



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

**83000006 - Hidrodinámica Avanzada Del Buque**

### PLAN DE ESTUDIOS

08NO - Master Universitario En Ingeniería Naval Y Oceanica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	83000006 - Hidrodinámica Avanzada del Buque
<b>No de créditos</b>	4 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	08NO - Master Universitario en Ingeniería Naval y Oceanica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	08 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Navales
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Antonio Souto Iglesias (Coordinador/a)		antonio.souto@upm.es	- -
Luis Perez Rojas	Canal Ensayos	luis.perezrojas@upm.es	L - 08:30 - 14:30
Javier Calderon Sanchez		javier.calderon@upm.es	Sin horario.
Simone Saettone		simone.saettone@upm.es	Sin horario. ver horario

\* 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

- Hidrodinámica De Carenas Y Hélices

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimientos de hidrodinámica del buque

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CE2 - Conocimiento avanzado de la hidrodinámica naval para su aplicación a la optimización de carenas, propulsores y apéndices.

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 - 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

CT1 - Uso de la lengua inglesa

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA172 - Aplicar la Teoría de la Circulación a propulsores marinos, con sus correspondientes análisis y cálculos

RA98 - Identificar, calcular y analizar la resistencia de fricción

RA171 - Conocer y valorar la Teoría de la Cantidad de movimiento y la Teoría de elemento de pala en hélices

RA107 - Conocer el efecto de la profundidad en la resistencia por formación de olas

RA97 - Identificar, calcular y analizar las diferentes componentes de la resistencia al avance de un buque

RA99 - Revisar y aplicar a la resistencia de un buque los conceptos de placa plana laminar y turbulente. Analizar las distintas líneas básicas de fricción

RA106 - Conocer las bases teóricas de las olas generadas por un buque

RA108 - Conocer la interacción entre el casco y la hélice. Las estelas

RA103 - Conocer y analizar los últimos desarrollos de Iso CFD aplicados a la resistencia al avance (ITTC)

RA102 - Identificar, calcular y analizar las medidas directas de las componente de la resistencia viscosa y olas

RA109 - Aprender a estimar estelas

RA100 - Identificar, calcular y analizar la resistencia viscosa y el efecto de forma

RA101 - Identificar, calcular y analizar el efecto de la rugosidad y de Iso apéndices así como su extrapolación

RA197 - Saber manejar un código CFD para simulación de flujo alrededor de una carena.

RA199 - Conocer cómo es la generación de oleaje por el buque en aguas poco profundas.

RA196 - Saber manejar un código de flujo potencial para simulación de olas generadas por un buque

RA198 - Saber manejar un código para cálculo directo de un propulsor

RA200 - Conocer la influencia de la profundidad en la resistencia al avance.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Hidrodinámica Avanzada del Buque (HAB) continúa la formación en hidrodinámica iniciada en grado con Hidrodinámica del Buque I e hidrodinámica del Buque II.

La asignatura consta de dos partes principales: Resistencia y Propulsión.

En resistencia, se estudia la formación de olas, efectos de profundidad en la misma y modelización con código potencial. Se estudia también la resistencia viscosa y su modelización CFD.

En la parte de la propulsión se estudian las teorías de funcionamiento de la hélice y el diseño de propulsores por cálculo directo.

Las actividades presenciales están pensadas para el aula convencional y para el aula de ordenadores dado que se usará software de apoyo. Se proponen además prácticas en el Canal de Ensayos de la ETSI Navales, relacionadas con los contenidos de la asignatura.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Presentación del curso
2. Complementos de resistencia por formación de olas.
  - 2.1. Antecedentes. Velocidad de grupo
  - 2.2. Sistema de Olas creado por un punto de Presión
  - 2.3. Interferencias
  - 2.4. Cálculo de Resistencia por formación de Olas. Método de Michell
  - 2.5. Método de olas para el cálculo del tren de olas de un buque en flujo potencial
  - 2.6. Efectos de la Profundidad en el tren de olas
  - 2.7. Resistencia en aguas poco profundas. Método de Schlichting
3. Resistencia viscosa.
  - 3.1. Resistencia de fricción. Placa plana y líneas de fricción. Capa límite.

