



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

**83000057 - Tecnología De Las Pilas De Combustible Y Energía Del Hidrógeno**

### PLAN DE ESTUDIOS

08NO - Master Universitario En Ingeniería Naval Y Oceanica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - 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.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	83000057 - Tecnología de las Pilas de Combustible y Energía del Hidrógeno
<b>No de créditos</b>	5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Cuarto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Inglés
<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>	2022-23

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Teresa De Jesus Leo Mena (Coordinador/a)	LIT-1	teresa.leo.mena@upm.es	Sin horario. Published in web ETSIN
Rafael D'amore Domenech	LIT-2	r.damore@upm.es	Sin horario. Published in web ETSIN

Vladimir Luis Meca Lopez	LIT-3	vl.meca@upm.es	Sin horario. Published web ETSIN
--------------------------	-------	----------------	--

\* 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

- Academic Writing And Translation In English

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

- Thermodynamics/Termodinámica

- Pscrometrics/Aire húmedo

- Chemistry/Química

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CE4 - 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

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

RA142 - Saber plantear un esquema de un sistema de pila de combustible para una aplicación marina

RA144 - Conocer los materiales de los distintos componentes de las pilas de combustible

RA141 - Modelizar la curva de polarización de una pila de combustible de baja temperatura

RA140 - Identificar el modo de almacenamiento del hidrógeno más adecuado para cada aplicación en pilas de combustible

RA138 - Improve reading and writing skills

RA150 - Modelize the polarization curve of a low temperature fuel cell

RA151 - Develop a sketch of a fuel cell system for marine applications

RA139 - Improve English fluency

RA149 - Identify the most adequate hydrogen storage method for each application of fuel cells

RA152 - Know the materials of the components of fuel cells

RA4 - Aprender a analizar soluciones alternativas para la definición y optimización de las plantas de energía y propulsión de buques.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

The Course is focused on the knowledge of fuel cells technology and applications with special emphasis on marine and naval applications. Fuel cells components, performance, fuel cell systems and future prospects are analysed. Hydrogen as energy source and its use as fuel for fuel cells is also studied. The approach of the course is theoretical-practical, it has a descriptive part of hydrogen properties and the fuel cells issues and another one dedicated to the achievement of different tasks (questionnaires and presentations, problems, paper writing, etc). The self-knowledge and the self-documentation processes will be predominant during the study of the subject.

El curso se centra en el conocimiento de la tecnología y las aplicaciones de las pilas de combustible con especial énfasis en aplicaciones marinas y navales, así como sus componentes, sus prestaciones, los sistemas de pilas de combustible y sus perspectivas de futuro. También se estudia el hidrógeno como fuente de energía y su uso como combustible para las pilas de combustible. El enfoque del curso es teórico-práctico, cuenta con una parte descriptiva de las propiedades del hidrógeno y diferentes aspectos de las pilas de combustible y con otra dedicada a la realización de diferentes tareas (cuestionarios y presentaciones, ejercicios, prácticas de laboratorio, escritura de artículos, etc). Durante el estudio de la asignatura se concede gran importancia al aprendizaje autónomo y a la búsqueda de documentación.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Hydrogen and fuel cells: a friendly environmental and efficient system for energy transformation and power generation
2. The hydrogen as fuel
3. Fuel cells as conversion energy systems
4. Fuel cells technology
5. Fuel cells applications
6. Specific fuel cell applications to marine and naval media

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 2</b> Duración: 01:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Works in group, web searches and problems solving</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
3	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Tema 3</b> Duración: 00:15 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Works in group, web searches and problems solving</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
5	<b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Polarization curve: experimental/Curva de polarización: experimental</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	<b>Tema 3</b> Duración: 00:15 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Polarization curve: modelling/Curva de polarización: modelado</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Works in group, web searches and problems solving</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
7	<b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Evaluation Report Laboratory Practice 1</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
8	<b>Tema 4</b> Duración: 01:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Works in group, web searches and problems solving</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
9	<b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Evaluation Report Laboratory Practice 2</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00

10	<b>Tema 10</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Energy assessment of hydrogen storage/Evaluación energética del almacenamiento de hidrógeno</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
11	<b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	<b>Tema 6</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Fuel cell system design</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:30  <b>Evaluation Report Laboratory Practice 3</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
13	<b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	<b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15	<b>Tema 6</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Oral presentation on a subject related to fuel cells and/or hydrogen</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:30
16				<b>Written test</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:30
17				<b>Written test</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:00  <b>Oral presentation on a subject related to fuel cells and/or hydrogen</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 00:30

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 (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Works in group, web searches and problems solving	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:15	5%	3 / 10	
4	Works in group, web searches and problems solving	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:15	5%	3 / 10	
6	Works in group, web searches and problems solving	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:15	5%	3 / 10	
7	Evaluation Report Laboratory Practice 1	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	5%	5 / 10	CT1 CG1 CG4
8	Works in group, web searches and problems solving	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:15	5%	3 / 10	
9	Evaluation Report Laboratory Practice 2	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	5%	5 / 10	CG1 CG4 CT1
12	Fuel cell system design	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	20%	3 / 10	CT3 CE4 CG1 CG4 CT1 CT5
12	Evaluation Report Laboratory Practice 3	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	5%	5 / 10	CG1 CG4 CT1
15	Oral presentation on a subject related to fuel cells and/or hydrogen	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:30	25%	5 / 10	CT3 CE4 CG1 CG4 CT1 CT4 CT5

16	Written test	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	20%	3 / 10	CT3 CE4 CG1 CG4 CT1 CT4 CT5
----	--------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	---

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Written test	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	50%	3 / 10	CT3 CE4 CG1 CG4 CT1 CT4 CT5
17	Oral presentation on a subject related to fuel cells and/or hydrogen	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:30	50%	3 / 10	CG1 CT3 CE4 CG4 CT1 CT4 CT5

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

The student may undertake the course under continuous assessment and/or final exam. Passing in any of the two modalities will lead to passing the subject./El alumno podrá participar en la evaluación progresiva y/o en la prueba global. La superación de cualquiera de estas dos modalidades conducirá a la superación de la asignatura.

