



## EVALUACIÓN INTERMEDIA DEL PLAN DIRECTOR DEL HIDRÓGENO EN ARAGÓN [2016 - 2020]

Subvenciona:



FUNDACIÓN PARA EL  
DESARROLLO DE LAS NUEVAS  
TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO  
EN ARAGÓN





EVALUACIÓN INTERMEDIA PLAN DIRECTOR DEL  
HIDRÓGENO EN ARAGÓN

# ÍNDICE

La elaboración y ejecución del Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020 ha sido financiado por el Departamento de Economía, Industria y Empleo del Gobierno de Aragón.

**Edita:** Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.

**Autor:** Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.

**Diseño y Maquetación:** Línea Diseño Industrial y Gráfico.

© Prohibida su reproducción total o parcial sin citar la fuente.

INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	10
METODOLOGÍA DE TRABAJO	16
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN	22
RESULTADOS GLOBALES	66
ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DIRECTOR 2016-2020	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
AGRADECIMIENTOS	92
ABREVIATURAS	108

01.

INTRODUCCIÓN

# 01. INTRODUCCIÓN

Este documento presenta los resultados de la evaluación, a mitad de periodo de vigencia, del cumplimiento de los objetivos del Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020. La evaluación tiene como objetivo analizar, a través de los indicadores establecidos en el sistema de seguimiento, el estado de las actuaciones realizadas y los resultados generales obtenidos tras la puesta en marcha del Plan Director.

El actual Plan constituye la tercera revisión de la planificación que se inicia en 2007 con el primer Plan Director del Hidrógeno en Aragón. Una de las novedades destacables del Plan actual, que surge de un periodo en el que el sector del hidrógeno afronta nuevos retos tecnológicos, es una definición más específica de las actuaciones técnicas a desarrollar, orientadas además a la consecución de resultados más concretos. Para la monitorización de estos resultados se estableció también un sistema de seguimiento más exhaustivo y que resulta clave para conocer la evolución del desarrollo de las líneas de trabajo propuestas en el Plan.

El sistema de seguimiento establecido tiene un doble objetivo:

- **Analizar la efectividad de las acciones propuestas** y su grado de avance en el horizonte temporal del Plan, y
- Establecer un **protocolo de seguimiento de la propia estructura de gestión de la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón (FHa)** que permita analizar con carácter periódico el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Para ello, y acorde a las mejores prácticas de seguimiento y evaluación de programas, se incluyeron tres tipologías de indicadores:

- **Indicadores de seguimiento.** Analizan la efectividad de la implantación de las actividades asociadas a hidrógeno previstas en el Plan Director. Los indicadores de seguimiento se dividen a su vez en **globales**, establecen resultados de un modo general del desarrollo de actividades incluyendo número de actuaciones, recursos humanos y actividad económica, e **indicadores específicos por línea de trabajo** que responden a la consecución de los objetivos de las actividades establecidas.
- **Indicadores de resultado.** Miden los importes monetarios conseguidos por la participación en proyectos relacionados con el hidrógeno.
- **Indicadores de gestión** del desempeño de las actividades de coordinación realizadas por la FHa de cara a sus patronos y otros indicadores de gestión asociados a la consecución del Plan.

El sistema de seguimiento incluye así mismo, la realización de una evaluación intermedia que, además de analizar el grado de cumplimiento a mitad de periodo, incorpora también una reflexión sobre las acciones propuestas en el Plan que hayan podido quedar obsoletas en este lapso temporal, y también, sobre

acciones nuevas no contempladas en el mismo que puedan ser de especial interés para las empresas y organismos aragoneses y que se razone que deban ser consideradas a ejecución en el periodo restante de vigencia del Plan.

Con la evaluación intermedia, igualmente, se quiere reflexionar sobre los objetivos marcados para el año 2020, en relación con los resultados obtenidos en 2018.



02.

