



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

**83000022 - Hidrodinámica De Carenas Y Hélices**

### PLAN DE ESTUDIOS

08NO - Master Universitario En Ingeniería Naval Y Oceanica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Primer 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.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	83000022 - Hidrodinámica de Carenas y Hélices
<b>No de créditos</b>	5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<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>	2021-22

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Luis Perez Rojas		luis.perezrojas@upm.es	Sin horario.
Antonio Souto Iglesias (Coordinador/a)		antonio.souto@upm.es	- -
Javier Calderon Sanchez		javier.calderon@upm.es	Sin horario.

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

## 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Simone Saettone	simone.saettone@upm.es	GI CEHINAV - ETSIN - UPM
Humberto Martínez Barberá	humberto@um.es	Universidad de Murcia

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Naval y Oceanica no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- Mecánica de Fluidos
- Mecánica
- Buques y artefactos

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE1 - Capacidad para proyectar buques adecuados a las necesidades del transporte marítimo de personas y mercancías, y a las de la defensa y seguridad marítimas

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

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 - 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

CT3 - Creatividad

CT4 - Organización y planificación

CT5 - Gestión de la información

## 4.2. Resultados del aprendizaje

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 los apéndices así como su extrapolación

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

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

RA24 - Conocer la hidrodinámica aplicada al diseño de carenas, propulsores de hélices y apéndices de la carena y los conceptos avanzados de la hidrodinámica naval para su aplicación a la optimización de carenas, propulsores y apéndices.

RA109 - Aprender a estimar estelas

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

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

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura consta de dos partes principales: Resistencia y Propulsión. La primera de ellas trata de los distintos elementos de los que consta la resistencia de un buque a una determinada velocidad, que permitiría obtener la potencia de remolque del mismo, y la segunda se centra en el diseño de la hélice propulsora que permitiría avanzar a ese buque a esa velocidad. Las clases serán en el aula y en el centro de cálculo. La asignatura posee además prácticas en el Canal de Ensayos de la ETSI Navales, relacionadas con los contenidos de la asignatura.

Hay otras partes de menos extensión: introducción a los CFD y Embarcaciones rápidas, versiones resumidas de los conocimientos que se imparten en la asignatura de grado Hidrodinámica del Buque 2

El objetivo de esta asignatura de itinerario es dotar a los alumnos de conocimientos básicos de resistencia y propulsión, equivalentes a los que hubieran obtenido en el grado de Arquitectura Naval, cursando la asignatura de Hidrodinámica del Buque 1 (Resistencia y Propulsión), y en menor grado Hidrodinámica del Buque 2 (Embarcaciones rápidas y CFD)

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Resistencia. División en sus componentes
  - 1.1. La Teoría del Buque y las partes que la componen
  - 1.2. La Resistencia al avance. División en sus componentes
  - 1.3. Cálculo numérico y experimentación
  - 1.4. Análisis dimensional
  - 1.5. Dependencia del coeficiente de resistencia total de los parámetros adimensionales
  - 1.6. El ensayo de remolque
2. Resistencia Viscosa
  - 2.1. Resistencia de Fricción de la placa plana
  - 2.2. Resistencia de Formas
  - 2.3. Separación o desprendimiento de la capa límite
3. Resistencia por formación de olas
  - 3.1. Generalidades

- 3.2. Sistema de olas de Kelvin
- 3.3. Resistencia por formación de olas del buque
- 3.4. Modelo de Wigley
- 3.5. Efectos de la viscosidad en  $R_w$
- 3.6. Comparación entre mediciones y cálculos de  $R_w$
4. Métodos de correlación modelo-buque
  - 4.1. Método de correlación de Froude
  - 4.2. Método de correlación de Hughes
  - 4.3. Métodos de determinación experimental del factor de forma del modelo
  - 4.4. Recomendación de la ITTC-78
5. Influencia de las dimensiones y formas del buque en la Resistencia (1)
  - 5.1. Dimensiones principales y relaciones adimensionales
  - 5.2. Influencia de la curva de áreas
  - 5.3. Influencia de la Posición longitudinal del centro de carena
  - 5.4. Influencia de la flotación
6. Influencia de las dimensiones y formas del buque en la Resistencia (2)
  - 6.1. Olas rompientes
  - 6.2. Influencia de la forma de las cuadernas
  - 6.3. El Bulbo de proa
  - 6.4. Métodos estadísticos de estimación de la potencia
7. Tipos de potencia y geometría de la hélice
  - 7.1. Tipos de potencia y rendimientos
  - 7.2. Filosofía de la hélice como elemento propulsor
  - 7.3. Superficies helicoidales
  - 7.4. Representación gráfica de la hélice
  - 7.5. Relaciones geométricas
8. Comportamiento de la hélice en propulsor aislado
  - 8.1. . Parámetros adimensionales
  - 8.2. Influencia del  $n^o$  de Reynolds

