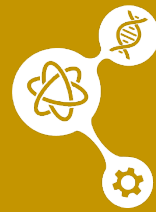


Curso
2025/2026

Guía Docente:

INGENIERÍA TÉRMICA



FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS

1. IDENTIFICACIÓN

Titulación	Grado en Ingeniería Química		Código	801546
Asignatura	Ingeniería Térmica		ECTS	9
Materia	Termodinámica e Ingeniería Térmica			
Módulo	Ingeniería Industrial			
Carácter	Obligatorio	Curso	Tercero	Semestre Primero
Departamento responsable	Ingeniería Química y de Materiales			

Profesores responsables

Actividad	Profesor	Email	Despacho
Tª/S/Tut.	SILVIA ÁLVAREZ TORRELLAS	satorrellas@ucm.es	QA-143
Tª/S/Tut.	JUAN GARCÍA RODRÍGUEZ	jgarciar@ucm.es	QA-150
Prácticas	JUAN GARCÍA RODRÍGUEZ	jgarciar@ucm.es	QA-150

Profesores de Laboratorio

Cuatri.	Profesor	Email	Despacho
1º	AGUEDA MATE, VICENTE ISMAEL	viam@ucm.es	QA-168
1º	BOUAID BOUAID, ABDERRAHIM	babderra@quim.ucm.es	QA-B71
1º	CARBAJO OLLEROS, JAIME	jaime.carbajo@ucm.es	QA-144
1º	MARTIN MARTINEZ, MARIA	mariam74@ucm.es	QA-154

2. OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo de este curso es conocer los mecanismos básicos de la transmisión de calor y las ecuaciones básicas que se aplican en cada caso. Tomar conciencia de la importancia de los aislamientos y de la recuperación de calor, así como modelar problemas relativos a la transmisión de calor y aprender a resolverlos.

Objetivos específicos

- Poder enumerar situaciones en las que se produzca transferencia de calor.
- Explicar el significado de términos como: Calor, conducción, convección, radiación, coeficiente individual y global de transmisión de calor, flujo en contracorriente y en paralelo, perfil de temperatura, resistencia térmica.
- Conocer el principio de funcionamiento y el intervalo de aplicación de instrumentos de medida de temperatura y los agentes de calefacción y enfriamiento habituales.
- Saber aplicar la ley de Fourier a geometrías planas, cilíndricas y esféricas.
- Calcular el flujo de calor por conducción en un sólido o en un fluido en reposo.
- Determinar el perfil de temperatura en el espesor de un sólido o de un fluido en reposo donde no se dé convección.
- Saber analizar la conducción en el funcionamiento de superficies extendidas o aletas.
- Calcular el flujo de calor por conducción unidimensional en régimen no estacionario en la placa plana, cilindro y esfera.
- Saber aplicar el método de la resistencia interna despreciable.
- Saber aplicar otros métodos alternativos como los efectos espaciales.
- Conocer el fundamento del transporte de energía por convección y la definición de coeficiente individual de transmisión de calor.
- Establecer los números adimensionales más habituales que se utilizan para agrupar las variables implicadas en el transporte de calor por convección en flujo interno.
- Enumerar y explicar los principales efectos a tener en cuenta en el cálculo de coeficientes a partir de correlaciones experimentales.
- Presentar las principales correlaciones experimentales para flujo interno.
- Establecer y estimar los coeficientes de transmisión de calor en sistemas de geometría sencilla y de interés industrial por convección forzada
- Enumerar y explicar los principales efectos a tener en cuenta en el cálculo de coeficientes a partir de correlaciones experimentales.
- Identificar el mecanismo de convección natural en una determinada aplicación.
- Presentar las principales correlaciones experimentales para flujo externo.
- Evaluar el flujo de calor que se transmite en un líquido en ebullición.
- Evaluar el flujo de calor crítico en ebullición nucleada y calcular el coeficiente individual de transmisión de calor en un líquido en ebullición.
- Calcular los coeficientes individuales de transmisión de calor en un vapor condensante en función de la geometría y del tipo de condensación que se esté dando.
- Explicar el significado de términos como: Ebullición nucleada, ebullición en película, condensación en gotas, flujo anular, etc.
- Calcular la resistencia al transporte (coeficiente global de transmisión de calor en función de la resistencia de los fluidos y la geometría.
- Describir el método de diseño térmico de cambiadores (DTML): Cálculo del área necesaria. Aplicar el método a cambiadores de tubos concéntricos, carcasa y tubos y placas y marcos.

