



## 1. DATOS GENERALES

**Asignatura:** TECNOLOGÍA DEL HIDRÓGENO Y PILAS DE COMBUSTIBLE**Tipología:** OPTATIVA**Grado:** 352 - GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA (AB)**Centro:** 605 - E.T.S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ALBACETE**Curso:** 4**Lengua principal de impartición:** Inglés**Uso docente de otras lenguas:****Página web:** www.ier.uclm.es**Código:** 56338**Créditos ECTS:** 6**Curso académico:** 2021-22**Grupo(s):** 11**Duración:** Primer cuatrimestre**Segunda lengua:** Inglés**English Friendly:** N**Bilingüe:** N

Profesor: <b>JESUS CANALES VAZQUEZ</b> - Grupo(s): 11				
Edificio/Despacho	Departamento	Teléfono	Correo electrónico	Horario de tutoría
Instituto Energías Renovables/0D1	MECÁNICA ADA. E ING. PROYECTOS	926053197	jesus.canales@uclm.es	Se informará al inicio del curso

## 2. REQUISITOS PREVIOS

Debido a que durante el transcurso de la asignatura se van a tratar los principios de funcionamiento de dispositivos electroquímicos (baterías, pilas de combustible, electrolizadores) y sus componentes, es recomendable haber superado la asignatura de Química, Física y Ciencia de Materiales. Es recomendable poseer un nivel de inglés B1, ya que se oferta en este idioma exclusivamente.

## 3. JUSTIFICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIOS, RELACIÓN CON OTRAS ASIGNATURAS Y CON LA PROFESIÓN

La asignatura Tecnología del Hidrógeno y Pilas de Combustible pretende combinar una serie de aspectos teóricos y prácticos, para que el alumno adquiera una serie de conocimientos básicos sobre el funcionamiento de las pilas de combustible en el contexto actual de necesidad de cambio en el modelo energético. Asimismo, ofrece una introducción al mundo de las tecnologías del hidrógeno, incluyendo aplicaciones, instalaciones, etc. Se trata de una asignatura optativa integrada en la Mención de Técnicas Energéticas, que por lo tanto está en consonancia con la línea argumental de dicha intensificación. Asimismo, la asignatura se apoya en conceptos que aparecen en otras asignaturas del plan de estudios de Ingeniería Industrial:

Ciencia Materiales: relación estructura-propiedades, propiedades de los materiales, selección de componentes, etc.

Química: La tecnología del hidrógeno y, especialmente, su uso en pilas de combustible deben su funcionamiento a una serie de procesos redox, por lo que los conceptos aprendidos en la asignatura de Química están íntimamente relacionados con esta asignatura.

Por lo que respecta a la profesión, el hidrógeno (verde) y las pilas de combustible están recibiendo una creciente atención en lo que respecta al sector energético, fundamentalmente el relacionado con las energías renovables. En Ingeniería Industrial, la tecnología energética y de las energías renovables juega un papel fundamental, y supone uno de los grandes generadores de puestos de trabajos del sector. Esta asignatura permitirá al alumno que la curse tener unos conocimientos básicos pero de gran utilidad en una tecnología emergente, que tendrá una gran importancia en el futuro.

## 4. COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN QUE LA ASIGNATURA CONTRIBUYE A ALCANZAR

**Competencias propias de la asignatura**

Código	Descripción
A10	Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización.
A11	Capacidad para dirección de actividades objeto de proyectos de ingeniería descritos en la competencia anterior.
CB01	Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio
CB02	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
CB03	Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética
CB04	Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado
CB05	Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía
F14	Adquisición de conocimientos aplicados sobre ahorro y eficiencia energética.
F15	Conocer los conceptos básicos de las tecnologías de captación, conversión y uso de las fuentes de energía renovables y su aplicación a la generación de electricidad o uso en calor o frío.

## 5. OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE ESPERADOS

**Resultados de aprendizaje propios de la asignatura**

No se han establecido.

