



POLITÉCNICA

INTERNATIONAL  
CAMPUS OF  
EXCELLENCE

COORDINATION PROCESS OF  
LEARNING ACTIVITIES  
PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros Navales

# ANX-PR/CL/001-01

## LEARNING GUIDE

### SUBJECT

**85003513 - Ship Hydrodynamics I**

### DEGREE PROGRAMME

08NV - Grado En Arquitectura Naval

### ACADEMIC YEAR & SEMESTER

2022/23 - Semester 1

## Index

---

### Learning guide

|   |    |
|---|----|
| 1. Description.....                                     | 1  |
| 2. Faculty.....   | 1  |
| 3. Prior knowledge recommended to take the subject..... | 2  |
| 4. Skills and learning outcomes .....                   | 3  |
| 5. Brief description of the subject and syllabus.....   | 4  |
| 6. Schedule.....  | 7  |
| 7. Activities and assessment criteria.....              | 10 |
| 8. Teaching resources.....                              | 14 |
| 9. Other information.....                               | 14 |

## 1. Description

---

### 1.1. Subject details

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>Name of the subject</b>            | 85003513 - Ship Hydrodynamics I                     |
| <b>No of credits</b>                  | 5 ECTS  |
| <b>Type</b>                           | Compulsory  |
| <b>Academic year of the programme</b> | Third year  |
| <b>Semester of tuition</b>            | Semester 5  |
| <b>Tuition period</b>                 | September-January                                   |
| <b>Tuition languages</b>              | English   |
| <b>Degree programme</b>               | 08NV - Grado en Arquitectura Naval                  |
| <b>Centre</b>                         | 08 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Navales |
| <b>Academic year</b>                  | 2022-23   |

## 2. Faculty

---

### 2.1. Faculty members with subject teaching role

| <b>Name and surname</b>                         | <b>Office/Room</b> | <b>Email</b>           | <b>Tutoring hours *</b>                             |
|---|--------------------|------------------------|---|
| Antonio Souto Iglesias<br>(Subject coordinator) | El habitual        | antonio.souto@upm.es   | Sin horario.<br>Ver horario general<br>de tutorías. |
| Luis Perez Rojas                                | Canal Ensayos      | luis.perezrojas@upm.es | Sin horario.<br>Ver horario general<br>de tutorías. |

|                         |  |                        |   |
|-------------------------|--|------------------------|---|
| Javier Calderon Sanchez |  | javier.calderon@upm.es | Sin horario.<br>Ver horario general<br>de tutorías. |
|-------------------------|--|------------------------|---|

\* The tutoring schedule is indicative and subject to possible changes. Please check tutoring times with the faculty member in charge.

### 2.3. External faculty

| Name and surname | Email                  | Institution              |
|------------------|------------------------|--------------------------|
| Simone Saettone  | simone.saettone@upm.es | GI CEHINAV - ETSIN - UPM |

## 3. Prior knowledge recommended to take the subject

---

### 3.1. Recommended (passed) subjects

- Mecánica De Fluidos
- Flotabilidad Y Estabilidad
- Mecánica
- Buques Y Artefactos Oceánicos

### 3.2. Other recommended learning outcomes

The subject - other recommended learning outcomes, are not defined.

## 4. Skills and learning outcomes \*

---

### 4.1. Skills to be learned

CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

CE 19 - Conocimiento de la hidrodinámica naval aplicada

CE 7 - Conocimiento de los conceptos fundamentales de la mecánica de fluidos y de su aplicación a las carenas de buques y artefactos, y a las máquinas, equipos y sistemas navales

CG3 - Capacidad para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y en la versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones basándose en los conocimientos adquiridos en materias básicas y tecnológicas propias de la Arquitectura Naval.

### 4.2. Learning outcomes

RA143 - Calcular las componentes de la resistencia al Avance de un Buque

RA147 - Predecir la cavitación.

RA145 - Entender los parámetros que definen el funcionamiento de la hélice en aguas libres.

RA146 - Entender los parámetros que definen el funcionamiento de la hélice integrada en una carena.

RA144 - Extrapolar la resistencia al avance de escala modelo a plena escala

RA148 - Realizar el proyecto de una hélice con series sistemáticas.

\* The Learning Guides should reflect the Skills and Learning Outcomes in the same way as indicated in the Degree Verification Memory. For this reason, they have not been translated into English and appear in Spanish.

## 5. Brief description of the subject and syllabus

---

### 5.1. Brief description of the subject

La asignatura consta de dos partes diferenciadas: 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.

