



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros Navales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

83000090 - Proyectos De Descarbonización De Propulsión Marina

PLAN DE ESTUDIOS

08IN - Master Universitario En Ingeniería Naval Y Oceanica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	5
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	17
9. Otra información.....	18

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	83000090 - Proyectos de Descarbonización de Propulsión Marina
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Segundo curso
Semestre	Cuarto semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	08IN - Master Universitario en Ingeniería Naval y Oceanica
Centro responsable de la titulación	08 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Navales
Curso académico	2024-25

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Antonio Villalba Herreros (Coordinador/a)	Aula Proyectos	antonio.villalba@upm.es	Sin horario. Contactar por correo electrónico para concertar cita.
Alfonso Lopez De Asiain Zabia	P2.47	alfonso.lopezdeasiain@upm. es	Sin horario. Contactar por correo electrónico para concertar cita.

David Diaz Gutierrez		david.diaz@upm.es	Sin horario. Contactar por correo electrónico para concertar cita.
Fernando Marcos Duque		fernando.marcos@upm.es	Sin horario. Contactar por correo electrónico para concertar cita.

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Plantas De Energía Y Combustibles Alternativos En El Medio Marino
- Proyecto Y Construcción De Artefactos Oceánicos
- Proyecto De Buques
- Diseño Integral De Plantas De Energía Y Propulsión

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Naval y Oceanica no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

(K9) - Conocimiento del comercio y del transporte marítimo internacional para su aplicación a la definición y optimización de nuevos buques y artefactos.

CE02 - Capacidad para analizar soluciones alternativas para la definición y optimización de las plantas de energía y propulsión de buques.

CG1 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CG2 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CG3 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones- y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG4 - (S1) Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CTUPM01 - (S2) Creatividad. Los estudiantes deben resolver de forma nueva, original y aportando valor, situaciones o problemas en el ámbito de la ingeniería.

CTUPM02 - (S3) Organización y planificación. Los estudiantes fijan objetivos, con la planificación y programación de actividades (tiempo y fases) y con la organización y gestión de los recursos necesarios para alcanzarlos.

CTUPM05 - (S6) Uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Los estudiantes aplican conocimientos tecnológicos necesarios de manera que les permitan desenvolverse cómodamente y afrontar los retos que la sociedad les va a imponer en su quehacer profesional empleando la informática.

CTUPM06 - (S7) Comunicación oral y escrita. Los estudiantes transmiten conocimientos y expresan ideas y argumentos de manera clara, rigurosa y convincente, tanto de forma oral como escrita, utilizando los recursos gráficos y los medios necesarios adecuadamente y adaptándose a las características de la situación y de la audiencia.

CTUPM07 - (S8) Respeto al medio ambiente. Los estudiantes desarrollan las mejores prácticas para interactuar con el entorno, de forma ética, responsable y sostenible, con el objetivo de evitar o disminuir los efectos negativos que ocasiona la actividad humana, así como promover los beneficios que pueda generar la actividad profesional en el ámbito medioambiental, teniendo en cuenta sus implicaciones económicas y sociales.

CTUPM09 - Resolución de problemas. Los estudiantes son capaces de identificar o proponer un problema, y tienen el conocimiento sobre diferentes alternativas metodológicas y estratégicas para resolverlo.

CTUPM12 - Gestión económica y administrativa. Los estudiantes son capaces de realizar las operaciones administrativas vinculadas a la gestión económica y de recursos humanos.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA53 - HABILIDADES Y DESTREZAS: Cálculo de índices de consumo.

RA52 - HABILIDADES Y DESTREZAS: Diseño o rediseño de cámara de máquinas para combustible alternativo. Caso de estudio. Esquemas asociados para los sistemas. Almacenamiento de combustible. Trasiego.

RA49 - COMPETENCIAS: Capacidad para estimación de costes en proyectos de descarbonización: implantación, mantenimiento, ciclo de vida.

RA51 - COMPETENCIAS: Capacidad para identificar los cambios que son necesarios en las plantas de generación a bordo y sistemas asociados para adaptarse a combustibles alternativos: gas natural, amoniaco, metanol, hidrógeno, etc.

RA54 - HABILIDADES Y DESTREZAS: Elaboración de estrategias de optimización de los índices de consumo. Implicaciones en la logística de explotación.

