

## 29713 - Termodinámica técnica y fundamentos de transmisión de calor

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2020/21

**Asignatura:** 29713 - Termodinámica técnica y fundamentos de transmisión de calor

**Centro académico:** 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura

**Titulación:** 434 - Graduado en Ingeniería Mecánica  
330 - Complementos de formación Máster/Doctorado

**Créditos:** 6.0

**Curso:** XX

**Periodo de impartición:** 330 - Primer semestre

434 - Primer semestre

**Clase de asignatura:** 434 - Obligatoria

330 - Complementos de Formación

**Materia:** ---

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos 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 y 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 CO<sub>2</sub>, uno de los principales responsables del efecto invernadero sobre nuestro planeta.

Otro aspecto muy importante es el manejo coherente de las unidades de medida de las magnitudes tecnológicas, sus múltiplos y sus transformaciones. 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 ciertas condiciones térmicas (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.), la biomasa 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 y FTQ habilita para esos cálculos.

Finalmente, el estudio de los fundamentos básicos de psicrometría tiene por objeto introducir las mezclas aire-vapor de agua y su aplicación en procesos de acondicionamiento de aire, torres de refrigeración y procesos industriales que exijan un fuerte control del contenido en vapor de agua del aire.

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

1. Desarrollar capacidad para utilizar y seleccionar procedimientos y herramientas adecuados para el cálculo de las propiedades termofísicas de interés industrial.
2. Aplicar las leyes de la termodinámica al análisis energético de equipos y procesos básicos en ingeniería.
3. Conocer los criterios básicos para el análisis de ciclos termodinámicos.
4. Conocer y aplicar los principios de la psicrometría a mezclas de aire-vapor de agua para el análisis de sistemas de acondicionamiento de aire.
5. Resolver razonadamente problemas básicos de termodinámica técnica aplicados a la ingeniería.
6. Desarrollar el pensamiento crítico, mediante el análisis individual y colectivo de datos y resultados en el

funcionamiento de las instalaciones y los efectos derivados.

El planteamiento de la asignatura será tal que al finalizar el curso el estudiante será capaz de:

1. Manejar correctamente las unidades básicas de las propiedades termofísicas y otras magnitudes termodinámicas y las transformaciones de las mismas.
2. Calcular las propiedades termofísicas de las sustancias puras de interés industrial mediante gráficas, tablas, modelos simplificados o aplicaciones informáticas.
3. Identificar el tipo de proceso y condiciones de equilibrio en un sistema en función de las ligaduras del mismo.
4. Identificar los equipos que conforman las instalaciones y ciclos termodinámicos más significativos.
5. Describir sucintamente los principios básicos de funcionamiento y los objetivos de cada equipo.
6. Aplicar las leyes fundamentales termodinámicas para el cálculo de los flujos de calor y trabajo en los diferentes equipos térmicos.
7. Calcular y estimar razonadamente los términos de los balances de masa, energía y entropía que modelan el comportamiento básico de los equipos e instalaciones más importantes en ingeniería térmica y energética.
8. Dibujar en los diagramas termodinámicos más convenientes la evolución de las propiedades del fluido a lo largo de dichos equipos e instalaciones.
9. Analizar las prestaciones de las instalaciones energéticas basadas en los ciclos termodinámicos: ciclos de potencia (turbina de vapor y turbina de gas) y ciclos de refrigeración.
10. Conocer los criterios básicos termodinámicos para mejorar el funcionamiento y rendimiento de los ciclos termodinámicos.
11. Conocer y saber determinar las propiedades del aire atmosférico como mezcla de aire-vapor de agua.
12. Aplicar los principios de conservación de la masa y de la energía en diferentes procesos de acondicionamiento de aire.
13. Conocer las leyes básicas que rigen los tres mecanismos de transferencia de calor.
14. Resolver razonadamente problemas básicos de termodinámica técnica aplicados a la ingeniería.
15. Manejar con soltura distintas herramientas informáticas para la simulación de sistemas térmicos que incorporen la evaluación de propiedades termodinámicas y la representación de los diagramas termodinámicos asociados.
16. Relacionar el uso y consumo de la energía térmica y sus transformaciones, con la problemática medioambiental.
17. Desarrollar actitudes de ahorro y eficiencia energética en el manejo de las instalaciones, para minimizar su impacto ecológico.
18. Practicar el trabajo colaborativo y en equipo.