- Realizar balances de materia y energía a un evaporador.
- Proponer acciones para mejorar la eficacia en evaporación.
- Evaluar la economía y el incremento útil de temperatura en un evaporador.
- Proponer las condiciones más adecuadas de operación en un evaporador.
- Conocer las distintas configuraciones de evaporadores más frecuentes en la industria química.
- Dimensionar térmicamente un evaporador.
- Conocer las leyes fundamentales que rigen la radiación térmica.
- Evaluar el flujo de calor que se transmite por radiación en una determinada aplicación.
- Determinar la temperatura de una superficie que intercambia calor por radiación con el ambiente.
- Explicar y definir términos como: Radiación térmica, cuerpo negro, cuerpo gris, emisividad, superficie refractaria, factor de visión.
- Conocer el concepto de factor de visión.
- Determinar el intercambio de radiación entre superficies negras y refractarias en un recinto.
- Determinar el intercambio de radiación entre superficies grises y refractarias en un recinto, así como entre superficies y gases.
- Identificar las secciones básicas de calderas y hornos.
- Estimar el flujo de calor transferido en un horno o caldera.
- Dimensionar de forma aproximada los hornos.

3. CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

Recomendaciones

Se recomienda haber cursado las asignaturas “*Termodinámica Aplicada*” del 2º curso, 2º semestre (4º semestre) y “*Mecánica de Fluidos*” de 2º curso, 2º semestre (4º semestre). Así mismo, es recomendable que el estudiante tenga un nivel básico de inglés que le permita manejar bibliografía en inglés, realizar búsqueda de información, y comunicar por escrito y oralmente en ese idioma. Además, se recomienda que el estudiante esté familiarizado con herramientas y programas informáticos para la resolución de problemas complejos.

4. CONTENIDOS

Breve descripción de los contenidos

Conducción. Convección natural y forzada. Cambio de fase. Radiación. Cambiadores de calor. Evaporadores y condensadores. Fuentes de energía: combustión. Hornos. Calderas de vapor.

Programa

BLOQUE 1. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA TÉRMICA

Tema 1. Generalidades.

Introducción. Mecanismos de transmisión de calor. Leyes fundamentales. Medida de la temperatura. Agentes habituales de calefacción y enfriamiento.

BLOQUE 2. MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE CALOR POR CONDUCCIÓN

Tema 2. Transmisión de calor por conducción.

Ley de Fourier: Conductividad térmica. Ecuación de conservación de energía. Conducción de calor a través de sólidos: unidimensional y multidimensional. Conducción de calor en régimen no estacionario. Resolución de problemas de transmisión de calor por métodos numéricos.

BLOQUE 3. MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE CALOR POR CONVECCIÓN

Tema 3. Transmisión de calor por convección I.

Flujo interno. Introducción. Coeficientes individuales de transmisión de calor. Análisis dimensional. Efectos de entrada. Variación de las propiedades físicas con la temperatura. Régimen laminar. Régimen turbulento. Régimen de transición. Conducciones de sección no circular. Influencia de la convección natural. Fluidos no newtonianos. Metales líquidos.

Tema 4. Transmisión de calor por convección II.

Flujo externo. Estimación de coeficientes de transmisión de calor en sistemas de geometría sencilla: placas planas, cuerpos cilíndricos, cuerpos esféricos. Estimación de coeficientes de transmisión de calor en sistemas de interés industrial: Lechos fijos, bloques de tubos. Transmisión de calor por convección natural.

Tema 5. Transmisión de calor con cambio de fase.

Introducción. Ebullición de líquidos sobre superficies sumergidas. Ebullición de líquidos en el interior de tubos. Condensación de vapores sobre superficies verticales y horizontales.

BLOQUE 4. EQUIPOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR

Tema 6. Cambiadores de calor.

Conceptos básicos. Tipos de cambiadores. Coeficiente global de transmisión de calor. Factor de ensuciamiento. Cambiadores de calor de tubos concéntricos: Ecuación básica de diseño. Cambiadores multitubulares. Número de unidades de transporte. Cambiadores de calor compactos. Aletas. Cambiadores de placas. Consideraciones generales de diseño.

Tema 7. Integración de calor.

Tecnología Pinch. Principios y objetivos del análisis Pinch. Requerimientos mínimos de calentamiento y enfriamiento. Construcción de curvas compuestas. Punto Pinch. Algoritmo de la tabla problema. Gran curva compuesta. Mínimo número de intercambiadores. Diseño de red de intercambio de calor.

