



PLAN ESTRATÉGICO 2019-2022

Revisión Líneas Estratégicas 2019-2020

**CENTRO NACIONAL
DE EXPERIMENTACIÓN DE
TECNOLOGÍAS DE HIDRÓGENO
Y PILAS DE COMBUSTIBLE**



Esta publicación ha sido elaborada por el **Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible (CNH2)**.

El CNH2 posee en propiedad el original de este documento. Las copias que de este se suministren, tiene carácter confidencial y no podrán ser utilizadas para fines diferentes a aquellos para los cuales son facilitadas, ni tampoco podrán ser reproducidas sin la autorización del CNH2.

Cualquier persona, aparte de las autorizadas, que encuentre este documento, deberá enviarlo en sobre cerrado a: Prolongación Fernando El Santo, s/n, 13500 Puertollano (Ciudad Real).

Cualquier reproducción parcial o total de la presente publicación debe contar con la aprobación escrita del CNH2.

Editado por:

Centro Nacional del Hidrógeno

Prolongación Fernando el Santo, s/n
13500 PUERTOLLANO (Ciudad Real)

Tel.: +34 926 420 682

Fax: +34 926 670 507

E-mail: info@cnh2.es

www.cnh2.es

Puertollano, Diciembre de 2020



ÍNDICE

1. LINEAS ESTRATÉGICAS 2019-2022.....	2
1.1. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO	2
1.2. ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO.....	12
1.3. TRANSFORMACIÓN DE HIDRÓGENO	17
1.4. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES EN OPERACIÓN.....	27
1.5. NORMATIVA, CERTIFICACIÓN Y SEGURIDAD	34
1.6. IMPLANTACIÓN TECNOLÓGICA.....	39
2. INDICADORES DE SEGUIMIENTO DEL PLAN ESTRATÉGICO.....	48
3. ANEXOS.....	51
3.1. LISTADO DE PROPUESTAS DE PROYECTOS PENDIENTES DE RESOLUCIÓN A DICIEMBRE DE 2020 ...	51
3.2. LISTADO DE PROYECTOS EN EJECUCIÓN EN EL PERIODO 2019-2020.....	52



1. LINEAS ESTRATÉGICAS 2019-2022

Para alcanzar sus objetivos, el CNH2 estableció en su Plan Estratégico una líneas estratégicas de I+D+i 2019-2022 que son la base de desarrollo de sus líneas de investigación, actividades tanto externas como internas, así como la capacidad de sus laboratorios. A continuación, se desglosan y describen el estado de cada una de las líneas estratégicas a diciembre de 2020, así como la revisión y actualización de las mismas realizada tanto internamente como externamente a través del Comité Científico Técnico Asesor (CCTA).

1.1. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

La línea estratégica de Producción de Hidrógeno, se centra, principalmente, en la electrólisis del agua mediante tecnología alcalina (tanto a través de electrolito líquido, como AEM), membranas de intercambio protónico (PEM) y electrólisis de óxido sólido (SO), así como en otros mecanismos de producción de hidrógeno basados en procesos biológicos y revalorización de residuos.

Esta línea estratégica incorpora las siguientes capacidades, líneas de trabajo y objetivos:

- Desarrollo de modelos electroquímicos, térmicos y fluidodinámicos mediante simulación CFD (*Computational Fluid Dynamics*) de componentes, celdas, stacks y sistemas auxiliares para la producción de hidrógeno.
- Desarrollo, fabricación, escalado y mejora de componentes, celdas y stacks para la producción de hidrógeno. Desarrollo y utilización de nuevos materiales y catalizadores para aumentar durabilidad y reducir costes.
- Caracterización físico-química de materiales y componentes.
- Testeo y experimentación de componentes, celdas, stacks y sistemas para la producción de hidrógeno. Caracterización electroquímica y fluidodinámica.
- Desarrollo de bancos de ensayos e instalaciones para el testeo de monoceldas, stacks y sistemas para la electrólisis del agua.
- Optimización y mejora del balance de planta (BoP) y sistemas auxiliares para la producción de hidrógeno mediante electrólisis del agua.
- Definición de protocolos de ensayos de larga duración y vida acelerada para la determinación de la durabilidad y fiabilidad de celdas, stacks y sistemas de electrólisis. Estudio de los mecanismos de degradación.
- Desarrollo de electrónica de potencia y control para la gestión eficiente de electrolizadores. Optimización para su uso con energías renovables.
- Desarrollo, modelado y testeo de componentes y sistemas de purificación, para la mejora de la calidad del hidrógeno producido.
- Modelado y simulación de sistemas de electrólisis mediante simulador de flujos para el dimensionamiento, optimización y escalado de plantas de electrólisis.
- Estudios de viabilidad técnico-económica de diferentes procesos de producción de hidrógeno.
- Testeo de tecnologías de producción de hidrógeno mediante reformado de gas natural convencional o sintético para su posterior introducción en sistemas estacionarios fundamentalmente como microrredes o hidrogeneras.
- Testeo de tecnologías de producción de hidrógeno mediante gasificación o pirolisis de biomasa o residuos para su posterior uso en diferentes industrias o aplicaciones como microrredes o hidrogeneras.



Producción de hidrógeno mediante electrólisis a baja temperatura

Tabla 1. Estado de ejecución en el periodo 2019-2020 de la línea estratégica de producción de hidrógeno a baja temperatura

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
<p>PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO MEDIANTE ELECTRÓLISIS A BAJA TEMPERATURA</p>	<p>Desarrollo, fabricación, escalado y mejora de componentes</p>	<p>ALTA</p>	<p>TRL 3 a 5</p>	<p>Mejora del electrolito y geometría en celdas AWE. Selección y validación de materiales y diseños para PEMWE</p>	<p>Prototipos diseñados, ensamblados y validados. Optimización de las condiciones de operación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO INCORPORAPEME (2019-2020): <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019): Desarrollo de nuevos métodos de fabricación de electrodos. ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Evaluación de nuevos materiales catalíticos para HER en PEMWE: sulfuros de hierro. Definición de tamaño de partícula y caracterización superficial de polvos. ✓ TRABAJO TUTELADO (2018-2020): Trabajador dentro de la convocatoria concedida de Empleo Joven dentro del Laboratorio Tecnología PEM, Investigación y Escalado: Área de Electrólisis PEM. • ACTIVIDAD EN COLABORACIÓN (2019-2020); Fabricación y testeo de placas bipolares (PEMWE) y electrodos (AWE) con tecnologías alternativas al mecanizado convencional (fabricación aditiva), en colaboración con diferentes empresas y centros tecnológicos. • PROYECTO EXTERNO ENHIGMA (2019-2020) <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Diseño y fabricación de placas bipolares optimizadas en cuanto a diseño y materiales/recubrimientos. ✓ ACTIVIDAD (2020): Ensamblado y testeo de un stack de electrólisis PEM de 500 W de bajo coste y alto rendimiento. ✓ ACTIVIDAD (2020): Se están evaluando los trámites necesarios para realizar la protección industrial de los resultados obtenidos a través de una patente. • TRABAJO TUTELADO (2019): Estancia de investigación IPN-México: (Roberto Moreno). Optimización sellado de celdas PEM y ensayos de nuevos materiales de sellado. • TRABAJO TUTELADO (2019): Estancia de investigación IPN-México: (Ulises Maza). Mejora del rendimiento en AWE mediante el uso de activadores iónicos. • TRABAJO TUTELADO (2020): Estancia ETSII-UCLM (Daniel Rodríguez). Mejora del rendimiento en electrolizadores alcalinos mediante el uso de surfactantes. • PROPUESTA DE PROYECTO ALMAGENH2. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Participación en Congreso: "Recubrimientos avanzados sobre acero inoxidable 316L para placas bipolares en electrólisis PEM". N. Rojas, J. Oviedo, G. Sevilla, M. Sánchez-Molina, E. Amores, J. Esparza, E. Almandoz, M. Cruz. IBERCONAPPICE. Madrid (España), Octubre 2019.



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
						<ul style="list-style-type: none"> • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Participación en Congreso: "Fabricación aditiva de placas bipolares para PEM". M. Sánchez-Molina, E. Amores, N. Rojas, G. Sevilla. IBERCONAPPICE. Madrid, Octubre 2019. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Participación en Congreso: "Experimental characterization of the clamping and pressure distribution in a PEM electrolyzer: gasket materials and bolt torques". R. Moreno Soriano, N. Rojas, E. Nieto, R. González-Huerta, J. Sandoval-Pineda. International Congress of the Mexican Hydrogen Society. Oaxaca, México 2020. • PROPUESTA DE PROYECTO GEOSOLAR GREEN H2 INFINITY. • PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Fabricación, ensamblaje, acondicionamiento, caracterización electroquímica y procesamiento de datos de conjuntos membrana electrodo evaluados en monoceldas de dispositivos PEM.
	Diseño, ensamblado, caracterización y optimización de componentes, celdas y stacks	ALTA	TRL 5 a 7			<ul style="list-style-type: none"> • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Artículo publicado: "Simple and precise approach for determination of ohmic contribution of diaphragms in alkaline water electrolysis". J. Rodríguez, S. Palmas, M. Sánchez-Molina, E. Amores, L. Mais, R. Campana. Membranes 2019, 9:129-138. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Artículo enviado: "Additive manufacturing of bipolar plates for hydrogen production by PEM water electrolysis". M. Sánchez-Molina, E. Amores, N. Rojas, M. Kunowsky. Additive Manufacturing 2020.
	Desarrollo, ensamblado y testeo de celdas de electrólisis AEM (membrana de intercambio aniónico)	ALTA	TRL 4 a 7	Selección y testeo de nuevos componentes para AEM	Diseño realizado, ensamblado y validado en banco de ensayos	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2020): Se ha equipado el Laboratorio de Electrólisis Alcalina con celdas AEM para la caracterización de nuevas membranas y estudios de condiciones de operación. • PROPUESTA DE PROYECTO TRE-FUELS (2020). • PROPUESTA DE PROYECTO SUCAT (2020).
	Desarrollo de modelos matemáticos mediante el uso de herramientas de simulación CFD	ALTA	TRL 4 a 7	Modelos 3D a nivel de celdas de electrólisis desarrollados y validados	Integración de modelos en sistemas transitorios y aplicaciones basadas en EERR	<ul style="list-style-type: none"> • TRABAJO TUTELADO (2019): Estancia de investigación IPN-México: (Ulises Maza). <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD: Desarrollo de un modelo que permite describir la curva VI de una celda de electrólisis alcalina con el uso de activadores iónicos. • PROYECTO EXTERNO ENHIGMA: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Evaluación de diferentes alternativas de diseño de placas bipolares de electrólisis PEM mediante simulación CFD. ✓ ACTIVIDAD (2019): Establecimiento de una metodología de cálculo para optimizar la distribución de flujo a lo largo de los canales. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Artículo publicado: "Generating hydrogen for energy storage". E. Amores. ANSYS Advantage 2019, 2: 20-23.



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Desarrollo de bancos de ensayos e instalaciones para el testeo de celdas, stacks y sistemas de electrólisis	ALTA	TRL 5 a 7	Desarrollo y optimización de una instalación de testeo para sistemas de electrólisis en aplicaciones marinas	Ampliación y mejora de las capacidades de testeo de electrólisis	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO SHIPS4BLUE: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Preparación de una instalación de ensayo para analizar la influencia de la composición del agua de mar sobre el rendimiento de una celda AWE y el comportamiento de los materiales ante condiciones marinas. ✓ ACTIVIDAD (2019): Desarrollo de una instalación experimental para determinar la influencia que tienen los movimientos de una embarcación sobre celdas y sistemas de electrólisis alcalina. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO CPV4H2. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Participación en Congreso: <i>"The effect of the ship motion on the performance of alkaline water electrolysis"</i>. E. Amores, M. Sánchez, J. Ortega. ICE 2019. Loen (Noruega), Junio 2019. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Participación en Congreso: <i>"Efecto de la composición del agua de mar en la electrólisis alcalina para la producción de hidrógeno en aplicaciones off-shore"</i>. E. Amores, M. Sánchez, M. Sánchez-Molina, G. Sevilla, J. Ortega. IBERCONAPPICE 2019. Madrid (España), Octubre 2019. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Artículo enviado: <i>"Influence of the marine environmental conditions on alkaline water electrolysis for hydrogen production"</i>. E. Amores, M. Sánchez-Molina, M. Sánchez. Renewable Energy. • PROYECTO INTERNO DESPEGHA4: <ul style="list-style-type: none"> ✓ TRABAJO TUTELADO (2019): Estancia de investigación IPN-México (Valeria Juárez). ✓ Ampliación/optimización del banco de ensayos de 15 kW, para analizar la influencia del caudal de electrolito en el comportamiento de stacks de electrólisis alcalina • PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Convocatoria <i>Innovation Fund "Kaminoan Project-Green Hydrogen and Solar Electricity Production Hybrid Plant (KMNN)</i>. • PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Convocatoria <i>Innovation Fund</i>, Planta de hidrógeno verde para uso industrial en Puertollano.



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Optimización y mejora de balances de planta (BoP) y sistemas auxiliares	ALTA	TRL 7 a 8	Desarrollo y validación experimental de un modelo para la simulación, optimización y escalado de BoP de plantas de electrólisis	Diseño de un balance de planta optimizado de un sistema de electrólisis alcalina. Validación experimental	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO ENHIGMA: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Optimización de BoP del banco de ensayos PEMWE: medida y control de temperatura de operación. • PROYECTO EXTERNO MACBETH • PROYECTO INTERNO DESPEGHA3: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Modelo estacionario de una planta de electrólisis alcalina en Aspen Plus con el objetivo de tener una herramienta para el estudio, diseño y optimización de sistemas AWE. • PROPUESTA DE PROYECTO ALMAGEN H2 (2020) • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Participación en Congreso: "Aspen Plus model to simulate an alkaline electrolysis plant". M. Sánchez, E. Amores, D. Abad, L. Rodríguez, C. Clemente-Jul. ICE 2019. Loen (Noruega), Junio 2019. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Participación en Congreso: "Development and experimental validation of a model to simulate an alkaline electrolysis system for production of hydrogen powered by renewable energy sources". M. Sánchez, E. Amores, D. Abad, C. Clemente-Jul, L. Rodríguez. SEAHF. Madrid, 2019. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Artículo publicado: "Aspen Plus model of an alkaline electrolysis system for hydrogen production". M. Sánchez, E. Amores, D. Abad, L. Rodríguez, C. Clemente-Jul. International Journal of Hydrogen Energy 2020, 45(7): 3916-3929. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA: Capítulo publicado: "Renewable hydrogen production by water electrolysis". E. Amores, M. Sánchez, N. Rojas, M. Sánchez-Molina. En: Sustainable Fuel Technologies Handbook. Editores: S. Dutta, C. M. Hussain. Londres: Academic Press (ELSEVIER); 2021, p. 271-313. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Tesis Doctoral: "Desarrollo y validación de un modelo de sistemas de electrólisis alcalina para la producción de hidrógeno a partir de energías renovables". Mónica Sánchez. Directores: M^a Carmen Clemente-Jul, Lourdes Rodríguez. Universidad Politécnica de Madrid 2020.
	Desarrollo, modelado y testeo de sistemas de purificación de hidrógeno producido vía electrólisis	MEDIA	TRL 4 a 7	Diseño de un sistema de purificación basado en reactor de-oxo con tecnología propia	Prototipo fabricado y validado experimentalmente	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO DESPEGHA4 (2019-2020): <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Desarrollo de modelos matemáticos mediante software CFD para evaluar la eficacia de separadores líquido-gas en la pureza de los gases generados (HTO, OTH) en sistemas de electrólisis alcalina, según las condiciones de operación usadas.