Regardless of the modality of assessment class attendance is mandatory/La asistencia a clase es obligatoria sin importar la modalidad de evaluación.

### Continuous assessment/Evaluación progresiva:

- Report Laboratory Practice I: group 5%/Práctica de Laboratorio I: grupo 5%
- Report Laboratory Practice II: group 5%/Práctica de Laboratorio II: en grupo 5%
- Report Laboratory Practice III: group 5%/Práctica de Laboratorio III: en grupo 5%
- Written exercise, problem solving: individual 20%/Examen de problema complejo 20%
- Class presentation: individual 25%/Presentación oral en clase: individual 25%
- Written test: individual 20%/Examen escrito 20%
- Collaborative work: group 20%/Trabajo colaborativo: en grupo 20%

### End-of-term assessment/Prueba global (Convocatoria ordinaria):

- Written exam: individual 50%/Examen escrito: individual 50%
- Oral presentation: individual 50%/Presentación oral: individual 50%

### Exam re-sit/Examen Final (Convocatoria extraordinaria):

- Written exam: individual 50%/Examen escrito: individual 50%
- Oral presentation: individual 50%/Presentación oral: individual 50%

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Larminie, James. Fuel cell systems explained, Ed. John Wiley & Sons, 2000.	Bibliografía	
Li, Xianguo. Principles of fuel cells, Ed. Taylor & Francis, 2006.	Bibliografía	
Barclay, Frederick J. Fuel cells, engines and hydrogen: an exergy approach, McGraw-Hill, 1999. Versión española Edit. McGraw-Hill, 2001.	Bibliografía	
O'Hayre R, Cha S-W, Colella W, Prinz F B. Fuel cells fundamentals, 2nd ed, John Wiley & Sons, New York, 2009.	Bibliografía	
Barbir, Frano. PEM Fuel Cells, Theory and Practice?, Elsevier Academic Press, San Diego, USA, 2005.	Bibliografía	
Hoogers, G. Fuel Cell Technology Handbook, CRC Press, 2002	Bibliografía	
Gasik, Michael ed. Materials for fuel cells, Woodhead Publishing iLimited, Tonbridge, Reino Unido, 2008.	Bibliografía	
Léon, Aline, Ed. Hydrogen Technology: Mobile and Portable Applications, New York, NY:Springer Science & Business Ed. 2008.	Bibliografía	

Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y Pilas de Combustible. <a href="http://www.ptehpc.org/">http://www.ptehpc.org/</a>	Recursos web	
Nist Chemistry web Book. <a href="http://webbook.nist.gov/chemistry/">http://webbook.nist.gov/chemistry/</a>	Recursos web	
Dicks,A.L., Rand, D.A.J. Fuel cell systems explained, Ed. John Wiley & Sons, 2018.	Bibliografía	
Huang, H., Yuan, X-Z, Li, H., Eds. PEM Fuel Cell Diagnostic Tools, Ed. CRC Press, 2012.	Bibliografía	
Stolten, D., Samsun, R.C., Garland, N., Eds. Fuel cells. Data, Facts and Figures, Ed. Wiley-VCH, 2016.	Bibliografía	
Slides of the course subjects in Moodle	Otros	

## 9. Otra información

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

The course contains formal Lecture hours, Laboratory practice, Seminar hours and scheduled Tutorials. Lecture sessions will combine theory and exercises. This latter will require the students' active participation. The students will divide into three-member groups. Each group will be assigned and develop a subject to make a class presentation and write a paper about it. Each student, before its class presentation, will deliver to their colleagues a brief summary about it (individual paper 300 words approx). The purpose of scheduled Tutorials is that students shall bring specific problems related with the preparation of the subject assigned. Students will come in groups to tutorial hours. The seminars are oriented to practical work, and will lead to developing the competencies expected to be acquired in the course. Laboratory practice include either experimental or computational work/Las prácticas de laboratorio incluyen trabajo experimental y de computación.

El curso contiene clases presenciales en aula, prácticas de laboratorio, horas de Seminario y Tutorías

programadas. Las sesiones en el aula combinarán teoría y ejercicios. Esto último requerirá la participación activa de los estudiantes. Los alumnos se dividirán en grupos de tres miembros. A cada grupo se le asignará y desarrollará un tema para hacer una presentación en clase y escribir un artículo sobre el mismo. Cada estudiante, antes de su presentación en clase, entregará a sus colegas un breve resumen sobre el tema (trabajo individual de 300 palabras aproximadamente). El objetivo de las Tutorías programadas es que los estudiantes traigan problemas específicos relacionados con la preparación del tema asignado. Los estudiantes acudirán en grupo. Los seminarios están orientados hacia el trabajo práctico y facilitarán el desarrollo de las competencias que se espera adquirir en el curso.