procesos fluidomecánicos y químicos.

Con esta materia, los estudiantes se familiarizan con la metodología termodinámica necesaria para abordar, simplificar, modelar y simular muy diversas instalaciones energéticas, importantes tanto a nivel económico como social: industrias de procesos químicos, agroalimentarias, cerámicas, papeleras, etc., así como centrales térmicas de producción de electricidad, turbinas de gas, motores alternativos de combustión interna para automoción, sistemas de refrigeración y aire acondicionado, etc.

Finalmente, el dimensionado básico de muchos equipos térmicos se basa en la combinación de la Termodinámica Técnica con los tres mecanismos de transmisión de calor, conducción, convección y radiación, de ahí la conveniencia de que la asignatura combine las dos materias: Termodinámica Técnica y Transmisión de Calor.

La asignatura resulta esencial para cursar las asignaturas posteriores de Termotecnia (obligatoria), y Fluidotecnia (obligatoria).

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

- 1: Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- 2: Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería Industrial necesarias para la práctica de la misma.
- 2: Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- 2: Aplicar conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor: principios básicos y resolución de problemas.

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

El análisis, diseño y mejora de instalaciones energéticas es de vital importancia para el Graduado en Ingeniería Mecánica, ya que son tecnologías que promueven el ahorro y la eficiencia energéticas, aspectos fundamentales del actual desarrollo social, tecnológico y económico.

De acuerdo con las competencias profesionales de esta titulación, el futuro graduado puede abordar proyectos de diseño de instalaciones térmicas simples; o proyectos en los que se analice y optimice una instalación ya en funcionamiento, dentro de la gran variedad de instalaciones térmicas posibles.

La formación recibida habilitará para sugerir cambios a sistemas o equipos existentes, que signifiquen una clara innovación tecnológica, mejorando el rendimiento termodinámico de una instalación y/o reduciendo costes. Destacar que cualquier mejora en una instalación de la eficiencia y el ahorro energéticos influye muy favorablemente no sólo desde el punto de vista puramente económico sino también en el medio ambiente al reducir las emisiones contaminantes y el consumo de combustibles.

La formación recibida le permitirá interpretar con soltura la bibliografía técnica correspondiente, manuales, catálogos de equipos y/o instalaciones referentes a ingeniería térmica, así como aplicar con conocimiento de causa la gran variedad de normativa oficial, tanto nacional como internacional, existente en este campo y que es necesario usar en el ejercicio de la profesión tales como: los procedimientos de cálculo del rendimiento de ciclos de potencia de vapor de agua, de calderas de recuperación, etc. normas ASME (American Society of Mechanical Engineers); protocolo de aceptación y recepción de instalaciones de potencia de turbina de gas (normas ASME y British Standard Institute); normativa nacional sobre

instalaciones de agua caliente sanitaria (ACS) y de calefacción solar, calderas industriales y domésticas, instalaciones de refrigeración industrial o doméstica, aislamiento en edificación, etc.

La asignatura de Termodinámica Técnica y Fundamentos de Transmisión de Calor, junto con asignaturas posteriores que profundizan en ciertos aspectos y presentan técnicas y métodos de análisis más avanzados, dota al estudiante de las herramientas básicas para abordar con éxito todas estas tareas.

Evaluación

Actividades de evaluación

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

- 1:** Se detallan en los subapartados siguientes: instrumentos de evaluación, criterios de valoración y niveles de exigencia, procedimientos de evaluación

Instrumentos de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha logrado superar los resultados de aprendizaje mediante las siguientes actividades de evaluación:

- Prácticas de laboratorio. Carácter: presencial. Duración de la sesión: 3 h. El estudiante se familiariza con sistemas térmicos reales instrumentados, con la toma de medidas y el análisis de datos experimentales. Aplica los procedimientos propios de la materia y entrega un informe de resultados.
- Prácticas con herramientas informáticas. Carácter: presencial. Duración de la sesión: 3 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.
- Trabajos Tutorados. Carácter: semipresencial. Duración total estimada: 20 h. El estudiante con la tutela del profesor resuelve problemas de cierta complejidad y entrega un informe de resultados.
- Examen escrito. Duración: 3 h. Constará de tres partes diferenciadas: una parte teórica en forma de cuestiones cortas de tipo teórico-práctico y/o cuestiones de tipo V/F; una segunda parte puramente práctica consistente en varios problemas similares a los resueltos en clase; una tercera parte que consistirá en la resolución de uno de los problemas planteados en las actividades prácticas y trabajos tutorados (quedarán exentos de esta tercera parte aquellos estudiantes que hayan superado esta parte práctica durante el periodo docente, manteniéndose la nota obtenida).