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Definición de protocolos de ensayo de larga duración y vida acelerada. Estudio de mecanismos de degradación	ALTA	No aplica TRL	Planes de ensayos y procedimientos desarrollados y validados	Determinación de mecanismos de degradación. Incremento de la durabilidad. Mejora de la velocidad de arranque	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO ENHIGMA: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Desarrollo de protocolos de acondicionamiento para electrólisis PEM. ✓ ACTIVIDAD (2020): Desarrollo de protocolos AST para evaluación de placas bipolares en electrólisis PEM: definición de ensayos basados en curvas de polarización, ensayos de corriente continua y de ciclos de corriente. ✓ ACTIVIDAD (2020): Definición de ensayos de degradación de membranas (PEM) a través de la determinación de fluoruros. ✓ ACTIVIDAD (2020): Estudio de mecanismos de degradación ex-situ con evaluación de cambios de pH.
	Desarrollo de electrónica de potencia y control para la gestión eficiente de electrolizadores. Optimización para su uso con energías renovables	ALTA	TRL 4 a 6	Definición y estudio de arquitectura del convertidor	Desarrollo de prototipo	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO CUSTOMPOW: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2020): Se ha diseñado, fabricado y testeado una tarjeta colectora de corriente para monitorizar la distribución de intensidad que se produce en el cátodo de una celda de electrólisis alcalina • PROPUESTA DE PROYECTO ARTEMISA (2020). • TRABAJO TUTELADO (2019-2020): TFM (Luis José Camacho Parrilla) "Sistema para la medida de la distribución de corriente en celdas de electrólisis". Directores: Pedro L. Roncero, Carlos Merino. E.T.S. Ingenieros Industriales, UCLM 2020.

Producción de hidrógeno mediante electrólisis a alta temperatura

Tabla 2. Estado de ejecución en 2019-2020 de la línea estratégica de producción de hidrógeno mediante electrólisis a alta temperatura

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO MEDIANTE ELECTRÓLISIS A ALTA TEMPERATURA	Desarrollo y utilización de nuevos materiales y catalizadores para aumentar durabilidad y reducir costes	ALTA	TRL 1 a 4	Desarrollo de catalizadores nano-estructurados (nano-particulados) a escala de laboratorio	Implementación en monoceldas SOEC	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO PRIOXIS: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Se ha implementado con éxito la producción a nivel de laboratorio de síntesis por electrohilado de compuestos nanoestructurados de diferente naturaleza, así como métodos de síntesis por combustión para materiales nanoestructurados que formarán parte de los sistemas SOEC. ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Artículo publicado: <i>"Uso de multiinyector para electro-hilado de fibras cerámicas en aplicaciones energéticas"</i>. R Campana, G Sevilla, C Herradón, A Larrañaga, J Rodríguez. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio 2019, 58 (6): 238-24
	Desarrollo y escalado de procesos de fabricación de componentes, celdas y stacks para la producción de hidrógeno mediante electrólisis a alta temperatura. Implementación de nuevas técnicas de fabricación	ALTA	TRL 1 a 4	Fabricación de monoceldas con procesos de fabricación de alta productividad	Fabricación de stacks de baja potencia empleando técnicas industrialmente escalables	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO AGROSOFC-CIM&3D: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Se han desarrollado e implementado técnicas de manufactura avanzada (PIM, 3D) para la fabricación de componentes SOEC.
	Caracterización físico-química, electroquímica y fluidodinámica de componentes y dispositivos	ALTA	TRL 1 a 4	Caracterización completa a nivel de monoceldas	Caracterización electroquímica de pequeños stacks	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO PRIOXIS y EXTERNO AGROSOFC: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019 y 2020): Se está trabajando en la caracterización físico-química de monoceldas SOEC. ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Artículo publicado: <i>"SOFC cathodic layers using wet powder spraying technique with self synthesized nanopowders"</i>. A. Wain-Martin, A. Morán-Ruiz, M.A. Laguna-Bercero, R. Campana, A. Larrañaga, P.R. Slater, M.I. Arriortua. International Journal of Hydrogen Energy 2019, 44 (14):7555-7563.



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Ensayos de larga duración y estudio de mecanismos de degradación de dispositivos y componentes	ALTA	TRL 1 a 4	Ensayos SOEC de más de 100h	Ensayos SOEC de más de 500h	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2020): Desarrollo de protocolos de ensayos de stacks de tecnología de óxido sólido: curva de polarización, ciclos térmicos, ensayos de larga duración, corriente fija, corriente variable.
	Desarrollo de celdas, stacks y sistemas con geometrías mejoradas para aumentar durabilidad	ALTA	TRL 1 a 4	Diseño conceptual de geometrías mejoradas	Fabricación de piezas cerámicas y metálicas con geometrías mejoradas	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO AGROSOFC: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Diseño conceptual de un nuevo sistema con geometría mejorada. Actualmente se está llevando a cabo la actividad de prospección de patentes
	Desarrollo de modelos mediante simulación CFD para celdas SOEC. Diseño y optimización de componentes	MEDIA	TRL 4 a 5	Primeros modelos desarrollados para optimización geométrica	Modelo 3D validado a escala laboratorio según diseño SOEC	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2020): Se han comenzado a desarrollar modelos para evaluar la distribución de flujo en interconectores planos para SOEC.
	Desarrollo de bancos de ensayos e instalaciones para el testeo de componentes, monoceldas y stacks de electrólisis SOEC	MEDIO	TRL 1 a 4	Desarrollo de hardware cerámico propio para medidas de larga duración monoceldas. Participación en un proyecto de desarrollo de un banco de ensayos SOEC de baja potencia	Desarrollo de hardware propio para medida de pequeños stacks	<ul style="list-style-type: none"> • PRESTACIÓN DE SERVICIO (SOTACARBO) (2019): Se ha desarrollado el diseño e ingeniería de un BoP para un stack de electrólisis de óxido sólido de 1 kW. • PROYECTO INTERNO MODASOEC (2019-2020): <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se ha trabajado en el desarrollo (y posterior validación a partir de datos bibliográficos) de un modelo estacionario en Aspen Plus, para simular y optimizar el BoP de electrolizadores a alta temperatura, así como para su integración térmica con otros procesos químicos • PROYECTO EXTERNO ARENHA (2019). • PROPUESTA DE PROYECTO CRISALIDA (2020)
	Optimización de la tecnología SOEC para su uso con energías renovables	ALTA	TRL 1 a 4	Operación de monoceldas SOEC simulando conexión a renovables	Operación de pequeños stacks SOEC simulando conexión a renovables	<ul style="list-style-type: none"> • PROPUESTA DE PROYECTO BLUESOLAR (2020)

Producción de hidrógeno renovable distinta a la electrólisis y procesos biológicos

Tabla 3. Estado de ejecución en 2019-2020 de la línea estratégica de producción de hidrógeno renovable distinta a la electrólisis y procesos biológicos

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO MEDIANTE PROCESOS BIOLÓGICOS Y REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS	Producción de hidrógeno por fermentación oscura	MEDIA	TRL 4	Estudio experimental de la potencialidad de diferentes residuos para la producción de bio-H ₂	Construcción de fermentador de escala media. Metodología de fermentación oscura y caracterización de productos.	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO BIOFAR: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Se han analizado las características y propiedades de partida de diferentes residuos procedentes de la industria agroalimentaria para la producción de H₂ por fermentación oscura. • PROYECTO INTERNO BIOH₂: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2020): Se han realizado ensayos de biodegradabilidad en diferentes sustratos agroindustriales para determinar la cantidad específica de hidrógeno que puede ser generado. ✓ ACTIVIDAD (2020): Se ha realizado un estudio de diferentes pre-tratamientos para la adecuación del <i>feedstock</i>, con el objetivo de aumentar la producción de hidrógeno de diferentes sustratos. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Participación en Congreso: "Agro-food industry waste for Bio-Hydrogen production by dark fermentation". G. Sevilla, J. Rodríguez. Bioenergy Congress and Expo. Londres (UK), Junio 2019. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Participación en Congreso: "Dark fermentation for hydrogen production using agro-food industry waste". G. Sevilla, J. Rodríguez. 2nd International Conference on Environmental Sustainability and Climate Change. Roma (Italia), Agosto 2020.
	Producción de hidrógeno por electrólisis microbiana a partir de aguas residuales procedentes de diferentes industrias	MEDIA	TRL 1 a 3	Caracterización de diferentes materiales para cátodos. Metodología de aclimatación de bio-ánodo	Fabricación de dispositivo MEC de baja potencia.	<ul style="list-style-type: none"> • TRABAJO TUTELADO (2019): Estancia de investigación UAB (Albert Guisasola): <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD (2019): Se han caracterizado diferentes cátodos fabricados por las siguientes metodologías: Brush Casting, Tape Casting, spray, electro-spray. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Participación en Congreso: "Characterization and optimization of cathodes for bioelectrochemical hydrogen production". P. Sánchez-Peña, J. Rodríguez, J. Baeza, D. Gabriel, M. Baeza, A. Guisasola. Congreso YWP. Madrid (España), Noviembre 2019. • ACTIVIDAD INTERNA (2020): Fabricación de cátodos de baja carga de Pt mediante técnicas de spray y electrospray. Evaluación de estos componentes en celdas de electrólisis microbiana para la producción de hidrógeno.



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
						<ul style="list-style-type: none">• COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Participación en Webinar sobre avances recientes en las tecnologías electroquímicas microbianas (procesos de transferencia electrónica extracelular, diseño de sistemas bioelectroquímicos, materiales electródicos, etc). J. Rodríguez. 1st ISMET Virtual Meeting 2020, Octubre 2020
	Producción de hidrógeno mediante la electrólisis de alcoholes	BAJA	TRL 3 a 5	Ensayos realizados a escala de laboratorio con diferentes tipos de alcoholes	Participación en un proyecto sobre electrólisis de alcoholes	<ul style="list-style-type: none">• COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Artículo publicado: <i>"Electrochemical reforming of ethanol in a membrane-less reactor configuration"</i>. E. Ruiz-López, E. Amores, A. R. de la Osa, F. Dorado, A. de Lucas-Consuegra. Chemical Engineering Journal 2020, 379:122289-122296.• COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Participación en Congreso: <i>"Producción sostenible de hidrógeno mediante reformado electroquímico de etanol sin membrana"</i>. E. Ruiz-López, E. Amores, F. Dorado, A. de Lucas-Consuegra. SECAT 2019. Córdoba (España), Junio 2019.



1.2. ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO

La línea estratégica de almacenamiento y distribución de hidrógeno se centra, principalmente, en las tecnologías de almacenamiento de hidrógeno a alta presión y en la línea de *Power to X*.

Dentro de esta línea estratégica se han definido los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollo y validación de modelos termofluidodinámicos de conducciones y depósitos de almacenamiento de hidrógeno.
- Testeo de depósitos y sistemas de almacenamiento de hidrógeno a alta presión enfocados, especialmente, a la ejecución de ensayos no destructivos entre los que se encuentran pruebas hidráulicas y análisis de fugas y/o de permeación.
- Desarrollo de recipientes tipo III y tipo IV para hidrogeneras.
- Desarrollo, validación y homologación de estaciones de repostaje de hidrógeno. Participación en el desarrollo de normativa relativa a éstas.
- Almacenamiento químico de hidrógeno (*energy carriers*).
- Desarrollo de sistemas *Power to X*, de origen renovable.

Tras la revisión realizada por el CCTA, se propone añadir las siguientes líneas:

- Análisis y evaluación de la red actual del gas natural para incorporar un porcentaje de hidrógeno (transposición de normativa europea). *Se abordará a nivel teórico al no disponer actualmente de infraestructuras necesarias para desarrollar pruebas experimentales.*
- Análisis y evaluación de los dispositivos de consumo final de gas natural para poder operar con mezclas de gas natural e hidrógeno (*enriched methane/blended gas*). *Se abordará a nivel teórico al no disponer actualmente de infraestructuras necesarias para desarrollar pruebas experimentales.*
- Evaluación y demostración de almacenamiento de hidrógeno en hidruros y nanotubos de carbono. *Se desarrollará a nivel teórico y demostrativo el almacenamiento en hidruros, pero en lo relativo al almacenamiento en nanotubos de carbono sólo se abordará teóricamente al no disponer actualmente de infraestructuras necesarias para desarrollar pruebas experimentales.*
- Evaluación y demostración de la utilización del amoníaco (*zerocarbon hydrogen carrier*) especialmente para descarbonizar los sistemas eléctricos aislados.
- Evaluación del almacenamiento estacional del hidrógeno para evitar "*renewable curtailment*" y acomodar la generación renovable a la demanda eléctrica.

Hidrógeno gas

Tabla 4. Desarrollo de la línea estratégica de almacenamiento y distribución de hidrógeno gas

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Hidrógeno gas	Desarrollo de sistemas de almacenamiento de hidrógeno gaseoso a diferentes presiones.	Alta	TRL6 a 8	Estudio tejido industrial potencial finalizado y conclusiones	Por determinar	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO USOS INDUSTRIALES DEL HIDRÓGENO. • PROPUESTA DE PROYECTO UES365 (2020). • PROPUESTA DE PROYECTO "Al-Sur" (2020).
	Testeo de comportamiento de materiales de recipientes y sistemas auxiliares para almacenamiento de hidrógeno.	Alta	TRL 2 a 3	Estudios de comportamiento de materiales	Testeo de comportamiento de materiales de recipiente a nivel investigación	<ul style="list-style-type: none"> • PRESTACIÓN DE SERVICIO (2019): Ensayos de presión neumática a unos recipientes para una empresa (1.880 € sin IVA). Unidad de Ingeniería Aplicada. • PROPUESTA DE PROYECTO SHINE-FLEET (2020). • PROPUESTA DE PROYECTO PROTIO (2020). • PROPUESTA DE PROYECTO CARAVANH2 (2020). • PROYECTO BAJO CONTRATO 9 / HYLOOP (2020): Inyección de hidrógeno en tubería de distribución de gas natural. • PROPUESTA DE PROYECTO MITOCHONDRIA (2020).
	Modelado térmico y fluidodinámico en conducciones y depósitos.	Media	TRL 5 a 6	Modelos desarrollados sobre distribución de temperaturas y presiones mediante simulación CFD	Incorporación de modelos mecánicos para analizar los efectos FSI (<i>fluid-structure-interaction</i>) que se producen	<ul style="list-style-type: none"> • PROPUESTA DE PROYECTO PROTIO (2020). • PROPUESTA DE PROYECTO ALMAGENH2 (2020).
	Desarrollo de sistemas de almacenamiento de hidrógeno gaseoso en hidruros metálicos y nanotubos de carbono.	Baja	TRL 5 a 6		Almacenamiento en hidruros metálicos en aplicaciones y estudios de almacenamiento en nanotubos de carbono.	Nueva línea a alcanzar en 2022.
	Modelado matemático de almacenamiento estacional del hidrógeno para evitar "renewable curtailment"	Media	TRL 7 a 8		Incorporación de modelos matemáticos que minimicen el "renewable curtailment", acomodando la generación renovable a la demanda eléctrica	Nueva línea a alcanzar en 2022. <ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO IMPROVEMENT • EDIFICIO DEMOSTRADOR (SEDE CNH2).

