



| Guía Docente          |                                                                                                                                                                         |          |                    |                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------|-----------------------|
| Datos Identificativos |                                                                                                                                                                         |          | 2015/16            |                       |
| Asignatura (*)        | CALOR E FRIO INDUSTRIAL/REFRIG                                                                                                                                          |          | Código             | 730G04020             |
| Titulación            | Grao en enxeñaría en Tecnoloxías Industriais                                                                                                                            |          |                    |                       |
| Descritores           |                                                                                                                                                                         |          |                    |                       |
| Ciclo                 | Período                                                                                                                                                                 | Curso    | Tipo               | Créditos              |
| Grao                  | 2º cuatrimestre                                                                                                                                                         | Terceiro | Obrigatoria        | 6                     |
| Idioma                | Castelán                                                                                                                                                                |          |                    |                       |
| Modalidade docente    | Presencial                                                                                                                                                              |          |                    |                       |
| Prerrequisitos        |                                                                                                                                                                         |          |                    |                       |
| Departamento          | Construcións NavaisEnxeñaría Naval e Oceánica                                                                                                                           |          |                    |                       |
| Coordinación          | Arce Ceinos, Alberto                                                                                                                                                    |          | Correo electrónico | alberto.arce@udc.es   |
| Profesorado           | Arce Ceinos, Alberto                                                                                                                                                    |          | Correo electrónico | alberto.arce@udc.es   |
|                       | Garcia Del Valle, Javier                                                                                                                                                |          |                    | javier.garciad@udc.es |
| Web                   |                                                                                                                                                                         |          |                    |                       |
| Descrición xeral      | Aportar al alumno los fundamentos de la transmisión de calor e introducirle en el equipo básico implicado en esta operación.                                            |          |                    |                       |
|                       | Asentar y completar los conocimientos del alumno sobre conducción y convección de calor, incorporar el estudio de la radiación como mecanismo de transporte.            |          |                    |                       |
|                       | Estudiar los fundamentos de la transmisión de calor en flujo externo e interno de fluidos para su posterior aplicación a operaciones basadas en la mecánica de fluidos. |          |                    |                       |
|                       | Dar una visión global de los equipos de intercambio de calor de uso industrial, y capacitar al alumno para realizar el diseño de algunos equipos sencillos.             |          |                    |                       |

| Competencias do título |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código                 | Competencias do título                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| A7                     | Coñecementos de termodinámica aplicada e transmisión de calor. Principios básicos e a súa aplicación á resolución de problemas de enxeñaría.                                                                                                                                                                                                          |
| A19                    | Coñecementos aplicados de enxeñaría térmica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| B2                     | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo                                                                                  |
| B3                     | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitiren xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                                                                                                 |
| B4                     | Que os estudantes poidan transmitir información, ideas, problemas e solucións a un público tanto especializado como leigo                                                                                                                                                                                                                             |
| B5                     | Que os estudantes desenvolvan aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprenderen estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                                                                                                           |
| B6                     | Ser capaz de concibir, deseñar ou poñer en práctica e adoptar un proceso substancial de investigación con rigor científico para resolver calquera problema formulado, así como de comunicar as súas conclusións ?e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan? a un público tanto especializados como leigo dun xeito claro e sen ambigüidades |
| B7                     | Ser capaz de realizar unha análise crítica, avaliación e síntese de ideas novas e complexas                                                                                                                                                                                                                                                           |
| B8                     | Deseñar e realizar investigacións en ámbitos novos ou pouco coñecidos, con aplicación de técnicas de investigación (con metodoloxías tanto cuantitativas como cualitativas) en distintos contextos (ámbito público ou privado, con equipos homoxéneos ou multidisciplinares etc.) para identificar problemas e necesidades                            |
| B9                     | Adquirir unha formación metodolóxica que garanta o desenvolvemento de proxectos de investigación (de carácter cuantitativo e/ou cualitativo) cunha finalidade estratéxica e que contribúan a situarnos na vangarda do coñecemento                                                                                                                     |
| C1                     | Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida.                                                                                                                                                                       |
| C2                     | Desenvolverse para o exercicio dunha cidadanía aberta, culta, crítica, comprometida, democrática e solidaria, capaz de analizar a realidade, diagnosticar problemas, formular e implantar solucións baseadas no coñecemento e orientadas ao ben común.                                                                                                |
| C3                     | Entender a importancia da cultura emprendedora e coñecer os medios ao alcance das persoas emprendedoras.                                                                                                                                                                                                                                              |