### 5.2. Syllabus

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 / Hipótesis de Hughes
  - 1.6. El ensayo de remolque
  - 1.7. Métodos estadísticos de estimación de la potencia (Intro)
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
- 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. Cálculo Manual de propulsores
  - 11.1. Escenarios de diseño
  - 11.2. Acoplamiento carena-motor-hélice en cálculo manual / Curvas del Motor / comprobación de par disponible
  - 11.3. Escenarios fuera de diseño / reducción de rpm / ensuciamiento de carena y propulsión / navegación en mal tiempo
- 12. Proyecto de hélices por Series Sistemáticas
  - 12.1. Acoplamiento carena-motor-hélices / Curvas del motor
  - 12.2. Ejemplos de proyectos con otras series sistemáticas además de la Serie B / Propulsores en Tobera y propulsores para embarcaciones rápidas
- 13. Cavitación
  - 13.1. Generalidades. Condición hidrodinámica de cavitación
  - 13.2. Número de cavitación local
  - 13.3. Influencia de la relación área-disco y de la entrada libre de choque
  - 13.4. Tipos de cavitación



## 6. Schedule

### 6.1. Subject schedule\*

| Week | Classroom activities   | Laboratory activities  | Distant / On-line | Assessment activities   |
|------|--|--|-------------------|---|
| 1    | <p><b>Presentación</b><br/>Duration: 01:00</p> <p><b>Tema 1: Resistencia. División en sus componentes</b><br/>Duration: 02:00</p>      |  |                   |   |
| 2    | <p><b>Tema 1 y Tema 2: Resistencia Viscosa</b><br/>Duration: 02:00</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b><br/>Duration: 01:00</p>        |  |                   |   |
| 3    | <p><b>Tema 2: Resistencia Viscosa</b><br/>Duration: 02:00</p>  | <p><b>Aula de ordenadores: Código de estimación de potencia.</b><br/>Duration: 01:00</p>                                 |                   | <p><b>Ejercicio práctico con software de estimación de Resistencia al Avance, a realizar en el aula de ordenadores durante la práctica con dicho software y a entregar en ese mismo momento</b></p> <p>Continuous assessment<br/>Presential<br/>Duration: 00:00</p> |
| 4    | <p><b>Tema 2: Resistencia Viscosa</b><br/>Duration: 02:00</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b><br/>Duration: 01:00</p>                 |  |                   |   |
| 5    | <p><b>Tema 3: Resistencia por formación de olas</b><br/>Duration: 01:00</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b><br/>Duration: 02:00</p>   |  |                   |   |
| 6    | <p><b>Tema 4: Modelos de correlación modelo-buque</b><br/>Duration: 01:00</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b><br/>Duration: 02:00</p> | <p><b>Aula de ordenadores: Código de estimación de resistencia / Seguimiento de los trabajos</b><br/>Duration: 01:00</p> |                   | <p><b>Ejercicio práctico con software de estimación de Resistencia al Avance, a realizar en el aula de ordenadores durante la práctica con dicho software y a entregar en ese mismo momento</b></p> <p>Continuous assessment<br/>Presential<br/>Duration: 00:00</p> |

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 7  | <p><b>Tema 5 y Tema 6: Influencia de las dimensiones y formas del buque en la Resistencia</b><br/>Duration: 02:00</p> <p><b>Presentación del 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><br/>Duration: 01:00</p> |  |  | <p><b>Presentación del 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></p> <p>Continuous assessment<br/>Presential<br/>Duration: 00:00</p>                                     |
| 8  | <p><b>Tema 7: Tipos de Potencia y Geometría de la hélice</b><br/>Duration: 02:00</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b><br/>Duration: 01:00</p> <p><b>Visita al Canal de Ensayos Hidrodinámicos de El Pardo</b><br/>Duration: 02:00</p>  | <p><b>Practica de Remolque</b><br/>Duration: 01:00</p>   |  | <p><b>Parcial 1: Temas 1-6</b></p> <p>Continuous assessment<br/>Presential<br/>Duration: 01:00</p>   |
| 9  | <p><b>Tema 8: Comportamiento de la Hélice como Propulsor aislado</b><br/>Duration: 01:00</p>   | <p><b>Practica Propulsor Aislado</b><br/>Duration: 01:00</p> <p><b>Práctica de Autopropulsión</b><br/>Duration: 01:00</p>  |  |  |
| 10 | <p><b>Tema 9: Interacción Hélice Carena</b><br/>Duration: 02:00</p>  | <p><b>Aula de ordenadores: Código de cálculo de hélices / Seguimiento de los trabajos / definición de condición de diseño / inputs al código, etc.</b><br/>Duration: 01:00</p> |  | <p><b>Ejercicio práctico con software de cálculo de hélices por series sistemáticas, a realizar en el aula de ordenadores durante la práctica con dicho software y a entregar en ese mismo momento</b></p> <p>Continuous assessment<br/>Presential<br/>Duration: 00:00</p> |
| 11 | <p><b>Tema 10: Series sistemáticas</b><br/>Duration: 01:00</p> <p><b>Tema 11: Cálculo Manual</b><br/>Duration: 01:00</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b><br/>Duration: 01:00</p>  |  |  |  |
| 12 | <p><b>Tema 11: Cálculo Manual</b><br/>Duration: 01:00</p> <p><b>Problemas y Ejercicios</b><br/>Duration: 02:00</p>   |  |  |  |