#### Resultados adicionales

1. Reconocer el hidrógeno como vector energético y los procesos relacionados con la tecnología del hidrógeno
2. Describir los principios básicos de funcionamiento de una pila de combustible.
3. Identificar las técnicas más habituales de caracterización de pilas de combustible
4. Interpretar datos experimentales relacionados con la eficiencia de los dispositivos
5. Establecer los parámetros fundamentales en una instalación basada en pilas de combustible-hidrógeno, incluyendo sistemas híbridos con energías renovables

#### 6. TEMARIO

##### Tema 1: Introducción a la Tecnología del Hidrógeno y Pilas de Combustible

**Tema 1.1** Contexto del Hidrógeno como Vector Energético

**Tema 1.2** Generación Distribuida

**Tema 1.3** Baterías y Pilas

**Tema 1.4** Aplicaciones de Baterías Primarias y Secundarias

##### Tema 2: Hidrógeno

**Tema 2.1** Propiedades Físico-Químicas

**Tema 2.2** Producción de Hidrógeno: Reformado, Electrolisis, Ciclos Termoquímicos y Fotólisis

**Tema 2.3** Almacenamiento y Distribución

##### Tema 3: Pilas de Combustible

**Tema 3.1** Introducción

**Tema 3.2** Clasificación de las Pilas de Combustible

**Tema 3.3** Frontera Triple y Procesos de Electrodo

**Tema 3.4** Fundamentos Termodinámicos

**Tema 3.5** Eficiencia en Pilas de Combustible

##### Tema 4: Aplicaciones

**Tema 4.1** Sistemas Propulsados por Pilas de Combustible

**Tema 4.2** Integración Energías Renovables-Hidrógeno

**Tema 4.3** Proyectos de Implementación

#### 7. ACTIVIDADES O BLOQUES DE ACTIVIDAD Y METODOLOGÍA

Actividad formativa	Metodología	Competencias relacionadas (para títulos anteriores a RD 822/2021)	ECTS	Horas	Ev	Ob	Descripción
Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL]	Método expositivo/Lección magistral	A10 CB01 CB02 CB04 F14 F15	0.8	20	N	-	Se trata de una asignatura en la que tratan muchos conceptos completamente nuevos para el alumno, por lo que se hace necesario el empleo de clases magistrales participativas, parando cada 25 minutos para plantear preguntas, pequeños problemas, empleo de kits de demostración, etc.
Talleres o seminarios [PRESENCIAL]	Resolución de ejercicios y problemas	A10 CB01 CB02 CB03 CB05 F15	0.32	8	N	-	Problemas relacionados con la aplicación de conceptos teóricos-prácticos para resolución en grupo o de forma individual.
Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL]	Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones	CB01 CB02 CB03 CB04 F14 F15	0.32	8	S	N	Trabajo cooperativo que consiste en elaborar una exposición oral breve sobre temas íntimamente relacionados con la asignatura y que servirán para profundizar en aspectos prácticos/aplicaciones más allá de lo visto en clase. De esta forma los alumnos participan de una forma activa en complementar la formación de sus compañeros supervisados por el profesor
Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL]	Aprendizaje basado en problemas (ABP)	A10 CB01 CB02 CB03 F14 F15	0.32	8	S	N	Planteamiento de una instalación basada en la combinación de energías renovables, hidrógeno y pilas de combustible. A partir de la definición de unas necesidades y requisitos de la aplicación, los alumnos deberán organizarse en grupos de 3-4 personas para plantear una instalación
Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA]	Trabajo autónomo	A10 A11 CB03 CB04 CB05 F14 F15	0.96	24	S	N	Parte complementaria a los talleres/seminarios, elaboración de trabajos, Aprendizaje basado en proyectos, etc. que implican un trabajo autónomo por parte del estudiante para complementar las actividades realizadas en grupo
Prácticas de laboratorio	Prácticas	CB01 CB02 CB03 CB05	0.32	8	S	N	Prácticas de laboratorio orientadas a

[PRESENCIAL] Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA]	Trabajo autónomo	F14 F15 A10 CB04 CB05	0.4	10	S	N	conocer aspectos fundamentales Elaboración de las memorias correspondientes a las prácticas de laboratorio
Foros y debates on-line [AUTÓNOMA]	Foros virtuales	CB01 CB02 CB04 F14 F15	0.8	20	N	-	Participación en diversos foros de debate a través de la plataforma moodle para la resolución de problemas en grupo, discusión sobre temas de interés relacionados con el temario (por ejemplo viabilidad de una economía del hidrógeno, vehículos híbridos, etc),
Tutorías individuales [PRESENCIAL]			0.08	2	N	-	Tutorías con el objetivo de resolver las dudas o problemas que se planteen a lo largo de la asignatura al alumno
Pruebas de progreso [PRESENCIAL]	Pruebas de evaluación	CB01 CB04 CB05 F14 F15	0.16	4	S	N	Pruebas realizadas a la finalización de cada tema donde se evaluarán conceptos teórico-prácticos
Prueba final [PRESENCIAL]	Pruebas de evaluación	CB02 CB03 CB04 F14 F15	0.08	2	S	N	Examen final de la asignatura
Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA]	Trabajo autónomo	F14 F15	1.44	36	N	-	Trabajo autónomo con el fin de reafirmar los conceptos tratados en las clases de teoría
<b>Total:</b>			<b>6</b>	<b>150</b>			
<b>Créditos totales de trabajo presencial: 2.4</b>						<b>Horas totales de trabajo presencial: 60</b>	
<b>Créditos totales de trabajo autónomo: 3.6</b>						<b>Horas totales de trabajo autónomo: 90</b>	

