Universidad de Navarra

Transferencia de calor (Ing. Gr.)
Guía docente 2026-27

PRESENTACIÓN

Breve descripción:

La Transferencia de Calor es la ciencia que estudia la transmisión de energía debido a una diferencia de temperaturas, centrándose en determinar la manera y la velocidad a la que se produce ese intercambio de energía. La transmisión de calor aparece como fenómeno básico en muchos procesos industriales de "generación", transporte y transformación energética.

La asignatura tiene como objetivo principal presentar los tres modos de transferencia de calor y los modelos matemáticos que permiten calcular las velocidades de transferencia de calor. Se pretende que los alumnos sean capaces de plantear y resolver problemas ingenieriles de transferencia de calor mediante el uso de ecuaciones algebraicas.

Titulación (Módulo/Materia):

- Ingeniería en Tecnologías Industriales (Bloque Común a la Rama Industrial /Fundametos de Ingeniería Térmica y de Fluidos)
- Ingeniería Mecánica (Bloque Común a la Rama Industrial/Fundametos de Ingeniería Térmica y de Fluidos)
- Ingeniería Eléctrica (Bloque Común a la Rama Industrial/Fundametos de Ingeniería Térmica y de Fluidos)
- Ingeniería en Electrónica Industrial (Bloque Común a la Rama Industrial/Fundametos de Ingeniería Térmica y de Fluidos)

Detalles:

- **ECTS**: 6 ECTS
- **Curso, semestre**: 3º curso, 1º semestre
- **Carácter**: Obligatorio
- **Idioma**: Castellano

Profesores de la asignatura:

- Antón Remírez, Raúl / Catedrático (ranton@unav.es)
- Ramos González, Juan Carlos / Catedrático / Profesor responsable de la asignatura (jcramos@unav.es)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Competencias)

INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CB3 -Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

CE7 - Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.

CG1 - Conseguir graduados que resuelvan problemas multidisciplinares con iniciativa, capacidad de toma de decisión, creatividad y razonamiento crítico.

INGENIERÍA MECÁNICA

CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

CG4 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

CE7 - Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.

INGENIERÍA ELÉCTRICA

CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

CG4 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

CE7 - Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

CG4 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

CE7 - Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.

PROGRAMA

Tema 1. Introducción a la transferencia de calor y a la conducción.

- Modos de transferencia de calor.
- Principio de conservación de la energía.
- Conducción. Ley de Fourier.
- Propiedades térmicas. Conductividad térmica.
- Ecuación de difusión de calor.
- Condiciones iniciales y de contorno.

Tema 2. Conducción unidimensional en régimen estacionario.

- La pared plana. Resistencia térmica y resistencia térmica de contacto.
- Sistemas radiales: el cilindro y la esfera.
- Conducción con generación de energía térmica.
- Transferencia de calor en superficies extendidas. Aletas.

Tema 3. Conducción bidimensional en régimen estacionario.

- Factor de forma de conducción.
- Método de las Diferencias Finitas (MDF).

Tema 4. Conducción en régimen transitorio.

- Método de la resistencia interna despreciable.
- Efectos espaciales: análisis de semejanza.
- Pared plana con convección.
- Sistemas radiales con convección.
- Sólido semiinfinito.
- Conducción multidimensional.
- Método de las Diferencias Finitas (MDF).

Tema 5. Introducción a la convección.

- Capas límites de convección: hidrodinámica y térmica.
- Flujo laminar y turbulento.
- Ecuaciones fundamentales para el análisis de la transferencia de calor por convección.
- Aproximaciones de capa límite.
- Análisis de semejanza y parámetros adimensionales.

Tema 6. Convección forzada en flujo externo.

- Método experimental.
- Placa plana en un flujo paralelo con temperatura superficial constante.
- Metodología para un cálculo de convección.
- Flujo alrededor de un cilindro.
- Flujo a través de un banco de tubos.

Tema 7. Convección forzada en flujo interno.

- Consideraciones hidrodinámicas.
- Consideraciones térmicas.
- Balance de energía.
- Correlaciones de convección para flujo laminar y turbulento en tubos circulares y no circulares.

