



## Teaching Guide

| Teaching Guide         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |           |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-----------|
| Identifying Data       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       | 2020/21   |
| Subject (*)            | Motores de Combustión Interna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        | Code  | 631311202 |
| Study programme        | Licenciado en Máquinas Navais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        |       |           |
| Descriptors            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |           |
| Cycle                  | Period                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Year   | Type  | Credits   |
| First and Second Cycle | Yearly                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Second | Trunk | 7.5       |
| Language               | SpanishGalician                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |           |
| Teaching method        | Face-to-face                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |           |
| Prerequisites          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |           |
| Department             | Enxeñaría Naval e Industrial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |           |
| Coordinador            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | E-mail |       |           |
| Lecturers              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | E-mail |       |           |
| Web                    | www.marineengineering.org.uk                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |           |
| General description    | Teniendo en cuenta que se trata de una materia troncal se pretende que el alumno adquiriera los conocimientos teóricos y prácticos necesarios y suficientes, conducentes a la obtención del título académico que pretende; y en el ejercicio de su profesión, pueda resolver cuantas cuestiones se le presenten en la ingeniería de la conducción y el mantenimiento de las máquinas e instalaciones, bien sea por desgastes naturales, bien por averías surgidas de diversa índole. |        |       |           |
| Contingency plan       | 1. Modifications to the contents<br><br>2. Methodologies<br>*Teaching methodologies that are maintained<br><br>*Teaching methodologies that are modified<br><br>3. Mechanisms for personalized attention to students<br><br>4. Modifications in the evaluation<br><br>*Evaluation observations:<br><br>5. Modifications to the bibliography or webgraphy                                                                                                                             |        |       |           |

## Study programme competences

| Code | Study programme competences                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A17  | Realizar operacións de optimización enerxética das instalacións de abordo utilizando convenientemente os equipos de medida, a nivel de xestión.                                                                                                                                                                                 |
| A19  | Regular, controlar, diagnosticar e supervisar sistemas e procesos, a nivel de xestión.                                                                                                                                                                                                                                          |
| A27  | Operar, reparar, manter, reformar e optimizar a nivel de xestión as instalacións industriais relacionadas coa enxeñaría marítima, coma motores alternativos de combustión interna e subsistemas; turbinas de vapor, caldeiras e subsistemas asociados; ciclos combinados; propulsión eléctrica e propulsión con turbina de gas. |
| A29  | Operar, reparar, substituír, optimizar, seleccionar, deseñar, e xestionar as instalacións auxiliares do buque, tales como instalacións de aire acondicionado, plantas potabilizadoras, separadores de sentinas, grupos electrógenos, etc.                                                                                       |
| A32  | Estimar e coñecer o balance enerxético xeral, que inclúe o balance termo-eléctrico do buque, o sistema de mantemento da carga, así coma a xestión eficiente da enerxía respectando o medio ambiente.                                                                                                                            |
| A33  | Coñecer e calcular os custos globais derivados da explotación do buque, definir e especificar as condicións óptimas de explotación en condicións de seguridade.                                                                                                                                                                 |

## Learning outcomes



| Learning outcomes                                                                                                                                                                                | Study programme competences |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--|--|
| Conocer y analizar los procesos termodinámicos y los efectos mecánicos que tienen lugar en los motores de combustión interna                                                                     | A27                         |  |  |
| Realizar el balance energético de un motor de combustión interna alternativo y tomar decisiones desde el punto de vista de la optimización energética y económica                                | A32<br>A33                  |  |  |
| Operar y mantener los motores de combustión interna alternativos tanto de grupos electrógenos como de propulsión, así como la maquinaria auxiliar relacionada con los mismos de manera eficiente | A17                         |  |  |
| Gestionar los componentes estructurales y los equipos auxiliares necesarios para la explotación de un motor de combustión interna como máquina principal de propulsión de un buque.              | A27<br>A29                  |  |  |
| Diagnosticar y supervisar el funcionamiento de los motores de combustión interna de plantas de propulsión así como de plantas de generación de energía en general.                               | A19<br>A27                  |  |  |