Ev: Actividad formativa evaluable

Ob: Actividad formativa de superación obligatoria (Será imprescindible su superación tanto en evaluación continua como no continua)

8. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y VALORACIONES			
Sistema de evaluación	Evaluación continua	Evaluación no continua*	Descripción
Prueba final	0.00%	100.00%	Prueba escrita de respuesta corta y/o tipo test sobre los contenidos expuestos en las clases presenciales y sobre las actividades formativas de las prácticas de laboratorio. Para los alumnos que no superen la evaluación continua, en convocatoria extraordinaria o de finalización, su peso será del 100%
Presentación oral de temas	30.00%	0.00%	Consistirá en la preparación de trabajos, que se desarrollarán en pequeños grupos (2-3) de estudiantes. Estas actividades también comprenden la exposición de los trabajos en clase o directamente al profesor. La claridad y corrección de la exposición podrá afectar a la nota del trabajo.
Pruebas de progreso	40.00%	0.00%	Prueba escrita de respuesta corta y/o tipo test sobre los contenidos expuestos en cada unidad y que se realizarán a la finalización de cada una de ellas. Se requiere una calificación de al menos 4.0 para realizar media con el resto de ítems.
Elaboración de memorias de prácticas	20.00%	0.00%	Al final de cada sesión de prácticas en laboratorio se cumplimentará un protocolo de la práctica realizada, que se entregará en el plazo marcado por el profesor. Es condición necesaria aprobar esta parte de la asignatura de manera aislada.
Resolución de problemas o casos	10.00%	0.00%	Al final de la Unidad 4, se planteará el desarrollo de una instalación basada en una combinación de renovables-hidrógeno-pilas de combustible. Se pedirá una memoria donde se refleje el desarrollo del problema planteado.
<b>Total:</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	

\* En **Evaluación no continua** se deben definir los porcentajes de evaluación según lo dispuesto en el art. 4 del Reglamento de Evaluación del Estudiante de la UCLM, que establece que debe facilitarse a los estudiantes que no puedan asistir regularmente a las actividades formativas presenciales la superación de la asignatura, teniendo derecho (art. 12.2) a ser calificado globalmente, en 2 convocatorias anuales por asignatura, una ordinaria y otra extraordinaria (evaluándose el 100% de las competencias).

#### Crterios de evaluación de la convocatoria ordinaria:

##### Evaluación continua:

Aquellos alumnos que no aprueben la modalidad de evaluación continua (pruebas de progreso, trabajos y las prácticas de taller) tendrán que realizar un examen final de la asignatura con un peso del 100%. Para la evaluación continua se exige una asistencia mínima del 80% de las horas presenciales y obtener una calificación de al menos 4.0 para realizar la media con los otros ítems, en caso contrario se deberá realizar el examen final. La nota media final entre todos los ítems debe ser igual o superior a 5.0.

El examen final estará compuesto por una serie de cuestiones teórico-prácticas a partir de las cuales se evaluarán los conceptos tratados en la asignatura.