Tema 8. Evaporación.

Introducción. Ecuación de diseño de un evaporador. Cálculo de un evaporador. Aprovechamiento de la energía: Múltiples efectos, recompresión. Tipos de evaporadores.

BLOQUE 5. MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE CALOR POR RADIACIÓN

Tema 9. Transmisión de calor por radiación I.

Conceptos básicos. Naturaleza de la radiación térmica. Emisión de la radiación: Cuerpo negro, Ley de Planck, Ley de Stefan-Boltzmann, emisividad. Recepción de la radiación: Absorbancia, reflectancia y transmitancia. Transmisión de la radiación. Relación entre la intensidad de radiación y el flujo de radiación incidente o el poder emisor. Ley de Kirchhoff: superficies grises. Propiedades radiantes de las superficies reales. Radiación medioambiental.

Tema 10. Transmisión de calor por radiación II.

Intercambio de energía radiante. Introducción. Factores de visión. Sistemas cerrados de superficies negras. Sistemas cerrados de superficies negras y superficies refractarias. Sistemas cerrados de superficies grises y superficies refractarias. Intercambio de radiación entre superficies y gases.

Tema 11. Hornos.

Introducción. Factores en la transferencia de calor radiante. Receptor de calor. Fuente de calor.

5. COMPETENCIAS

Generales

CG1-MII1	Aplicar conceptos de termodinámica aplicada y transmisión de calor.
CG1-MII7	Utilizar los principios de máquinas y mecanismos.

Específicas

CE7-T12	Reconocer los principios en que se basan los diferentes mecanismos de transmisión de calor.
CE7-T13	Diseñar los equipos basados en la transmisión de calor: cambiadores de calor, evaporadores, condensadores.
CE7-T14	Diseñar los equipos generadores de energía por combustión: hornos, calderas de vapor.
CE7-T15	Medir los parámetros técnicos en equipos e instalaciones de transmisión de calor y su interpretación técnica.

Transversales

CT2-II1	Demostrar capacidad de análisis y síntesis.
CT3-II1	Organizar y planificar documentos y proyectos en el ámbito de la Ingeniería.
CT5-II1	Consultar, utilizar y analizar fuentes bibliográficas.
CT5-II2	Usar bibliografía y bases de datos especializadas y de recursos accesibles a través de Internet.
CT6-II1	Utilizar programas informáticos para calcular, diseñar, simular, aproximar y predecir.
CT7-II1	Trabajar en equipo.
CT9-II1	Demostrar compromiso ético profesional.
CT10-II1	Integrar los conocimientos adquiridos y aplicarlos a la resolución de problemas.

CT11-II1	Aprender de forma autónoma.
CT13-II1	Demostrar iniciativa y creatividad para resolver nuevas situaciones.

6. HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	39	63,5	4,1
Seminarios	21	36,5	2,3
Tutorías/Trabajos dirigidos	4	6	0,4
Laboratorios	25	17,5	1,7
Preparación de trabajos y exámenes	6	6,5	0,5
Total	95	130	9

7. METODOLOGÍA

La práctica docente seguirá una metodología mixta basada en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje. Esta metodología se desarrollará a través de clases teóricas, clases de seminarios, tutorías y trabajos dirigidos, y prácticas de laboratorio.

Las **clases teóricas** se desarrollarán en un solo grupo, formado por el conjunto de todos los estudiantes matriculados en la asignatura. Consistirán, de forma mayoritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrán los conocimientos teóricos necesarios para resolver los ejemplos prácticos que se ven durante el curso.

Las **clases de seminario** se desarrollarán en dos grupos, formado cada uno de ellos por la mitad de los estudiantes matriculados en la asignatura, o en un solo grupo, con la asistencia de varios profesores. En estas clases se abordará tanto la resolución de problemas previamente propuestos como algunos temas de carácter complementario y eminentemente prácticos. Una parte de estas actividades se desarrollarán en inglés. Se podrá emplear, Matlab, Excel, Origin, etc, en la resolución de problemas. Se desarrollarán actividades formativas con ejercicios prácticos o casos de estudio relacionados con la seguridad en plantas químicas trabajando con códigos de buenas prácticas.