|    |                                                                                                                                               |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C4 | Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse.             |
| C5 | Asumir como profesional e cidadán a importancia da aprendizaxe ao longo da vida.                                                              |
| C6 | Valorar a importancia que ten a investigación, a innovación e o desenvolvemento tecnolóxico no avance socioeconómico e cultural da sociedade. |

| Resultados da aprendizaxe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------|----|
| Resultados de aprendizaxe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     | Competencias do título |    |
| <p>Aportar al alumno los fundamentos de la transmisión de calor e introducirle en el equipo básico implicado en esta operación.</p> <p>Asentar y completar los conocimientos del alumno sobre conducción y convección de calor, incorporar el estudio de la radiación como mecanismo de transporte.</p> <p>Estudiar los fundamentos de la transmisión de calor en flujo externo e interno de fluidos para su posterior aplicación a operaciones basadas en la mecánica de fluidos.</p> <p>Dar una visión global de los equipos de intercambio de calor de uso industrial, y capacitar al alumno para realizar el diseño de algunos equipos sencillos.</p>                                                    | A7  | B2                     | C1 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | A19 | B3                     | C2 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B4                     | C3 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B5                     | C4 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B6                     | C5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B7                     | C6 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B8                     |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B9                     |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |                        |    |
| <p>Utilización de las fuentes de conocimientos de transmisión de calor y su importancia en procesos industriales más usuales, y desarrollo de una capacidad de trabajo autónomo a partir de las mismas.</p> <p>Utilización de la informática, programas de texto y hojas de cálculo (Microsoft Excel y EES).</p> <p>Utilización del principal idioma en la utilización de fuentes, el inglés.</p> <p>Desarrollo de la capacidad de abstracción y modelización, con la utilización de equipos de transmisión de calor en la representación y apreciación de la realidad de los procesos industriales que envuelvan transmisión de calor.</p> <p>Fomentar el trabajo individual y en grupo de los alumnos.</p> | A7  | B2                     | C1 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | A19 | B3                     | C2 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B4                     | C3 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B5                     | C4 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B6                     | C5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B7                     | C6 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B8                     |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     | B9                     |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |                        |    |

| Contidos                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Temas                                     | Subtemas                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1. Introducción a la transmisión de calor | <p>1.1. Historia</p> <p>1.2. Aplicaciones</p> <p>1.3. Fundamentos</p> <p>1.4. Leyes constitutivas ó fenomenológicas</p> <p>1.4.1. Conducción de calor</p> <p>1.4.2. Convección de calor</p> <p>1.4.3. Radiación térmica</p> <p>1.5. Condiciones de contorno en la superficie de un sólido</p> <p>Problemas</p> |