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 será cero.
- Correcto planteamiento del procedimiento de resolución de las cuestiones y problemas planteados (fundamental).
- Exactitud del resultado obtenido.
- Existencia de cuestiones en blanco: se valorará negativamente no responder a ciertas preguntas planteadas.
- Corrección y claridad en la comunicación escrita (fundamental): correcta ortografía y expresión, letra clara, y 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

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 habrán podido realizar 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)

15 % trabajos tutorados

15 % prácticas

En el caso de que el estudiante no haya asistido a las sesiones de prácticas, o que 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 % (suma de los trabajos tutorados y las prácticas). Este examen consistirá en la resolución de una de las prácticas o de los trabajos tutorados planteados a lo largo del periodo docente.

2ª Convocatoria: El procedimiento es idéntico al de la 1ª 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 los contenidos a casos realistas del futuro ejercicio profesional. Se buscará la participación de los alumnos en esta actividad. Paralelamente deben 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): los estudiantes analizan y resuelven a lo largo del cuatrimestre algunos problemas largos de la asignatura y estudian diferentes opciones, que en algunos casos se realizarán con la ayuda de alguna herramienta informática. Se potencia el aprendizaje autónomo y el trabajo en grupo. Este trabajo personal suele ser continuación con las sesiones presenciales de prácticas de ordenador/laboratorio.
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 para el proceso de aprendizaje del estudiante y para la superación de las actividades de evaluación.
5. Tutorías académicas: el profesor/a pondrá a disposición del estudiante ciertos procedimientos para el planteamiento y la resolución de dudas. Se recomienda 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: Clases magistrales (45 horas) (presencial)

En esta actividad se exponen y explican los contenidos fundamentales de la materia y se resuelven ejercicios prácticos, seleccionados de entre los más representativos y relevantes, para facilitar la comprensión y la

asimilación. Se pretende la participación directa del estudiante en la resolución. Para ello el alumno sabrá con anticipación qué problemas de la colección se resolverán en la sesión. Esta actividad se realiza en el aula de forma presencial.

Los contenidos que se desarrollan en esta actividad corresponden al siguiente programa temático de la asignatura:

Tema 1: Introducción a la Termodinámica Técnica. Introducción y definiciones. Sistemas y procesos.

Tema 2: Comportamiento empírico de las sustancias puras. Principio de estado. Fases sólida, líquida, vapor y gas. Diagramas T-v, P-v, P-T y sus zonas. Tablas de propiedades. Modelos simplificados para líquido subenfriado y sólido. Ecuación de estado de gas ideal. Gases reales.

Tema 3: Primer Principio. Formulaciones matemáticas. Balances de materia y energía para sistemas cerrados y para sistemas abiertos. Procesos politrópicos. Aplicación a equipos de interés industrial. Sistemas cerrados: motores de combustión interna alternativos. Sistemas abiertos: depósitos, tuberías, bombas, compresores, turbinas, intercambiadores de calor, etc.

Tema 4: Segundo Principio. Introducción. Procesos reversibles e irreversibles. Formulaciones. Ciclo reversibles y su rendimiento. Definición y cálculo de la entropía. Ecuaciones Tds. Diagramas T-s y h-s. Balance de entropía para sistemas cerrados y abiertos. Procesos isoentrópicos. Rendimiento isoentrópico de equipos.

Tema 5: Ciclos de Vapor. Introducción. Temperatura termodinámica media. Ciclos de vapor de agua: Carnot, Rankine. Recalentamiento intermedio. Irreversibilidades. Ciclo regenerativo.