RA50 - COMPETENCIAS: Capacidad para identificar los cambios que son necesarios en las plantas de generación a bordo para incrementar la capacidad de almacenamiento de la energía producida.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La presente asignatura tiene como objetivo principal el enseñar a los alumnos las bases para afrontar el diseño de plantas de propulsión basadas en motores de combustión interna que utilicen como combustible primario uno de los denominados como combustibles alternativos y plantas de potencia "full electric", es decir, aquellas en las que la energía almacenada se transforma en energía eléctrica mediante reacciones electroquímicas. La asignatura no sólo cubre nuevos diseños sino también la actualización o remotorización de plantas de potencia basadas en combustibles convencionales (gasoil, HFO, etc.) a plantas de potencia que utilicen combustibles alternativos.

Los combustibles alternativos cubiertos por la asignatura son el gas natural, el metanol y el amoníaco. Aparte de estos tres hay otros combustibles como el etanol y el hidrógeno que pueden entrar en esta categoría de combustibles alternativos, sin embargo, debido a las naturales limitaciones temporales a las que está sujeta la asignatura es necesario limitar el catálogo de los mismos. En este sentido, los tres combustibles contemplados por la asignatura se han elegido teniendo en cuenta que son los que cuentan con un mayor desarrollo tecnológico para su aplicación a bordo de barcos.

En el caso del gas natural, es un combustible que ya cuenta con una trayectoria de varios años en su uso como combustible marino y se puede considerar plenamente desarrollado. Sin embargo, debido que no está ausente de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs) y es una fuente de energía no renovable, se considera un combustible de transición.

El metanol y el amoníaco son dos candidatos que están posicionándose con mucha fuerza como combustibles marinos en los últimos años. El metanol, a pesar de que su combustión genera emisiones de CO₂, es un combustible relativamente sencillo de transportar, almacenar y manejar. Además, su generación a partir de electricidad de origen renovable junto con CO₂ capturado en procesos industriales permite que las emisiones netas de GEIs sean muy reducidas teniendo en cuenta su ciclo de vida completo. Por su parte, la combustión de amoníaco tiene la ventaja de presentar emisiones casi nulas de GEIs cuando es producido a partir de fuentes de energía renovables lo que lo hace muy interesante de cara a descarbonizar el sector marítimo. Además, es un compuesto que se lleva fabricando en grandes cantidades más de un siglo por lo que se cuenta con mucha experiencia en su producción, transporte y manejo. Sin embargo, su alta toxicidad hace que su empleo como combustible marino presente unos retos que deben ser afrontados de manera solvente por los ingenieros encargados de diseñar las plantas de potencias que utilicen este combustible.

Por su parte, las plantas ?full electric? estudiadas serán aquellas basadas en el uso de baterías como sistema de almacenamiento primario de energía. A pesar de que en esta categoría se podrían incluir plantas de potencia basadas en volantes de inercia o en el uso de pilas de combustible, la tecnología de baterías es la que actualmente está más desarrollada contando ya con bastantes ejemplos de aplicación a escala comercial.

La asignatura se divide en tres bloques. Un primer bloque introductorio sobre el marco legislativo que permita al alumno conocer y comprender el entorno normativo al que están sujetos los diseños de plantas de potencia basadas en combustibles alternativos. Un segundo gran bloque en el que describen los principios generales de diseño de cualquier planta de potencia o cámara de máquinas de una embarcación y los principios específicos de diseño de plantas que utilicen combustibles alternativos. Por último, un bloque que permita al alumno hacer una primera estimación económica del proyecto.

El desarrollo de la asignatura tendrá un carácter eminentemente teórico durante el periodo de clases. A la finalización de cada tema (ver apartado 5.2) se realizará un pequeño cuestionario para monitorizar la asimilación de los contenidos por parte de los alumnos. Dicho cuestionario constará de entre 15 y 20 preguntas y se realizará presencialmente en el aula en horario de clase a través de la plataforma de telenseñanza Moodle.

Al inicio del curso se asignará a cada alumno un trabajo sobre el diseño de una planta de potencia de acuerdo a unas especificaciones dadas que se podrá ir desarrollando a lo largo del mismo. Una vez finalizadas las clases, los alumnos deberán entregar dicho trabajo.