ANTECEDENTES

## 02. ANTECEDENTES

La publicación de los Planes Directores del Hidrógeno en Aragón constituye una herramienta clave en la región para el impulso del desarrollo de las nuevas tecnologías del hidrógeno por parte de los organismos de investigación, empresas regionales y otras entidades relacionadas, así como un avance en la difusión de las tecnologías del hidrógeno a otros sectores económicos y a la sociedad en general.



La Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón, FHa, lidera los procesos de elaboración de estos planes en colaboración con diferentes expertos en la materia.

La elaboración del Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020 partió de una revisión del Plan anterior, correspondiente al periodo 2011-2015, analizando el cumplimiento del mismo. Durante el desarrollo del Plan Director 2016-2020 se realizó un análisis de información externa, estado del arte y principales tendencias del sector y se puso en marcha un proceso participativo para proponer y validar las nuevas líneas de trabajo que debía contemplar el Plan. El proceso participativo incluyó a más de 45 entidades y 70 expertos, que a través de cuestionarios, entrevistas y mesas de trabajo propusieron y validaron las nuevas líneas del Plan que son:

**Línea 1: Producción de hidrógeno**

**Línea 2: Almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno**

**Línea 3: Aplicaciones del hidrógeno.**

**Línea 4: Transferencia de tecnología, protección e impacto económico.**

**Línea 5: Formación y sensibilización.**

Para cada una de las líneas de trabajo se definieron acciones y actuaciones concretas a desarrollar y los objetivos a cumplir durante el periodo de vigencia del Plan, fijando metas a mitad de periodo y al final del mismo.

Se establecieron unos indicadores que dan cuenta del grado de avance de las tecnologías que se están desarrollando en este campo, acordes a las actuaciones específicas incluidas en cada línea de acción.

Tras los esfuerzos realizados en periodos anteriores para poner en

marcha actuaciones de investigación, formación, y desarrollo de las tecnologías hidrógeno en la región, y con la experiencia adquirida durante el tiempo transcurrido, este Plan tiene una clara orientación a resultados y remarca la apuesta de Aragón por las tecnologías del hidrógeno como herramientas de desarrollo empresarial e industrial, además de fortalecer la apuesta por las energías renovables y la descarbonización del transporte y del sector energético.

Los resultados obtenidos en los años anteriores, así como la visibilidad que las actuaciones han obtenido a través de diferentes iniciativas, entre ellas la propia publicación de los Planes Directores y el involucramiento de las empresas y organismos en su definición han llevado a crecimientos en la implicación de la empresa y la sociedad aragonesa en las tecnologías del hidrógeno. Un ejemplo de ello sería el crecimiento del patronato de la propia FHa que inició su andadura en 2003 con 28 patronos fundadores hasta alcanzar en 2018 la cifra de 70. Especialmente remarcable fue el crecimiento del patronato coincidiendo con las fechas de puesta en marcha del primer y segundo Plan.

Así mismo, la implicación de estos organismos se refleja en la participación en proyectos, las inversiones realizadas y los retornos obtenidos en los programas de financiación que han aumentado año tras año, siendo especialmente remarcable el retorno de las empresas en este último periodo como se verá posteriormente en el análisis de los indicadores.

# 02. ANTECEDENTES

El Patronato de la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón está formado por más de 70 miembros, claves para la economía aragonesa: Empresas, entidades de todos los sectores y centros de investigación apoyan esta iniciativa, a los que se van sumando año tras año nuevos apoyos.

