



Universitat de Lleida

GUÍA DOCENTE
**ANÁLISIS DE EQUIPOS
TÉRMICOS INDUSTRIALES**

Coordinación: DE GRACIA CUESTA, ÁLVARO

Año académico 2022-23

Información general de la asignatura

Denominación	ANÁLISIS DE EQUIPOS TÉRMICOS INDUSTRIALES												
Código	14540												
Semestre de impartición	2o Q(SEMESTRE) EVALUACIÓN CONTINUADA												
Carácter	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Grado/Máster</th> <th>Curso</th> <th>Carácter</th> <th>Modalidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</td> <td>2</td> <td>OPTATIVA</td> <td>Presencial</td> </tr> </tbody> </table>				Grado/Máster	Curso	Carácter	Modalidad	Máster Universitario en Ingeniería Industrial	2	OPTATIVA	Presencial	
Grado/Máster	Curso	Carácter	Modalidad										
Máster Universitario en Ingeniería Industrial	2	OPTATIVA	Presencial										
Número de créditos de la asignatura (ECTS)	6												
Tipo de actividad, créditos y grupos	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de actividad</th> <th>PRAULA</th> <th>TEORIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de créditos</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Número de grupos</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>				Tipo de actividad	PRAULA	TEORIA	Número de créditos	3	3	Número de grupos	1	1
Tipo de actividad	PRAULA	TEORIA											
Número de créditos	3	3											
Número de grupos	1	1											
Coordinación	DE GRACIA CUESTA, ÁLVARO												
Departamento/s	INFORMÀTICA I ENGINYERIA INDUSTRIAL												
Distribución carga docente entre la clase presencial y el trabajo autónomo del estudiante	60 h presenciales (40%) 90 h trabajo autónomo (60%)												
Información importante sobre tratamiento de datos	Consulte este enlace para obtener más información.												
Idioma/es de impartición	INGLÉS												
Distribución de créditos	Alvaro de Gracia: 3 ECTS Albert Oriol Castell Casol: 3 ECTS												

Profesor/a (es/as)	Dirección electrónica\nprofesor/a (es/as)	Créditos impartidos por el profesorado	Horario de tutoría/lugar
CASTELL CASOL, ALBERT ORIOL	albert.castell@udl.cat	3	
DE GRACIA CUESTA, ALVARO	alvaro.degracia@udl.cat	3	

Información complementaria de la asignatura

Esta asignatura revisa y amplía los conocimientos de transferencia de calor y termodinámica, los cuales son necesarios para el correcto diseño de muchas tecnologías de uso habitual hoy en día, tales como electrodomésticos, equipos electrónicos, aislamiento térmico de hogares e instalaciones, radiadores de coche, colectores solares, equipos de centrales eléctricas o naves espaciales. La asignatura parte de los principios básicos de termodinámica y de las leyes experimentales sobre los diferentes modos de transferencia de calor (Ley de Fourier, para conducción, Ley de Enfriamiento de Newton, para convección, y Ley de Stephan-Boltzmann, por radiación) para que el alumno sea capaz de diseñar y analizar diferentes tipos de equipos térmicos industriales, empleando tanto metodologías de resolución analíticas como numéricas. Asimismo, también se introduce al alumno en herramientas avanzadas de simulación numérica, como es COMSOL Multiphysics, y en la termografía por infrarrojos. Es recomendable disponer de una base suficiente en transferencia de calor, termodinámica y ecuaciones diferenciales.

Se trata de una asignatura optativa que se cursa el 2º cuatrimestre del 2º curso del Master en Ingeniería Industrial. De acuerdo con la estructura del título, esta asignatura pertenece al Módulo de formación optativa, y a la Optatividad de Sistemas Energéticos, junto con la asignatura "Máquinas eléctricas en la Industria". Estas dos asignaturas realizan una práctica en común y persiguen el análisis integral de aspectos térmicos y eléctricos en problemas y proyectos.

Es **OBLIGATORIO** que los estudiantes traigan los siguientes equipos de protección individual (EPI) a las prácticas docentes.

- Bata de laboratorio azul o blanca UdL unisex
- Gafas de protección
- Guantes de protección mecánica

Pueden adquirirse a través de la tienda Údels de la UdL:

C/ Jaume II, 67 bajos
Centro de Culturas y Cooperación Transfronteriza

<http://www.publicacions.udl.cat/>

El uso de otros equipos de protección (por ejemplo tapones auditivos, mascarillas respiratorias, guantes de riesgo químico o eléctrico, etc.) dependerá del tipo de práctica a realizar. En este caso, el personal docente responsable informará sobre la necesidad de la utilización de EPI's específicos.