5.2. Temario de la asignatura

1. Marco normativo
2. Planteamientos generales para el diseño de una cámara de máquinas
3. Buques propulsados con Gas Natural
4. Buques propulsados con Metanol
5. Buques propulsados con Amoniac
6. Buques ?full-electric?
7. Estimación económica del proyecto

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 0. Presentación de la asignatura Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 1 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	Tema 2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Tema 2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	Tema 2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	Cuestionario de seguimiento. Temas 1 y 2 Duración: 00:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Tema 3 Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Cuestionario de seguimiento. Temas 1 y 2 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 00:30
8	Tema 3 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

9	<p>Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p>Tema 4 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p>Tema 4 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p>Cuestionario de seguimiento. Temas 3 y 4 Duración: 00:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> <p>Tema 5 Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Cuestionario de seguimiento. Temas 3 y 4 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 00:30</p>
13	<p>Tema 5 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
14	<p>Tema 6 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
15	<p>Tema 6 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
16	<p>Cuestionario de seguimiento. Temas 5 y 6 Duración: 00:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> <p>Tema 7 Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Cuestionario de seguimiento. Temas 5 y 6 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 00:30</p>
17				<p>Trabajo final TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Cuestionario de seguimiento. Temas 1 y 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	4 / 10	(K9) CG1 CTUPM07 CTUPM09
12	Cuestionario de seguimiento. Temas 3 y 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	4 / 10	CTUPM07 CTUPM09 (K9) CG1
16	Cuestionario de seguimiento. Temas 5 y 6	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	4 / 10	CTUPM07 CTUPM09 (K9) CG1
17	Trabajo final	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	70%	5 / 10	CG2 CTUPM12 CTUPM02 CTUPM05 CTUPM06 CTUPM07 CTUPM09 (K9) CG1 CG3 CG4 CTUPM01 CE02

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Cuestionario de seguimiento. Temas 1 y 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	4 / 10	(K9) CG1 CTUPM07 CTUPM09

12	Cuestionario de seguimiento. Temas 3 y 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	4 / 10	CTUPM07 CTUPM09 (K9) CG1
16	Cuestionario de seguimiento. Temas 5 y 6	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	4 / 10	CTUPM07 CTUPM09 (K9) CG1
17	Trabajo final	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	70%	5 / 10	CG2 CTUPM12 CTUPM02 CTUPM05 CTUPM06 CTUPM07 CTUPM09 (K9) CG1 CG3 CG4 CTUPM01 CE02

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Cuestionario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	30%	5 / 10	CTUPM07 CTUPM09 (K9) CG1
Trabajo	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	70%	5 / 10	CG2 CTUPM12 CTUPM02 CTUPM05 CTUPM06 CTUPM07 CTUPM09 (K9) CG1 CG3

7.2. Criterios de evaluación

Evaluación progresiva y global

La calificación de esta asignatura se basa en la evaluación de dos bloques complementarios. Un bloque práctico consistente en la realización de un trabajo más un bloque de evaluación de conocimientos teóricos compuesto por tres cuestionarios.

Bloque práctico

Al inicio el periodo lectivo se encomendará a cada estudiante la realización del proyecto preliminar de una cámara de máquinas que utilice como combustible primario alguno de los combustibles contemplados en la asignatura. Para ello, se entregará a cada alumno la especificación de un buque concreto sobre la que deberán desarrollar esta actividad. El alcance y contenido de los trabajos a entregar puede versar sobre un diseño nuevo o sobre un proyecto de remotorización.

En líneas generales, el trabajo abarcará el planteamiento, dimensionamiento, discusión y valoración económica de la planta propulsora que corresponda atendiendo a las especificaciones recibidas.

La asignación de especificaciones se realizará al inicio del curso de manera que el alumno pueda ir desarrollando la actividad a lo largo del mismo. Para ello, el alumno recibirá, bien por correo electrónico o bien a través de la plataforma de telenseñanza Moodle la especificación sobre la que habrá de trabajar. Los trabajos realizados se entregarán siempre a través de una actividad en Moodle.

En función del número de alumnos de la asignatura y del alcance que se defina para los trabajos es posible que se habilite la opción de realizar el trabajo en grupo. Esta opción se estudiará a lo largo del curso y depende de la decisión del equipo docente. En cualquier caso, la opción por defecto será realizar el trabajo de manera individual.

Bloque teórico

De manera complementaria al trabajo anterior se realizarán 3 pruebas de conocimientos a lo largo del curso. Dichas pruebas consistirán en cuestionarios de entre 20 y 30 preguntas que se realizarán presencialmente en el aula en horario de clase a través de la plataforma de telenseñanza Moodle. La duración de cada una de estas pruebas será de 30 minutos.

Calificación

Para aprobar la asignatura el alumno debe superar ambos bloques, práctico y teórico.