**ADMINISTRACIONES PÚBLICAS / ADMINISTRATIONS**

GOBIERNO DE ARAGON, Ayuntamiento Sabiñánigo, Ayuntamiento de Huesca, Ayuntamiento de JACA

**CORPORACIONES Y ASOCIACIONES / CORPORATIONS AND ASSOCIATIONS**

Ingenieros Industriales, COGITAR, Cámaras Aragón, CBOE Aragón, CEEI ARAGON

**ENERGÍA / ENERGY**

TAMWESER, aEA, innogy, Syder, IMS, Class management, CLH, endesa, SAMCA, Vestas, enagas, enhol, GRUPO JORGE, Compañía Eólica Aragonesa, S.A., Redexis, SAI, Geolica, IBERDROLA, Atlas Copco, SKY GLOBAL, SIEMENS Gamesa, ZOILORÍOS

**INMOBILIARIA Y OBRA CIVIL / REAL STATE & CIVIL WORK**

Brial, HORCONA, VIDAL OBRAS Y SERVICIOS

**AUTOMOCIÓN / AUTOMOTIVE**

Valeo, AIRTEX, TATA

**INDUSTRIA QUÍMICA / CHEMICAL INDUSTRY**

Air Liquide, Ercros, Linde, CARBUROS METÁLICOS

**METAL MECÁNICO / METAL-MECHANIC**

gala gar, Juanjo, lapesa, CALVERA

**INVESTIGACIÓN, ENSEÑANZA E INNOVACIÓN / INVESTIGATION, TRAINING AND INNOVATION**

circe, ITAINNOVA, CSIC, Universidad Zaragoza, Escuela Universitaria Politécnica La Alfranca, SANVALERO, walqa

**INGENIERÍA Y CONSULTORÍA / ENGINEERING AND CONSULTANCY**

IDOM, intecsa, VeasGlobal, maetel, tafyesa, satel

**SEGURIDAD Y HOMOLOGACIÓN / SAFETY AND RCS**

SGS, GMR, itevelesa

**OCIO Y TURISMO / TOURISME AND LEISURE**

aramon

**AGENCIAS PÚBLICAS / PUBLIC AGENCIES**

IAF INSTITUTO ARAGONES DE FOMENTO

**MIEMBRO ASOCIADO / ASSOCIATED MEMBER**

Scottish Hydrogen & Fuel Cell Association

**TRANSPORTE / TRANSPORT**

tradime, Lecitrailer, CAF, urbanos de zaragoza, isesé

**FINANZAS / INVESTMENTS**

Going, Bantierra, CAJA RURAL DE TERUEL

**PATRONO A TÍTULO NOMINATIVO / INDIVIDUAL MEMBER**

Carlos Javier Navarro Espada

**PATRONOS DE HONOR / HONORARY MEMBERS**

Jeremy Rifkin, Victor Manuel Orera Clemente, Emilio Domingo Arquileú

Patronato Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno Aragón en 2018

03.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

# 03. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La realización de la evaluación intermedia del Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020 ha combinado una parte de trabajo de gabinete, revisando la documentación disponible aportada por la FHa, las empresas y otros organismos que realizan actividades relacionadas con el hidrógeno y una parte de proceso participativo, en el cual, diferentes expertos en la materia presentaron los principales proyectos desarrollados en el periodo, y debatieron sobre las actividades realizadas, estado del arte, nuevas tendencias, intereses particulares, etc.



En el marco de esta evaluación intermedia se han realizado las siguientes actividades:

- Revisión y análisis de la documentación disponible en la FHa sobre las acciones realizadas por la FHa en el periodo y los indicadores de seguimiento disponibles.
- Recopilación de la información sobre actividades realizadas e intereses futuros de las empresas y organismos relacionados con el hidrógeno en Aragón. Esta información fue solicitada a través de unos cuestionarios preparados al efecto (un cuestionario por línea de trabajo) cuya información fue analizada y validada por el equipo de evaluación del Plan.
- Realización de cinco mesas de trabajo en las que diferentes expertos exponen las acciones realizadas desde su empresa u organismo, se debate sobre la validez de las acciones y actividades actuales y se recogen las impresiones sobre cada una de ellas, con el objeto de modificar, si se considera necesario, alguna de las líneas o acciones propuestas en el Plan.

Las mesas de trabajo se corresponden con las cinco líneas de desarrollo incluidas en el Plan. Asisten a las mesas más de 70 personas en total pertenecientes a 30 organismos, la lista completa se incluye en la Tabla 1.

