



| Teaching Guide      |   |        |                     |         |
|---------------------|---|--------|---------------------|---------|
| Identifying Data    |   |        |                     | 2021/22 |
| Subject (*)         | Industrial Heat Transfer  | Code   | 730G04020           |         |
| Study programme     | Grao en Enxeñaría en Tecnoloxías Industriais  |        |                     |         |
| Descriptors         |   |        |                     |         |
| Cycle               | Period  | Year   | Type                | Credits |
| Graduate            | 2nd four-month period   | Third  | Obligatory          | 6       |
| Language            | Spanish   |        |                     |         |
| Teaching method     | Face-to-face  |        |                     |         |
| Prerequisites       |   |        |                     |         |
| Department          | Ciencias da Navegación e Enxeñaría Mariña Construcións Navais Enxeñaría Naval e Industrial  |        |                     |         |
| Coordinador         | Arce Ceinos, Alberto  | E-mail | alberto.arce@udc.es |         |
| Lecturers           | Arce Ceinos, Alberto  | E-mail | alberto.arce@udc.es |         |
| Web                 |   |        |                     |         |
| General description | <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> |        |                     |         |
| Contingency plan    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modifications to the contents</li> <li>2. Methodologies <ul style="list-style-type: none"> <li>*Teaching methodologies that are maintained</li> <li>*Teaching methodologies that are modified</li> </ul> </li> <li>3. Mechanisms for personalized attention to students</li> <li>4. Modifications in the evaluation <ul style="list-style-type: none"> <li>*Evaluation observations:</li> </ul> </li> <li>5. Modifications to the bibliography or webgraphy</li> </ol>  |        |                     |         |

| Study programme competences / results |   |
|---------------------------------------|---|
| Code                                  | Study programme competences / results   |
| 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.   |

| Learning outcomes                        |                                       |    |    |
|--|---------------------------------------|----|----|
| Learning outcomes                        | Study programme competences / results |    |    |
| To know thermal engineering applications | A19                                   | B1 | C1 |
|  |                                       | B2 | C2 |
|  |                                       | B3 | C3 |
|  |                                       | B4 | C4 |
|  |                                       | B5 | C5 |
|  |                                       | B6 | C6 |
|  |                                       | B7 |    |
|  |                                       | B8 |    |
|  |                                       | B9 |    |

| Contents                           |  |
|------------------------------------|--|
| Topic                              | Sub-topic  |
| Thermal engineering. Heat exchange | Introducción a transmisión de calor                        |
| Industrial Refrigeration           | Conducción de calor estacionaria unidimensional            |
| Air conditioning                   | Conducción de calor estacionaria en duos e tres dimensións |
|                                    | Conducción de calor non estacionaria                       |
|                                    | Convección en fluxo exterior; convección en fluxo interior |
|                                    | Convección con cambio de fase                              |
|                                    | Intercambiadores de calor                                  |
|                                    | Radiación térmica  |
|                                    | Aplicacións  |



|  |   |
|--|---|
| 1. Introduction to heat transfer                 | 1.1. History<br>1.2. Applications<br>1.3. Fundamentals<br>1.4. Mechanisms<br>1.4.1. Heat conduction<br>1.4.2. Heat convection<br>1.4.3. Thermal radiation<br>1.5. Heat balance on a solid surface   |
| 2. One-dimensional, steady-state heat conduction | 2.1. Heat conduction general equation<br>2.2. Plane wall<br>2.3. Contact thermal resistance<br>2.4. Conduction with thermal generation<br>2.5. Radial system: The cylinder<br>2.6. Radial system: the sphere<br>2.7. Fins<br>2.7.1. General equation one dimensional fin<br>2.7.2. Fins of uniform cross-section area<br>2.7.3. Heat transfer in across the fin<br>2.7.4. Fin efficiency<br>2.7.5. Corrected length<br>2.7.6. Global efficiency of a finned surface |
| 3. Transient heat conduction                     | 3.1. Simplified method<br>3.2. Semi-infinite solid<br>3.2.1 Contact between two semi-infinite solids<br>3.3. One-dimensional transient heat conduction  |
| 4. External flow                                 | 4.1 Boundary layer<br>4.1.1 Integral equations-flat plate<br>4.2 Integral method laminar boundary layer-flat plate<br>4.2.1 Hydrodynamic boundary layer<br>4.2.2 Thermal boundary layer<br>4.2.3 Colburn analogy<br>4.2.4 Correlations summary<br>4.3 Turbulent boundary layer-flat plate<br>4.3.1 Hydrodynamic boundary layer<br>4.3.2 Thermal boundary layer<br>4.4 Cross flow around cylinders<br>4.5 Summary for external-flow correlations                     |
| 5 Internal flow                                  | 5.1 Hydrodynamic entry region<br>5.2 Thermal entry region<br>5.3 Fully developed laminar flow<br>5.3.1 Velocity and friction coefficient<br>5.3.2 Heat transfer<br>5.4 Fully developed turbulent flow   |