Energy Carriers

Tabla 5. Desarrollo de la línea estratégica de almacenamiento y distribución de Energy Carriers

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Energy carriers	Desarrollo y testeo de catalizadores y análisis de hidrógeno generado.	Alta	TRL 1 a 4	Establecer colaboraciones con grupos de síntesis de este tipo de catalizadores para la des-hidrogenación	Integración de hidrogeno generado con sistema de pila de combustible	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO ENERGY CARRIER. • PROYECTO EXTERNO HIDROAM.
	Testeo de sistemas de hidrogenación y deshidrogenación.	Alta	TRL 4 a 7	Testeo de sistemas de hidrogenación y deshidrogenación a pequeña escala.	Testeo de sistema de deshidrogenación a gran escala	<ul style="list-style-type: none"> • PROPUESTA DE PROYECTO ALMAGENH2 (2020) • TRABAJO TUTELADO (2020): Estancia en prácticas de UCLM. (Ana Caballeros) sobre la temática LOHCs, centrada en estudiar el estado del arte de la misma, centrándose principalmente en los procesos de deshidrogenación.
	Desarrollo de sistemas <i>power-to-liquid</i> como almacenamiento de hidrógeno. Se analizará la descarbonización de sistemas eléctricos aislados.	Alta	TRL 3 a 4	Participación proyecto HIDROAM (Producción de hidrógeno a partir de amoníaco utilizando catalizadores novedosos)	Pequeño reactor demostrador	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO ARENHA • PROYECTO EXTERNO HIDROAM: <ul style="list-style-type: none"> ✓ TRABAJO TUTELADO (2020): TFM de UCLM (Ricardo García-Carpintero) cuyo objetivo es realizar la simulación de la descomposición catalítica del amoníaco para obtener hidrógeno.
	Desarrollo de sistemas <i>power-to-gas</i> basados en la producción de gas natural sintético como almacenamiento y distribución de hidrógeno.	Alta	TRL 7 a 9	Estudios de viabilidad técnico-económica y recomendaciones técnicas para la implantación de estas infraestructuras en España.	Participación en un nuevo proyecto sobre <i>power-to-gas</i> basado en la producción de GNS para llevar a cabo un escalado de los hitos alcanzados en el proyecto RENOVAGAS	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Desarrollo de estudio técnico-económico en la Subgrupo 5 como coordinador de la TASK 38 de HIA de la AIE. Realización de <i>business-cases</i>. • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Análisis de normativa aplicable y estudio de ejecución de proyectos europeos e iniciativas de inyección en red de GNS. • PROYECTO BAJO CONTRATO 9/ HYLOOP (2020). Inyección de hidrógeno en tubería de distribución de gas natural. Desarrollo de la ingeniería de un anillo experimental para llevar a cabo estudios de diferentes componentes de la red gasística con mezclas gas natural e hidrógeno. • PRESTACIÓN DE SERVICIO (2019-2020). Desarrollo de la ingeniería de un sistema <i>Power to X</i> de origen renovables para dar soporte a una torre de telecomunicaciones. • PRESTACIÓN DE SERVICIO (2020): Estudio técnico-económico sobre la integración <i>Power to Gas</i> en una planta fotovoltaica de Salamanca.



Análisis teórico de la red actual de GN para incorporar un porcentaje de hidrógeno (transposición de la normativa europea.)	Alta				Participación en un nuevo proyecto sobre inyección de hidrógeno en la red actual de GN.	Nueva línea a alcanzar en 2022.
Análisis teórico de los dispositivos de consumo final de GN para poder operar con mezclas de GN e hidrógeno.	Alta				Publicación sobre la afección de los dispositivos de consumo final de GN para poder operar con mezclas de GN e hidrógeno.	Nueva línea a alcanzar en 2022.
Integración de plantas de <i>power-to-gas</i> con la infraestructura de gas natural ya disponible. Optimización de procesos.	Alta	TRL 3 a 4	Estudio de normativa de inyección de Gas Natural Sintético en la red existente.	Pequeño reactor demostrador	<ul style="list-style-type: none">• PROYECTO EXTERNO ARENHA.• PROYECTO EXTERNO HIDROAM.<ul style="list-style-type: none">✓ TRABAJO TUTELADO (2020): TFM de UCLM (Ricardo García-Carpintero) cuyo objetivo es realizar la simulación de la descomposición catalítica del amoniaco para obtener hidrógeno.	

Distribución de hidrógeno

Tabla 6. Desarrollo de la línea estratégica de almacenamiento y distribución de hidrógeno

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN 2020
Distribución de hidrógeno	Ampliación del almacenamiento hidrógeno a 200 bar	Alta	TRL 8 - 9	Presupuesto aprobado	Ampliación del almacenamiento a 200 bar	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO CONSOLIDACIÓN Y MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICO-TÉCNICA DEL CNH2 (2019-2020): <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Se ha sacado a licitación para la ampliación del almacenamiento del parque de almacenamiento del CNH2 a 200 bar con un semi-remolque. ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Se ha sacado a licitación para una hidrogenadora portable para vehículos ligeros y portables en el CNH2. • PROYECTO INTERNO H2REMOTION.
	Estructura móvil para puesta en marcha y validación de hidrogenadoras	Media	TRL 6 – 7	Prototipo de Estructura móvil para puesta en marcha y validación de hidrogenadoras. Se pospone a 2022.	Estructura móvil demostrativo y operando en condiciones reales para la puesta en marcha y validación de hidrogenadoras. Se pospone a 2024.	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Definición de las condiciones, calidad y seguridad de suministro de hidrógeno en hidrogenadoras.
	Desarrollo de una hidrogenadora móvil para el repostaje de vehículos	Media	TRL 6 – 7	Prototipo de hidrogenadora móvil para repostaje de vehículos eléctricos de pila de combustible	Hidrogenadora demostrativa operando en condiciones reales en diferentes localizaciones	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO H2PORTS: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019): Definición, ingeniería básica, HAZID de hidrogenadora portátil y definición y solicitud de presupuesto a empresas suministradoras. ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Desarrollo de la ingeniería de detalle y primeras adquisiciones de la futura hidrogenadora portátil en el Puerto marítimo de Valencia. • PROYECTO BAJO CONTRATO 8 (2020). Dimensionamiento de infraestructura de hidrógeno para autobuses. • PROPUESTA DE PROYECTO ARTEMISA (2020). • PROYECTO EXTERNO CONSOLIDACIÓN Y MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICO-TÉCNICA DEL CNH2: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Se ha sacado a licitación para una hidrogenadora portable a 700 bar.

1.3. TRANSFORMACIÓN DE HIDRÓGENO

La línea estratégica de transformación de hidrógeno se centra, principalmente, en las pilas de combustible de membrana polimérica de intercambio protónico (PEMFC) y en las pilas de óxido sólido (SOFC), sin olvidar otros desarrollos en fase menos avanzada en las que el hidrógeno actúe como vector energético a través de la producción de una energía distinta de la eléctrica.

Dentro de esta línea estratégica se han definido los siguientes objetivos específicos:

- Fabricación de componentes para pilas PEMFC, SOFC y MFC.
- Diseño, fabricación a pequeña escala, escalado y experimentación de monoceldas y stacks. Participación en la realización y ejecución de protocolos de ensayos estandarizados.
- Realización de ensayos a prototipos y equipos comerciales de pilas de combustible PEMFC de baja temperatura, atendiendo a la normativa aplicable, incluyendo ensayos de larga duración, vida acelerada, ciclos *on/off*, ciclos climáticos y ensayos con mesa vibratoria, con el objetivo de caracterizar y validar su funcionamiento. Elaboración de procedimientos y protocolos de ensayos específicos para las instalaciones disponibles en el CNH2, y utilizarlos como herramientas para ser organismo acreditado para certificar pilas de combustible.
- Caracterización electroquímica, físico-química y fluido-dinámica de componentes y dispositivos en todas sus fases de funcionamiento, así como de sus estados en reposo pre y post operación.
- Desarrollo y experimentación de protocolos de degradación acelerada de componentes y dispositivos. Estudios de mecanismo de degradación y propuesta de medidas correctivas.
- Desarrollo y validación de modelos electroquímicos, térmicos y fluidodinámicos mediante simulación CFD (Computational Fluid Dynamics) de pilas de combustible PEMFC y SOFC.
- Desarrollo, optimización y validación del control y la electrónica de potencia para balances de planta y sistemas auxiliares de sistemas de pila de combustible PEMFC, SOFC.
- Desarrollo de bancos de ensayo e instalaciones para el testeo de monoceldas, stacks, módulos y sistemas de pilas de combustible PEMFC y SOFC.

Tras la revisión realizada por el CCTA, se propone añadir la siguiente línea:

- Evaluación y ensayo de la utilización del hidrógeno en centrales de gas (*second life*). *Se abordará a nivel teórico al no disponer actualmente de infraestructuras necesarias para desarrollar pruebas experimentales.*

Pilas de combustible de Membrana Polimérica

Tabla 7. Desarrollo de la línea estratégica de transformación de hidrógeno PEM

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Transformación de hidrógeno mediante pilas de combustible de membrana polimérica	Desarrollo de procedimientos de ensayos específicos de acuerdo a las instalaciones disponibles en el CNH2.	Alta	TRL 5 – 5	Procedimientos de ensayos disponibles y validados con los bancos de ensayo del CNH2	Procedimientos optimizados a raíz del desarrollo de servicios en los que se utilicen.	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTOS INTERNOS (TESTAPEM; SHAKERPEM; CLIMAPEM) • TRABAJOS TUTELADOS (2019): Tutorización de 2 TFG's en los que se han elaborado esos procedimientos de ensayo. • TRABAJOS TUTELADOS (2020): TFG con la UCLM (Adrián Barragán (en ejecución)); (Alberto Gálvez Ruiz (finalizado)) sobre Pilas SOFC. • TRABAJOS TUTELADOS (2020): Prácticas externas UCLM (Alba María Chalán Merchán (finalizado)) sobre pilas SOFC y MFC.
	Experimentación / realización de ensayos de PEMFC con base a la norma UNE – EN 62282, incluyendo ensayos de degradación, vida acelerada, ciclos on/off, ensayos climáticos y ensayos vibratorios.	Alta	TRL 5 – 7	Servicios a empresas externas en los que se realicen estos ensayos	Servicios a empresas externas en los que se realicen estos ensayos con procedimientos optimizados	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTOS INTERNOS (TESTAPEM; SHAKERPEM; CLIMAPEM). • PRESTACIÓN DE SERVICIO (2020): Testeo y caracterización en detalle de una pila de combustible PEM de 1,2kW a instalar en aplicaciones móviles aéreas. • PRESTACIÓN DE SERVICIO (2020): Validación de procedimientos de ensayo en base a los aplicados en un servicio al cliente para el testeo y caracterización de una pila PEM de 100 kWe, de acuerdo a norma 62282-3-200 y otras.
	Estudio y análisis de los fenómenos térmicos, fluidodinámicos y térmicos en pilas de combustible PEMFC mediante simulación CFD, para el diseño de componentes y optimización de las condiciones de operación. Validación experimental	Alta	TRL 4-7	Modelos 3D desarrollados y validados según diseño PEMFC para optimizar componentes y geometría	Integración de modelos PEMFC en sistemas transitorios y aplicaciones basadas en EERR	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO LOWCOSTFC. • PROYECTO EXTERNO IDEAL. • PROYECTO INTERNO SIMVAPEM. <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Se está trabajando en la optimización del diseño de placas bipolares en PEMFC, mediante el uso de técnicas de visualización directa del flujo (colorimetría y sistema PIV) en una instalación de caracterización fluidodinámica desarrollada para este fin.



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Desarrollo de bancos de ensayos e instalaciones para el testeo de monoceldas, stacks y sistemas de pilas de combustible de membrana polimérica.	Alta	TRL 8	Bancos de ensayos disponibles para su comercialización, según especificaciones y requerimientos del cliente	Bancos de ensayos disponibles para su comercialización, según especificaciones y requerimientos del cliente	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO BAJO CONTRATO 1 (2019): Desarrollo de bancos de ensayos para sistemas de pilas PEM de alta potencia en relación a servicios contratados por empresas privadas externas. Empresa privada.
	Optimización y mejora de balances de planta (BoP) y sistemas auxiliares de las instalaciones y estaciones de testeo de pilas de combustible de membrana polimérica.	Alta	TRL 4- 7	Sistemas y subsistemas de los bancos de ensayo optimizados en todos sus aspectos	Sistemas y subsistemas de los bancos de ensayo optimizados en todos sus aspectos	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO BAJO CONTRATO (2020): De acuerdo a los procedimientos de ensayo actuales y a los servicios a clientes externos y sus requerimientos, se han ido elaborando y optimizando los BoPs de los bancos de ensayo y de las instalaciones de testeo y caracterización. Empresa privada.
	Sistemas de control hardware y software para BoP de Pila de Combustible PEMFC	Alta	TRL 4-7	Desarrollo de sistema de control embebido	Optimización del sistema de control embebido	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO BAJO CONTRATO (2020): De acuerdo a los procedimientos de ensayo actuales y a los servicios a clientes externos y sus requerimientos, se han ido elaborando y optimizando los BoPs de los bancos de ensayo y de las instalaciones de testeo y caracterización. Empresa privada.

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Control y SCADA's de bancos de ensayo para stacks, módulos y sistemas de pila de combustible PEM y plantas piloto	Alta	TRL 5-8	Desarrollo de sistemas de control según especificaciones del cliente	Optimización del desarrollo de sistemas de control según especificaciones del cliente	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO BAJO CONTRATO (2020): De acuerdo a los procedimientos de ensayo actuales y a los servicios a clientes externos y sus requerimientos, se han ido elaborando y optimizando los BoPs de los bancos de ensayo y de las instalaciones de testeo y caracterización. Empresa privada.
	Técnicas de monitorización in situ del estado de vida de pilas PEMFC	Alta	TRL 3-4	Desarrollo del algoritmo de procesado de señal. <i>Se pospone para 2022.</i>	Participar en Proyecto y/o Prestación en servicio	<i>Actuación aún no iniciada.</i>
	Estudio de los mecanismos de degradación de mono celdas y pequeños stacks sometidos a ensayos de durabilidad y envejecimiento acelerado.	Alta	TRL 4	Puesta en funcionamiento de ensayos de durabilidad y envejecimiento acelerado de monoceldas PEM.	Participar en Proyecto y/o Prestación en servicio	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Se ha trabajado en ensayos de durabilidad a tiempos cortos en monoceldas PEM con bajo contenido de platino y diferentes contenidos de Nafion. En la fabricación de los MEAs se han utilizado catalizadores desarrollados por centros de investigación nacionales y extranjeros con los cuales se colabora. • ACTIVIDAD CIENTÍFICA (2019): Trabajo presentado en Congreso: "Low Load Pt Catalyst with Surface Functionalised Carbon Supports for PEM Fuel Cells: Half and Full Cell Assessments" HYPOTHESIS XIV, APRIL 24-26, 2019 – Foz do Iguaçu (Brazil).

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Estudio de la conductividad longitudinal y transversal de membranas poliméricas modificadas	Media	TRL 4	Puesta en funcionamiento de estación para medidas de conductividad transversal de membranas. Se <i>postpone para 2022</i> .	Participar en proyecto y/o Prestación en servicio	<i>Actuación aún no iniciada.</i>
	Reducción de la cantidad de catalizador mediante el uso de diferentes técnicas de fabricación de la capa catalítica.	Alta	TRL 4	Adquisición y puesta en funcionamiento de un dispositivo para depositar capas catalíticas delgadas, uniformes y de alta eficacia.	Participar en proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO LOWCOSTFC (2019) • PROYECTO INTERNO MOVIPEM (2019). • PUBLICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Dos trabajos presentados en Congreso: "Estudio de la influencia del contenido Nafion/C en el funcionamiento electroquímico de monoceldas PEM con carga ultra-baja de platino", "Influencia del gas oxidante en el funcionamiento de una monocelda PEM con carga ultra-baja de platino", CIBIQ 1er Congreso Iberoamericano de Ingeniería Química, Santander 19-21 June 2019. • PUBLICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Artículo aceptado. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.200.03.114: "Study of the influence of Nafion / Composition on electrochemical performance of PEM single cells with ultra-low platinum load", International Journal of Hydrogen.