# 03. METODOLOGÍA DE TRABAJO



El TRL (Technology Readiness Level-Nivel de Madurez Tecnológica) es un sistema de medida que estima la madurez o preparación de un desarrollo en particular a partir de una clasificación en 9 niveles distintos, con posibilidad de adaptación a casos concretos. Dicho sistema tiene un papel relevante dentro de Horizonte 2020, y por ello se ha optado por incluirlo dentro del sistema de seguimiento de las líneas de trabajo del Plan.

- TRL-0 Idea.
- TRL-1 Investigación básica.
- TRL-2 Formulación de la tecnología.
- TRL-3 Investigación aplicada.
- TRL-4 Prototipo pequeña escala.
- TRL-5 Prototipo gran escala.
- TRL-6 Sistema prototipo.
- TRL-7 Sistema de demostración.
- TRL-8 Primer sistema de tipo comercial.
- TRL-9 Aplicación comercial completa.

## T.01 Asistencia a las mesas de trabajo

MESA	PARTICIPANTES EN ARAGÓN
Línea 1: Producción de hidrógeno	CIEMAT, CLENAR, CNH2, CSIC, Enagás, EPIC POWER, FHa, Green Grouping, IASOL IDOM, INYCOM, ITA, UNIZAR
Línea 2: Almacenamiento, transporte y distribución	Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L., CLENAR, CNH2, DGA, FHa, IDOM, Ministerio para la Transición Ecológica, SFICE, Zoilo Ríos
Línea 3: Aplicaciones del hidrógeno	CAF, CLENAR, CIRCE, CNH2, Consorcio Transporte Zaragoza, CSIC, CSIC-LITEC, DGA, Enagás S.A. FHa, Green Grouping, IDOM, ITA, Ministerio para la Transición Ecológica, Avanza Zaragoza, UNIZAR
Línea 4: Transferencia de tecnología, protección e impacto económico.	Aenor, CNH2, FHa, IDOM Ministerio para la Transición Ecológica.
Línea 5: Formación y sensibilización	CNH2, DGA, Enagás S.A., FHa, IDOM, SEAS, UNIZAR, USJ

En base a dicho trabajo se concluye la revisión con las siguientes tareas:

- Análisis de la información obtenida en las mesas por parte del equipo de evaluación, y validación posterior por parte de los participantes de las mesas.
- Redacción del documento que recoge el análisis de los indicadores propuestos en el sistema de seguimiento del Plan, propuesta y redefinición de acciones y actuaciones, e indicadores asociados. Incluye además un capítulo de conclusiones.

04.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

# 04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

## CONSIDERACIONES GENERALES

El Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020, articulado en base a cinco líneas estratégicas, cuenta con 21 acciones y 61 actuaciones concretas. En el Plan se indica el grado de prioridad de cada una de las actuaciones, los indicadores de seguimiento para las mismas y los objetivos en 2018 y 2020.

Las actuaciones son en algunos casos independientes entre sí y otras veces están relacionadas de manera que el cumplimiento secuencial de las mismas lleva al cumplimiento de la acción a la que se refieren, estando así los objetivos fijados para la acción en su globalidad.

La línea de actuación que más acciones contempla es la de aplicaciones del hidrógeno con un total de 7 acciones y 18 actuaciones, seguida de la línea de transferencia de tecnología, protección e impacto económico con 5 acciones diferentes y 13 actuaciones concretas.

El grado de cumplimiento de los objetivos fijados es dispar, habiendo alguna acción que durante la ejecución del Plan, dos años atrás, se consideró de importancia alta y con previsión de desarrollo de proyectos al respecto por parte de organismos regionales y que finalmente no están en desarrollo. Estas acciones han sido objeto de una reflexión más profunda, analizando las causas y posibles modificaciones de las mismas que aporten un valor extra a la revisión que se realiza.