## 1.2.Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura Termodinámica Técnica y Fundamentos de la Transmisión de Calor abre el bloque formativo que podría denominarse energético, estudiando los principios básicos que rigen las transformaciones energéticas de tipo térmico y permite analizar y diseñar instalaciones térmicas para la generación, transferencia y uso de diferentes formas de energía.

La TT y 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 energía 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, transporte, aviación, 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.

La asignatura resulta esencial para cursar las asignaturas posteriores de Máquinas y Motores Térmicos (obligatoria), e Ingeniería Térmica (obligatoria).

## 1.3.Recomendaciones para cursar la asignatura

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

Resultará imprescindible el manejo de conceptos matemáticos, tales como derivadas e integrales básicas, funciones logarítmicas y exponenciales, interpolaciones, representaciones gráficas, etc. 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 participación activa en 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 estas sesiones, así como 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 son los principales objetivos docentes.

Todo estudiante matriculado en esta materia deberá asumir que el trabajo continuado es fundamental para superar la

asignatura ya que constantemente se introducen conceptos nuevos, que se basan en los conceptos estudiados anteriormente y necesitan de ellos para su comprensión. Por lo tanto, es importante resolver las dudas cuanto antes para garantizar el progreso correcto en la materia. Solo de esta forma se podrá lograr un aprendizaje significativo de los conceptos y contenidos y por lo tanto superar la asignatura al final del cuatrimestre con el máximo aprovechamiento. Para ayudarle en esta tarea, el estudiante cuenta con la asistencia de los profesores, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a tal fin.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

#### Competencias específicas:

C18: Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.

#### Competencias genéricas:

C4: Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.

C6: Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma.

C7: Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas actuando con ética, responsabilidad profesional y compromiso social.

C10: Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.

### 2.2. Resultados de aprendizaje

1. Conoce las propiedades termofísicas de interés industrial y es capaz de utilizar y seleccionar procedimientos y herramientas adecuadas para su cálculo.
2. Conoce y aplica las leyes de la termodinámica al análisis energético de equipos y procesos básicos en ingeniería.
3. Adquiere los criterios básicos para el análisis de ciclos termodinámicos.
4. Conoce los mecanismos básicos de transferencia de calor para el análisis de equipos térmicos.
5. Resuelve de forma razonada problemas básicos de termodinámica técnica aplicados a la ingeniería.

### 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

El análisis, diseño y mejora de instalaciones energéticas es de vital importancia para el Graduado en Ingeniería Mecánica. 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 significarán una clara innovación tecnológica, mejorando el rendimiento termodinámico de una instalación y/o reduciendo costes. Conviene 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.

De esta manera, 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 el ejercicio de la profesión en el campo de la Ingeniería Térmica y de Procesos.

## 3. Evaluación

### 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

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

- **Sesiones prácticas.** Duración de la sesión: 3 h. Se realizarán prácticas de laboratorio y/o prácticas informáticas, dirigidas a consolidar y/o complementar los aspectos tratados en las lecciones magistrales con el apoyo de instalaciones experimentales o softwares específicos de la materia (Termograf, EES). El estudiante aplica los procedimientos propios de la materia para la resolución del caso planteado y entrega un informe de resultados o alternativamente responde a un cuestionario.
- **Entregas de ejercicios.** Duración total estimada: 15 h. El estudiante, dentro de sus horas de trabajo personal, resuelve problemas y cuestiones teórico-prácticas. Estas entregas están dirigidas a que el alumno revise los aspectos teóricos y prácticos de la materia, enfrentándose a la resolución de problemas y cuestiones, preferentemente seleccionados a partir de exámenes de cursos precedentes.
- **Examen escrito.** Duración: 3 h aproximadamente. Constará de dos partes diferenciadas: una teórica y otra de problemas.

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 profesorado.

## Procedimientos de evaluación

**1ª Convocatoria:** El procedimiento planteado consiste en un conjunto de pruebas que permiten superar la asignatura con una **nota global igual o superior a 5** puntos sobre 10. Algunas de ellas, las de tipo práctico (sesiones prácticas, trabajos tutorados), se habrán podido realizar durante el periodo docente, mientras que el examen escrito (prueba global de evaluación) se realizará en el periodo de exámenes.