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Realización de ensayos en monoceldas PEM de alta temperatura (HTPEMFC)	Alta	TRL 4	Instalación y puesta en funcionamiento de un sistema de suministro de gases y medidas electroquímicas para HTPEMFC. Se pospone para 2022.	Participar en proyecto	<i>Actuación aún no iniciada.</i>
	Simulación del hidrógeno en centrales de gas (<i>second life</i>)	Media	TRL 5		Modelado matemático del uso de hidrógeno en centrales de gas	<i>Nueva línea a alcanzar en 2022.</i>

Pilas de combustible de Óxido Sólido

Tabla 8. Desarrollo de la línea estratégica de transformación de hidrógeno SOFC

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Transformación de hidrógeno mediante pilas de combustible de óxido Sólido de alta temperatura	Desarrollo y utilización de nuevos materiales y catalizadores para aumentar durabilidad y reducir costes.	Alta	TRL1-4	Desarrollo de catalizadores nano-estructurados (nano-particulados) a escala de laboratorio	Implementación en monoceldas SOFC	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Se han implementado técnicas de síntesis avanzada para la síntesis de electrodos mejorados (electrohilado, combustión).
	Desarrollo y escalado de procesos de fabricación de componentes, celdas y stacks.	Alta	TRL 4	Fabricación de monoceldas con procesos de fabricación de alta productividad	Fabricación de stacks de baja potencia empleando técnicas industrialmente escalables	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Se ha implementado la técnica de colado en cinta para escalar los procesos de fabricación de celdas y componentes SOFC • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Trabajo EFC19. "Fabrication and characterization of a planar Solid Oxide Fuel Cell by tape casting and spraying techniques" • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Artículo enviado (BSECV) pendiente de aceptación final, minor revisions: "Synthesis and processing of SOFC components for the fabrication and characterization of anode supported cells". • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Preparación de artículo para enviar: "FFF for anode supported SOFC development: towards advanced, scalable and cost-competitive energetic systems". • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Congreso HITESEA (2 presentaciones orales) "Manufacturing scalable SOFCs via tape casting and wet powder spraying" & "SOFC development using 3D printing" 29 y 30/01/2020. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Feria Cevisama (1 presentación oral) "Ceramic activities at CNH2" 5/02/2020. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Congreso SECV (2 presentaciones, este mes, orales) "Pilas de combustible de oxidó sólido fabricadas a partir de técnicas de manufactura avanzada" & "Optimización microestructural de soportes obtenidos por MA&CIM para su posterior impregnación con precursores catalíticos" 27 y 28/10/2020.



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Caracterización físico-química, electroquímica y fluidodinámica de componentes y dispositivos.	Alta		Caracterización completa a nivel de monoceldas	Caracterización electroquímica de pequeños stacks	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO PRIOXIS: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019): Se ha trabajado en la caracterización físico-química y electroquímica de celdas y componentes SOFC, ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Artículo aprobado IJHE "Study of the influences of Nafion/C composition on electrochemical performance of PEM single cells with ultra-low platinum load".
	Ensayos de larga duración y estudio de mecanismos de degradación.	Alta		Ensayos SOFC de más de 200h	Ensayos SOFC de más de 1000h	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO PRIOXIS: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019): Se ha trabajado en ensayos de degradación (100h). • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Artículo en preparación "Processing of self-synthesized electrocatalytic compounds for SOFC fabrication and characterization electrocatalytic compounds"
	Desarrollo de celdas, stacks y sistemas con geometrías mejoradas para aumentar durabilidad	Alta		Diseño conceptual de geometrías mejoradas	Fabricación de piezas cerámicas y metálicas con geometrías mejoradas	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO AGROSOFC: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019): Se está trabajando en el desarrollo de nuevos diseños de stacks SOFC, prospección de patentes.
	Implementación de nuevas técnicas de fabricación de componentes.	Alta		Desarrollo de filamentos cerámicos y metálicos para 3D	Fabricación de componentes metálicos y cerámicos por 3D	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTOS EXTERNOS TRACA Y AGROSOFC: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019): Se ha trabajado en el desarrollo de celdas y componentes empleando técnicas de manufactura avanzada (3D, PIM). • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): "Complex geometry SOFC development by AM technology. Viscosity evaluation of feedstocks to produce zirconia parts with controlled porosity by CIM for SOFC devices exploring advanced manufacturing. Technologies for anode-electrolyte architectures in SOFC applications."
	Desarrollo de hardware para realización de medidas especiales	Alta		Desarrollo de Hardware cerámico propio para medidas de larga duración monoceldas	Desarrollo de hardware propio para medida de pequeños stacks	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Se está trabajando en el desarrollo de hardware cerámico para la evaluación de componentes SOFC a largos tiempos.

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Estudio y análisis de los fenómenos térmicos, fluidodinámicos y térmicos en pilas de combustible SOFC mediante simulación CFD, para el diseño de componentes y optimización de las condiciones de operación. Validación experimental.	Media	TRL 3-5	Participación en un proyecto sobre modelado CFD de pilas SOFC	Modelo 3D desarrollado y validado según diseño SOFC para optimizar geometría	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2020): Se han comenzado a desarrollar modelos CFD sobre la distribución de flujo en interconectores planos para SOFC.
	Desarrollo de bancos de ensayos e instalaciones para el testeo de componentes, monoceldas, stacks y sistemas de pilas de combustible de Óxidos Sólidos	Media	TRL 1-4	Bancos de ensayos SOFC demostrativo. <i>Se pospone para 2022.</i>	Bancos de ensayos SOFC optimizados listos para comercializar en función de especificaciones del cliente	<i>Actuación aún no iniciada.</i>
	Optimización y mejora de balances de planta (BoP) y sistemas auxiliares de las instalaciones y estaciones de testeo de pilas de combustible de Óxidos Sólidos.	Media	TRL 1-4	Sistemas y subsistemas de los bancos de ensayo optimizados en todos sus aspectos <i>Se pospone para 2022.</i>	Sistemas y subsistemas de los bancos de ensayo optimizados en todos sus aspectos	<i>Actuación aún no iniciada.</i>
	Desarrollo de prototipos propios de electrónica de potencia para la integración de pilas de combustible SOFC.	Media	TRL 4-6	Definición y estudio de arquitectura del convertidor <i>Se pospone para 2022.</i>	Desarrollo de prototipo	<i>Actuación aún no iniciada.</i>
	Sistemas de control hardware y software para BoP de pila de combustible SOFC.	Media	TRL 4-7	Desarrollo de sistema de control embebido <i>Se pospone para 2022.</i>	Optimización del sistema de control embebido	<i>Actuación aún no iniciada.</i>
	Desarrollo, optimización y mejora de sistemas reversibles SOFC/SOEC	Media				<i>Actuación aún no iniciada.</i>

Pilas de combustible Microbianas

Tabla 9. Desarrollo de la línea estratégica de transformación de hidrógeno MFC

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Producción de electricidad mediante sistemas bioelectroquímicos	Estudio de diferentes materiales para electrodos y membranas en MFC	Alta	TRL: 1-4	Protocolo de caracterización de electrodos y membranas para MFC	Participación en proyecto de ámbito estatal en tecnología MFC	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Caracterización de nuevos catalizadores en base Cu para la reacción catódica en MFC. • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Estudio de materiales cerámicos de bajo coste como alternativa para membranas • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Fabricación avanzada de soportes anódicos de base carbonosa para la deposición del biofilm. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Less is more: a comprehensive study on the effect of the gas diffusion layer thickness in air-cathode MFCs performance. Pilar Sánchez Peña, Jesús Rodríguez, Raquel Montes, Mireia Baeza, David Gabriel, Juan A. Baeza, Albert Guisasaola. ISMET 7, Octubre 7 - 11, 2019 OIST Okinawa, Japan
	Estudio de diferentes efluentes de aguas residuales o sedimentos contaminados para la producción de electricidad	Alta	TRL: 1-4	<p>Análisis de aguas reales de industrias agroalimentarias y comparación con aguas sintéticas utilizadas como medio en MFC.</p> <p>Uso de aguas residuales reales con sistemas MFC.</p>	Participación en proyecto de tratamiento de aguas mediante MFC	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Análisis de aguas reales de industrias agroalimentarias y comparación con aguas sintéticas utilizadas como medio en MFC. • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Uso de aguas residuales reales con sistemas MFC.



1.4. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES EN OPERACIÓN

Esta línea estratégica engloba las actividades que integran los sistemas basados en hidrógeno en una aplicación final. Estas aplicaciones se encuentran en el ámbito de las aplicaciones estacionarias, aplicaciones al transporte e integración en dispositivos de pequeña y mediana potencia que conforman las principales áreas de implantación tecnológica del hidrógeno.

Dentro de esta línea estratégica se han definido los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollo, optimización, experimentación y operación de sistemas de hidrógeno en redes eléctricas basadas en energías renovables para almacenamiento energético y cogeneración.
- Desarrollo y experimentación de vehículos propulsados por hidrógeno.
- Integración de sistemas de pila de combustible en pequeñas aplicaciones móviles o portátiles.

Tras la revisión realizada por el CCTA, se propone añadir las siguientes líneas:

- Evaluación y demostración de la descarbonización de la operación de los ciclos combinados y turbinas de gas en la producción eléctrica. *Se abordará a nivel teórico al no disponer actualmente de infraestructuras necesarias para desarrollar pruebas experimentales.*
- Integración y demostración de la utilización de las pilas de combustible para la producción de eléctrica distribuida y cogeneración.

Sistemas estacionarios

Tabla 10. Desarrollo de la línea estratégica de integración de sistemas. Sistemas estacionarios.

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Sistemas estacionarios	Algoritmos de control para microrredes con almacenamiento híbrido de energía en hidrógeno, con criterios de degradación mínima, agentes externos, vehículos y transitorios mínimos	Alta	TRL 6	Desarrollo y validación del algoritmo	-	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO CONFIGURA. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Publicación del libro: <i>"Model Predictive Control of Microgrids"</i>, C. Bordons, F. Garcia-Torres and M.A. Ridao, Ed. Springer, 2020.
	Control para microrredes de generación combinada de calor, frío y electricidad e integración en microrredes de generación combinada de electricidad, frío y calor.	Alta	TRL 6 (Desarrollo de un prototipo y/o Validación del algoritmo a nivel planta piloto Publicación artículo JCR – 1 Patente industrial)	Desarrollo y validación del algoritmo	-	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO IMPROVEMENT: <ul style="list-style-type: none"> ✓ TRABAJO TUTELADO (2020): Inicio de tesis Doctoral. <i>"Advanced functionalities for combined cooling, heating and power microgrids in critical facilities"</i>, doctorando Javier Tobajas Blanco, directores de tesis Dr. Pedro Roncero (UCLM) y Dr. Félix Garcia Torres (CNH2) ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Artículo JCR (Q1) "Electricity demand during pandemic times: the case of the COVID-19 in Spain", I. Santiago, A. Moreno- Munoz, P. Quintero-Jimenez, F. Garcia-Torres and M.J. Gonzalez-Redondo, Energy Policy, vol. PP, no. PP, pp.PP-PP, 2020 ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Ponencia en congreso Nacional "Integración de Microrredes de Generación Combinada de Calor, Frío y Electricidad en Edificios Públicos con altos requerimientos de Calidad y Continuidad de Suministro", J. Tobajas, P. Roncero-Sanchez, A. Munoz-Moreno, A. Saez, A. Estanqueiro, S. Grieu, L. Bellatreche, R. Costa Neto, A. Rodríguez, E. Nieto. XXVII Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación (SAAEI'20). • PARTICIPACIÓN EN PLATAFORMAS (2020): Coordinación del Grupo de Aplicaciones de la Plataforma Tecnológica de Hidrógeno y Pilas de Combustible.
	Servicios para la validación experimental de sistemas de gestión de energía y potencia de aplicaciones de sistemas de almacenamiento híbrido en sistemas de potencia	Alta	Desarrollo de la infraestructura de servicios (TRL 7)	Puesta a punto de la infraestructura	Obtención de beneficios económicos por el servicio	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO INDUGRID (2019-2020): para puesta a punto de las instalaciones existentes en el laboratorio para realizar un prototipo de microrred susceptible de ser patentado. • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Ponencia en Foro Técnico. <i>"Advanced facilities for Rapid Prototyping of end-use applications of Hydrogen"</i> F. Garcia-Torres and David Abad. <i>Technical Forum Program Hydrogen + Fuel Cells EUROPE at HANNOVER MESSE 2019.</i>

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Desarrollo de prototipos de electrónica de potencia para la integración de pilas de combustible y electrolizadores Métodos de integración a gran escala de almacenamiento híbrido de energía para permitir alta penetración de generación renovable	Media	Validación del algoritmo a nivel planta piloto (TRL 6). Publicación artículo JCR – 1 Patente industrial Validación del algoritmo a nivel planta piloto (TRL 6). Publicación 3 artículos JCR, desarrollo de 1 patente industrial)	Desarrollo y validación del algoritmo	Desarrollo y validación del algoritmo	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO CUSTOMPOW (2020): para control a medida para adaptar la conexión y gestión de la energía en equipos de electrólisis acoplados a plantas fotovoltaicas. • PROYECTO EXTERNO IMPROVEMENT: <ul style="list-style-type: none"> ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Comunicación a congreso internacional: "Power Quality of Interconnected Microgrids using Model Predictive Control", F. Garcia-Torres, S. Vazquez, C. Bordons, I. Moreno-Garcia, A. Gil, P. Roncero-Sanchez, <i>International Federation of Automatic Control World Congress, IFAC 2020</i>. ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Comunicación a Congreso Internacional: "Current Control of a Grid-Connected Single-Phase Voltage-Source Inverter with LCL Filter", A. Parreño Torres, F.J. López Alcolea, P. Roncero.Sanchez J. Vazquez, E. Molina-Martínez, and F. Garcia-Torres, <i>22nd European Conference on Power Electronics and Applications, EPE'20 ECCE EUROPE</i>. • PROYECTO INTERNO INDUGRID. • PROYECTO EXTERNO SAFEMPC: <ul style="list-style-type: none"> ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Artículo JCR (Q3): "Control Predictivo en Microrredes Interconectadas y con Vehículos Eléctricos" C. Bordons, F. Garcia-Torres, M.A. Ridao, <i>Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial</i>, vol. 17, no. 3, 2020. ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Artículo JCR (Q2): "A Stochastic MPC Based Energy Management System for Simultaneous Participation in Continuous and Discrete Prosumer-to-Prosumer Energy Markets", P. Baez-Gonzalez, F. Garcia-Torres, M.A. Ridao and C. Bordons, <i>Energies</i>, vol. 13, no. 14, pp. 3751, 2020. ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Artículo JCR (Q1) "Optimal Schedule for Networked Microgrids under Deregulated Power Market Environment using Model Predictive Control", F. Garcia-Torres, C. Bordons, J. Tobajas, J.J. Marquez, J. Garrido-Zafra, A. Moreno-Munoz, <i>IEEE Trans. Smart Grids</i>, vol. PP, no. PP, pp. PP-PP, 2020. ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Ponencia a congreso nacional: "Control Jerárquico de Microrredes Interconectadas usando Control Predictivo Basado en el Modelo", F. Garcia-Torres, J. Tobajas, C. Bordons and M.A. Ridao, <i>XXVII Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación (SAAEI'20)</i>



LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
						<ul style="list-style-type: none"> ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Ponencia en congreso nacional. "Microrredes Cooperativas con funcionalidades avanzadas: Flexibilidad y Resiliencia", F. García-Torres, J. Tobajas, J. Martín y Emilio Nieto, VII Congreso Nacional de Smart Grids. • PROPUESTA DE PROYECTO CYBERSEC4CLEANENERGY (2020) • PARTICIPACIÓN EN COMITÉS (2019-2020): Comités Técnicos de Normalización UNE: CTN 218: Sistemas de almacenamiento de energía eléctrica.
	Estudio teórico de la aplicación de pilas de combustible en lo que respecta a su uso en ciclos combinados y turbinas de gas en la producción eléctrica.	Media			Participar en proyecto	<i>Nueva línea a alcanzar en 2022.</i>
	Demostrador de utilización de las pilas de combustible en producción distribuida y cogeneración	Alta	TRL 6 a 7		Participar en proyecto	<i>Nueva línea a alcanzar en 2022.</i> <ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO TOGETHER. • PROYECTO EXTERNO CO2-DUAL.