El cumplimiento de los objetivos para los indicadores por línea de trabajo se muestra en el apartado siguiente. Se indica el grado de avance del indicador numérico fijado en la mayoría de ellas (en general, y para las acciones más tecnológicas el TRL, del inglés Technology Readiness Level o Nivel de Madurez de la Tecnología) y del objetivo global.

Las acciones pertenecientes a las líneas de desarrollo de tecnología (de 1 a 3) se ejecutan mayoritariamente en el marco de ejecución de grandes proyectos y así se señala en las tablas. Los grandes proyectos financiados principalmente por la Comisión Europea bajo el programa de financiación H2020, incluyen varias líneas de trabajo y la participación de varios agentes en cada una de ellas. En la tabla 2 que se muestra a continuación se recogen los principales proyectos que se han desarrollado en este periodo, la mayoría de los cuales sigue en marcha y permitirá así mismo el cumplimiento de los objetivos en 2020.



Los indicadores globales, cuya información se incluye en el apartado 4.3 de este informe mostrarán información general como el número total de proyectos, presupuestos, grado de cumplimiento y de finalización de las diferentes acciones y actuaciones, etc.

En las tablas que se muestran en los apartados siguientes se incluyen las acciones con actividades realizadas durante el periodo.

### T.02.1 Proyectos con participación aragonesa durante el periodo 2016-2018

PROYECTO	PARTICIPANTES EN ARAGÓN	ENTIDAD FINANCIADORA	LÍNEAS DE TRABAJO QUE INCLUYE
ELY4OFF	FHa, EPIC POWER, INYCOM	FCH 2JU (H2020)	Producción y aplicaciones del H2
Demo4Grid	FHa, INYCOM	FCH 2JU (H2020)	Producción de H2
ELYntegration	FHa, INYCOM	FCH 2JU (H2020)	Producción de H2, transferencia de tecnología, protección e impacto económico
ELYPLUS	FHa	AEI (Mineco)	Producción de H2
QualyGridS	FHa	FCH 2JU (H2020)	Producción de H2
Vertegas	FHa, Unizar, Tafyesa	AEI (Mineco)	Producción de H2
Hydrogen	FHa	EMPIR	Transferencia de tecnología, protección e impacto económico
BIG HIT	FHa, Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L.	FCH 2JU (H2020)	Producción, transporte y aplicaciones del H2
SUSTAINHUTS	FHa	LIFE	Aplicaciones del H2

# 04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

## T.02.2 Proyectos con participación aragonesa durante el periodo 2016-2018

PROYECTO	PARTICIPANTES EN ARAGÓN	ENTIDAD FINANCIADORA	LÍNEAS DE TRABAJO QUE INCLUYE
EVERYWH2ERE	FHa	FCH JU (H2020)	Aplicaciones del H2
SOFT-CDC 4.0	FHa, Satel, Tafyesa, Vea Global	AEI (Mineco)	Aplicaciones del H2
INTELISAI	FHa, Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L., INYCOM	AEI (Mineco)	Aplicaciones del H2
HYTECHCYCLING	FHa	FCH 2JU (H2020)	Aplicaciones del H2
HyLaw	FHa	FCH 2JU (H2020)	Transferencia de tecnología, protección e impacto económico
INSTUNH2	FHa, IDOM, Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L.	AEI (Mineco)	Aplicaciones y Transferencia de tecnología, protección e impacto económico
MetroHyVe	FHa	EMPIR	Transferencia de tecnología, protección e impacto económico
VUELTAH	FHa	FECYT	Formación y sensibilización
H2PiyR	FHa, Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L., Zoilo Rios, Ayuntamiento de Huesca	POCTEFA	Almacenamiento, transporte y logística
Surf n' Turf	Calvera	FCH 2JU (H2020)	Almacenamiento, transporte y logística
Space POWERPACK	Green Grouping	PAIP- Gobierno de Aragón	Aplicaciones del H2