Las **tutorías y trabajos dirigidos** se desarrollarán de forma individualizada o con grupos reducidos de los estudiantes matriculados en la asignatura. En las tutorías se supervisará el progreso de los estudiantes en su trabajo personalizado, resolviendo sus dudas. En las tutorías y actividades dirigidas el cálculo necesario se podrá realizar mediante software científico (Matlab, Excel, Origin). En las tutorías y actividades dirigidas se realizarán actividades que permitan determinar y evaluar la capacidad de proyecto utilizando algún conocimiento de vanguardia de la especialidad de Ingeniería Química. Se estudiarán casos relacionados con la seguridad en plantas químicas trabajando con códigos de buenas prácticas.

Las **prácticas de laboratorio** consistirán en determinaciones experimentales donde se desarrollen tanto las competencias generales (CG1-MII1, CG1-MII7) como las específicas (CE7-T12, CE7-T15), y se interpretarán los resultados mediante la elaboración de informes, de acuerdo con las competencias transversales (CT2-II1, CT3-II1, CT5-II1, CT5-II2, CT6-II1 y CT7-II1). Así mismo se plantearán cuestiones por los profesores en el laboratorio. Una parte

de estas actividades se desarrollarán en inglés. El cálculo necesario se realizará mediante software científico (Matlab, Excel, Origin). Antes de la realización del laboratorio de la asignatura, el estudiante deberá confirmar por escrito que ha leído, entendido y aceptado las normas de seguridad del laboratorio.

Se utilizará el **Campus Virtual** de la UCM como instrumento para poner a disposición de los estudiantes el material que se utilizará en las clases teóricas y de seminario, y como medio de comunicación entre el profesor y los estudiantes. Parte de la bibliografía recomendada y del material de apoyo que se deposita en el campus virtual para el desarrollo de las actividades docentes de esta asignatura estarán en inglés.

8. BIBLIOGRAFÍA

Básica

- Kreith, F. y Bohn, M.S., *“Principles of Heat Transfer”*, Harper & Row, 5ª Ed., New York, (1997). Ed. Castellano: *“Principios de transferencia de calor”*, 6ª Ed., Ed. Paraninfo, Madrid, 2001.
- Incropera, F. P., De Witt, D.P., Bergman, T. L. y Lavine, A. S. (2018). *“Fundamentals of heat and mass transfer”*, 8th Ed. John Wiley and Sons Inc., USA. Ed. Castellano: *“Fundamentos de la transferencia de calor”*, Prentice Hall, 1999.
- Costa, E y col., *“Ingeniería Química 4. Transmisión de calor”*, Alhambra, Madrid, 1986.

Complementaria

- Holman, J.P., *“Heat Transfer”*, McGraw-Hill, New York, 8ª Ed., 1997.
- Geankoplis, C.J., *“Transport processes and unit operation”*, 4ª Ed., 2003.

9. EVALUACIÓN

El rendimiento académico del alumno, así como la calificación final de la asignatura se obtendrá de forma ponderada, atendiendo a los porcentajes que se expresan a continuación y que se mantendrán en todas las convocatorias.

❖ EXÁMENES ESCRITOS: 70%

La evaluación de las competencias adquiridas en la asignatura (CG1-MII1, CG1-MII7, CE7-T12, CE7-T13, CE7-T14, CT2-II1 y CT10-II1) se llevará a cabo mediante la realización de dos exámenes escritos en convocatoria ordinaria de junio y extraordinaria de julio, de carácter principalmente práctico, que representarán el 70% de la evaluación global. Será necesario obtener una puntuación mínima de 5,0 puntos sobre 10 en el examen final para que esta actividad contribuya a la calificación global de la asignatura. Este último criterio se mantendrá en la convocatoria extraordinaria.

❖ TRABAJO PERSONAL: 10%

El trabajo personal realizado por el estudiante se evaluará teniendo en cuenta su destreza en la resolución de problemas modelo mediante controles escritos o su entrega personalizada. Esta calificación se mantendrá para la convocatoria extraordinaria.

Competencias evaluadas: CG1-MII1, CG1-MII7, CE7-T12, CE7-T13, CE7-T14, CT2-II1, CT3-II1, CT5-II2, CT6-II1, CT7-II1, CT9-II1, CT11-II1 y CT13-II1.

❖ LABORATORIO: 20%

La capacidad para efectuar determinaciones experimentales e interpretar los resultados se llevará a cabo sobre los informes elaborados y las cuestiones planteadas por los profesores en el laboratorio.

La evaluación se realizará teniendo en cuenta la calidad de la memoria técnica de cada una de las prácticas, las respuestas a cuestiones concretas planteadas por el profesor durante el desarrollo del laboratorio, el archivo de cálculo y un test de conocimientos previos (incluidas las normas de seguridad del laboratorio).