**2ª Convocatoria:** El procedimiento es idéntico al de la 1ª convocatoria.

La nota final, en ambas convocatorias, se calculará mediante la ponderación de las notas de cada una de las partes en función de las actividades realizadas según se muestra en el siguiente cuadro:

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
<b>Condiciones</b>	<b>Entregas ejercicios: SI</b> <b>Prácticas: SI</b>	<b>Entregas ejercicios: NO</b> <b>Prácticas: SI</b>	<b>Entregas ejercicios: SI/NO</b> <b>Prácticas: NO</b>
<b>Examen<sup>a</sup></b>	70%	85%	100%
<b>Entregas<sup>b</sup></b>	15%	—	—
<b>Prácticas<sup>b</sup></b>	15%	15%	—

<sup>a</sup>Examen:

- El examen se compone de dos partes, una de teoría (50%) y otra de problemas (50%).
- Para superarlo se requiere una nota mínima de 4 sobre 10 en cada parte del examen: teoría y problemas.
- Se valorará especialmente la explicación de la metodología seguida para la resolución de los problemas, la utilización correcta de las unidades, y el análisis de los resultados.

<sup>b</sup>Trabajos y prácticas:

- Las entregas de ejercicios y prácticas no entregados median con cero en el cálculo de la nota final de esta parte.

## 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

### 4.1. Presentación metodológica general

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

Promover y estimular el trabajo autónomo del estudiante, con un enfoque constructivista que requiere de la participación activa y continuada del estudiante en su proceso de aprendizaje, pasando el profesorado a un segundo plano, de forma que fundamentalmente su intervención se centre en la orientación del estudiante y de su trabajo personal. Es por ello que tiene un peso importante en la asignatura la evaluación continua y los trabajos a completar regularmente a lo largo de todo el curso por parte de los estudiantes, donde se manejen los conceptos de la asignatura y se profundice en los mismos. Todo ello se llevará a cabo mediante lo siguiente:

1. Clases magistrales
2. Prácticas de simulación con ordenador y prácticas en laboratorio.
3. Entregas de ejercicios
4. Planteamiento de ejercicios, cuestiones y problemas adicionales a los resueltos en clase.

5. Tutorías académicas
6. Evaluación

Cada estudiante debe asistir a las sesiones de teoría y de prácticas **del grupo en el que está matriculado**.

## 4.2. Actividades de aprendizaje

La realización de **todas** las actividades de aprendizaje es de especial relevancia para adquirir las competencias de la asignatura.

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

### 1. Clases magistrales

Esta actividad se plantea con un enfoque eminentemente práctico y en ella se sintetizan los contenidos fundamentales de la materia y se establece la metodología de resolución de ejercicios prácticos, seleccionados de entre los más representativos y relevantes, para facilitar la comprensión y asimilación de dicha metodología, de forma que los estudiantes sean capaces después de aplicarla en su trabajo personal. Se pretende la participación activa del estudiante. Para ello se informará con anticipación de los problemas de la colección que se resolverán en la sesión, de forma que se utilicen las propias de los estudiantes como punto de partida. Paralelamente, es condición fundamental que los estudiantes realicen un trabajo personal de estudio y preparación para un óptimo aprovechamiento de las clases.

### 2. Prácticas de ordenador/laboratorio

Las prácticas tienen por objeto complementar las clases de teoría y problemas, estimulando tanto el trabajo autónomo como el trabajo en equipo mediante la aplicación práctica de los conceptos (aplicación de los diferentes modelos al cálculo de propiedades, análisis gráfico de procesos y ciclos termodinámicos, cálculo de balances y rendimientos en las instalaciones, etc.), para facilitar la comprensión de los mismos y el estudio general de la asignatura.

Cada sesión, de alrededor de 3 horas de duración, se realiza en grupos pequeños, favoreciendo así el intercambio de ideas profesor-alumno. 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 conocer la aplicabilidad al mundo real de los conceptos de Termodinámica Técnica abordados en la asignatura.

En las prácticas se utilizarán dos herramientas informáticas (Termograf y/o EES) y/o las instalaciones disponibles en los laboratorios del área de Máquinas y Motores Térmicos.