## T.02.3 Proyectos con participación aragonesa durante el periodo 2016-2018

PROYECTO	PARTICIPANTES EN ARAGÓN	ENTIDAD FINANCIADORA	LÍNEAS DE TRABAJO QUE INCLUYE
GRAFELEC	CSIC	Plan Nacional	Producción de H2
BloW-Up2	CSIC	EIT Raw Materials (H2020)	Producción de H
HIBRIPEM	CSIC	Plan Nacional	Producción de H2
FLEDGED	CSIC	H2020	Producción de H2
Caracterización SOFC.	CSIC	MINECO	Aplicaciones del H2
Nuevos electrodos para pilas SOFC.	CSIC	Fundación Domingo Martínez.	Aplicaciones del H2
MERCURIA.	Unizar	Plan Nacional	Aplicaciones del H2
RECOBIOHY	Unizar	Plan Nacional	Aplicaciones del H2
Estudio previo de viabilidad para solución de despliegue de infraestructura	SFICE	Fondos propios	Aplicaciones del H2

A.



PRODUCCIÓN DE  
HIDRÓGENO

# A. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO



La producción de hidrógeno se puede realizar a través de varios procesos y utilizando varias fuentes de energía primaria. Entre todas ellas, y tras los proyectos realizados en etapas anteriores, durante el proceso de definición del Plan Director actual se vio una apuesta clara en Aragón por la producción electrolítica del hidrógeno, principalmente a través de la electrólisis alcalina. Esta apuesta fue fruto de los proyectos que ya se estaban desarrollando y los que tenían continuidad debido a la implicación de la FHa y otras empresas regionales que están desarrollando tecnología específica, en algunos casos ya muy cerca de mercado.

Mayoritariamente las actuaciones incluidas en esta línea de trabajo responden a este interés y no se contemplaron explícitamente otros procesos de producción de hidrógeno incluidos expresamente en planes anteriores como proyectos de investigación básica, como pueden ser termólisis, gasificación o reformado. En cuanto a fuentes primarias sí se incluyó una acción sobre producción a partir de residuos por el potencial visualizado en los mismos y alineados con acciones estratégicas internacionales.

Así, las acciones específicas contempladas en esta línea de trabajo son:

- **Electrólisis**
- **Desarrollo de electrónica de potencia**
- **Producción de hidrógeno a partir de residuos**

La acción de producción de hidrógeno por electrólisis es considerada de prioridad alta y las otras dos de prioridad media. A continuación, se recoge la evaluación del cumplimiento de las actuaciones específicas recogidas para cada acción estratégica.

**Electrólisis.** En Aragón la FHa ha trabajado en el desarrollo de electrólisis, principalmente alcalina, a través de varios proyectos, entre los que destacan ELYntegration y Demo4Grid o ELY4OFF con electrólisis tipo PEM. Se han cumplido los objetivos planteados en las 3 primeras actuaciones a desarrollar, quedando el tema de la estandarización todavía en desarrollo. Por otra parte, grupos de investigación de CSIC tienen también varios proyectos en marcha para el desarrollo de nuevos componentes y ensayos de caracterización de materiales en un nivel de desarrollo TRL 3.



# A. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

**Desarrollo de electrónica de potencia.** El desarrollo de electrónica de potencia y los sistemas de control es una línea de trabajo que está bastante avanzada. Destacan dos empresas, EPIC POWER e Inycom, con desarrollos que llevan a cumplir los objetivos de las dos primeras actuaciones quedando pendiente el incremento de la capacidad de compactación de estos sistemas y la modularización.

**Producción de hidrógeno a partir de residuos.** No se ha trabajado en la confección del catálogo de residuos en Aragón con potencial para producción de hidrógeno ni en el desarrollo de métodos de transformación en función del tipo de materia prima, pero se considera de interés mantener la propuesta de desarrollar dicho catálogo. En relación a la última actuación: análisis tecno-económico de las vías de producción según tratamiento, FHa ha realizado el proyecto Vertegas junto con la empresa Tfyesa y el Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), también está en marcha el proyecto FLEDGED (gasificación de biomasa) desarrollado por el CSIC. Ambos proyectos han alcanzado un nivel de desarrollo de la tecnología de 5.