Tema 8. Convección libre o natural.

- Consideraciones físicas y ecuaciones gobernantes.
- Convección libre laminar sobre una superficie vertical.
- Correlaciones empíricas para flujos externos.
- Convección libre y forzada combinadas.

PROGRAM

All the Units are lectured in Spanish.

Unit 1. Introduction to Heat Transfer and Conduction.

- Heat transfer modes.
- The conservation of energy requirement.

- Conduction. The Fourier's Law.
- Thermal properties. Thermal conductivity.
- The Heat Diffusion Equation.
- Boundary and initial conditions.

Unit 2. One-Dimensional, Steady-State Conduction.

- The plane wall. Thermal resistance.
- Radial systems: the cylinder and the sphere.
- Conduction with thermal energy generation.
- Heat transfer from extended surfaces. Fins.

Unit 3. Two-Dimensional, Steady-State Conduction.

- The conduction shape factor.
- Finite Difference Method.(FDM).

Unit 4. Transient Conduction.

- The lumped capacitance method.
- Spatial effects.
- The plane wall with convection.
- Radial systems with convection.
- The semi-infinite solid.
- Finite Difference Method (FDM).

Unit 5. Introduction to Convection.

- The convection boundary layers.
- Laminar and turbulent flow.
- The normalized boundary layer equations.
- Dimensionless parameters.

Unit 6. External Flow.

- The empirical method.
- The flat plane in parallel flow.
- Methodology for a convection calculation.
- The cylinder in cross flow.
- Flow across banks of tubes.

Unit 7. Internal Flow.

- Hydrodinamic considerations.
- Thermal considerations.
- The energy balance.
- Convection correlations for laminar and turbulent flow in circular and non-circular tubes.

Unit 8. Free or Natural Convection.

- Physical considerations and governing equations.
- Laminar free convection on a vertical surface.
- Empirical correlations for external flows.
- Combined free and forced convection.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

La **metodología de trabajo** con la que el alumno deberá ser capaz de conseguir los objetivos y las competencias asociados a la asignatura consta de las siguientes partes:

- **Asistencia a las clases del profesor:** Los 8 temas que conforman el programa de la asignatura se explican y desarrollan en aproximadamente 52 horas de clase, en las que se incluyen lecciones magistrales de presentación y explicación de los conceptos y clases de problemas.
- **Estudio y trabajo personal:** El alumno deberá dedicar el tiempo que en función de su capacidad intelectual y de su rendimiento de estudio considere necesario para adquirir los conocimientos y las habilidades planteadas en los objetivos. Al finalizar la explicación de cada tema el profesor realizará en clase 3 ó 4 problemas de la colección. Una vez finalizado cada tema, el alumno deberá repasar y estudiar las explicaciones teóricas de clase (2 horas) y, una vez afianzados los conceptos, tratar de resolver todos los problemas de la colección (10 horas). Si tiene dificultades para entender las explicaciones teóricas o para resolver los problemas deberá acudir a consultar al profesor de la asignatura.

La distribución del tiempo de trabajo del alumno es la siguiente:

- 52 horas de clases del profesor de presentación y explicación de los conceptos y de realización de problemas.
- 100-120 horas de estudio personal del alumno.
- 5 horas de examen.

EVALUACIÓN

CONVOCATORIA ORDINARIA

- Examen parcial liberatorio de los temas 1, 2 y 3 de Conducción (aprox. 5 puntos) + Examen final de los temas 4 a 8 (aprox. 5,5 puntos) = Total (10,5 puntos).
- Para liberar los temas 1 a 3 de cara al examen final hay que obtener una puntuación superior a 5 sobre 10 en el examen parcial.
- Los alumnos que no haya liberado los temas 1 a 3 en el examen parcial, en el examen final se examinarán de todos los temas y la puntuación de ese examen será sobre 10,5 puntos.
- Para aprobar la asignatura hay que obtener 5 puntos en total (examen parcial liberado + examen final o solo examen final).
- Si se han liberado los 3 primeros temas, en el examen final sobre los temas 4 a 8 hay que obtener un mínimo de 3,5 sobre 10.
- En el examen final no se liberan partes de la asignatura para la convocatoria extraordinaria.