Transporte (Vehículos e infraestructuras)

Tabla 11. Desarrollo de la línea estratégica de integración de sistemas. Transporte.

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Transporte (Vehículos e infraestructura)	Sistemas Range Extender	Alta	TRL6 a TRL7	Desarrollo del sistema <i>Range Extender</i> para vehículos eléctricos de batería	Validación sobre vehículo real	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO AUTO-CNH2. • PROYECTO EXTERNO H2LOGIN. • PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Convocatoria Abierta PID. Apoyo técnico, testeo y validación para el desarrollo de soluciones de movilidad con hidrógeno (bicicleta y repostaje).
	Desarrollo de vehículo ultraeficiente	Media	TRL7	Construcción de prototipo	Participación en competición internacional	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO KART-H2 ERASMUS.
	Sistemas embarcados para determinación in situ de estado de vida en pilas de combustible	Alta	TRL 4	Desarrollo del algoritmo de procesamiento de señal	Participar en proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO AUTO-CNH2. • PROYECTO EXTERNO H2LOGIN. • PROYECTO EXTERNO SOLUTHION.
	Caracterización de emisiones en vehículos de combustión híbridos/duales de hidrógeno	Alta	TRL8 a TRL9	Equipamiento del laboratorio para ofrecer esta capacidad	Oferta de servicio de acceso externo	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO PARA MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICO-TÉCNICA DEL CNH2 (2019): <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Se han hecho obras para mejorar las infraestructuras del laboratorio de vehículos. • PRESTACIÓN DE SERVICIO (2019): Caracterización de emisiones de Hyundai NEXO. • PROYECTO INTERNO TEST-AUTO.
	Integración de pilas de combustible y sistemas de electrólisis en medios de transporte distinto de automóviles (carretillas, camiones, trenes, barcos, ...)	Alta	TRL4 a TRL7	Estudio de aplicaciones nicho	Propuesta de proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO SOLUTHION. • PROYECTO EXTERNO H2LOGIN. • PROYECTO BAJO CONTRATO 11 (2020). Ingeniería y dimensionamiento de un vagón de tren. • PROYECTO DE ELECTROMOVILIDAD MINERA.
	Desarrollo de proyectos piloto de implantación de vehículos de hidrógeno	Alta	TRL8 a TRL9	Propuesta de proyecto	Propuesta de proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO AUTO-CNH2. • PROYECTO EXTERNO H2LOGIN. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Participación en el foro "Grupo informal español sobre movilidad cero emisiones en el transporte pesado por carretera"

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
						<ul style="list-style-type: none"> • TRABAJO TUTELADO (2020): Practicas universitarias para predimensionamiento de vehículos de pila de combustible (Programa Generación ON - UCLM). • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Ponencia en "JORNADA FUTURO Y VIABILIDAD VEHÍCULO HIDRÓGENO". Prensa Ibérica.
	Hidrogenas para transporte ligero y transporte pesado	Alta	TRL8 a TRL9	<p>Hidrogena portable de 350 bar para HDV y a 700 bar para LDV.</p> <p>Boquerel adicional para HDV a 350 bar en la hidrogena existente.</p>	Oferta de servicio de acceso externo	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO EXTERNO TOGETHER: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Desarrollo de un pequeño punto de repostaje de hidrógeno a partir de un ciclo de hidrógeno (en proceso). • PROYECTO EXTERNO PARA MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICO-TÉCNICA DEL CNH2 (2019): <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Se ha sacado a licitación para una hidrogena portable para vehículos ligeros y portables en el CNH2. • PROYECTO EXTERNO H2PORTS: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Desarrollo de una hidrogena portátil para maquinaria portuaria pesada (en proceso). • PROYECTO EXTERNO DRON H2 (2020). • PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Convocatoria Abierta PID. "Construcción de centro de producción de hidrógeno (hidrogena) en Fuerteventura.



Integración en dispositivos

Tabla 12. Desarrollo de la línea estratégica de integración de sistemas. Integración en dispositivos portátiles

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Integración en dispositivos	Integración de pilas de combustible en pequeños dispositivos móviles o portátiles	Alta	TRL4 a TRL7	Acciones preparativas de inicio de línea	Desarrollo e integración sobre un prototipo o aplicación final	• ACTIVIDAD INTERNA (2019): Definición y diseño de la integración de los sistemas portátiles.

1.5. **NORMATIVA, CERTIFICACIÓN Y SEGURIDAD**

La línea de Normativa tiene como objetivo general el conocimiento la identificación y revisión actualizada de toda la normativa referente a las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible que aplica a las actividades de estas tecnologías y su introducción en el mercado. Para ello el CNH2 participa activamente en organizaciones europeas de normalización (CEN, CENELEC y ETSI), así como como en Comités Técnicos de Normalización Nacionales como son el CTN181 "Tecnologías del Hidrógeno", CTN206/SC105 "Tecnologías de pilas de combustible" y CTN 218 "Sistemas de almacenamiento de energía".

Respecto a la línea de Certificación, el principal objetivo se centra en la acreditación de los diferentes laboratorios del CNH2 de acuerdo a los servicios que así lo requieran (mediante Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 en los Laboratorios de Ensayo y Calibración en el marco de los sistemas de calidad y gestión ambiental del CNH2 mediante las Normas ISO 9001 y la ISO 14001 ya implantados en el CNH2) con el fin de posicionar al CNH2 como principal actor en la puesta en el mercado de equipos y tecnologías relacionadas con el hidrógeno y las pilas de combustible, por parte de empresas nacionales e internacionales. Se busca, por tanto, la certificación o validación de desarrollos tecnológicos obtenidos por el sector productivo para mejorar la competitividad de las empresas y fomentar la introducción en el mercado nacional de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible. No obstante, se tendrá en cuenta el análisis técnico-económico de forma que la decisión que se tome a este respecto sea también ventajosa desde el punto de vista económico y de valor, tanto para e CNH2 como para el sector.

La línea de Seguridad se dedicará al desarrollo de análisis y estudios orientados a la mejora de las garantías técnicas y la confianza/receptibilidad social relacionada con el uso del hidrógeno en todas sus fases y aplicaciones energéticas. En base a los estudios y resultados que se obtengan se propondrán recomendaciones para una correcta estandarización acorde a la normativa.

Estas líneas estratégicas incorporan las siguientes capacidades, líneas de trabajo y objetivos:

- Estudio e implantación de nueva normativa en el ámbito del hidrógeno y las pilas de combustible.
- Desarrollo de protocolos que permitan certificar instalaciones e infraestructuras de repostaje de hidrógeno (hidrogeneras).
- Obtención de la acreditación de laboratorios para la realización de ensayos relacionados con las tecnologías del hidrógeno (si hay disposición del sector y es una situación viable económicamente).
- Análisis de fugas y atmósferas explosivas (ATEX), en espacios abiertos y confinados, mediante el desarrollo de simulaciones CFD.
- Desarrollo de procedimientos de ensayo para sistemas de producción, almacenamiento y transformación de hidrógeno.
- Validación y homologación de elementos y sistemas de producción, almacenamiento y transformación de hidrógeno.
- Certificación de prototipos y sistemas pre-comerciales de producción, almacenamiento y transformación de hidrógeno, de acuerdo a la normativa de aplicación.
- Marcado CE de equipos de hidrógeno.

Tras la revisión realizada por el CCTA, se propone añadir las siguientes líneas:

- Normativa de seguridad y regulación de la utilización de mezcla de gas natural e hidrógeno.

Normativa, certificación y seguridad

Tabla 13. Desarrollo de la línea estratégica de normativa, certificación y seguridad. Normativa

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Normativa	Estudio e implantación de normativa. Normalización	Alta	No aplica TRL	Según desarrollo de tecnología	Según desarrollo de tecnología	<ul style="list-style-type: none"> • ASISTENCIA A JORNADA (2019): "Jornada "Del laboratorio al mercado: la estandarización en el impacto de los proyectos de I+D+i". • PARTICIPACIÓN EN COMITÉS (2019-2020): Comités Técnicos de Normalización UNE <ul style="list-style-type: none"> ✓ SC105/CTN 206 "Pilas de Combustible". ✓ CTN 181 "Tecnologías del Hidrógeno". ✓ CTN 218 "Sistemas de Almacenamiento de Energía Eléctrica".
Seguridad	Simulación CFD de fugas de hidrógeno, para el estudio de sistemas de extracción y detección de atmósferas explosivas (ATEX). Validación experimental	Alta	TRL 5 a 7	Modelos 3D desarrollados y validados a escala de laboratorio	Propuesta de recomendaciones de diseño para instalaciones que albergan dispositivos que funcionan con hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD INTERNA (2019): Definición de una <i>Instrucción Técnica</i> sobre el uso de una red de sensores inalámbricos para la monitorización y validación experimental de fugas de hidrógeno. • Ligados a la simulación CFD y validación experimental de fugas de gas procedentes de trenes que circulan por túneles: <ul style="list-style-type: none"> ✓ PROYECTO BAJO CONTRATO 3 (2020): Modelización y validación experimental de fugas de hidrógeno en el interior de un túnel de circulación ferroviaria. ✓ PROYECTO BAJO CONTRATO 4 (2019-2020): Asistencia técnica para la realización de los ensayos de dispersión de gas natural y rigidez dieléctrica. • ACTIVIDAD INTERNA (2020): Desarrollo de modelos CFD en código abierto (Open FOAM) para el análisis de fugas de hidrógeno en entornos confinados (parking). Unidad de Aplicaciones. • PRESTACIÓN DE SERVICIO (2020): Curso de formación específico a una empresa: "Seguridad y Salud con hidrógeno y biogás". • PROPUESTA DE PROYECTO HYDROFLAME (2020).

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Desarrollo de procedimientos de ensayos para la certificación y homologación de stacks y sistemas de producción, almacenamiento y transformación	Media	No aplica TRL	Desarrollo y validación de procedimientos y planes de ensayos	Propuesta de procedimientos para la homologación y normalización de sistemas	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO TESTAPEM: <ul style="list-style-type: none"> ✓ TRABAJO TUTELADO (2019): TFG1 (Laura Buitrago). Caracterización de un stack de 5 kW en función de las variables de trabajo más importantes. ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019): Desarrollo de un Procedimiento de ensayo para el banco de ensayos 1–10 kW. ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019): Desarrollo de un Protocolo de ensayos para sistemas de 10-30 kW. ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA: Comunicación oral en formato poster al Congreso de Hyceltec 2019 en Barcelona. ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2020): Se ha continuado trabajando en el desarrollo de procedimientos de ensayos específicos para pilas de combustible de tecnología PEM de baja temperatura y en ensayos en conformidad para la caracterización y certificación de PEMFC cumpliendo normativa aplicable. • PROYECTO INTERNO SHAKERPEM: <ul style="list-style-type: none"> ✓ TRABAJO TUTELADO (2019): TFG (Francisco Javier Pozuelo). "Evaluación del comportamiento de una pila de combustible tipo PEM sometida a vibración", donde se han realizado diferentes ensayos de vibración en tres direcciones a un stack de pila de combustible y se han evaluado los posibles daños que han afectado al stack a través de su curva de polarización y pruebas de fugas. ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019-2020): Desarrollo de un Procedimientos de ensayo de vibración para stacks de pilas de combustible. En fase de desarrollo (2019) y finalizada (2020). ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2019): Comunicación oral al Congreso Iberconappice titulada: "Caracterización de un stack PEMFC en función de la temperatura, humedad relativa y estequiometría. Ensayos de vibración. ✓ PRESTACIÓN DE SERVICIO (2019): Desarrollo de ensayos de vibración a un stack de pila de combustible. En proceso de desarrollo (2019) y finalizada (2020). • PROYECTO INTERNO CLIMAPEM: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019-2020): Desarrollo de un Procedimientos de ensayo en diferentes condiciones climáticas para stacks de pilas de combustible. En proceso de desarrollo (2019) y finalizada (2020).



LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
						<ul style="list-style-type: none"> ✓ ACTIVIDAD INTERNA (2019-2020): Realización de ensayos y validación experimental de los procedimientos realizados. En proceso de desarrollo. ✓ COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): Comunicación oral al Congreso ICREGTEE 2020. "Vibration and Freeze-Thaw cycling tests on fuel cells for automotive applications". • TRABAJO TUTELADO (2020): Tutorización estudiante en prácticas (Ángela Caballero Ortíz). "Ensayos de pilas de combustible en cámara climática".
Certificación	Estudio de la normativa de seguridad y regulación de la utilización de mezcla de gas natural e hidrógeno.	Media			Participación en un nuevo proyecto donde se aborde este tema.	Nueva línea a alcanzar en 2022.
	Validación, certificación y homologación de elementos y sistemas de producción, almacenamiento y transformación de hidrógeno	Se reduce de Media a Baja	No aplica TRL	Desarrollo de documentación necesaria para gestionar la validación, certificación y homologación. Se pospone a 2022.	Documentación necesaria para gestionar la validación, certificación y homologación preparada. Se pospone a 2024.	<i>Actuación aún no iniciada por falta de demanda de mercado, por lo que se pospone el hito a alcanzar en 2020 a 2022 y trasladando el hito previsto en 2022 a años posteriores. Se evaluará la nueva situación del sector según las directrices que marca la nueva Hoja de Ruta del H2 publicada en España, el Pacto Verde Europeo o el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia europeo.</i>
	Acreditación del laboratorio de almacenamiento para poder certificar depósitos según las normativas existentes	Se reduce de Alta a Media	No aplica TRL	Estudio de la necesidad de implementar todos los ensayos necesarios para poder acreditar el laboratorio bajo las normas EC79 (UE406/2010) o UNECE R134 (GTR13). Se pospone a 2022.	Dependiendo de los resultados obtenidos en el hito 2020. Se pospone a 2024.	<ul style="list-style-type: none"> • PRESTACIÓN DE SERVICIO (2019): 1. Servicio dentro del laboratorio de almacenamiento de presión neumática a unos recipientes a una empresa (1.880 € sin IVA). Unidad de Ingeniería Aplicada. <p><i>Actuación pospuesta debido a una menor demanda del sector hasta la fecha. Se propone trasladar el hito 2020 al hito 2022 y desplazando éste para el 2024. Se evaluará la nueva situación del sector según las directrices que marca la nueva Hoja de Ruta del H2 publicada en España, el Pacto Verde Europeo o el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia europeo.</i></p>



LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
	Acreditación del laboratorio de testeo PEM para poder certificar pilas de combustible según las normativas existentes	Se reduce de Alta a Media	No aplica TRL	Desarrollo de documentación necesaria para, certificación del laboratorio bajo las normas que le sean de aplicación Se pospone a 2022.	Documentación preparada	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO CERT-PEMFC. <p><i>Actuación pospuesta. Se propone trasladar el Hito 2020 al Hito 2022. Se evaluará la nueva situación del sector según las directrices que marca la nueva Hoja de Ruta del H2 publicada en España, el Pacto Verde Europeo o el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia europeo.</i></p>
	Implementación de sistemas de gestión de calidad en procesos organizativos según normativa ISO existente en el Laboratorio de Caracterización de Materiales.	Alta	No aplica TRL	<i>Desarrollo de documentación necesaria para la implementación de la Norma ISO 17025 y desarrollo de protocolos de medida de la calidad del hidrógeno según la Norma ISO 14687</i>		<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO ISOLab.



1.6. IMPLANTACIÓN TECNOLÓGICA

La línea estratégica de implantación tecnológica se centra principalmente en el desarrollo y ejecución de diferentes actividades centradas en tipos de estudios, asesoramiento y tramitación para la implantación tecnológica de soluciones basadas en hidrógeno y pilas de combustible, así como formación técnica, divulgación y percepción social.