#### Indicaciones importantes para la realización de las prácticas:

- Cada estudiante debe realizar las sesiones prácticas en el grupo en el que está matriculado
- Es responsabilidad de los estudiantes estar informados de las fechas de comienzo de las prácticas en cada periodo lectivo. El detalle de sesiones se encuentra disponible en el ADD.
- Es **responsabilidad de los estudiantes descargarse del ADD los guiones de la sesión de prácticas**, así como otros materiales que el profesor considere necesario para el desarrollo de la misma.
- **Se recomienda encarecidamente acudir a la sesión con el guión previamente leído.**
- No se puede cambiar de grupo salvo causa puntual y justificada y solicitándolo previamente en el ADD al profesor responsable.
- La entrega de los guiones cumplimentados o la realización del cuestionario se hará a través del ADD o en papel, según se avise, al profesor que la haya impartido y dentro del plazo dado.

Dependiendo del calendario lectivo y de prácticas del curso, y con el objetivo final de que estas sesiones complementen y refuercen las clases magistrales, los contenidos de las 5 sesiones se elegirán entre los siguientes temas propuestos:

- Cálculo de propiedades de sustancias
- Balances de energía en sistemas
- Caracterización experimental del funcionamiento de un ciclo frigorífico
- Modelado de ciclos de potencia con turbina de vapor
- Modelado de ciclos de potencia con turbina de gas
- Modelado de ciclos de refrigeración
- Caracterización experimental del funcionamiento un enfriador evaporativo
- Caracterización y modelado de procesos psicrométricos

### 3. Entregas de ejercicios

Los estudiantes analizan y resuelven sistemáticamente a lo largo del cuatrimestre problemas clave de la asignatura. Para su resolución se permite el uso de alguna herramienta informática que facilite los procedimientos de cálculo más tediosos y repetitivos. Se posibilita así que dediquen tiempo suficiente a profundizar en el análisis y la comprensión de los conceptos favoreciendo el aprendizaje significativo de los mismos. Mediante esta tipo de trabajos se potencia tanto el aprendizaje autónomo como el trabajo en grupo.

### 4. Estudio y trabajo personal

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 problemas. 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.

Es importante que el estudiante 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 la realización de las entregas de ejercicios ya indicadas.

## 5. Tutorías

El alumnado dispone de un horario de atención de tutorías. Se recomienda el uso de estas tutorías para asegurar el adecuado progreso en el aprendizaje.

## 6. Evaluación

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

## 4.3. Programa

El programa de la asignatura se desarrolla en los siguientes temas:

- Tema 1: Conceptos básicos: sistema termodinámico, propiedades y estado de una sustancia, principio de estado, equilibrio, procesos termodinámicos, transferencias de energía (calor y trabajo).
- Tema 2: Comportamiento de las sustancias puras: Sistemas heterogéneos, superficie PvT, diagramas termodinámicos, tablas de propiedades termodinámicas
- Tema 3: Tratamiento de las sustancias puras: ecuaciones de estado, modelo de gas ideal y real, modelo de sustancia incompresible
- Tema 4: Primer principio de la termodinámica: balance de energía en sistema cerrados.
- Tema 5: Primer principio de la termodinámica: balance de energía en sistema abiertos.
- Tema 6: Segundo Principio de la Termodinámica
- Tema 7: Entropía.
- Tema 8: Ciclos de potencia de gas: Ciclo Joule-Brayton.
- Tema 9: Ciclos de potencia en turbinas de vapor: Ciclo Rankine de potencia.
- Tema 10: Ciclos frigoríficos de vapor: Ciclo de refrigeración por compresión de vapor
- Tema 11: Fundamentos de psicrometría.

## 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

El calendario y horario de las clases magistrales de teoría y problemas, así como de las sesiones de prácticas se puede consultar en la página web del Centro (<http://eina.unizar.es/>).

Una vez iniciado el curso, los estudiantes dispondrán del calendario detallado de actividades (trabajos, prácticas de laboratorio,...) que les será proporcionado por el profesorado correspondiente a través de la web docente de la asignatura en el Anillo Digital Docente (ADD).

Finalmente, las fechas y convocatorias oficiales de exámenes se pueden consultar en la página web del Centro (<http://eina.unizar.es/>).

## 4.5. Bibliografía y recursos recomendados

La bibliografía actualizada se encuentra en la [BR de la BUZ](#)