|   |  |
|---|--|
| 6 Free convection   | <ul style="list-style-type: none"><li>6.1 Introduction</li><li>6.2 Free convection on a vertical wall</li><li>6.3 Integral analysis of the boundary layer</li><li>6.4 Turbulent boundary layer</li><li>6.5 Correlations for other geometries<ul style="list-style-type: none"><li>6.5.1 Inclined and horizontal plates</li><li>6.5.2 Horizontal cylinder</li><li>6.5.3 Vertical cylinder</li><li>6.5.5 Other geometries</li><li>6.5.6 Finned surfaces</li></ul></li></ul>  |
| 7 Boiling and condensation                                  | <ul style="list-style-type: none"><li>7.1. Introduction</li><li>7.2 Boiling<ul style="list-style-type: none"><li>7.2.1 The Bowling curve</li></ul></li><li>7.3 Condensation<ul style="list-style-type: none"><li>7.3.1 Film condensation</li><li>7.3.2 Dropwise condensation</li></ul></li></ul>   |
| 8 Heat exchangers   | <ul style="list-style-type: none"><li>8.1 Introduction</li><li>8.2 Heat exchangers types</li><li>8.3 Global heat transfer coefficient</li><li>8.4 Log mean temperature difference</li><li>8.5 Number of transfer units, NTU</li></ul>  |
| 9 Thermal radiation   | <ul style="list-style-type: none"><li>9.1 Introduction</li><li>9.2 Fundamental concepts</li><li>9.3 The black body</li><li>9.4 Real surfaces</li><li>9.5 Kirchoff?s law</li><li>9.6 Radiation exchange between surfaces</li><li>9.7 Shape factors</li><li>9.8 Radiation exchange between two surfaces</li><li>9.9 Enclosure of black surfaces</li><li>9.10 Enclosure of ?N? diffuse, gray, opaque and isothermal surfaces</li><li>9.11 Radiation shield</li><li>9.12 Transferencia simultánea de calor por convección y radiación</li><li>9.13 Radiation Exchange with participating media</li></ul> |
| 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  |



| Planning                        |  |                                      |                               |             |
|---------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Methodologies / tests           | Competencies / Results                                 | Teaching hours (in-person & virtual) | Student?s personal work hours | Total hours |
| Guest lecture / keynote speech  | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 24                                   | 39                            | 63          |
| Problem solving                 | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 27                                   | 45                            | 72          |
| Laboratory practice             | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 5                                    | 5                             | 10          |
| Mixed objective/subjective test | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | 4                                    | 0                             | 4           |
| Personalized attention          |  | 1                                    | 0                             | 1           |

(\*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

| Methodologies                   |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| Methodologies                   | Description               |
| Guest lecture / keynote speech  | Slide Presentations       |
| Problem solving                 | Solving problems on board |
| Laboratory practice             | Lab classes               |
| Mixed objective/subjective test | Exam                      |

| Personalized attention   |   |
|--|---|
| Methodologies  | Description                               |
| Laboratory practice<br>Problem solving<br>Guest lecture / keynote speech | Tutorías e consulta en correo electrónico |

| Assessment                      |  |               |               |
|---------------------------------|--|---------------|---------------|
| Methodologies                   | Competencies / Results                                 | Description   | Qualification |
| Mixed objective/subjective test | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | Exam          | 70            |
| Laboratory practice             | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | Report review | 20            |
| Problem solving                 | A19 B1 B2 B3 B4 B5<br>B6 B7 B8 B9 C1 C2<br>C3 C4 C5 C6 | Exam          | 10            |
| Others                          |  |               |               |

| Assessment comments |
|---------------------|
|                     |



Attendance of Lab classes is mandatory. Only one justified absence will be tolerated. Laboratory practices are a necessary requirement for passing the subject.

Exam:

Theory w/o feedback (45 min) + Exercises with feedback and source material (textbook and solved problems) (180 min)

Lab class Reports:

Deadline: one week

Complete corresponding forms available on Moodle.

### Sources of information

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Basic</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 - Apuntes da asignatura</li> </ul> |
| <b>Complementary</b> |   |

### Recommendations

#### Subjects that it is recommended to have taken before

Thermodynamics /730G03014

#### Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Fluid Mechanisc /730G03018

#### Subjects that continue the syllabus

Graduation Project/730G03068

### Other comments

?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.

(\*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.