No traer los EPI's descritos o no cumplir las normas de seguridad generales que se detallan debajo comporta que el estudiante no pueda acceder a los laboratorios o tenga que salir de los mismos. La no realización de las prácticas docentes por este motivo comporta las **consecuencias en la evaluación** de la asignatura que se describen en esta guía docente.

NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

- Mantener el lugar de realización de las prácticas limpio y ordenado. La mesa de trabajo tiene que quedar libre de mochilas, carpetas, abrigos...
- En el laboratorio no se puede ir con pantalones cortos ni faldas cortas.
- Llevar calzado cerrado y cubierto durante la realización de las prácticas.
- Llevar el pelo largo siempre recogido.
- Mantener las batas abrochadas para protegerse frente salpicaduras y derramamientos de sustancias químicas.
- No llevar pulseras, colgantes o mangas anchas que puedan ser atrapados por los equipos, montajes...
- Evitar llevar lentes de contacto, puesto que el efecto de los productos químicos es mucho más grande si se introducen entre la lente de contacto y la córnea. Se puede adquirir uno cubre-gafas de protección.
- No comer ni beber dentro del laboratorio.
- Está prohibido fumar dentro de los laboratorios.
- Lavarse las manos siempre que se tenga contacto con algún producto químico y antes de salir del laboratorio.
- Seguir las instrucciones del profesor y de los técnicos de laboratorio y consultar cualquier duda sobre seguridad.

Para mayor información se puede consultar el manual de acogida del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UdL que se encuentra en: <http://www.sprl.udl.cat/alumnos/index.html>

Objetivos académicos de la asignatura

OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA

Dotar a los alumnos de los conocimientos, así como de las técnicas, herramientas, destrezas y habilidades necesarias para poder desarrollar eficazmente las actividades profesionales relacionadas con el análisis y diseño de equipos térmicos industriales.

El logro de este objetivo general se concreta en:

- Aprender a describir y solucionar las ecuaciones diferenciales que definen la transferencia de calor por conducción en sólidos.
- Conocer las ecuaciones de Navier-Stokes y sus aplicaciones en el uso de números adimensionales.
- Aprender la teoría de capa límite y zona Potencial.
- Aprender el mecanismo de transferencia de calor por radiación entre varias superficies.
- Aprender los métodos numéricos para solucionar problemas con ecuaciones diferenciales no integrables.
- Conocer la metodología CFD para el cálculo numérico de problemas de transferencia de calor en sólidos y fluidos.
- Redactar con lenguaje técnico adecuado, con corrección ortográfica y gramática.
- Saber defender públicamente, con ideas y conceptos claros y lenguaje técnico adecuado, un proyecto de un equipo térmico industrial.

Competencias

Competencias Generales según Orden CIN/311/2009 y criterios EPS

- **CG3:** Capacidad de transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- **CG4:** Capacidad de concebir, diseñar e implementar proyectos y/o aportar soluciones novedosas, utilizando

herramientas propias de la ingeniería.

- **CG7.** Proyectar, calcular y diseñar productos, procesos, instalaciones y plantas.
- **CG9.** Realizar investigación, desarrollo e innovación en productos, procesos y métodos.

Competencias Específicas según Orden CIN/311/2009

- **CE5:** Conocimientos y capacidades para el diseño y análisis de máquinas y motores térmicos, máquinas hidráulicas e instalaciones de calor y frío industrial

Competencias transversales aprobadas por la Comisión Plenaria de los Grados de Ingeniería Industrial, Ingeniería Informática e Ingeniería de la Edificación, reunida el 16 de Junio de 2008

- **CT1:** Tener una correcta expresión oral y escrita.
- **CT2:** Dominar una lengua extranjera.