- 8.3. Ensayo de propulsor aislado
- 8.4. Paso efectivo
- 9. Interacción hélice carena
  - 9.1. Componentes de la estela
  - 9.2. Estela nominal
  - 9.3. Estela efectiva
  - 9.4. Succión
  - 9.5. Rendimientos rotativo-relativo y cuasi-propulsivo
- 10. Series Sistemáticas de hélices
  - 10.1. Series sistemáticas de hélices
  - 10.2. Serie B de Wageningen
  - 10.3. Presentación de resultados
- 11. Proyecto de hélices por Series Sistemáticas
- 12. Cavitación
  - 12.1. Generalidades. Condición hidrodinámica de cavitación
  - 12.2. Número de cavitación local
  - 12.3. Influencia de la relación área-disco y de la entrada libre de choque
  - 12.4. Tipos de cavitación
- 13. Introducción a los CFD
  - 13.1. Introducción
  - 13.2. Códigos Potenciales
  - 13.3. Códigos Viscosos
- 14. Hidrodinámica de las embarcaciones rápidas
  - 14.1. Principios fundamentales de aplicación de la embarcaciones rápidas
  - 14.2. Embarcaciones de planeo



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Presentacion</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1:</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p><b>Presentacion</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1:</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
2	<p><b>Temas 1 y Tema 2: (teoría y problemas)</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p><b>Practica de Remolque</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Temas 1 y Tema 2: (teoría y problemas)</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
3	<p><b>Tema 3: Resistencia por formación de olas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Aula de ordenadores: Código de estimación de potencia.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Tema 3: Resistencia por formación de olas</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
4	<p><b>Tema 4:</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Practica Propulsor Aislado</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Tema 4:</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b> Duración: 00:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
5	<p><b>Tema 5 y Tema 6:</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p><b>Tema 5 y Tema 6:</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
6	<p><b>Tema 7: (teoría y problemas)</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p><b>Práctica de Autopropulsión</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Tema 5 y Tema 6:</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Control temas 1-6</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p> <p><b>Trabajo por grupo de estimación de la resistencia de un buque a elegir de un grupo que cumpla condiciones a definir por los profesores.</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
7	<p><b>Tema 7: (teoría y problemas)</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p><b>Aula de ordenadores: Código de cálculo de hélices</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Tema 7: (teoría y problemas)</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	

8	<p><b>Tema 8:</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Tema 8:</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b> Duración: 00:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
9	<p><b>Tema 9 (teoría y problemas)</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Tema 9 (teoría y problemas)</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
10	<p><b>Tema 9: (teoría y problemas)</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Tema 9: (teoría y problemas)</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
11	<p><b>Tema 10: (teoría y problemas)</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Tema 10: (teoría y problemas)</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
12	<p><b>Tema 11: (teoría y problemas)</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Tema 11: (teoría y problemas)</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
13	<p><b>Tema 12: (teoría y problemas)</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Tema 12: (teoría y problemas)</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
14	<p><b>Temas 13 y 14 (teoría y problemas)</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas</p>		<p><b>Temas 13 y 14 (teoría y problemas)</b> Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
15				<p><b>Control Temas 7-14</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p> <p><b>NOTA POR CURSO TEORÍA. Nota de acuerdo al peso de los items que no son prácticas de laboratorio.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p> <p><b>Trabajo por grupo correspondiente a cálculo de la propulsión del buque de la parte anterior, por series sistemáticas.</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p> <p><b>PRACTICAS DE LABORATORIO</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:00</p>
16				

17				<b>Examen Final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00
----	--	--	--	---

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.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Control temas 1-6	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	30%	0 / 10	CG1 CE2
6	Trabajo por grupo de estimación de la resistencia de un buque a elegir de un grupo que cumpla condiciones a definir por los profesores.	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	01:00	7.5%	0 / 10	CG1 CE2
15	Control Temas 7-14	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	30%	0 / 10	CG1 CE2
15	NOTA POR CURSO TEORÍA. Nota de acuerdo al peso de los items que no son prácticas de laboratorio.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:00	0%	5 / 10	CG1 CE2
15	Trabajo por grupo correspondiente a cálculo de la propulsión del buque de la parte anterior, por series sistemáticas.	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	01:00	7.5%	0 / 10	
15	PRACTICAS DE LABORATORIO	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	25%	5 / 10	CG1 CE2