- 3.2. Efecto de forma: engrosamiento de capa límite y separación.
- 3.3. Rugosidad (tipos) y apéndices (extrapolación).
- 3.4. Turbulencia: Concepto y modelos.
- 3.5. Medida directa de la Resistencia Viscosa.
- 3.6. CFD: conceptos, discretización, verificación, validación.
- 3.7. Modelización CFD con un código viscoso.
- 4. Teorías del funcionamiento de la hélice.
  - 4.1. Teorías de la Cantidad de Movimiento y del Elemento de Pala.
  - 4.2. Teoría de Circulación generalizada
  - 4.3. Teoría de Circulación aplicada a las hélices
- 5. Estelas: interacción casco-propulsor.
  - 5.1. Definición y medidas
  - 5.2. Obtención experimental
  - 5.3. Análisis Armónico.
  - 5.4. Efecto de Escala
  - 5.5. Influencia de diversos factores en la estela
  - 5.6. Diferentes formulaciones para estimación

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Tema 1</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2 Teoría</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2 Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Aula de ordenadores: Código de simulación computacional potencial aplicado al problema de generación de oleaje por el buque</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
2	<p><b>Tema 2 Teoría</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2 Problemas</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Aula de ordenadores: Código de simulación computacional potencial aplicado al problema de generación de oleaje por el buque</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
3	<p><b>Tema 2 Teoría</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2 Problemas</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Seguimiento del trabajo en grupo 1.</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
4	<p><b>Tema 3 Teoría</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3 Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Aula de ordenadores: Código de simulación CFD aplicado al problema de resistencia al avance</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
5	<p><b>Tema 3 Teoría</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3 Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Aula de ordenadores: Código de simulación CFD aplicado al problema de resistencia al avance</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
6	<p><b>Tema 3 Teoría</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3 Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Aula de ordenadores: Código de simulación CFD aplicado al problema de resistencia al avance</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		

7	<p><b>Tema 3 Teoría</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3 Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Aula de ordenadores: Código de simulación CFD aplicado al problema de resistencia al avance</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
8	<p><b>Tema 3 Teoría</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3 Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Presentación del trabajo sobre Resistencia al avance, seleccionando un barco de un periodo fijado por el profesor.</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p><b>Seguimiento del trabajo en grupo 1.</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
9		<p><b>Seguimiento del trabajo en grupo 1.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
10	<p><b>Tema 4 Teoría</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4 Problemas</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica de laboratorio 1</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Práctica de laboratorio 2</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Práctica de laboratorio 3</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Asistencia e Informe de la práctica de Laboratorio 1.</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00</p> <p><b>Asistencia e Informe de la práctica de Laboratorio 2.</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00</p>	
11	<p><b>Tema 4 Teoría</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Aula de ordenadores: Códigos de simulación computacional aplicado al diseño del propulsor</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
12	<p><b>Tema 4 Teoría</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4 Problemas</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p><b>Tema 4 Teoría</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4 Problemas</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

14	<p><b>Tema 4 Teoría</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4 Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Seguimiento del trabajo en grupo 1.</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
15	<p><b>Tema 5 Teoría</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 5 Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Trabajo sobre propulsor, discutiendo la propulsión del caso estudiado en la parte de resistencia.</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p><b>Seguimiento del trabajo en grupo 1.</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
16				
17				<p><b>Prueba de evaluación global (49% temas 1-3, 31% temas 4-5). Se hará parcial 1 y parcial 2 de modo separado.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</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
10	Asistencia e Informe de la práctica de Laboratorio 1.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG3 CE2 CG4 CT1
10	Asistencia e Informe de la práctica de Laboratorio 2.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG3 CE2 CG4 CT1
17	Prueba de evaluación global (49% temas 1-3, 31% temas 4-5). Se hará parcial 1 y parcial 2 de modo separado.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	80%	5 / 10	CG4 CG3 CE2

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
10	Asistencia e Informe de la práctica de Laboratorio 1.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG3 CE2 CG4 CT1
10	Asistencia e Informe de la práctica de Laboratorio 2.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	5 / 10	CG3 CE2 CG4 CT1
17	Prueba de evaluación global (49% temas 1-3, 31% temas 4-5). Se hará parcial 1 y parcial 2 de modo separado.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	80%	5 / 10	CG4 CG3 CE2

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Final + Prácticas de Laboratorio. Esta convocatoria es una repetición de la correspondiente a la "prueba de evaluación global"	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CG3 CE2 CG4

## 7.2. Criterios de evaluación

Caso de que Jefatura de Estudios (a solicitud de un/a estudiante) indique que una falta a una práctica es justificada, se arbitran las siguientes medidas:

- 1 Lo primero, se retirará a este/a estudiante del grupo correspondiente formalmente.
- 2 Se le pasará un vídeo a la persona en cuestión, se le pasarán unos datos, y un pequeño guión de la práctica.
3. La persona en cuestión tendrá que hacer el análisis e informe de prácticas correspondiente.
4. Se le pasará también un artículo de journal científico que tenga conexión con la práctica y se le pedirá que haga un resumen del mismo de entre 600-800 palabras resaltando las conexiones que tenga el artículo con el tema de la práctica.