Las calificaciones obtenidas por el alumno en la convocatoria ordinaria por este concepto se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Competencias evaluadas: CG1-MII1, CG1-MII7, CE7-T12, CE7-T15, CT2-II1, CT3-II1, CT5-II1, CT5-II2, CT6-II1, CT7-II1, CT9-II1 y CT13-II1.

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura (laboratorios, tutorías, entrega de problemas...) se comunicarán a los estudiantes con la antelación suficiente antes de la realización del examen final, para que puedan planificar adecuadamente el estudio de ésta u otras asignaturas.

En todo caso, se respetará el plazo mínimo de siete días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.

Los alumnos que hayan realizado las prácticas en cursos anteriores tendrán la opción de solicitar la no repetición de estas siempre que no hayan transcurrido más de 2 años desde que las llevaron a cabo.

En las prácticas de laboratorio, actividades dirigidas y tutorías, además del informe correspondiente, se entregarán los programas/archivos de cálculo científico desarrollados por el estudiante en la elaboración de resultados.

PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES - CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
Bloque 1. Introducción a la Ingeniería Térmica.	Teoría	2	1	1ª Semana	
	Seminario		2		
Bloque 2. Mecanismo de transmisión de calor por conducción.	Teoría	9	1	2ª Semana	5ª Semana
	Seminario	5	2		
Bloque 3. Mecanismo de transmisión de calor por convección.	Teoría	8	1	5ª Semana	8ª Semana
	Seminario	5	2		
Bloque 4. Equipos de transmisión de calor.	Teoría	10	1	8ª Semana	12ª Semana
	Seminario	6	2		
Bloque 5. Mecanismo de transmisión de calor por radiación.	Teoría	10	1	12ª Semana	15ª Semana
	Seminario	5	2		
	Laboratorio	12,5	2	6ª Semana	7ª Semana
		12,5	2	12ª Semana	13ª Semana
	Tutorías*	4	4		

* La programación de las tutorías depende de la planificación global de todas las asignaturas del curso.

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

ACTIVIDAD DOCENTE	COMPETENCIAS ASOCIADAS	ACTIVIDAD PROFESOR	ACTIVIDAD ESTUDIANTE	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN	P	NP	TOTAL	C
Teoría	CG1-MII1; CG1-MII7 CE7-T12; CE7-T13; CE7-T14; CT2-III; CT10-III	Exposición de conceptos teóricos necesarios para resolver los casos prácticos	Toma de apuntes. Manejo del ordenador	Preguntas de examen sobre los contenidos expuestos en las clases teóricas	39	63,5	102,5	70%
Seminarios	CG1-MII1; CG1-MII7 CE7-T12; CE7-T13; CE7-T14; CT2-III; CT3-III; CT5-II2; CT6-III; CT9-III; CT11-III; CT13-III	Resolución de ejemplos de casos prácticos y asesoramiento a los alumnos en los casos prácticos asignados	Toma de apuntes, manejo del ordenador. Aplicación de los conocimientos adquiridos en las clases teóricas	Calificación de los casos prácticos asignados, y preguntas de examen sobre la resolución de casos prácticos	21	36,5	57,5	10%
Tutorías	CG1-MII1; CG1-MII7; CE7-T12; CE7-T13; CE7-T14; CT2-III; CT3-III; CT5-II2; CT6-III; CT7-III; CT9-III; CT11-III, CT13-III	Supervisión del progreso de los alumnos	Preparación de las preguntas para el profesor, asimilación y aplicación de las explicaciones recibidas	Valoración de la participación e interés de los alumnos	4	5	10	
Laboratorio	CG1-MII1; CG1-MII7; CE7-T12; CE7-T15; CT2-III; CT3-III; CT5-III; CT5-II2; CT6-III; CT7-III; CT9-III; CT13-III	Supervisión del buen manejo de los equipos de laboratorio	Realización de los experimentos, toma de datos y discusión de los resultados obtenidos	Valoración de la memoria de laboratorio y cuestiones planteados durante el transcurso de la práctica	25	17,5	42,5	20%
Exámenes	CG1-MII1; CG1-MII7; CE7-T12; CE7-T13; CE7-T14 ; CT2-III; CT10-III	Propuesta, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno	Estudio y realización del examen	Nota del examen	6	6,5	12,5	

P: Actividades presenciales

NP: Actividades no presenciales (trabajo autónomo)

C: Calificación