|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. Conducción de calor estacionaria unidimensional            | <ul style="list-style-type: none"><li>2.1. Ecuación general de conducción de calor</li><li>2.2. Pared plana</li><li>2.3. Resistencia térmica de contacto</li><li>2.4. Conducción con generación interna</li><li>2.5. Problemas en coordenadas cilíndricas</li><li>2.6. Problemas en coordenadas esféricas</li><li>2.7. Aletas<ul style="list-style-type: none"><li>2.7.1. Ecuación general de aletas unidimensionales</li><li>2.7.2. Aletas de sección transversal constante</li><li>2.7.3. Transferencia de calor por la aleta</li><li>2.7.4. Eficiencia de aleta</li><li>2.7.5. Longitud corregida</li><li>2.7.6. Eficiencia global de una superficie aleteada</li></ul></li><li>Problemas</li></ul> |
| 3. Conducción de calor estacionaria en dos y tres dimensiones | <ul style="list-style-type: none"><li>1. Introducción</li><li>2. Métodos analíticos</li><li>3. Métodos gráficos</li><li>4. Métodos numéricos</li><li>5. Resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas:<ul style="list-style-type: none"><li>5.1. Método de inversión de matrices</li><li>5.2. Método iterativo de Gauss-Siedel</li><li>5.3. Método de Relajación</li></ul></li><li>Problemas</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 4. Conducción de calor no estacionaria                        | <ul style="list-style-type: none"><li>4.1. Análisis simplificado</li><li>4.2. El sólido semi-infinito<ul style="list-style-type: none"><li>4.2.1 Contacto entre dos sólidos semi-infinitos</li></ul></li><li>4.3. Conducción transitoria unidimensional</li><li>Problemas</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5. Convección en flujo exterior                               | <ul style="list-style-type: none"><li>5.1 Capa Límite<ul style="list-style-type: none"><li>5.1.1. Ecuaciones integrales en la capa límite?placa plana</li></ul></li><li>5.2. Método Integral-placa plana<ul style="list-style-type: none"><li>5.2.1. Capa límite hidrodinámica</li><li>5.2.2. Capa límite térmica</li></ul></li><li>5.2.3. Analogía de Colburn</li><li>5.2.4. Resumen de las correlaciones</li><li>5.3 Capa límite turbulenta-placa plana<ul style="list-style-type: none"><li>5.3.1. Capa hidrodinámica</li><li>5.3.2. Capa térmica</li></ul></li><li>5.4. Flujo exterior a cilindros</li><li>5.5. Resumen de las correlaciones para flujo exterior</li><li>Problemas</li></ul>       |
| 6. Convección en flujo interior                               | <ul style="list-style-type: none"><li>6.1. Región de entrada</li><li>6.2. Región de entrada térmica</li><li>6.3. Flujo laminar desarrollado<ul style="list-style-type: none"><li>6.3.1. Velocidad y coeficiente de rozamiento</li><li>6.3.2. Transferencia de calor</li></ul></li><li>6.4. Flujo turbulento</li><li>Problemas</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |



|                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. Convección con cambio de fase                            | 7.1. Introducción<br>7.2. Ebullición<br>7.2.1. Curva de ebullición<br>7.3. Condensación<br>7.3.1. Condensación en película<br>7.3.2. Condensación en gotas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8. Intercambiadores de calor                                | 8.1. Introducción<br>8.2. Tipos de intercambiadores<br>8.3. Coeficiente global de transferencia de calor<br>8.4. Diferencia media de temperaturas logarítmica<br>8.5. Número de Unidades de Transferencia, NUT<br>Problemas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9. Radiación térmica                                        | 9.1. Introducción<br>9.2. Conceptos básicos<br>9.3. El cuerpo negro<br>9.4. Superficies reales<br>9.5. La ley de Kirchoff<br>9.6. Transferencia de calor por radiación entre superficies-Introducción<br>9.7. Álgebra de los factores de forma<br>9.8. Intercambio de calor entre dos superficies<br>9.9. Envoltorios de superficies negras<br>9.10. Envoltorios de ?N? superficies difusas, grises, opacas e isotérmicas<br>9.11. Blindajes de radiación<br>9.12. Transferencia simultánea de calor por convección y radiación<br>9.13. Transferencia de calor por radiación con medio participante |
| Práctica 1. Medición de la temperatura                      | Familiarización con distintos dispositivos de medida de temperatura: Termómetro de bulbo, bourdon, expansión metálica, termopar, termistor y PT100<br>Medición de la temperatura de la mezcla agua-hielo y agua en ebullición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Práctica 2. Estudio de la conducción de calor               | Comprobación de la Ley de Fourier de conducción aplicada a una pared plana con un gradiente lineal de temperatura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Práctica 3. Determinación de la conductividad de un sólido  | Determinación de la conductividad térmica de distintos materiales a partir de la Ley de Fourier de conducción estacionaria aplicada a una pared plana.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Práctica 4. Convección en flujo exterior en un cilindro     | Estudio del desprendimiento de la capa límite de un fluido en circulación sobre la superficie de un cilindro observando la temperatura sobre la superficie cilíndrica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Práctica 5. Estudio de un intercambiador de carcasa y tubos | Estudio del coeficiente integral de transmisión de calor para diferentes condiciones de operación y su variación con la diferencia de temperaturas media logarítmica<br>Comparación con intercambiador de placas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Práctica 6. Estudio de un intercambiador de placas          | Estudio del coeficiente integral de transmisión de calor para diferentes condiciones de operación y su variación con la diferencia de temperaturas media logarítmica<br>Comparación con intercambiador de carcasa y tubos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| Planificación         |                                                        |                   |                                           |              |
|-----------------------|--------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|--------------|
| Metodoloxías / probas | Competencias                                           | Horas presenciais | Horas non presenciais / traballo autónomo | Horas totais |
| Sesión maxistral      | A7 A19 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 15                | 30                                        | 45           |