Si en la convocatoria ordinaria jefatura de Estudios cree que la falta no es justificada, tendrás suspensas las prácticas por no asistir, con lo que ello implica respecto a la convocatoria ordinaria.

En este caso, en la convocatoria extraordinaria, si la persona indica que quiere presentarse, se le propondría exactamente lo mismo que si la falta fuese justificada.

----

En la prueba de evaluación global en la convocatoria ordinaria y en el examen final en la convocatoria extraordinaria NO habrá nota mínima en las partes en la parte de teoría, pero sigue siendo que la nota mínima de la teoría es 5, y la de las prácticas de laboratorio es 5, o sea, teoría y laboratorio no se compensan entre si: hay que aprobar los dos items.

La prueba de evaluación global en la convocatoria ordinaria y el examen final en la convocatoria extraordinaria constarán de dos partes con el peso indicado más arriba

También se hará la simulación de considerar las partes la prueba de evaluación global en la convocatoria ordinaria y del examen final en la convocatoria extraordinaria como evaluación progresiva/continua con todo lo que ello implica.

Se tomará el máximo de ambas simulaciones.

La prueba correspondiente a los temas 1a3 realizada en la "Prueba de evaluación global" NO se guarda para la extraordinaria, pero si la realizada por curso.

---

Para la presentación de los trabajos se abrirán varias ventanas de presentación.

---

La convocatoria extraordinaria funciona como una repetición exacta de la convocatoria correspondiente a la Prueba de evaluación global

La única salvedad es que el/la estudiante puede querer no examinarse del segundo parcial, caso de que le interese conservar esa nota.

--

La nota que tendrá el estudiante si una de las partes ("prácticas de laboratorio" y "lo demás") está suspensa, es la correspondiente a la parte suspensa. Por tanto, la nota máxima en la evaluación global si una parte está suspensa es el mínimo de ambas partes.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes y presentaciones de todas las clases. Ver Moodle.	Bibliografía	
E.V. Lewis, Principles of Naval Architecture. 2ª Revisión, SNAME. 1988..	Bibliografía	
J. A. Aláez Zazurca, Resistencia Viscosa de buques, Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo, Madrid, 1972	Bibliografía	
H. S. Saunders, Hydrodynamics in Ship Design, SNAME, New York, 1965, Vol 1, 2 y 3.	Bibliografía	
A. Baquero, Teorías del funcionamiento de la hélice, Apuntes de la E.T.S. de Ingenieros Navales (2012)	Bibliografía	
J. Carlton, Marine Propellers and Propulsion, Butterworth-Heinemann Ltf, 1994.	Bibliografía	
Molland, Ship Resistance and Propulsion	Bibliografía	Molland
Souto Iglesias, Antonio (2001). Nuevas herramientas de diseño de formas de buques basadas en códigos de flujo potencial. Thesis (Doctoral), E.T.S.I. Navales (UPM).	Bibliografía	

ETSIN-CFD	Otros	Sw para la parte de flujo potencial para generación de ola
Paraview	Otros	Sw para postproceso
Salome	Otros	Sw para mallado
OpenPROP	Otros	Sw para cálculo directo por teoría circulación
OpenFOAM	Otros	Sw para simulación CFD
JSDN	Otros	SW para cálculo de hélices por series sistemáticas.
Newman, Marine Hydrodynamics	Bibliografía	

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

La asignatura forma parte de un plan de estudios en extinción, por lo que durante este curso no se impartirá docencia ni la asignatura se podrá superar en la evaluación continua, quedando únicamente disponibles los recursos de las tutorías y del examen final.

Para cualquier otra consideración, se informa a los estudiantes interesados que se dirijan a la coordinación de la asignatura.

A mayores de los 10 puntos, podría haber una práctica de Cavitación en Cehipar cuyo peso se fijaría en función de alcance.