| Contents                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Topic                                                                          | Sub-topic                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| TEMA 1<br>ESFUERZOS EN LAS PARTES FIJAS DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA   | <p>? Diagrama de fuerzas que actúan sobre los componentes de un motor de c. i. a.</p> <p>? Bancada. Diseño, materiales, esfuerzos en travesaños. Cojinetes. Alineado.</p> <p>? Bastidores. Diseño, materiales, esfuerzos en correderas. Tapas de cárter.</p> <p>? Armazón o bloque. Diseño y materiales para pequeña y gran potencia.</p> <p>? Camisa, materiales, diseño y refrigeración</p> <p>? Tirantes de anclaje. Apriete hidráulico.</p> <p>? Culata. Diseño y materiales para pequeña y gran potencia. Distintos tipos de culatas para motores de dos tiempos.</p> <p>? Válvulas de admisión y escape. Formas y materiales. Accionamiento de apertura y cierre. Estudio del resorte. Caja de válvula de escape en 2T</p> |
| TEMA 2<br>ESFUERZOS EN LAS PARTES MÓVILES DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA | <p>? Émbolo. Diseño y materiales para motor de tronco y de cruceta. Aros de estanqueidad. Refrigeración de la cabeza. Cruceta y patines. Bulón.</p> <p>? Biela. Diseño y materiales para pequeña y gran potencia. Esfuerzos en la biela, fuerza de inercia tangencial y flexión del cuerpo.</p> <p>? Cigüeñal. Diseño y materiales. Muñequillas y apoyos de bancada. Esfuerzos.</p> <p>? Eje de camones. Estudio del perfil del camón por la cinemática de la válvula. Ángulo activo del camón</p> <p>? Distribución. Transmisión de movimiento en pequeños y en grandes motores.</p> <p>? El volante de inercia. Diseño y materiales para resistencia mecánica.</p>                                                             |
| TEMA 3<br>CINEMÁTICA Y DINÁMICA DE MÁQUINAS ALTERNATIVAS                       | <p>? Movimiento del émbolo. Relación entre la carrera y el ángulo del cigüeñal.</p> <p>? Velocidad del émbolo. Velocidad media. Aceleración en función del ángulo.</p> <p>? Masas dotadas de movimiento alternativo. Fuerzas de inercia alternativas.</p> <p>? Masas con movimiento rotativo. Fuerzas de inercia centrífugas.</p> <p>? Diagrama de fuerzas tangenciales y fuerza tangencial media</p> <p>? Par motor y par resistente. Volante de inercia e irregularidad de giro</p>                                                                                                                                                                                                                                            |



|                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TEMA 4<br>EQUILIBRADO DE LOS MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTION INTERNA                                                          | <ul style="list-style-type: none"><li>? Fuerzas y momentos transmitidos al polín del motor.</li><li>? Equilibrado de fuerzas de inercia alternativas de primer orden del monocilindro.</li><li>? Equilibrado de la componente vertical de la fuerza centrífuga</li><li>? Determinación de la resultante de inercia de primer orden en policilindros.</li><li>? Determinación de la resultante de inercia de segundo orden en policilindros.</li><li>? Fuerza de inercia centrífuga de las masas rotativas</li><li>? Composición de las fuerzas inercia. Momentos de las fuerzas de inercia.</li><li>Composición de momentos de las fuerzas de inercia.</li><li>? Disposición de cigüeñales más utilizadas y valores de las fuerzas y momentos.</li><li>? Equilibrado de motores en V.</li></ul> |
| TEMA 5<br>VIBRACIONES INDUCIDAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS MACI's                                                               | <ul style="list-style-type: none"><li>? Oscilaciones propias de torsión de un sistema de n volantes</li><li>? Oscilaciones de torsión del eje cigüeñal</li><li>? Excitación de las oscilaciones de torsión del eje cigüeñal.</li><li>? Velocidad crítica y amortiguadores de oscilaciones</li><li>? Oscilaciones propias de flexión del eje de cigüeñal.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| TEMA 6<br>INTERACCIÓN DE LOS MOTORES ALTERNATIVOS CON LAS ESTRUCTURAS QUE LOS SOPORTAN EN EL BUQUE                               | <ul style="list-style-type: none"><li>? Fuerzas y momentos que producen vibraciones en el casco de un buque</li><li>? Fueras de inercia y momentos de primer y segundo orden y centrífugas.</li><li>? Par de vuelco del motor y otras vibraciones.</li><li>? Vibraciones propias libres del casco de un buque</li><li>? Vibraciones forzadas del buque</li><li>? Medidas a tomar durante el proyecto del buque para evitar las vibraciones</li><li>? Aislamiento y amortiguación de vibraciones</li><li>? Requerimientos de proyecto de los motores marinos.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                          |
| TEMA 7<br>BANCOS DE PRUEBAS. ENSAYOS OFICIALES Y CONTRACTUALES                                                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>? Montaje del motor en el banco de pruebas.</li><li>? El rodaje y el establecimiento de la carga.</li><li>? Medición de la potencia indicada. Diagnósis de fallos de funcionamiento</li><li>? Medición de par motor, par resistente y determinación de potencia efectiva</li><li>? Freno hidráulico y de fricción. El torsiómetro, El alternador.</li><li>? Consumo de aire y consumo de combustible.</li><li>? Análisis de gases de escape.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| TEMA 8<br>TRAZADO Y ANALISIS DE LAS CURVAS<br>CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA                               | <ul style="list-style-type: none"><li>? Potencia indicada. Variación con carga y régimen. Ecuaciones.</li><li>? Presión media indicada ficticia. Par motor. Presión media efectiva. Potencia efectiva. Consumo de combustible. Variación con carga y régimen.</li><li>? Rendimiento y consumo específico.</li><li>? Trazado de las curvas. Análisis de las curvas</li><li>? Empleo de curvas en la conducción de motores.</li><li>? Pruebas sobre amarras. Pruebas de mar.</li><li>? Velocidad económica y máxima en servicio continuo.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                               |
| TEMA 9<br>BALANCE TÉRMICO Y APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO                                                                           | <ul style="list-style-type: none"><li>? Ecuaciones y métodos. Evaluación de las pérdidas por rozamiento, refrigeración, lubricación, bombeo, escape, accionamiento de auxiliares, accionamiento de compresor.</li><li>? Procedimientos para determinar pérdidas mecánicas</li><li>? Balance térmico del motor. Diagrama de Sankey</li><li>? El diagrama de Sankey.</li><li>? Aprovechamiento de la energía. Intercambiadores y turbinas de potencia.</li><li>? Plantas de energía total y de cogeneración de energía.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| TEMA 10<br>CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE MOTORES MARINOS DE COMBUSTIÓN INTERNA PARA LA PROPULSIÓN Y PARA LOS SISTEMAS AUXILIARES | <ul style="list-style-type: none"><li>? Diferentes aplicaciones de los motores de combustión interna.</li><li>? Tipo de combustible. Velocidad. Irregularidad de giro. Potencia efectiva.</li><li>? Relación peso-potencia.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |



|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TEMA 11<br>CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL MANTENIMIENTO DE LAS MAQUINAS ALTERNATIVAS DE COMBUSTIÓN INTERNA. | ? Sistemas de supervisión y control de motores para la propulsión marina<br>? Puesta en marcha y vigilancia del sistema de propulsión con motores alternativos<br>? Operaciones de mantenimiento preventivo a bordo de buques.<br>? Mantenimiento de motores centrado en la fiabilidad                                                                                   |
| TEMA 12<br>ESTADO ACTUAL Y TENDENCIAS EN LA APLICACIÓN DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA                      | ? Motores de Gas Natural y Dual-Fuel para la propulsión marina<br>? El sistema de inyección Common-Rail en los motores marinos lentos y semilentos<br>? Control de emisiones nocivas por intervención en la combustión (FWE, DWI, HAM, CAH, etc)<br>? Control de emisiones nocivas por métodos post-combustión (SCR, ULE, EGR)                                           |
| TEMA 13<br>PRÁCTICAS EN TALLER DE MOTORES                                                                    | ? Desmontaje y evaluación de un tren alternativo<br>? Identificación de los elementos del motor.<br>? Verificación de una bomba de inyección<br>? Verificación de una válvula de inyección<br>? Verificación de la flexión de un eje de cigüeñales<br>? Verificación de la ovalización de un cilindro<br>? Rectificación de asientos de válvulas de renovación de carga. |

| Planning                                                                                                                        |              |                      |                               |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| Methodologies / tests                                                                                                           | Competencies | Ordinary class hours | Student?s personal work hours | Total hours |
| Guest lecture / keynote speech                                                                                                  |              | 64                   | 48                            | 112         |
| Mixed objective/subjective test                                                                                                 |              | 6                    | 0                             | 6           |
| Problem solving                                                                                                                 |              | 10                   | 20                            | 30          |
| Laboratory practice                                                                                                             |              | 24                   | 6                             | 30          |
| Personalized attention                                                                                                          |              | 9.5                  | 0                             | 9.5         |
| (*)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  | Se realizará la explicación detallada de los contenidos de la materia y que se distribuyen en temas. El alumno contará en todo momento con material bibliográfico, en ocasiones mecanografiado, del tema a tratar en cada sesión magistral. Se fomenta la participación en clase, a través de comentarios que relacionan los contenidos teóricos con experiencias de la vida real. |
| Mixed objective/subjective test | Se realizará pruebas parciales con el fin de que el alumno se familiarice con el tipo de cuestiones que se plantean en las pruebas escritas. Constará de una parte teórica y otra práctica, de tal forma que ambas computan. Los exámenes ordinarios y extraordinarios se registrarán por el mismo formato.                                                                        |
| Problem solving                 | Se resolverán los ejercicios propuestos para cada tema, permitiendo la aplicación de los modelos matemáticos más adecuados a cada caso en relación con los contenidos teóricos desarrollados en las sesiones magistrales y asimismo en relación con el ejercicio profesional                                                                                                       |
| Laboratory practice             | Se llevará a cabo la identificación de componentes estructurales así como de los sistemas auxiliares. Se realizarán las tareas de verificación del estado del motor y se simularán las operaciones de mantenimiento preventivo necesarias. Se proyectará material audiovisual comentado por el profesor y se entregará una memoria de las actividades.                             |