##### Evaluación no continua:

Aquellos alumnos que no realicen la modalidad de evaluación continua tendrán que realizar un examen final de la asignatura con un peso del 100%

#### Particularidades de la convocatoria extraordinaria:

En la convocatoria extraordinaria, la evaluación se realizará únicamente a partir de un examen final

#### Particularidades de la convocatoria especial de finalización:

Son los mismos que en la convocatoria extraordinaria

**9. SECUENCIA DE TRABAJO, CALENDARIO, HITOS IMPORTANTES E INVERSIÓN TEMPORAL**

<b>No asignables a temas</b>	
<b>Horas</b>	<b>Suma horas</b>
Tutorías individuales [PRESENCIAL][ ]	2
Prueba final [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]	2
<b>Comentarios generales sobre la planificación:</b> La planificación indica fechas aproximadas que pueden sufrir leves modificaciones en el transcurso del curso.	
<b>Tema 1 (de 4): Introducción a la Tecnología del Hidrógeno y Pilas de Combustible</b>	
<b>Actividades formativas</b>	<b>Horas</b>
Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]	6
Talleres o seminarios [PRESENCIAL][Resolución de ejercicios y problemas]	4
Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL][Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones]	2
Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	6
Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL][Prácticas]	1
Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	2
Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]	4
Pruebas de progreso [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]	1
Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	8
<b>Comentario:</b> Las fechas indicadas son orientativas	
<b>Tema 2 (de 4): Hidrógeno</b>	
<b>Actividades formativas</b>	<b>Horas</b>
Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]	6
Talleres o seminarios [PRESENCIAL][Resolución de ejercicios y problemas]	2
Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL][Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones]	2
Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	6
Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL][Prácticas]	1
Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	4
Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]	6
Pruebas de progreso [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]	1
Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	10
<b>Comentario:</b> Las fechas indicadas son orientativas	
<b>Tema 3 (de 4): Pilas de Combustible</b>	
<b>Actividades formativas</b>	<b>Horas</b>
Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]	6
Talleres o seminarios [PRESENCIAL][Resolución de ejercicios y problemas]	2
Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL][Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones]	2
Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	6
Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL][Prácticas]	4
Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	4
Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]	4
Pruebas de progreso [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]	1
Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	8
<b>Comentario:</b> Las fechas indicadas son orientativas	
<b>Tema 4 (de 4): Aplicaciones</b>	
<b>Actividades formativas</b>	<b>Horas</b>
Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]	2
Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL][Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones]	2
Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]	8
Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	6
Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL][Prácticas]	2
Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]	6
Pruebas de progreso [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]	1
Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	10
<b>Actividad global</b>	
<b>Actividades formativas</b>	<b>Suma horas</b>
Talleres o seminarios [PRESENCIAL][Resolución de ejercicios y problemas]	8
Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL][Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones]	8
Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]	8
Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]	20
Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	24
Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL][Prácticas]	8
Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	10
Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]	20
Tutorías individuales [PRESENCIAL][ ]	2
Pruebas de progreso [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]	4
Prueba final [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]	2
Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]	36
<b>Total horas: 150</b>	

**10. BIBLIOGRAFÍA, RECURSOS**

<b>Autor/es</b>	<b>Título/Enlace Web</b>	<b>Editorial</b>	<b>Población ISBN</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
-----------------	--------------------------	------------------	-----------------------	------------	--------------------

	Centro Nacional del Hidrógeno y Pilas de Combustible www.cnehtpc.es			Página web
	Plataforma Española del Hidrógeno y Pilas de Combustible www.ptehpc.org			Página web
A. Züttel, A. Borgschulte and L. Schlapbach	Hydrogen as a Future Energy Carrier	Wiley & Sons		2008
D. Linden	Handbook of Batteries	McGraw Hill		2019
E.G. Technical Services Inc.	Fuel Cell Handbook	U.S. Department of Energy		2004
	<a href="http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/834188/834188.pdf">http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/834188/834188.pdf</a>			
G. Hoogers	Fuel Cell Technology Handbook	CRC Press		2003
J. Canales-Vázquez & J.C. Ruiz-Morales	Fuel Cells in "Materials for Sustainable Energy Applications. Conversion, Storage, Transmission and Consumption"	Pan Stanford Publishing	9789814411813	2016
A. León	Hydrogen Technology	Springer	978-3-642-09785-0	2008
J. Larminie and A. Dicks	Fuel Cells Systems Explained	John Wiley & Sons		2003
R. O'Hayre, S-W. Cha, W. Colella and F.B. Prinz	Fuel Cell Fundamentals	Wiley & Sons	978-0-470-25843-9	2009
S. Supramaniam	Fuel Cells: From Fundamentals to Applications	Springerlink (1st Edition)		2006
Varios Autores	Pilas de Combustible de Óxido Sólido	CCPC (2ª Edición)	978-84-7926-567-0	2008
	Asociación Española del Hidrógeno www.aeh2.org			Página web
VVAA	Energía: Desarrollos Tecnológicos en la Protección Medioambiental	Thomson Reuters	978-84-470-3806-0	2011