



| Guía Docente          |   |                    |                     |          |
|-----------------------|---|--------------------|---------------------|----------|
| Datos Identificativos |   |                    |                     | 2019/20  |
| Asignatura (*)        | CALOR E FRIO INDUSTRIAL/REFRIGERACIÓN   | 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          | Ciencias da Navegación e Enxeñaría Mariña Construcións Navais Enxeñaría Naval e Industrial  |                    |                     |          |
| Coordinación          | Arce Ceinos, Alberto  | Correo electrónico | alberto.arce@udc.es |          |
| Profesorado           | Arce Ceinos, Alberto  | Correo electrónico | alberto.arce@udc.es |          |
| Web                   |   |                    |                     |          |
| Descrición xeral      | <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> |                    |                     |          |

| Competencias do título |  |
|------------------------|--|
| Código                 | Competencias do título   |
| A19                    | TEM3 Coñecementos aplicados de enxeñaría térmica.  |
| B1                     | CB1 Que os estudantes demostren posuír e comprender coñecementos nunha área de estudo que parte da base da educación secundaria xeral e adoita encontrarse a un nivel que, aínda que se apoia en libros de texto avanzados, inclúe tamén algúns aspectos que implican coñecementos procedentes da vangarda do seu campo de estudo                        |
| B2                     | CB2 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                     | CB3 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                     | CB4 Que os estudantes poidan transmitir información, ideas, problemas e solucións a un público tanto especializado como leigo  |
| B5                     | CB5 Que os estudantes desenvolvan aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprenderen estudos posteriores cun alto grao de autonomía  |
| B6                     | B3 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                     | B5 Ser capaz de realizar unha análise crítica, avaliación e síntese de ideas novas e complexas   |
| B8                     | B7 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                     | B8 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                     | C3 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                     | C4 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 | C5 Entender a importancia da cultura emprendedora e coñecer os medios ao alcance das persoas emprendedoras.                                      |
| C4 | C6 Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse.             |
| C5 | C7 Asumir como profesional e cidadán a importancia da aprendizaxe ao longo da vida.  |
| C6 | C8 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 |  |
| Coñecer aplicacións de enxeñaría térmica |  | A19                    | B1 C1<br>B2 C2<br>B3 C3<br>B4 C4<br>B5 C5<br>B6 C6<br>B7<br>B8<br>B9 |

| Contidos   |  |
|--|--|
| Temas  | Subtemas   |
| Os bloques o temas seguintes desenrolan os contidos establecidos na ficha da Memoria de Verificación que son:<br><br>- Ingeniería térmica. Intercambio de calor<br>- Refrigeración Industrial<br>- Climatización | Introducción a transmisión de calor<br>Conducción de calor estacionaria unidimensional<br>Conducción de calor estacionaria en dúos e tres dimensións<br>Conducción de calor non estacionaria<br>Convección en fluxo exterior; convección en fluxo interior<br>Convección con cambio de fase<br>Intercambiadores de calor<br>Radiación térmica<br>Aplicacións |
| 1. Introducción a la transmisión de calor  | 1.1. Historia<br>1.2. Aplicaciones<br>1.3. Fundamentos<br>1.4. Leyes constitutivas ó fenomenológicas<br>1.4.1. Conducción de calor<br>1.4.2. Convección de calor<br>1.4.3. Radiación térmica<br>1.5. Condiciones de contorno en la superficie de un sólido<br><br>Problemas  |



|   |  |
|---|--|
| 2. Conducción de calor estacionaria unidimensional            | 2.1. Ecuación general de conducción de calor<br>2.2. Pared plana<br>2.3. Resistencia térmica de contacto<br>2.4. Conducción con generación interna<br>2.5. Problemas en coordenadas cilíndricas<br>2.6. Problemas en coordenadas esféricas<br>2.7. Aletas<br>2.7.1. Ecuación general de aletas unidimensionales<br>2.7.2. Aletas de sección transversal constante<br>2.7.3. Transferencia de calor por la aleta<br>2.7.4. Eficiencia de aleta<br>2.7.5. Longitud corregida<br>2.7.6. Eficiencia global de una superficie aleteada<br>Problemas |
| 3. Conducción de calor estacionaria en dos y tres dimensiones | 1. Introducción<br>2. Métodos analíticos<br>3. Métodos gráficos<br>4. Métodos numéricos<br>5. Resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas:<br>5.1. Método de inversión de matrices<br>5.2. Método iterativo de Gauss-Siedel<br>5.3. Método de Relajación<br>Problemas   |
| 4. Conducción de calor no estacionaria                        | 4.1. Análisis simplificado<br>4.2. El sólido semi-infinito<br>4.2.1 Contacto entre dos sólidos semi-infinitos<br>4.3. Conducción transitoria unidimensional<br>Problemas   |
| 5. Convección en flujo exterior                               | 5.1 Capa Límite<br>5.1.1. Ecuaciones integrales en la capa límite?placa plana<br>5.2. Método Integral-placa plana<br>5.2.1. Capa límite hidrodinámica<br>5.2.2. Capa límite térmica<br>5.2.3. Analogía de Colburn<br>5.2.4. Resumen de las correlaciones<br>5.3 Capa límite turbulenta-placa plana<br>5.3.1. Capa hidrodinámica<br>5.3.2. Capa térmica<br>5.4. Flujo exterior a cilindros<br>5.5. Resumen de las correlaciones para flujo exterior<br>Problemas  |
| 6. Convección en flujo interior                               | 6.1. Región de entrada<br>6.2. Región de entrada térmica<br>6.3. Flujo laminar desarrollado<br>6.3.1. Velocidad y coeficiente de rozamiento<br>6.3.2. Transferencia de calor<br>6.4. Flujo turbulento<br>Problemas   |