Contenidos fundamentales de la asignatura

Programa de teoría

1. Ingeniería térmica básica

1.1 Propiedades físicas

1.2 Conducción

1.3 Convección

1.4 Radiación

2. Conducción

2.1 Introducción a la conducción

2.2 Ecuaciones diferenciales en régimen estacionario

2.3 Soluciones analíticas en régimen estacionario

2.4 Régimen transitorio

3. Métodos numéricos

3.1 Introducción a los métodos numéricos

3.2 Formulación de diferencias finitas

3.3 Método de balance de energía

3.3.1 Transferencia de calor 1D en estado estacionario

3.3.2 Transferencia de calor 2D en estado estacionario

3.3.3 Transferencia de calor 1D en estado transitorio

3.4 Herramientas de optimización utilizando modelos numéricos

4. Convección

- 4.1 Introducción a la convección
- 4.2 Ecuaciones de Navier-Stokes
- 4.3 Capa límite y Zona Potencial
- 4.4 Teoría de Modelos y Análisis Dimensional
- 4.5 Computational Fluid Dynamics (CFD)

5. Radiación

- 5.1 Introducción a la radiación
- 5.2 Parámetros que definen la radiación
- 5.3 Método de las radiosidades

6. Problemas combinados

Prácticas de laboratorio

Presentación y aplicación de cámara termográfica (a realizar en el laboratorio de Mecatrónica)

Presentación y aplicación de Comsol Multiphysics (a realizar en el aula de ordenadores L3)

Ejes metodológicos de la asignatura

Los ejes metodológicos de la asignatura se dividirán en:

- **Docencia invertida (*Flipped Learning*):** Los estudiantes aprenden nuevos contenidos por medio de las TIC fuera del aula y el profesor detecta los conceptos erróneos o dudas.
- **Sesiones just-in-time en clase:** El profesor da feedback de las actividades de docencia invertida y se realizan actividades de carácter práctico o de refuerzo individualizadas o tutorizadas por el profesor en el aula.
- **Clases magistrales:** En las clases magistrales se exponen los contenidos de la asignatura de forma oral por parte de un profesor o profesora sin la participación activa del alumnado. Estas clases se realizarán de forma virtual durante el curso 2020/2021.
- **Resolución de problemas:** El profesor resolverá algunos ejemplos y plantea otros para que los estudiantes tomen parte activa de su proceso de aprendizaje trabajando y resolviendo los problemas, individualmente o en grupo.
- **Trabajo en equipo:** El profesor realiza un seguimiento del trabajo asignado a los diferentes grupos de estudiantes y los estudiantes toman parte activa de su proceso de aprendizaje aplicando los conocimientos teóricos a un caso de estudio complejo.
- **Sesiones de prácticas:** El profesor plantea una actividad práctica a los estudiantes, que toman parte activa de su proceso de aprendizaje aplicando los conocimientos teóricos a una situación real de primera mano.

Plan de desarrollo de la asignatura

El plan de desarrollo seguirá el orden de los contenidos. Este plan podrá ser objeto de modificaciones a lo largo del curso, en función del número de alumnos, los grupos de trabajo, y la evolución del grupo.

A continuación se detallan los capítulos impartidos por cada profesor.

- Capítulo 1. Albert Castell
- Capítulo 2. Albert Castell
- Capítulo 3. Alvaro de Gracia
- Capítulo 4. Albert Castell
- Capítulo 5. Alvaro de Gracia
- Capítulo 6. Alvaro de Gracia

Los capítulos 1 2 y 3 se desarrollarán entre la semana 1 y 8.

Los capítulos 4, 5 y 6 se desarrollarán entre las semanas 10 y 15.

Sistema de evaluación

Actividades de evaluación	%	Fechas	O/V (1)	I/G (2)	Observaciones
Examen	25	Semana 9	O	I	Nota de 3 para hacer media
Proyecto sobre transferencia de calor combinada	20	Semana 17	O	G	
Proyecto de métodos numéricos	30	Semana 17	O	I	
Trabajo de CFD	25	Semana 17	O	G	
Examen recuperación	25	Semana 18/19	O	I	Nota de 3 para hacer media

(1) Obligatoria/Voluntaria

(2) Individual/Grupal

Bibliografía y recursos de información

Bibliografía Básica

- Yunus A. Çengel, 'Heat Transfer: A Practical Approach', 2nd Edition, McGrawHill ,2003.
- Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera, David P. DeWitt, ' Fundamentals of Heat and Mass Transfer', 7th Edition, John Wiley & Sons, 2011.

Bibliografía Complementaria

- Gregory Nellis, Sanford Klein. 'Heat Transfer', Cambridge University Press, 2009.
- M.Fogiel. 'Heat transfer problem solver', REA, 1999.
- Frank Kreith, Mark S. Bohn. 'Principios de transferencia de calor' Thomson, 2001.

Otros recursos

- Thermal Imaging Guidebook for Industrial Applications, 2011, FLIR Systems AB (http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/T820264/T820264_EN.pdf)