|    |   |   |  |  |
|----|---|---|--|--|
| 13 | <p><b>Tema 12: Proyecto de hélices con Series Sistemáticas</b><br/>Duration: 02:00</p>  | <p><b>Aula de ordenadores: Código de cálculo de hélices / Seguimiento de los trabajos</b><br/>Duration: 01:00</p> |  | <p><b>Ejercicio práctico con software de cálculo de hélices por series sistemáticas, a realizar en el aula de ordenadores durante la práctica con dicho software y a entregar en ese mismo momento</b></p> <p>Continuous assessment<br/>Presential<br/>Duration: 00:00</p>   |
| 14 | <p><b>Tema 13: Cavitación</b><br/>Duration: 02:00</p> <p><b>Prácticas y Ejercicios</b><br/>Duration: 01:00</p>  |   |  |  |
| 15 | <p><b>Presentación trabajo por grupo correspondiente a cálculo de la propulsión del buque de la parte anterior, por series sistemáticas.</b><br/>Duration: 01:00</p> <p><b>Prácticas y Ejercicios</b><br/>Duration: 01:00</p> |   |  | <p><b>Presentación Trabajo por grupo correspondiente a cálculo de la propulsión del buque de la parte anterior, por series sistemáticas.</b></p> <p>Continuous assessment<br/>Presential<br/>Duration: 00:00</p> <p><b>Parcial 2: Temas 7-13</b></p> <p>Continuous assessment<br/>Presential<br/>Duration: 01:00</p> |
| 16 |   |   |  | <p><b>NOTA DE PRACTICAS DE LABORATORIO</b></p> <p>Continuous assessment and final examination<br/>Presential<br/>Duration: 00:00</p> <p><b>NOTA POR CURSO TEORÍA. Nota de acuerdo al peso de los items que no son prácticas de laboratorio.</b></p> <p>Continuous assessment<br/>Presential<br/>Duration: 00:00</p>  |
| 17 |   |   |  | <p><b>Prueba de evaluación global</b></p> <p>Final examination<br/>Presential<br/>Duration: 02:00</p>  |

Depending on the programme study plan, total values will be calculated according to the ECTS credit unit as 26/27 hours of student face-to-face contact and independent study time.

\* The schedule is based on an a priori planning of the subject; it might be modified during the academic year, especially considering the COVID19 evolution.

## 7. Activities and assessment criteria

### 7.1. Assessment activities

#### 7.1.1. Assessment

| Week | Description  | Modality | Type         | Duration | Weight | Minimum grade | Evaluated skills                   |
|------|--|----------|--------------|----------|--------|---------------|------------------------------------|
| 3    | Ejercicio práctico con software de estimación de Resistencia al Avance, a realizar en el aula de ordenadores durante la práctica con dicho software y a entregar en ese mismo momento        |          | Face-to-face | 00:00    | 3%     | 0 / 10        | CE 19                              |
| 6    | Ejercicio práctico con software de estimación de Resistencia al Avance, a realizar en el aula de ordenadores durante la práctica con dicho software y a entregar en ese mismo momento        |          | Face-to-face | 00:00    | 2%     | 0 / 10        | CE 19                              |
| 7    | Presentación del trabajo por grupo de estimación de la resistencia de un buque a elegir de un grupo que cumpla condiciones a definir por los profesores.                                     |          | Face-to-face | 00:00    | 7.5%   | 0 / 10        | CG3<br>CE 19<br>CB2<br>CB5<br>CE 7 |
| 8    | Parcial 1: Temas 1-6   |          | Face-to-face | 01:00    | 25%    | 3 / 10        | CE 19                              |
| 10   | Ejercicio práctico con software de cálculo de hélices por series sistemáticas, a realizar en el aula de ordenadores durante la práctica con dicho software y a entregar en ese mismo momento |          | Face-to-face | 00:00    | 3%     | 0 / 10        | CE 19                              |
| 13   | Ejercicio práctico con software de cálculo de hélices por series sistemáticas, a realizar en el aula de ordenadores durante la práctica con dicho software y a entregar en ese mismo momento |          | Face-to-face | 00:00    | 2%     | 0 / 10        | CE 19                              |
| 15   | Presentación Trabajo por grupo correspondiente a cálculo de la propulsión del buque de la parte anterior, por series sistemáticas.   |          | Face-to-face | 00:00    | 7.5%   | 0 / 10        | CG3<br>CE 19<br>CB2<br>CB5<br>CE 7 |