Tema 6: Ciclos de Turbina de Gas. Ciclos de Carnot y de Joule-Brayton. Procesos y diagramas de flujos. Balances de energía. Rendimiento. Turbina de gas en circuito abierto: procesos, escalonamientos. Ciclo regenerativo. Irreversibilidades.

Tema 7: Ciclos de producción de frío. Aplicaciones. Propiedades termofísicas de las sustancias refrigerantes. Ciclos de compresión de vapor. Diagrama P-h. Bomba de calor. Irreversibilidades. Ciclo frigorífico real. Ciclo de compresión de gas.

Tema 8: Fundamentos de transmisión de calor por conducción: Introducción. Ley de Fourier. Conductividad térmica. Problemas estacionarios.

Tema 9: Fundamentos de transmisión de calor por convección: Introducción. Ley de Newton: definición de coeficiente convectivo. Nociones sobre la capa límite hidrodinámica y térmica. Convección forzada flujo externo.

Tema 10: Fundamentos de transmisión de calor por radiación: Introducción. Leyes de Plank y de Stefan-Boltzman. Propiedades radiantes de las superficies. Leyes de Kirchhoff.

2: Prácticas de ordenador/laboratorio y trabajos tutelados (15 horas presenciales y 20 horas no presenciales)

Las sesiones presenciales de estas actividades prácticas, de alrededor de 3 horas de duración, se realizan en grupos de 20 personas, favoreciendo así el intercambio de ideas profesor-alumno y un ambiente más relajado que la clase magistral. Se considera un ámbito privilegiado para la explicación pausada y el desarrollo en profundidad de temas técnicos de interés relevante para el futuro ejercicio profesional del graduado. También permite al estudiante entrar en contacto con medidas experimentales sobre instalaciones reales verificando por sí mismo la aplicabilidad al mundo real de los conceptos de Termodinámica Técnica y de los fundamentos de la Transmisión de calor.

Como consecuencia de la realización de las prácticas de ordenador o de laboratorio surge de forma natural el planteamiento de trabajos, más extensos de lo que podría ser los problemas resueltos en las clases magistrales, a desarrollar posteriormente por los alumnos en parejas. En algunos casos, hará falta el uso de herramientas informáticas. El planteamiento y las líneas maestras de los trabajos propuestos se explican en la misma sesión presencial; la pareja de estudiantes lo realiza posteriormente de forma no presencial. Estos trabajos tutelados están supervisados por el profesor/a, que resuelve todas las dudas que puedan surgir en el desarrollo del mismo.

Las prácticas y trabajos podrán versar sobre alguno de los siguientes contenidos:

- Cálculo de propiedades de sustancias
- Modelado de ciclos de potencia con turbina de vapor
- Modelado de ciclos de potencia con turbina de gas
- Modelado de ciclos de refrigeración
- Modelado de ciclos MACI
- Balance de energía en un freno electromagnético
- Caracterización experimental del funcionamiento de un ciclo frigorífico
- Caracterización experimental del funcionamiento un enfriador evaporativo
- Modelado de intercambiadores de calor
- Dimensionado óptimo de aislamientos
- Caracterización experimental de la transferencia de calor en un banco de tubos

2: Estudio y trabajo personal (64 horas) (no presencial)

Es importante que el alumno desarrolle de manera constante, y con dedicación uniforme a lo largo del cuatrimestre, su trabajo personal de estudio y de resolución de problemas, que se complementan con las 20 horas no presenciales de realización de trabajos tutelados comentados en la actividad 2.

2: Tutorías

El estudiante que lo desee acudirá al profesor a plantearle dudas de la asignatura. El alumnado dispone de un horario de atención de tutorías.

2: Evaluación (6 horas)

Además de su función calificadora, la evaluación es también una herramienta de aprendizaje con la que el alumno testea el grado de comprensión y asimilación que ha alcanzado en la materia.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las clases magistrales de teoría y problemas, así como las sesiones de prácticas/trabajos tutelados se imparten según el horario establecido por el centro y es publicado con anterioridad a la fecha de comienzo del curso.

Materiales de referencia

El estudiante a lo largo del curso puede conseguir los materiales de referencia (apuntes, cuestiones, problemas, exámenes tipo, tablas, etc.), en el servicio de reprografía y en la plataforma del **Anillo Digital Docente** (ADD) de la Universidad de Zaragoza. En la Biblioteca del centro también existen ejemplares de los libros recomendados.