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
15	PRACTICAS DE LABORATORIO	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	25%	5 / 10	CG1 CE2

17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	75%	5 / 10	CG1 CE2
----	--------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	------------

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Final + Prácticas de Laboratorio. En esta convocatoria se ponderan los mismos ítems y con el mismo peso que en la Evaluación solo prueba final.	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG1 CE2 CG3 CE1 CT4 CT5 CG2 CG4 CT3

## 7.2. Criterios de evaluación

Caso de que haya justificante médico (o de cualquier otro tipo tras evaluación por jefatura de estudios) que impida la realización de la(s) práctica(s) de laboratorio, la persona en cuestión participará en el informe del modo consensuado con su grupo. Caso de que el grupo apruebe dicho informe, la práctica su nota será un 5. Deberá entregar además un pequeño trabajo relativo a la práctica propuesto por el profesor encargado.

-----

Se realizarán en el Canal de Ensayos, por grupos de alumnos, las prácticas de resistencia al avance, propulsor aislado y autopropulsión manteniendo las medidas emanadas del rectorado en lo que respecta a seguridad frente a COVID.

Previamente a la realización de las prácticas, los alumnos realizarán un "cuestionario" sobre los contenidos de la práctica. Posteriormente, los alumnos, redactaran los correspondientes informes que una vez evaluados, contribuirán al porcentaje correspondiente de la nota final de la asignatura

-----

En el caso de que haya que migrar a condiciones telemáticas, para maximizar la integridad de las pruebas, se plantean las siguientes propuestas:

1. En el caso de comprobación fehaciente de copia en una prueba de evaluación realizada de este modo, nos remitiremos al Artículo 12.7 de la Normativa de Evaluación de la UPM (aprobada 23/10/2014), como no puede ser de otro modo.
2. El tribunal de la asignatura valorará realizar exámenes orales telemáticamente cuando la cantidad de estudiantes así lo permita, anunciándose cuando esté disponible el dato del potencial número de estudiantes que se podrían presentar al examen correspondiente, dentro de las 24 horas siguientes a la disponibilidad de ese dato.
3. En el caso de que las pruebas no sean orales, pero se observaren indicios de plagio en las pruebas realizadas, el tribunal de la asignatura valorará convocar a un examen oral por vía telemática a aquellos y aquellas estudiantes en cuyos exámenes se observaren dichos indicios. La puntuación de este examen oral será la que defina la nota de la convocatoria en esos casos.
4. Identificación por DNI (o equivalente) al principio de cada prueba.
5. Durante la prueba, el/la estudiante no se podrá levantar de su sitio de trabajo, debe tener abiertos la cámara y el micrófono durante la realización del examen y no podrá utilizar auriculares.
6. Debe tener la pantalla compartida también en zoom.
7. Sólo se podrá habilitar una pantalla.
8. Al inicio de cada página pondrá su nombre, firma y número de página
9. En la primera página, dejará sitio para incluir tu DNI al escanear.
10. Ubicará el equipo de escaneado cerca de tu mesa, caso de que no use el móvil.
11. Debe alejarse lo suficiente de la cámara como para poder ver al estudiante y a los papeles sobre su mesa, por ejemplo con una vista lateral.
12. Se conectarán 10-15 minutos antes para identificaros y hacer los ajustes de cámara y sonido.

13. En la pantalla lo único permitido es precisamente el propio enunciado de examen.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes de la Asignatura de D. Antonio Baquero Mayor	Bibliografía	
Principles of Naval Architecture. SNAME	Bibliografía	
Practicas de Laboratorio de D. Luis Perez Rojas	Bibliografía	
Ship Resistance and Propulsion de A. Molland	Bibliografía	
Marine Propellers and Propulsion, de J. Carlton	Bibliografía	

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Se recuerda que el cronograma es orientativo. Las prácticas de Canal es Experiencias se realizarán en grupo y habrá que realizar una memoria de cada práctica. Estas prácticas incluyen un test previo a la práctica sobre el guión de la práctica que se va a realizar.

El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso. Las clases serán presenciales con normalidad y la enseñanza que se seguirá será la indicada en las columnas "Actividad Presencial en Aula" y "Actividad Presencial en Laboratorio". Si empeoraran las condiciones sanitarias y se produjeran confinamientos personales, de grupo o incluso de centro, los alumnos pasarían a conectarse a las clases en remoto y seguirían la docencia de la columna "Tele-enseñanza", sin necesidad de modificar esta guía.

Las pruebas de evaluación serán presenciales. Si ello no fuera posible, las pruebas de evaluación adoptarán la modalidad que se indique por parte de las autoridades sanitarias/académicas competentes.