| Personalized attention |             |
|------------------------|-------------|
| Methodologies          | Description |



|                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Guest lecture /<br>keynote speech<br>Problem solving<br>Mixed<br>objective/subjective<br>test<br>Laboratory practice | Se trata de orientar al alumno en aquellas cuestiones relativas a la materia impartida y que resulten de especial dificultad para su comprensión (sesión magistral) o realización (solución de problemas, prácticas de laboratorio). También se incluyen las correspondientes revisiones de exámenes (prueba mixta). Los canales de información y contacto serán la Facultad Virtual y las tutorías individualizadas que se desarrollan durante seis horas a lo largo de la semana. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Assessment                            |              |                                                                                                                                                     |               |
|---------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Methodologies                         | Competencies | Description                                                                                                                                         | Qualification |
| Guest lecture /<br>keynote speech     |              | Se valora la asistencia a clase así como la participación a través de preguntas u observaciones sobre el tema tratado.                              | 5             |
| Problem solving                       |              | Se valora la asistencia a clase así como la participación a través de preguntas u observaciones sobre los problemas resueltos.                      | 5             |
| Mixed<br>objective/subjective<br>test |              | Se valora el grado de conocimiento adquirido sobre las materias de la asignatura teniendo en consideración tanto la parte teórica como de problemas | 70            |
| Laboratory practice                   |              | Se valora la asistencia al laboratorio-taller así como la participación a través de preguntas u observaciones sobre los temas tratados              | 20            |
| Others                                |              |                                                                                                                                                     |               |

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

| Sources of information |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Basic</b>           | <p>- ().</p> <p>BOUZÓN OTERO, R.; COSTA RIAL, M.; DE MIGUEL CATOIRA, A.; Descripción de la planta eléctrica de un catamarán. Revista Ingeniería de Mantenimiento Marítimo Nº 12 - 2º Sem. 2010. Ed. AXOMAGA. pág 36 a 40. ISSN: 1135-1950. MUÑOZ Y PAYRI ? Motores de combustión interna alternativos. Public. de UPV. (1984) DANTE GIACOSA ? Motores endotérmicos. Ed. Dossat. (1986) CASANOVA RIVAS ? Máquinas para la propulsión de Buques. Publicaciones de UDC (2001) WOODYARD. Pounder?s Marine Diesel Engines And Gas Turbines. Elsevier (2005) CHALLENGE ? BARANESCU. SAE Diesel Engine Referente Book. SAE (1998) WHARTON ? Diesel Engines ? Ed. Butterworth-Heinemann (2005).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Complementary</b>   | <p>HEYWOOD ? Internal Combustion Engine Fundamentals. Ed. Mc.Graw-Hill (1988) FAYETTE TAYLOR ? The Internal Combustion Engine. Theory And Practice. Ed. MIT (1985) KNAK ? Diesel Motor Ships? Engines And Machinery. Ed. Institute of Marine Engineers (1990) WOODWARD ? Low Speed Marine Diesel. Ed Wiley. Ed. (1970) HENSHALL ? Medium and High Speed Diesel Engines for Marine Use ? Ed. IME (1993) BRIAND. Diesel Marins, description et fonctionnement. Ed. Masson. (1987) CHRISTENSEN ? Questions and Answers on Marine Diesel Engine Ed. Edward Arnold (1995) HEYWOOD ? Internal Combustion Engine Fundamentals. Ed. Mc.Graw-Hill (1988) FAYETTE TAYLOR ? The Internal Combustion Engine. Theory And Practice. Ed. MIT (1985) KNAK ? Diesel Motor Ships? Engines And Machinery. Ed. Institute of Marine Engineers (1990) WOODWARD ? Low Speed Marine Diesel. Ed Wiley. Ed. (1970) HENSHALL ? Medium and High Speed Diesel Engines for Marine Use ? Ed. IME (1993) BRIAND. Diesel Marins, description et fonctionnement. Ed. Masson. (1987) CHRISTENSEN ? Questions and Answers on Marine Diesel Engine Ed. Edward Arnold (1995)</p> |

| Recommendations                                          |
|----------------------------------------------------------|
| Subjects that it is recommended to have taken before     |
| Conducción de Cámara de Máquinas/631311607               |
| Subjects that are recommended to be taken simultaneously |



Técnicas Enerxéticas/631311204

Resistencia ao Avance e Propulsión/631311601

## Subjects that continue the syllabus

Instalacións Marítimas Auxiliares/631311101

Métodos Numéricos/631311102

Regulación e Control de Máquinas Navais/631311104

Estudo de Elementos de Máquinas/631311107

Inglés Técnico Marítimo/631311110

Vibracións Mecánicas/631311608

## Other comments

(\*)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.