Dentro de esta línea estratégica se han definido los siguientes objetivos específicos:

- Estudios técnico-económicos, de viabilidad, planes de implantación de aplicaciones que utilicen hidrógeno.
- Estudios de Análisis de Ciclo de Vida, huella de carbono y huella hídrica.
- Consultoría y asesoramiento técnico de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible.
- Tramitación ante las administraciones públicas de los permisos para la implantación de infraestructuras de hidrógeno.
- Formación técnica especializada sobre las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible.
- Divulgación de los beneficios del uso del hidrógeno como vector energético.
- Análisis de la percepción social en los diferentes segmentos de la población referente al uso de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible.

Tras la revisión realizada por el CCTA, se propone añadir las siguientes líneas:

- Evaluación teórica de la infraestructura actual de los sistemas peninsulares y extrapeninsulares para integrar la tecnología de hidrógeno y pilas de combustible.

Implantación de las aplicaciones de hidrógeno

Tabla 14. Desarrollo de la línea estratégica de implantación tecnológica. Aplicaciones de hidrógeno.

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Estudios de implantación de las aplicaciones del hidrógeno	Desarrollo de estudios técnico-económicos que incluya el hidrógeno como elemento principal.	Alta	Número de estudios técnico-económicos	4	8	<ul style="list-style-type: none"> • PRESTACIÓN DE SERVICIO HYDROTECH2 (2019). • PRESTACIÓN DE SERVICIO HYUNDAI (2019). • PRESTACIÓN DE SERVICIO ALTERECO INGENIERÍA (2019). • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): <i>Sustainability of hydrogen refuelling stations for trains using electrolyzers</i> international journal of hydrogen energy.
	Desarrollo de análisis de viabilidad del uso del hidrógeno en diferentes aplicaciones.	Alta	Número de estudios de implantación	5	8	<ul style="list-style-type: none"> • PRESTACIONES DE SERVICIO (2019-2020). Aplicaciones ferroviarias. • PROYECTO BAJO CONTRATO 10 (2020). Estudio de viabilidad de una planta de valorización de hidrógeno en una planta álcali. • PROYECTO INTERNO OPTIMPROJECT • COMUNICACIÓN CIENTÍFICA (2020): <i>“Technical-economic analysis for a green ammonia production plant in Chile and its subsequent transport to Japan (IJHE)”</i> 23. • <i>PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Towards a new car fleet: Environmental implications, economic externalities and strategical raw material supply (CAREER)”</i>.
	Desarrollo de modelos de implantación y planes de despliegue del hidrogeno como vector energético.	Alta	Número de modelos de implantación y/o planes de despliegue	1	6	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO GREEN HYSLAND
	Desarrollo de análisis de viabilidad de uso de la infraestructura actual de los sistemas peninsulares y extrapeninsulares para integrar la tecnología de hidrógeno y pilas de combustible	Alta	Número de proyectos	0	1	<i>Nueva línea a alcanzar en 2022.</i>

Estudios de los impactos sobre el medioambiente de las tecnologías del hidrógeno

Tabla 15. Desarrollo de la línea estratégica de implantación tecnológica. Estudios de impacto medioambiental.

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Estudios de los impactos sobre el medioambiente de las tecnologías del hidrógeno	Desarrollo de estudios de análisis de ciclo de vida de los equipos o procesos donde esté presente el hidrógeno.	Alta	Número de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) <i>Se pospone a 2022.</i>	0	6	<i>Actuación aún no iniciada.</i>
	Desarrollo de estudios de huella de carbono de los equipos o procesos donde esté presente el hidrógeno.	Alta	Número de estudios de huella de carbono.	1	6	• PROYECTO BAJO CONTRATO 10 (2020). Estudio de viabilidad de una planta de valorización de hidrógeno en una planta álcali.
	Desarrollo de estudios de huella hídrica de los equipos o procesos donde esté presente el hidrógeno.	Alta	Número de estudios de huella hídrica <i>Se pospone a 2022.</i>	0	6	<i>Actuación aún no iniciada.</i>

Consultoría y asesoría técnica

Tabla 16. Desarrollo de la línea estratégica de implantación tecnológica. Estudios de consultoría.

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Estudios de consultoría y/o asesoría técnica	Estudio de consultoría sobre tecnologías relacionadas con el hidrógeno y pilas de combustible.	Alta	Número de estudios de consultoría	3	8	<ul style="list-style-type: none"> • PRESTACIÓN DE SERVICIO ATERECO (2019): Asesoramiento de ingeniería. • PRESTACIÓN DE SERVICIO CETENMA (2020). Estudio de Viabilidad para generación de hidrógeno renovable y su uso en entornos industriales • PRESTACIÓN DE SERVICIO NOLTER (2020). Estudio de viabilidad técnica y económica para la producción de hidrógeno con energía renovable y agua residual de la planta de residuos (EDAR) de arroyo Culebro (cuenca media-alta).
	Ingeniería conceptual, ingeniería básica e ingeniería de detalle de instalaciones que incluyan el hidrógeno como componente principal.	Alta	Número de ingenierías desarrolladas	13	8	<ul style="list-style-type: none"> • PRESTACIÓN DE SERVICIO ATERECO (2019): Asesoramiento de ingeniería. • PRESTACIÓN DE SERVICIO ENERFIN (2020). Diseño conceptual de un sistema de producción de hidrógeno verde, almacenamiento, suministro, como combustible, junto con gas natural a una planta de cogeneración. • PROYECTO BAJO CONTRATO 6 (2020): Diseño básico de una planta de producción de electrólisis. • PROYECTO BAJO CONTRATO 2 (2020) Apoyo Ingeniería Planta H2-Puertollano. • PRESTACIÓN DE SERVICIO CALDERERÍAS INDÁLICAS (2020): Apoyo técnico para un proyecto de producción, almacenamiento y uso del hidrógeno. • PROYECTO BAJO CONTRATO 5 (2020): Diseño mecánico para un sistema de aire e hidrógeno. • PROYECTO BAJO CONTRATO 10 (2020). Estudio de planta de producción de H2 de electrólisis alcalina. • PROYECTO BAJO CONTRATO 7 (2020): Desarrollo de ingeniería conceptual, especificaciones técnicas de equipos y documentación para tramitación de plantas de producción de hidrógeno verde de 1 MW a partir de electricidad fotovoltaica. • PROYECTO BAJO CONTRATO 12 (2020): Implantación de H2 en polígonos logísticos. • PROYECTO BAJO CONTRATO 13 (2020): Control y ensayo de un grupo electrógeno de H2 para ENGIE LAB CRIGEN. • PROYECTO BAJO CONTRATO 14 (2020): Dimensionamiento vagón-tender híbrido de H2-baterías. • PROYECTO EXTERNO HIDROGENERA (centro logístico) (2020): Asistencia técnica para punto de repostaje de H2 en centro logístico. • PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Convocatoria Abierta PID. "SMART CHARGER BOX Punto de recarga inteligente para vehículo eléctrico basado en un innovador Centro Procesador de Energía".



Tramitación permisos instalaciones hidrógeno

Tabla 17. Desarrollo de la línea estratégica de implantación tecnológica. Tramitación de permisos.

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Tramitación permisos instalaciones hidrógeno	Tramitación de permisos ante los diferentes organismos competentes de los diferentes permisos para implantar instalaciones de hidrógeno.	Alta	Numero de tramitaciones ante organismos competentes	3	6	<ul style="list-style-type: none">• PRESTACIÓN DE SERVICIO ALTERECO (2019): Asesoramiento de ingeniería.• PROYECTO BAJO CONTRATO 2 (2020): Apoyo Ingeniería Planta H2-Puertollano.• PROYECTO BAJO CONTRATO 7 (2020): Preparación de la documentación para tramitación de plantas de producción de hidrógeno verde de 1 MW a partir de electricidad fotovoltaica.

Formación técnica especializada

Tabla 18. Desarrollo de la línea estratégica de implantación tecnológica. Formación Técnica.

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Formación técnica especializada	Desarrollo de cursos teórico-prácticos de las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible.	Alta	Número de cursos impartidos	10	6	<ul style="list-style-type: none"> • Cursos on-line (INGEOEXPERT) / 2 ediciones al año. • Curso de formación sobre el uso del hidrógeno en vehículos (Asociación de Profesores Técnicos y de Enseñanza Secundaria de Automoción de Galicia) • Curso de formación teórico-práctica sobre pilas de combustible (AVL Ibérica, S.A.). • Curso de formación en seguridad del hidrógeno (ENAGÁS). • Curso de formación presencial teórico-práctico sobre hidrógeno y pilas de combustible (Francisco Gea Perona, S.A.). • Curso de formación presencial de usos del hidrógeno asociados a las energías renovables (AGREDA ASSET MANAGER, S.L.) • Curso de formación introductorio sobre las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible (Magtel).
	Desarrollo de sistemas didácticos y <i>Do It Yourself (DIY)</i> de pila de combustible/ electrolizadores PEM	Alta	Número de formaciones técnicas especializadas	2	6	<ul style="list-style-type: none"> • PROPUESTA DE PROYECTO H2 KNOWLELGE (2020). • PROYECTO ECOPEM DUAL
	Desarrollo de herramientas <i>OpenSource</i> y <i>LowCost</i> para investigación en tecnologías del hidrógeno.	Media	Número de herramientas desarrolladas	1	6	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO OPENFTOOLS donde se ha desarrollado en LabVIEW una aplicación llamada SIM4PEM de simulación de pilas de combustible (disponible para descarga).
	Aplicaciones APP en tecnologías del hidrógeno	Media	Número de aplicaciones desarrolladas	1	6	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO INTERNO Hy2TRAVEL



Divulgación del uso del hidrógeno

Tabla 19. Desarrollo de la línea estratégica de implantación tecnológica. Divulgación del uso del H2.

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Divulgación del uso del hidrógeno	Difusión de los diferentes sectores de la sociedad a las instalaciones del CNH2	Alta	Número de eventos de divulgación	>100	20	Se indican algunas de las principales actividades realizadas: <ul style="list-style-type: none">• ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2019): Jornada de Puertas abiertas 2019.• ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2019): Semana de la ciencia 2019.• ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2019): Colaboración con TRAGSATEC- Proyecto financiado por MCIU.• ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2019): Visita de Colegios de forma permanente al CNH2.• PRESTACIÓN DE SERVICIO AGENDA SECTORIAL DEL H2 (AeH2) (2020).



	<p>Realización de charlas o seminarios a los diferentes sectores de la sociedad fuera o dentro de las instalaciones del CNH2.</p>	<p>Alta</p>	<p>Número de seminarios de divulgación</p>	<p>>100</p>	<p>10</p>	<p>Se indican algunas de las principales actividades realizadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Participación en charla GASNAM • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Participación en charla ALSTOM. Semana de la movilidad. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): WORKSHOP Papel del Hidrógeno en la descarbonización COP25. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Foro Europeo para la Ciencia, Tecnología e Innovación (TRANFIERE 2020). • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Conferencia "Scaling-up Renewable Hydrogen Projects in LATAM (RENPOWER H2 LATAM)". • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Renpower H2 LATAM- El hidrógeno como vector energético. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Entrevista sobre hidrógeno publicada en el blog de la empresa Norvento Enerxía. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Visita de Colegios de forma permanente al CNH2. Realización de reportaje sobre el CNH2 para el diario "el País". • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Reunión y visita de la delegación de Uzbekistán, patrocinada por el Programa CAREC (Central Asia Regional Economic Corporation). • Reportaje noticioso La Sexta. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Entrevista para el Lanza Digital de Jesus Martín. • Video para la Semana de la Movilidad 2020. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Artículo "Hidrógeno y el sector ferroviario" en el blog de FLECH4FLEET. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Spanish Hydrogen webinar (UE oral), "Opportunities in CLM: Hydrogen, Electrolyzers and FC" 8/07/2020. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Curso corto en IPN México (webinar, 6h, oral) "Almacenamiento y gestión de la Energía" 7 y 8/10/2020. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Taller/Jornada "Investigación e innovación en el ámbito de las energías renovables" (embajada alemana, webinar este mes, oral) 21/10/2020. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Captación de inversiones del mercado alemán, organizado por IPEX, Invest opportunities in CLM: Hydrogen, Electrolyzers and FC. (oral), 21/10/2020. • ACTIVIDAD DIVULGATIVA (2020): Charla COGITI, Colegio Oficial de ingenieros técnicos de Valencia, "El hidrogeno la nueva revolución ambiental" 28/09/2020.
--	---	-------------	--	----------------	-----------	---

Percepción social

Tabla 20. Desarrollo de la línea estratégica de implantación tecnológica. Percepción social.

LÍNEAS DE TRABAJO	DESARROLLO	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2020	AÑO 2022	ACTUALIZACIÓN PERIODO 2019-2020
Percepción social	Participación en desarrollo de herramientas de análisis para el estudio de los diferentes sectores de la sociedad referente a las diferentes aplicaciones del hidrógeno y las pilas de combustible.	Alta	Número de desarrollo de herramientas en los que se participa. <i>Se pospone a 2022.</i>	0	2	<i>Actuación aún no iniciada.</i>
	Análisis de resultados de las encuestas e identificación de las actuaciones a realizar para aumentar el grado de concienciación de la sociedad.	Alta	Número de análisis de resultados en los que se participa <i>Se pospone a 2022.</i>	0	2	<i>Actuación aún no iniciada.</i>

2. INDICADORES DE SEGUIMIENTO DEL PLAN ESTRATÉGICO

Con el fin de poder evaluar anualmente el grado de cumplimiento de las actuaciones generales descritas en el Plan Estratégico 2019-2022, se plantearon una serie de indicadores que recogían los diferentes aspectos valorados en el mismo, y cuyo cumplimiento sería valorado a su finalización, marcando el punto de partida para la elaboración del siguiente plan.

- Indicador 1. Número de proyectos obtenidos en convocatoria pública y privada: Un aspecto básico para la financiación de la I+D+i que está previsto realizar en el CNH2 a lo largo del periodo que cubre el presente Plan Estratégico, es la participación en convocatorias públicas y privadas de financiación de proyectos a nivel internacional, europeo, nacional y regional. Por ello, se ha tomado como uno de los indicadores para valorar el desarrollo de las actuaciones generales del presente Plan Estratégico, el número de proyectos para los que el CNH2 pueda conseguir financiación en este tipo de convocatorias. El cálculo de este indicador se realizará sumando los proyectos que anualmente consigan financiación tanto pública como privada a nivel internacional, europeo, nacional y regional.

Teniendo en cuenta las convocatorias públicas y privadas a nivel internacional, europeo, nacional y regional para la financiación de proyectos en áreas relacionadas con las temáticas definidas dentro de las líneas estratégicas del CNH2, la capacidad de los investigadores, el número de los mismos que integran la plantilla y las limitaciones que algunas convocatorias marcan en cuanto a incompatibilidad, y teniendo presente el éxito alcanzado en convocatorias anteriores del mismo tipo, el valor objetivo para este indicador será de **28** (7 cada año del Plan Estratégico).