- Examen parcial liberatorio de los temas 1, 2 y 3 de Conducción: **viernes 23 de octubre por la tarde o sábado 24 de octubre por la mañana**.
- Examen convocatoria ordinaria: **martes 15 de diciembre de 2026**.
- Examen convocatoria extraordinaria: **viernes 15 de enero de 2027**.

En la asignatura se trabaja la competencia "Toma de decisiones" por lo que en la resolución de los problemas de los exámenes se valorarán los resultados de aprendizaje 1, 2, 3, 5 y 6 de dicha competencia. Los resultados se encuentran descritos en la página de Toma de decisiones y se explicará su aplicación en clase.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

En la convocatoria extraordinaria se realiza un examen final de toda la materia con un valor de 10,5 puntos, con una estructura similar a la del examen final de la convocatoria ordinaria.

Universidad de Navarra

Los alumnos que hayan liberado los temas 1 a 3, pero no hayan obtenido más de un 3,5 sobre 10 en el examen final de los temas 4 a 8, en la convocatoria extraordinaria sólo se tendrán que examinar de los temas 4 a 8 y se mantiene la nota mínima de 3,5 sobre 10.

- Examen convocatoria extraordinaria: **viernes 15 de enero de 2027**.

ATENCIÓN

Se recuerda que cualquier intento de fraude, copia, plagio u otro comportamiento irregular supone una infracción grave tal y como está contemplado en el título IV "Normas de disciplina académica de los estudiantes" dentro del Sistema de normas sobre la convivencia en la Universidad de Navarra.

HORARIOS DE ATENCIÓN

Horario de atención a alumnos:

Juan Carlos Ramos González. Dr. Ingeniero Industrial.

Localización: Edificio Igara, planta +1, despacho IG+101.

Extensión telefónica: 2434.

Horario de consultas: Martes de 15.00 a 16.30. Otros días y horas: solicitar cita previa mediante correo electrónico.

Correo electrónico: jcramos@unav.es

Raúl Antón Remírez. Dr. Ingeniero Industrial.

Localización: Edificio Igara, planta -1, despacho IG-101.

Extensión telefónica: 2413.

Horario de consultas: solicitar cita previa mediante correo electrónico.

Correo electrónico: ranton@unav.es

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica:

- F. P. Incropera y D. P. De Witt, *Fundamentos de Transferencia de Calor*, 4ª edición, Pearson Educación, México, 1999 Localízalo en la biblioteca

Bibliografía complementaria:

- Yunus A. Çengel, *Transferencia de Calor*, 2ª edición, McGraw-Hill, México, 2004. Localízalo en la biblioteca
- Y. A. Çengel, R. H. Turner, *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*, McGraw-Hill International Edition, New York, 2005. Localízalo en la biblioteca
- Incropera, DeWitt, Bergman, Lavine, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 6th edition, John Willey & Sons, 2007. Localízalo en la biblioteca
- F. Kreith y M. S. Bohn, *Principios de Transferencia de Calor*, 6ª edición, Thomson, Madrid, 2002. Localízalo en la biblioteca
- J. P. Holman, *Transferencia de Calor*, 8ª edición, McGraw-Hill, Madrid, 1998. Localízalo en la biblioteca

Universidad de Navarra

- A. J. Chapman, *Transmisión del Calor*, 4ª edición, Ediciones Interciencia, Madrid, 1977. Localízalo en la biblioteca
- A. J. Chapman, *Heat Transfer*, 3rd edition, MacMillan Publishing Co., New York, 1974. Localízalo en la biblioteca
- J. R. Welty, C. E. Wicks, R. E. Wilson, *Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa*, 2ª edición, Editorial Limusa, México, 1999. Localízalo en la biblioteca
- E. Torrella, J. M. Pinazo, R. Cabello, *Transmisión de Calor*, 1ª edición, Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 1999. Localízalo en la biblioteca