|    |  |  |              |       |     |        |                                    |
|----|--|--|--------------|-------|-----|--------|------------------------------------|
| 15 | Parcial 2: Temas 7-13  |  | Face-to-face | 01:00 | 25% | 3 / 10 | CE 19                              |
| 16 | NOTA DE PRACTICAS DE LABORATORIO   |  | Face-to-face | 00:00 | 25% | 5 / 10 | CE 19<br>CB5<br>CE 7               |
| 16 | NOTA POR CURSO TEORÍA. Nota de acuerdo al peso de los items que no son prácticas de laboratorio. |  | Face-to-face | 00:00 | %   | 5 / 10 | CG3<br>CE 19<br>CB2<br>CB5<br>CE 7 |

### 7.1.2. Global examination

| Week | Description                      | Modality | Type         | Duration | Weight | Minimum grade | Evaluated skills                   |
|------|----------------------------------|----------|--------------|----------|--------|---------------|------------------------------------|
| 16   | NOTA DE PRACTICAS DE LABORATORIO |          | Face-to-face | 00:00    | 25%    | 5 / 10        | CE 19<br>CB5<br>CE 7               |
| 17   | Prueba de evaluación global      |          | Face-to-face | 02:00    | 75%    | 5 / 10        | CE 19<br>CB2<br>CB5<br>CE 7<br>CG3 |

### 7.1.3. Referred (re-sit) examination

| Description   | Modality | Type         | Duration | Weight | Minimum grade | Evaluated skills                   |
|---|----------|--------------|----------|--------|---------------|------------------------------------|
| Examen Final + Prácticas de Laboratorio.<br><br>En esta convocatoria se ponderan los mismos items, mismas notas mínimas y con el mismo peso que en la Evaluación solo con Prueba de evaluación global |          | Face-to-face | 02:00    | 100%   | 5 / 10        | CG3<br>CE 19<br>CB2<br>CB5<br>CE 7 |

## 7.2. Assessment criteria

La prueba de evaluación global en la convocatoria ordinaria y el examen final en la convocatoria extraordinaria constarán de dos partes (resistencia y propulsión) con el mismo peso en la nota final.

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.

En la prueba de evaluación global en la convocatoria ordinaria y en el examen final en la convocatoria extraordinaria se hará la simulación de considerar las partes del final como evaluación progresiva con todo lo que ello implica. Se tomará el máximo de la nota de ambos escenarios. En la presentación del curso se presentarán ejemplos de estos escenarios para que el esquema de calificación quede más claro y los estudiantes puedan tomar las decisiones correspondientes.

-----

No se guardarán notas entre la prueba de evaluación global en la convocatoria ordinaria y el examen final en la convocatoria extraordinaria

-----

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

Respecto a la nota de prácticas:

50% = Informes: (remolque + propulsor aislado +2\*auto)/4

50% = media de los tests previos a las prácticas (tests V/F).

-----

En el caso de suspender una de las partes (teoría o prácticas de laboratorio), la nota de la convocatoria será la de la parte suspensa.

-----

Hay que asistir a las tres prácticas y aprobar los informes.

Los informes de remolque y propulsor aislado son en grupo.

El informe de autopropulsión es individual.

-----

LOS APROBADOS DE PRÁCTICAS SE CONSERVAN DE UN CURSO PARA OTRO SI SE SUSPENDE LA ASIGNATURA

## 8. Teaching resources

---

### 8.1. Teaching resources for the subject

| Name   | Type         | Notes |
|--|--------------|-------|
| Apuntes de la Asignatura de D. Antonio Baquero Mayor   | Bibliography |       |
| Principles of Naval Architecture. SNAME                | Bibliography |       |
| Manual de Prácticas de Laboratorio de Luis Perez Rojas | Bibliography |       |
| Ship Resistance and Propulsion de A. Molland           | Bibliography |       |
| Marine Propellers and Propulsion, de J. Carlton        | Bibliography |       |
| Presentaciones de clase                                | Bibliography |       |

## 9. Other information

---

### 9.1. Other information about the subject

Se recuerda que el cronograma es orientativo.