- Indicador 2. Número de contratos con terceros: Aunque a más largo plazo, otro de los objetivos fundamentales para el CNH2 es alcanzar la sostenibilidad económica siendo capaz de autofinanciarse en su mayor parte. Para ello, además de los fondos públicos que pueda obtener a través de convocatorias competitivas de proyectos como las recogidas en el Indicador 1, el CNH2 busca dar servicio a terceros poniendo a disposición de empresas, centros de investigación y universidades sus conocimientos y capacidades. El creciente interés por las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible, sumado a las instalaciones competitivas y de alto valor añadido de las que dispone el CNH2, conjugado con la gran experiencia y cualificación de su personal, hace de la realización de servicios a terceros una gran oportunidad para el sostenimiento económico del CNH2. Por ello, se ha tomado como indicador la realización de servicios ofertados por el CNH2, cuantificado a través del número de contratos a terceros. El cálculo de este indicador se realizará sumando los contratos a terceros de los cuatro años de duración del Plan Estratégico. Por lo tanto, el valor objetivo para este indicador es de **75** (15, 18, 20, 22 cada uno de los años del Plan Estratégico respectivamente).
- Indicador 3. Aumento de ingresos por servicios: Relacionado con el Indicador 2 previo, se plantea este indicador con el objetivo de valorar los ingresos obtenidos por estos servicios y/o subcontrataciones. Tal y como se ha presentado en la Tabla 8, los valores económicos que se han previsto por ingresos extras (otros ingresos) para los cuatro años de este Plan Estratégico muestran un valor objetivo para este indicador de **1.150 k€** (200, 250, 300, 400 k€ respectivamente).
- Indicador 4. Número de comunicaciones científicas: Aunque la misión principal del CNH2 es actuar como nexo de unión entre la investigación básica realizada por los diferentes grupos de investigación que actualmente desarrollan su trabajo en el ámbito del hidrógeno y las pilas de combustible, y las necesidades de las empresas y la sociedad en general en este ámbito, el CNH2

debe desarrollar también investigación propia en aquellos ámbitos que, dentro de sus líneas estratégicas, considere de interés y no estén siendo desarrollados por otros grupos de investigación. Esta investigación le permitirá aumentar sus conocimientos en dicho ámbitos y adquirir conocimientos, de forma que se puedan poner al servicio de la comunidad científica y de las empresas a través de la publicación de artículos en revistas de investigación de diversa naturaleza e indexación, centrándose en las publicaciones JCR de alto valor añadido. El cálculo de este indicador se realizará sumando las publicaciones y los capítulos de libros o libros completos realizados en los cuatro años de duración del Plan Estratégico. Por lo tanto, el valor objetivo para este indicador en los cuatro años es de 40 (10 cada año del Plan Estratégico).

- **Indicador 5. Número de nuevos doctores:** Otro aspecto básico para el futuro desarrollo del CNH2 es la mejora continua de la plantilla del Centro a través de la formación y el aumento de sus capacidades. Por tratarse de un Centro de Investigación, se considera básico el aumento del número de doctores, facilitando desde el Centro la formación interna que conduzca a que una parte de sus investigadores con capacidad para ello, pueda obtener el grado de doctor. Así mismo, se contempla la posibilidad de poder realizar contrataciones de doctores que se incorporen a la plantilla del Centro, aunque depende del tipo de convocatorias a las que se puedan concurrir. El número de doctores del CNH2 a 31 de octubre de 2018 es de 7. Por lo tanto, se propone un valor objetivo para este indicador de **6** nuevos doctores.
- **Indicador 6. Número de actividades de divulgación:** Como también se ha indicado en varios puntos a lo largo del presente documento, otro de los objetivos fundamentales del CNH2 es dar a conocer a la sociedad los avances en materia de hidrógeno y pilas de combustible, su utilidad y las posibles aplicaciones, con el objetivo de acercar el hidrógeno y sus aplicaciones a la sociedad. Con ello se logrará aumentar el interés de ésta por este vector energético y por su capacidad para mejorar el día a día de la población, reduciendo nuestra demanda energética y favoreciendo un uso más sostenible de la misma. Para ello, el CNH2 desarrolla y promueve diferentes actividades y aplicaciones interactivas, cuyo objetivo es dar a conocer a todos los sectores de la población dichas tecnologías y resultados de la I+D que el CNH2 se llevan a cabo y desarrollan. Dentro de estas actividades se encuentran la participación en congresos, workshops, charlas, las visitas externas, las publicaciones en revistas de divulgación, etc. Por lo tanto, el valor objetivo para este indicador es de 200 (50 actividades cada año del Plan Estratégico).
- **Indicador 7. Número de acuerdos de colaboración:** Este indicador constituye uno de los objetivos fundamentales del CNH2, dado que se centra en la firma de los convenios/acuerdos que se establecen entre el Centro y los distintos actores externos de la cadena de valor del sector. Representan un compromiso claro de colaboración mutua para el desarrollo de las distintas tecnologías y/o aplicaciones a desarrollar, centradas en el hidrógeno y las pilas de combustible. Dentro de este indicador se integran los convenios, acuerdos de colaboración, acuerdos de confidencialidad (NDA), memorándum de entendimiento (MoU), etc. Por lo tanto, el valor objetivo para este indicador es de 200 (50 actividades cada año del Plan Estratégico).

A modo de resumen, en la tabla 12 se muestran estos indicadores, el método de cálculo de cada uno de ellos, y el valor esperado para los mismos al final del Plan Estratégico.

Anualmente se procederá a revisar el nivel de cumplimiento a 31 de diciembre de cada año de los mismos incluidos en el Plan Estratégico, analizando el grado de cumplimiento de cada una de las acciones definidas para los distintos años.

Tabla 21. Indicadores para el seguimiento de las actuaciones generales del Plan Estratégico.

INDICADOR	FÓRMULA DE CÁLCULO	VALOR FINAL ESPERADO
1. Número de proyectos obtenidos en convocatorias públicas	Proyectos financiados 2019+2020+2021+2022	28
2. Número de contratos con terceros	Contratos terceros 2019+2020+2021+2022	75
3. Aumento de ingresos por servicios	Ingresos terceros Ingresos 2019+2020+2021+2022	1.150 k€
4. Número de comunicaciones científicas	Publicaciones y capítulos de libros o libros completos indexados (JCR) 2019+2020+2021+2022	40
5. Número de nuevos doctores	Nuevos Doctores a 31/12/2022- Doctores a 31/10/2018	6
6. Número de actividades de divulgación	Actividades de divulgación 2019+2020+2021+2022	200
7. Número de acuerdos de colaboración	Acuerdos marco de colaboración con empresas, universidades o fundaciones privadas	200

Siguiendo esta fórmula de cálculo, el avance de los indicadores queda reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 22. Avance de indicadores.

INDICADOR	VALOR FINAL ESPERADO	VALOR ALCANZADO EN EL 2019	VALOR ALCANZADO EN EL 2020	PENDIENTE
1. Número de proyectos obtenidos en convocatorias públicas	28	9	11	8
2. Número de contratos con terceros	100	18	44	38
3. Aumento de ingresos por servicios	1.150 k€	209.485	504.993	435.522
4. Número de comunicaciones científicas	150	57	44	49
5. Número de nuevos doctores	6	0	2	4
6. Número de actividades de divulgación	800	180	354	266
7. Número de acuerdos de colaboración	200	54	88	58

3. ANEXOS

3.1. LISTADO DE PROPUESTAS DE PROYECTOS PENDIENTES DE RESOLUCIÓN A DICIEMBRE DE 2020

1. PROPUESTA DE PROYECTO TRE-FUELS (2020): Convocatoria PAIDI de la Junta de Andalucía, sobre experimentación y simulación de sistemas de producción de hidrógeno verde mediante electrólisis alcalina AEM.
2. PROPUESTA DE PROYECTO SUCAT (2020): Convocatoria *Proof of Concept* del *European Research Council*, para el desarrollo y testeo de pequeños stacks AEM de 25 cm².
3. PROPUESTA DE PROYECTO ALMAGEN H2 (2020): Convocatoria de Misiones-CDTI, donde se desarrollará íntegramente el BoP de un sistema de electrólisis PEM de 100 kW. También aborda el desarrollo de simulaciones sobre el comportamiento fluidodinámico de diferentes condiciones de inyección de hidrógeno en la red de gas natural.
4. PROPUESTA DE PROYECTO ARTEMISA (2020): Convocatoria *Innovation Fund*, sobre la integración eficiente de electrolizadores de baja temperatura (100 MW) con energías renovables y su uso en hidrogenera. Desarrollo de hidrogenera estacionaria (6MW).
5. PROPUESTA DE PROYECTO CRISALIDA (2020). Convocatoria Misiones-CDTI, cuyo objetivo es desarrollar un banco de ensayos de co-electrólisis de óxido sólido para producir gas de síntesis.
6. PROPUESTA DE PROYECTO BLUESOLAR (2020) Convocatoria Misiones-CDTI, cuyo objetivo es desarrollar un electrolizador integrado con energía solar de concentración (electrolisis SOEC).
7. PROPUESTA DE PROYECTO BLUESOLAR (2020) Convocatoria IDEA de la Junta de Andalucía, cuyo objetivo es desarrollar un electrolizador integrado con energía solar de concentración.
8. PROPUESTA DE PROYECTO UES365 (2020): Convocatoria Misiones-CDTI, en el que se va a realizar una evaluación de materiales en presencia de H₂ y/o mezclas con CH₄, CO₂, etc. para el almacenamiento subterráneo de H₂ (yacimientos depletados de gas natural y cavernas salinas). Además de una evaluación de la actividad metabólica de bacterias del subsuelo en presencia de hidrógeno.
9. PROPUESTA DE PROYECTO "Al-Sur" (2020): Convocatoria de la Agencia IDEA de la Junta de Andalucía, en el que se va a realizar una evaluación de materiales en presencia de H₂ y/o mezclas con CH₄, CO₂, etc. para el almacenamiento subterráneo de H₂ yacimientos depletados de gas natural y evaluación de actividad metabólica de bacterias.
10. PROPUESTA DE PROYECTO SHINE-FLEET (2020): Convocatoria Misiones-CDTI, cuyo objetivo es testear y validar recipientes tipo IV para uso en movilidad de vehículos pesados.
11. PROPUESTA DE PROYECTO PROTIO (2020): Convocatoria Agencia IDEA de la Junta de Andalucía, cuyo objetivo es testear recipientes tipo IV para uso en bicicletas y drones principalmente. También aborda el desarrollo de diferentes modelos CFD sobre procesos de carga/descarga en depósitos distribuidos conformables de hidrógeno.
12. PROPUESTA DE PROYECTO CARAVANH2 (2020): Convocatoria de la Agencia IDEA, cuyo objetivo es testear y validar recipientes tipo IV para uso en movilidad en caravanas.
13. PROPUESTA DE PROYECTO MITOCHONDRIA (2020): Convocatoria de la FCH2 JU Fabricación de un tanque innovador compuesto para hidrógeno que se define y se realiza para ser introducido en la automoción. El objetivo es testear y validar recipientes tipo IV para uso en movilidad.
14. PROPUESTA DE PROYECTO CYBERSEC4CLEANENERGY (2020): Convocatoria de H2020 Ciberseguridad en el Sistema de Energía y Energía Eléctrica (EPES): un blindaje contra ataques cibernéticos y de privacidad y violaciones de datos.
15. PROPUESTA DE PROYECTO HYDROFLAME (2020): Convocatoria de H2020 Limpio y seguro: 100% de combustión de hidrógeno en el recalentamiento de hornos.

16. PROPUESTA DE PROYECTO GEOSOLAR GREEN H2 INFINITY. Convocatoria Producción de hidrógeno verde (CORFO). Primera fase.
17. PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Convocatoria *Innovation Fund "Kaminoan Project-Green Hydrogen and Solar Electricity Production Hybrid Plant (KMNN)*.
18. PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Convocatoria *Innovation Fund*, Planta de hidrógeno verde para uso industrial en Puertollano.
19. PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Convocatoria Abierta PID. Apoyo técnico, testeo y validación para el desarrollo de soluciones de movilidad con hidrógeno (bicicleta y repostaje).
20. PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Convocatoria Abierta PID. "SMART CHARGER BOX Punto de recarga inteligente para vehículo eléctrico basado en un innovador Centro Procesador de Energía".
21. PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Convocatoria Abierta PID. "Construcción de centro de producción de hidrógeno (hidrogenera) en Fuerteventura.
22. PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Retos Investigación. Fabricación, ensamblaje, acondicionamiento, caracterización electroquímica y procesamiento de datos de conjuntos membrana electrodo evaluados en monoceldas de dispositivos PEM.
23. PROPUESTA DE PROYECTO (2020): MICIN-AEI. Retos Investigación. "Towards a new car fleet: Environmental implications, economic externalities and strategical raw material supply (CAREER)".
24. PROPUESTA DE PROYECTO (2020): Retos Investigación. "Comprensión de reformado eficiente de CH₄/CO₂ en pilas de combustible de oxido solido avanzadas y optimización de agentes de reformado y catalizadores (AdvReforming)".

3.2. LISTADO DE PROYECTOS EN EJECUCIÓN EN EL PERIODO 2019-2020

1. PROYECTO EXTERNO INCORPORAPEME: Actividades de mejora en el área de electrolizadores PEM. Consejería de Educación, Cultura y Deportes (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha). Contratación de ayudantes de investigación y de gestión de la I+D y técnicos de laboratorio. Dentro de las medidas de retención y retorno del talento, para jóvenes incluidos en el Sistema Nacional de Garantía Juvenil.
2. PROYECTO EXTERNO ENHIGMA: Convocatoria Retos Colaboración 2016. Obtener un electrolizador PEM de mayor durabilidad y menor consumo energético. Ministerio de Economía y Competitividad (Gobierno de España). Agencia Estatal de Investigación (AEI). Retos Colaboración.
3. PROYECTO EXTERNO SHIPS4BLUE: Estudios de viabilidad de almacenamiento de hidrógeno vía amoniaco. Comunidad Autónoma de Cantabria. Entregas dinerarias sin contraprestación dentro del Programa I+C=C 2016 de Apoyo a Proyectos de I+D en Cooperación en Energías Renovables Marinas.
4. PROYECTO EXTERNO CPV4H2: El proyecto trata de alcanzar el récord de eficiencia en producción de hidrógeno mediante energía solar. Proyecto bajo contrato en la convocatoria FEDER INNTERCONNECTA (CDTI).
5. PROYECTO EXTERNO MACBETH: Desarrollo de reactores de alta eficiencia mediante la combinación de síntesis catalítica correspondiente a unidades de separación en un único reactor de membrana catalítica para producción de hidrógeno, hidroformilación y deshidrogenación de propano. Comisión Europea. Horizonte 2020. H2020-NMBP-ST-IND-2018-2020. CE-SPIRE-04-2019. Acuerdo de Subvención 869896.
6. PROYECTO EXTERNO AGROSOFC-CIM&3D: Desarrollar un nuevo diseño de Pilas de Combustible de Óxido Sólido de temperatura intermedia (IT-SOFC), empleando tecnologías de procesado avanzado de cerámicas. En colaboración con la UCLM. Consejería de Educación, Cultura y Deportes (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha). Proyectos de investigación y transferencia de tecnología.