|   |   |
|---|---|
| 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 reais<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      | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 24                | 39  | 63           |



|                          |  |    |    |    |
|--------------------------|--|----|----|----|
| Solución de problemas    | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 27 | 45 | 72 |
| Prácticas de laboratorio | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 5  | 5  | 10 |
| Proba mixta              | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 4  | 0  | 4  |
| 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  |
| Solución de problemas    | Resolución de problemas propostos                        |
| Prácticas de laboratorio | Realización de ensaios no laboratorio                    |
| Proba mixta              | Proba escrita utilizada para a avaliación da aprendizaxe |

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

| Avaliación               |  |  |               |
|--------------------------|--|--|---------------|
| Metodoloxías             | Competencias   | Descrición   | Cualificación |
| Proba mixta              | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | Proba escrita utilizada para a avaliación da aprendizaxe, cuxo trazo distintivo é a posibilidade de determinar se as respostas dadas son ou non correctas. Constitúe un instrumento de medida, elaborado rigorosamente, que permite avaliar coñecementos, capacidades, destrezas, rendemento, aptitudes, actitudes, intelixencia, etc. É de aplicación tanto para a avaliación diagnóstica, formativa como sumativa. | 70            |
| Prácticas de laboratorio | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | Entregar informe   | 20            |
| Solución de problemas    | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | Entrega de problemas resoltos  | 10            |
| Outros                   |  |  |               |

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



## Obligatoriedade das prácticas:

A asistencia a prácticas de laboratorio é obrigatoira, tolerándose so unha falta xustificada. A realización das prácticas é un requisito necesario para aprobar a materia. Proba Obsexctiva: É unha proba escrita que consta dunha parte de teoría sen consulta de aproximadamente 45 minutos de duración, seguida dunha parte de problemas con consulta de 180 minutos de duración. Os informes de prácticas:

Os informes de prácticas de laboratorio entregaranse nun prazo máximo dunha semana dende a realización da práctica. Os informes consisten en completar un formulario ao que os alumnos terán acceso a través de Moodle.

A entrega de problemas resoltos será o día do exame.

Dispensa académica: A avaliación consiste unicamente na proba escrita

## Fontes de información

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>Bibliografía básica</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mills, A.F. (1996). Transferencia de Calor, 1ª Ed. Irwin</li> <li>- Incropera, F. P. e DeWitt, D. P., (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor y Materia 5ª Ed. Pearson Educación</li> <li>- Sáiz Jabardo, J.M., Arce Ceinos, A., Lamas Galdo, M.I. (2012). Transferencia de Calor. Universidade da Coruña Apuntes da asignatura</li> </ul> |
| <b>Bibliografía complementaria</b> |   |

## Recomendacións

### Materias que se recomenda ter cursado previamente

TERMODINÁMICA/730G03014

### Materias que se recomenda cursar simultaneamente

MECÁNICA DE FLUÍDOS/730G03018

### Materias que continúan o temario

Traballo Fin de Grao/730G03068

## Observacións

?Para ayudar a conseguir un entorno inmediato sostenido y cumplir con el objetivo de la acción número 5: ?Docencia e investigación saludable y sustentable ambiental y social? del "Plan de Acción Green Campus Ferrol":

La entrega de los trabajos documentales que se realicen en esta materia:

? Se solicitarán en formato virtual y/o soporte informático

? Se realizará a través de Moodle, en formato digital sin necesidad de imprimirlos

? En caso de ser necesario realizarlos en papel:

- No se emplearán plásticos

- Se realizarán impresiones a doble cara.

- Se empleará papel reciclado.

- Se evitará la impresión de borradores.

? Se debe de hacer un uso sostenible de los recursos y la prevención de impactos negativos sobre el medio natural

? Se debe tener en cuenta la importancia de los principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales

? Se incorpora perspectiva de género en la docencia de esta materia (se usará lenguaje no sexista, se utilizará bibliografía de autores de ambos sexos, se propiciará la intervención en clase de alumnos y alumnas?)

? Se trabajará para identificar y modificar prejuicios y actitudes sexistas, y se influirá en el entorno para modificarlos y fomentar valores de respeto e igualdad.

? Se deberán detectar situaciones de discriminación y se propondrán acciones y medidas para corregirlas.



(\*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 dacordo coa normativa vixente que establece o proceso de elaboración de guías