Bibliografía de referencia

- Fundamentos de Termodinámica Técnica. Moran M. J., Shapiro H. N., 2ª Edición, Reverté, Barcelona (2004).
- Termodinámica. Çengel Y.A., Boles M.A., 6ª Ed., McGraw-Hill, México (2009).
- Termodinámica Técnica (2 vol). Velasco C., Martínez A., Gómez T., Prensas Universitarias Zaragoza (2011).
- Transferencia de calor y masa. Çengel Y.A., 3ª Edición, McGraw-Hill, México (2007).
- Transferencia de Calor. Marín J. M. , Monné C., Uche J., Kronos, Zaragoza (1998).
- Fundamentals of Thermal Fluid Sciences. Çengel, Y. A., Turner, R. M. Mc Graw Hill, (2001)
- Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics and Heat Transfer. Moran, M. J., Shapiro,

H. N., Nunson, B. R., Dewitt, D. P. John Wiley & Son (2003)

- Fundamentos de Transferencia de Calor. Incropera F.P., DeWitt D.P., 4ª Edición, Prentice Hall, New York (1999).

Bibliografía para resolución de problemas y prácticas

- Ejercicios Resueltos de Termodinámica Técnica. Guallar, J. Kronos, Zaragoza (2000)
- Problemas de Termodinámica Técnica. Turégano J.A., Velasco, M.C., Martínez, A., Gómez, T. (2008) versión digital Creative Commons (<http://termograf.unizar.es>).
- Prácticas de simulación de Termodinámica Técnica. Turégano J.A., Velasco, M.C., Gómez, T., (2008) versión digital Creative Commons (<http://termograf.unizar.es>).
- Prácticas de Termodinámica. Peña B., Gil, A., 1ª Edición, Prensas Universitarias de Zaragoza (2009)

Herramientas informáticas

- EES Manual. <http://www.fchart.com/> (ADD).
- Termograf (programa, manual, ejemplos y problemas) (<http://termograf.unizar.es>).

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- 1. Moran, Michael J.. Fundamentos de termodinámica técnica / Michael J. Moran, Howard N. Shapiro . 2ª ed. en español, reimp. Barcelona [etc.] : Reverté, D. L. 2005
- 2. Çengel, Yunus A.. Termodinámica / Yunus A. Çengel, Michael A. Boles ; revisión técnica, Sofía Faddeeva Sknarin . 6ª ed. Mexico [etc.] : McGraw-Hill Interamericana, cop. 2009
- 3. Velasco Callau, María Carmen. Termodinámica técnica / Carmen Velasco Callau, Amaya Martínez Gracia y Tomás Gómez Martín . 1ª ed. Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza, 2010
- 4. Velasco Callau, María Carmen. Termodinámica técnica (II) : termodinámica aplicada a instalaciones térmicas / Carmen Velasco Callau, Amaya Martínez Gracia y Tomás Gómez Martín . 1ª ed. Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza, 2011
- 5. 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
- 6. Marín Herrero, José María. Transferencia de calor / Jose Ma. Marín y Carlos Monné . 1a ed. Zaragoza : Kronos, 1998
- 7. Çengel, Yunus A.. Fundamentals of thermal-fluid sciences / Yunus A. Çengel, Robert H. Turner . Boston, Massachusetts [etc.] : McGraw-Hill, cop. 2001
- 8. Introduction to thermal systems engineering : thermodynamics, fluid mechanics, and heat transfer / Michael J. Moran ... [et al.] . [New York] : John Wiley & Sons, cop. 2003
- 9. Incropera, Frank P.. Fundamentos de transferencia de calor / Frank P. Incropera, David P. DeWitt . 4a ed. México : Prentice Hall, 1999
- Guallar Paracuellos, Jesús. Ejercicios de termodinámica técnica / Jesús Guallar Paracuellos . 1a. ed. Zaragoza : Universidad, Centro Politécnico Superior, 2000
- Peña Pellicer, María Begoña. Prácticas de Termodinámica / Begoña Peña, Antonia Gil . 1ª ed. Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza, 2009