Para aprobar el bloque práctico el trabajo entregado por el alumno deberá alcanzar una calificación mínima de 5 puntos sobre 10 posibles.

Para aprobar el bloque teórico el alumno deberá obtener una media de 6 puntos sobre 10 posibles en el conjunto de los tres cuestionarios y todos los cuestionarios deberán tener una nota mínima de 4 puntos sobre 10 posibles. El o los cuestionarios que no lleguen a una calificación de 4 puntos se contabilizarán con una calificación de 0 puntos.

La calificación final de la asignatura se obtendrá con la media ponderada de los dos bloques teniendo en cuenta que el bloque práctico tendrá un peso del 70% de la nota final correspondiendo el 30% restante al bloque teórico.

En el caso que no se supere alguno de los bloques el alumno deberá acudir a la evaluación extraordinaria. En este caso sólo deberá acudir con el bloque que tenga suspenso, práctico, teórico o ambos.

Evaluación extraordinaria (convocatoria extraordinaria)

Aquellos alumnos que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria podrán hacerlo en convocatoria extraordinaria.

Cada alumno deberá presentarse solamente a las pruebas de los bloques que no haya aprobado en la convocatoria ordinaria.

La prueba correspondiente al bloque práctico consistirá en la entrega del trabajo que se asignó en su momento corrigiendo las deficiencias que se hubiesen indicado en la evaluación ordinaria.

La prueba correspondiente al bloque práctico consistirá en un cuestionario de hasta 60 preguntas que abarcará todos los conocimientos impartidos durante el curso con una duración de 2 horas.

Calificación

Para aprobar la asignatura el alumno debe superar ambos bloques, práctico y teórico. En el caso de que alguno de los bloques haya sido aprobado en la evaluación ordinaria se utilizará la calificación obtenida entonces para esta parte.

Para aprobar el bloque práctico el trabajo entregado por el alumno deberá alcanzar una calificación mínima de 5 puntos sobre 10 posibles.

Para aprobar el bloque teórico el alumno deberá obtener una nota mínima de 5 puntos sobre 10 posibles.

La calificación final de la asignatura se obtendrá con la media ponderada de los dos bloques teniendo en cuenta que el bloque práctico tendrá un peso del 70% de la nota final correspondiendo el 30% restante al bloque teórico.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Materiales de la asignatura	Otros	Materiales propios de la asignatura elaborados por el equipo docente.
Convenio MARPOL	Bibliografía	Disponible en: https://www.transportes.gob.es/marina-mercante/marco-referencia-sector/normativa-maritima
Convención SOLAS	Bibliografía	Disponible en: https://www.transportes.gob.es/marina-mercante/marco-referencia-sector/normativa-maritima
Reglamentos de las Sociedades de Clasificación	Bibliografía	
Moodle	Recursos web	Plataforma de telenseñanza de la UPM.

Plataformas de colaboración	Recursos web	Microsoft Teams, Zoom
Biblioteca y salas de estudio	Equipamiento	
Aulas y Centro de Cálculo	Equipamiento	

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura está identificada como Optativa debido a que NO todos los estudiantes tienen que cursarla para conseguir el título. Sin embargo, esta asignatura es OBLIGATORIA para los estudiantes que itinerario: Descarbonización y Cambio Climático.

Los estudiantes que quieran seguir este itinerario tendrán que cursar la asignatura obligatoria de nivel 3 "Diseño integral de plantas de energía y propulsión".

Vías de comunicación

La vía de comunicación principal entre los estudiantes y los profesores de la asignatura será a través del correo electrónico institucional. Los profesores responderán a la mayor brevedad posible indicando, en caso necesario, el uso de algún otro medio de comunicación para poder atender mejor las consultas realizadas. Dichos medios alternativos pueden ser teléfono, Microsoft Teams, Zoom o alguna otra plataforma similar de las que pone a disposición la Universidad Politécnica de Madrid para este fin.

Para la correcta atención de las consultas se aconseja enviar las consultas a un profesor en particular, pero con copia al resto. De esta forma se reduce el riesgo de que el mensaje quede sin atender.

Objetivos de Desarrollo Sostenible

- ODS 13: Acción por el clima.

La presente asignatura hace especial hincapié en las nuevas normativas que deben cumplir los buques mercantes para la protección del medio ambiente. En particular, se tienen en cuenta y aplican el Anexo VI de MARPOL "Prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques" (ODS13).