7. PROYECTO EXTERNO ARENHA: Desarrollar, integrar y demostrar soluciones que permitan el uso de amoniaco para el almacenamiento y utilización de la energía de forma flexible, segura y rentable. Desarrollo de sistema SOEC para producción de hidrogeno, así como la futura integración y testeo en las instalaciones del CNH2. Entre los objetivos del proyecto se pretende llevar a cabo el desarrollo, ingeniería y construcción del BoP para un electrolizador SOEC de 5kW. Comisión Europea. Horizonte 2020. H2020-LC-NMBP-29-2019 (*topic* LC-NMBP-29-2019). Acuerdo de Subvención 862482.
8. PROYECTO EXTERNO IMPROVEMENT Propone su reconversión a Edificios de balance energético Cero (nZEB) mediante la integración de microrredes de generación combinada de frio, calor y electricidad con control activo del neutro y uso de sistemas híbridos de almacenamiento de energía tanto eléctrica como térmica. Comisión Europea. Programa Interreg SUDOE y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Eje prioritario 3 Contribuir a una mayor eficiencia de las políticas en materia de eficacia energética. SOE3/P3/E0901.
9. PROYECTO EXTERNO HIDROAM: Desarrollo de catalizadores para la obtención de hidrógeno a partir de amoniaco. En colaboración con la UCLM. Consejería de Educación, Cultura y Deportes (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha). Proyectos de investigación y transferencia de tecnología.
10. PROYECTO EXTERNO CONSOLIDACIÓN Y MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICO-TÉCNICA DEL CNH2: Dentro de la ayuda FEDER P0 (2014-2020). Consejería de Educación, Cultura y Deportes (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha) a través del Programa Operativo FEDER de Castilla-La Mancha 2014-2020 y la Comisión Europea.
11. PROYECTO EXTERNO H2PORTS: Uso del hidrógeno en sectores logísticas de la industria portuaria. Comisión Europea. *Fuel Cell Hydrogen and Joint Undertaking (FCH2 JU)*, H2020-JTI-FCH-2018 (*topic* FCH-03-1-2018). Acuerdo de Subvención 826339.
12. PROYECTO EXTERNO SOLUTHION: Desarrollo de sistemas de testeo y validación de pilas de combustible en el sector ferroviario. Proyecto bajo contrato en la convocatoria abierta CIEN (CDTI).
13. PROYECTO EXTERNO LOWCOSTFC: Se han desarrollado y validado modelos CFD en COMSOL sobre pilas de combustible (tanto a nivel de canal, como de celda), para analizar los fenómenos electroquímicos y fluidodinámicos en nuevos diseños PEMFC. En colaboración con la UNED. Retos – Colaboración del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a Retos de la Sociedad en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016.
14. PROYECTO EXTERNO IDEAL: Facilitar la penetración de las energías renovables en sectores para los que la electricidad no es actualmente la forma de energía en el punto de uso final y no puede aprovechar el gran potencial de reducción de CO2 de la electricidad generada utilizando energía verde. Este proyecto engloba los siguientes subproyectos: Estudio de combustibles derivados del hidrógeno y su seguridad. Análisis de la producción por reformado de hidrógeno y combustibles bajos en carbono. Estrategia y seguridad en la generación de energía reducida en carbono. Optimización de la estructura de pilas PEM y modelado de los efectos de llama. Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España). Agencia Estatal de Investigación (AEI). Proyectos de I+D+I - Retos Investigación.
15. PROYECTO EXTERNO CO2-DUAL: Analizar y proponer condiciones de operación del motor, parámetros de diseño del motor (relación de compresión y geometría de la cámara) y diferentes combustibles alternativos efectivos para reducir las emisiones de CO2 y resto de emisiones contaminantes. Motores de combustión de H2. Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España). Agencia Estatal de Investigación (AEI). Proyectos de I+D+I - Retos Investigación.
16. PROYECTO EXTERNO TRACA: El presente proyecto piloto tiene como objetivo la generación de biogás a partir de la digestión anaerobia de residuos para producir energía renovable, con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar así el cambio climático. El dispositivo desarrollado energético (PCA, Pila de combustible Avanzada) será

- un nuevo diseño de Pilas de Combustible de alta temperatura fabricado mediante tecnologías de procesado avanzado de materiales empleando el moldeo por inyección de polvos cerámicos (CIM). Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha). Proyectos piloto innovadores en el sector agroalimentario promovidos a través de la cooperación entre agentes.
17. PROYECTO EXTERNO CONFIGURA: Desarrollar distintas estrategias de control en el marco del Control Predictivo para gestionar de manera eficiente la operación de estos sistemas, abordando la reconfigurabilidad, tanto en lo referente a los componentes de una microrred, como a microrredes interconectadas. Proyecto en colaboración con la Universidad de Sevilla. Retos-Investigación del Programa Estatal, Desarrollo e Innovación Orientada a Retos de la Sociedad en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016 en virtud de la Orden ECC/1780/2013.
 18. PROYECTO EXTERNO SAFEMPC: Técnicas de Gestión Segura y Fiable de la Energía en Microrredes Integrando Cambios en la Demanda y Control Predictivo Estocástico. Proyecto en colaboración con la Universidad de Sevilla. Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España). Agencia Estatal de Investigación (AEI). Proyectos de I+D+I - Retos Investigación.
 19. PROYECTO EXTERNO TOGETHER: Mejorar la eficiencia energética en la climatización, generación de ACS y suministro eléctrico mediante el desarrollo tecnológico y de investigación de un sistema versátil y modular que incluya los campos de generación de energía, almacenamiento, y uso, basada en la combinación de EE.RR. y del ciclo del hidrógeno en sistemas de cogeneración de calor y frío con geotermia y máquinas de absorción. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (Gobierno de España). Agencia Estatal de Investigación (AEI). Retos Colaboración.
 20. PROYECTO EXTERNO H2LOGIN: Desarrollo de vehículos alimentados por hidrógeno renovable para operaciones en centros logísticos y transporte de última milla (Carretilla y cabina tractora de un camión). Proyecto bajo contrato en la convocatoria abierta de ID cooperativa (CDTI).
 21. PROYECTO EXTERNO KART-H2 ERASMUS: Asesoramiento a institutos para el desarrollo de vehículos de combustibles alternativos. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Servicio para la Internacionalización de la Educación (SEPIE). ERASMUS+.2018-1-ES01-KA202-050425
 22. PROYECTO EXTERNO ELECTROMOVILIDAD MINERA: Desarrollar soluciones que logren viabilizar de manera técnica y operativa la adaptación de vehículos de transporte utilizados en minería, desde su actual condición de operación mediante el uso de combustible diésel, hacia una operación mediante celdas de combustibles. Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). Agencia del Gobierno de Chile. 18PTECC-89477.
 23. PROYECTO ECOPEM-DUAL: Fomento del aprendizaje colaborativo entre el IES Virgen de Gracia (Instituto de Puertollano), el CNH2 y la empresa Mecanizados Naranja a través de la fabricación de un prototipo de pila de combustible de hidrógeno que pretende dar respuesta la demanda de fuentes de energía respetuosas con el medio ambiente.
 24. PROYECTO GREEN HYSLAND (2020): Desarrollo de un ecosistema de hidrógeno en la isla de Mallorca. Convocatoria FCH2JU.
 25. PROYECTO FCH2RAIL (2020): Desarrollar, construir, probar, demostrar y homologar un *PowerPack* híbrida de pilas de combustible escalable, modular y polivalente (FCHPP) aplicable a diferentes aplicaciones ferroviarias también adecuada para la adaptación de trenes eléctricos y diésel existentes. Convocatoria FCH2JU.
 26. PROYECTO EXTERNO HIDROGENERA (Centro logístico): Asistencia técnica para punto de repostaje de H2. Proyecto bajo contrato en la convocatoria abierta de ID cooperativa (CDTI).
 27. PROYECTO EXTERNO DRON H2: Caracterización de pila de combustible para sistema dron H2. Neotec (CDTI).
 28. PROYECTO BAJO CONTRATO 1 (2019): Desarrollo de la ingeniería eléctrica, de control y mecánica para el desarrollo de un sistema APU de pila de combustible de 20 kW (sistema APU pila 20 kW). Financiación privada.



29. PROYECTO BAJO CONTRATO 2 (2020): Ingeniería conceptual de una planta de producción de hidrógeno renovable a partir de energía solar fotovoltaica (Puertollano). Financiación privada.
30. PROYECTO BAJO CONTRATO 3 (2019): Estudio de fugas de hidrógeno en aplicaciones ferroviarias. Financiación privada.
31. PROYECTO BAJO CONTRATO 4 (2019): Estudio de fugas de gas natural en aplicaciones ferroviarias.
32. PROYECTO BAJO CONTRATO 5 (2020): Diseño mecánico para un sistema de aire e hidrógeno. Financiación privada.
33. PROYECTO BAJO CONTRATO 6 (2020): Diseño básico de una planta de producción de electrólisis. Financiación privada.
34. PROYECTO BAJO CONTRATO 7 (2020): Desarrollo de ingeniería conceptual, especificaciones técnicas de equipos y documentación para tramitación de plantas de producción de hidrógeno verde de 1 MW a partir de electricidad fotovoltaica. Financiación privada.
35. PROYECTO BAJO CONTRATO 8 (2020): Dimensionamiento de infraestructuras de repostaje de hidrógeno para flotas de autobuses de diferente tamaño considerando diferentes medios de disponer del hidrógeno en sus diferentes formas (comprimido y líquido). Financiación privada.
36. PROYECTO BAJO CONTRATO 9 / HYLOOP (2020): Inyección de hidrógeno en tubería de distribución de gas natural. Desarrollo de la ingeniería de un anillo experimental para llevar a cabo estudios de diferentes componentes de la red gasística con mezclas gas natural e hidrógeno. Financiación privada.
37. PROYECTO BAJO CONTRATO 10 (2020): Estudio de viabilidad de una planta de producción de valorización de hidrógeno en una planta cloro-alkali. Financiación privada.
38. PROYECTO BAJO CONTRATO 11 (2020): Ingeniería e integración de una pila de combustible en un tren. Financiación privada.
39. PROYECTO BAJO CONTRATO 12 (2020): Proyecto de hidrógeno en polígonos logísticos. Financiación privada.
40. PROYECTO BAJO CONTRATO 13 (2020): Definición del sistema de control, diseño mecánico y eléctrico, integración de componentes y ensayo del grupo electrógeno (modelo MPU20) y pilas de combustible. Financiación privada.
41. PROYECTO BAJO CONTRATO 14 (2020): Dimensión de un vagón-tender híbrido de hidrógeno y baterías. Financiación privada.
42. PROYECTO BAJO CONTRATO 15 (2020): Desarrollo del diseño conceptual y modelo económico para una planta de producción de hidrógeno verde con una capacidad de entre 10 y 100 MW a partir de energía solar fotovoltaica y de conexión a red, en caso de ser necesario. Financiación privada.
43. PROYECTO BAJO CONTRATO 16 (2020): Elaboración de estudios de viabilidad para plantas de producción de hidrógeno verde, permisología aplicable y proyecto básico. Financiación privada.
44. PROYECTO INTERNO DESPEGHA4: Análisis de la influencia del caudal de electrolito en el comportamiento y eficiencia de celdas de electrólisis alcalino. Recursos propios (CNH2).
45. PROYECTO INTERNO DESPEGHA3. Simulación de una planta de electrólisis alcalina en Aspen Plus. Recursos propios (CNH2).
46. PROYECTO INTERNO CUSTOMPOW: Adaptación de equipos de electrólisis a plantas FV sobre plataformas de evaluación. Recursos propios (CNH2).
47. PROYECTO INTERNO PRIOXIS: Desarrollo de sistemas SOFC con geometrías avanzadas. Recursos propios (CNH2).
48. PROYECTO INTERNO BIOFAR: Producción de electricidad o H₂ a partir de residuos (Fotoelectroquímica y Procesos Biológico). Recursos propios (CNH2).
49. PROYECTO INTERNO BIOH2: Producción de hidrógeno por medio de fermentación oscura y tomando residuos de la industria agroalimentaria como materia prima. Recursos propios (CNH2).

50. PROYECTO INTERNO USOS INDUSTRIALES DEL HIDRÓGENO: Análisis técnico y económico para estudiar la viabilidad del uso del hidrógeno como materia prima en diferentes industrias. Recursos propios (CNH2).
51. PROYECTO INTERNO MODASOEC: Desarrollo y validación experimental de un modelo para la simulación de sistemas de producción de hidrógeno vía electrolisis de óxido sólido que englobe tanto el comportamiento del stack como los subsistemas que constituyen el balance de planta (BoP) del sistema de electrolisis. Recursos propios (CNH2).
52. PROYECTO INTERNO ENERGY CARRIER: Análisis técnico y económico para la viabilidad de diferentes Energy Carriers como pueden ser el amoniaco y metanol en diferentes aplicaciones como la movilidad (terrestres, marina y/o aérea), transporte de energía entre diferentes regiones y/o países, así como el uso de éstos como materias primas de industrias químicas, de fertilizantes, explosivos, etc. Recursos propios (CNH2).
53. PROYECTO INTERNO H2REMOTION: Desarrollar un protocolo para la operación de la hidrogenera del CNH2, evaluando el funcionamiento y estudiando el comportamiento de determinadas variables. Recursos propios (CNH2).
54. PROYECTO INTERNO TESTAPEM: Se busca disponer de un banco de ensayos programado, controlado automáticamente y optimizado para realizar servicios de ensayos, análisis y validación de stacks PEMFC para potencias 1-10 Kw. Unidad de Ingeniería Aplicada. Recursos propios (CNH2).
55. PROYECTO INTERNO SHAKERPEM: Se pretende poner en marcha de la mesa de vibración del laboratorio de Testeo PEM, y la elaboración de protocolos de ensayo de vibración en pila de combustible PEM, evaluando además el comportamiento de un stack de pila de combustible PEM después de haber sido sometido a diferentes ensayos de vibración. Unidad de Ingeniería Aplicada. Recursos propios (CNH2).
56. PROYECTO INTERNO CLIMAPEM: Busca el desarrollo de protocolos de ensayo para diferentes condiciones climáticas en pilas de combustible PEM. Basado en los procedimientos desarrollados se llevará a cabo la evaluación del comportamiento de un stack de pila de combustible PEM tras haber sido sometido a ensayos a diferentes condiciones climáticas en la cámara climática del Laboratorio de Testeo PEM, analizando su curva V-I y la realización de pruebas de estanqueidad. Unidad de Ingeniería Aplicada. Recursos propios (CNH2).
57. PROYECTO INTERNO SIMVAPEM: Busca a establecer la metodología a usar para la caracterización fluidodinámica de placas bipolares en pilas de combustible PEM, mediante técnicas de visualización directa del flujo. Recursos propios (CNH2).
58. PROYECTO INTERNO MOVIPEM: Se ha trabajado en la reducción de la carga catalítica (carga ultra baja de platino) y la optimización del contenido de Nafion de MEAs utilizando la técnica de spray y en la caracterización electroquímica de las mismas. Recursos propios (CNH2).
59. PROYECTO INTERNO INDUGRID: Para puesta a punto de las instalaciones existentes en el laboratorio para realizar un prototipo de microrred susceptible de ser patentado.
60. PROYECTO INTERNO AUTO-CNH2: Desarrollo de un banco de ensayos que permitirá testear y validar los componentes que integran el sistema *Range extender*. Recursos propios (CNH2).
61. PROYECTO INTERNO TEST-AUTO: Ensayos y caracterización de fugas de hidrógeno en el habitáculo del vehículo Hyundai ix35. Recursos propios (CNH2).
62. PROYECTO INTERNO CERT-PEMFC: Estudio de viabilidad técnico-económica para la implantación de un sistema de calidad basado en la normativa ISO/IEC 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración que permitan la validación y/o certificación de pilas de combustible de PEM mediante la normativa nacional existente, la UNE-EN 62282-Tecnologías de Pila de combustible, basada en la Norma Internacional IEC/TS 62282. Fuel Cell Technologies. Unidad de Ingeniería Aplicada. Recursos propios (CNH2).
63. PROYECTO INTERNO ISOLab: Pretende garantizar la gestión de la calidad de todos los procesos organizativos del Laboratorio de Caracterización de Materiales además de



- asegurar la competencia técnica, dando validez a los resultados emitidos implementando la Norma ISO 17025. De igual modo se está trabajando en el desarrollo de protocolos de medida de la calidad del Hidrógeno según la Norma ISO 14687. Recursos propios (CNH2).
64. PROYECTO INTERNO OPTIMPROJECT: Mejorar notablemente la calidad e impacto en la preparación de propuestas de proyectos para la optimización de los proyectos y su aplicación en la propuesta. Recursos propios (CNH2).
 65. PROYECTO INTERNO OPENFCTOOLS: Proyecto de electrónica y control para sistemas de H2. Recursos propios (CNH2).
 66. PROYECTO INTERNO Hy2TRAVEL: Desarrollo aplicación gratuita. Recursos propios (CNH2).