|                                                                                                                          |                                                        |    |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----|----|----|
| Solución de problemas                                                                                                    | A19 A7 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5    | 30 | 60 | 90 |
| Prácticas de laboratorio                                                                                                 | A7 A19 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 6  | 6  | 12 |
| Prácticas a través de TIC                                                                                                | A19 A7 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 1  | 1  | 2  |
| Atención personalizada                                                                                                   |                                                        | 1  | 0  | 1  |
| *Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientativo, considerando a heteroxeneidade do alumnado |                                                        |    |    |    |

| Metodoloxías              |                                                            |
|---------------------------|------------------------------------------------------------|
| Metodoloxías              | Descrición                                                 |
| Sesión maxistral          | Clase maxistral / Proba escrita                            |
| Solución de problemas     | Resolución de problemas propostos / Proba escrita          |
| Prácticas de laboratorio  | Realización de ensaios no laboratorio / Entrega de informe |
| Prácticas a través de TIC | Prácticas EES / Entrega de informe                         |

| Atención personalizada                                                                             |                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Metodoloxías                                                                                       | Descrición                                |
| Prácticas de laboratorio<br>Solución de problemas<br>Prácticas a través de TIC<br>Sesión maxistral | Tutorías y consulta en correo electrónico |

| Avaliación                |                                                        |                  |               |
|---------------------------|--------------------------------------------------------|------------------|---------------|
| Metodoloxías              | Competencias                                           | Descrición       | Cualificación |
| Prácticas de laboratorio  | A7 A19 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | Entregar informe | 18            |
| Solución de problemas     | A19 A7 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5    | Proba escrita    | 60            |
| Prácticas a través de TIC | A19 A7 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | Entregar informe | 2             |
| Sesión maxistral          | A7 A19 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | Proba escrita    | 20            |
| Outros                    |                                                        |                  |               |

| Observacións avaliación |
|-------------------------|
|-------------------------|



## Obligatoriedade de las prácticas:

La asistencia a prácticas de laboratorio y a través de TIC (EES) es obligatoria, tolerándose sólo una falta justificada. La realización de las prácticas es un requisito necesario para aprobar la materia.

## Exámen:

La prueba escrita consta de una parte de teoría sin consulta de aproximadamente 45 minutos de duración, seguida de una parte de problemas con consulta de 180 minutos de duración.

## Los informes de prácticas:

Los informes de prácticas de laboratorio han de entregarse en un plazo máximo de una semana desde la realización de la práctica. Los informes deben tener la siguiente estructura:

Objetivos

Descripción del Equipo y Materiales

Desarrollo Experimental

Resultados y Discusión

Conclusiones

Bibliografía

Los informes de prácticas a través de TIC han de entregarse en un plazo máximo de una semana desde la realización de la práctica.

## Fontes de información

|                            |                                                                                                                      |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bibliografía básica</b> | - Mills, A.F. (1996). Transferencia de Calor, 1ª Ed. Irwin                                                           |
|                            | - Incropera, F. P. e DeWitt, D. P., (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor y Materia 5ª Ed. Pearson Educación |
|                            | - Sáiz Jabardo, J.M., Arce Ceinos, A., Lamas Galdo, M.I. (2012). Transferencia de Calor. Universidade da Coruña      |
|                            | Apuntes da asignatura - Apuntes da asignatura                                                                        |

## Bibliografía complementaria

## Recomendacións

### Materias que se recomienda ter cursado previamente

TERMODINÁMICA/730G03014

### Materias que se recomienda cursar simultaneamente

MECÁNICA DE FLUÍDOS/730G03018

### Materias que continúan o temario

Traballo Fin de Grao/730G03068

## Observacións

(\*)A Guía docente é o documento onde se visualiza a proposta académica da UDC. Este documento é público e non se pode modificar, salvo casos excepcionais baixo a revisión do órgano competente de acordo coa normativa vixente que establece o proceso de elaboración de guías