En la tabla siguiente se muestra el grado del cumplimiento de los objetivos en aquellas acciones y actuaciones que han tenido actividad en este periodo. Además se señala en la columna de comentarios los proyectos que han permitido estos resultados y algún otro comentario al respecto si procede.



### T.0.3.1 Producción de hidrógeno: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
1. Electrólisis	Optimización a nivel técnico y de costes, mediante simulación y diseño mejorado de componentes y subsistemas	TRL: 5-7. Primer diseño realizado para TRL:6	TRL 7 (100% conseguido)	ELY4OFF Demo4Grid ELYntegration
	Estudio de mecanismos de degradación de los componentes y vida acelerada. Ensayos de larga duración	TRL: 3-5. Planes de ensayos desarrollados y validados	TRL 7 (100% conseguido)	ELYntegration Grafelec BloW-Up HIBRIPEM
	Desarrollo y optimización de balances de planta y sistemas auxiliares para integración de electrolizadores en servicios de red, aplicaciones aisladas y almacenamiento de energía proveniente de fuentes renovables	TRL: 5-7. Diseño de sistema de electrolisis y componentes auxiliares	RTRL: 6-7 (100 % conseguido)	ELYntegration Demo4Grid Grafelec, HIBRIPEM,
	Desarrollo de procedimientos y ensayos estandarizados para la operación de electrolizadores	Procedimientos, plan de ensayos y propuestas de estandarización desarrollada	(50 % conseguido) Primera versión de protocolos desarrollada pero sin validación	ELYntegration QualyGridS

# A. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

## T.0.3.2 Producción de hidrógeno: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
2. Desarrollo electrónica de potencia	Desarrollo de electrónica de potencia optimizada para aplicaciones de electrólisis en sistemas aislados para potencias inferiores a 100 kW	TRL: 5-7. Requisitos y especificados y comprobación de los diseños con a los mismos diseños validados	TRL: 6-8 (100 % conseguido)	ELY4OFF Demo4Grid BIG HIT
	Optimización de electrónica de potencia en equipos de electrólisis para proveer servicios de red, en cumplimiento de requisitos marcados por IEC 61.000			
	Incrementar la capacidad de compactación de los sistemas para hacerlos más funcionales y modulares			

## T.0.3.3 Producción de hidrógeno: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
3. Producción de hidrógeno a partir de residuos	Confeción de catálogo de residuos orgánicos (agroalimentarios, ganaderos, urbanos e industriales) en Aragón con potencial para producción de H2: cuantificación, distribución, calidad, características	TRL: 5-7. Requisitos y especificados y comprobación de los diseños con a los mismos diseños validados	TRL: 5 (83 % conseguido)	Vertegas FLEDGED
	Elección de métodos de transformación en función de materia prima (residuo			
	Análisis tecno-económico de las vías de producción, según tratamiento (biológico, termoquímico, reformado de biogás o biometano, gasificación, etc.)			

Además de las acciones contempladas en esta línea de trabajo, se reportaron por parte de las empresas y organismos participantes información sobre la ejecución de otros dos proyectos que son:

- **Aplicación en el sector Aeronáutico:** Proyecto Space Powerpack: Estudio de viabilidad técnico-económica para la producción de hidrógeno y oxígeno en el espacio exterior con celdas microtubulares de óxido sólido a partir de energía fotovoltaica, agua y CO<sub>2</sub>, desarrollado por la empresa GreenGrouping.
- **Producción de hidrógeno mediante reformado mejorado de gas natural con captura 'in situ' de CO<sub>2</sub>.** Es un proyecto del CSIC "Advanced Solid Cycles with Efficient Novel Technologies".

B.



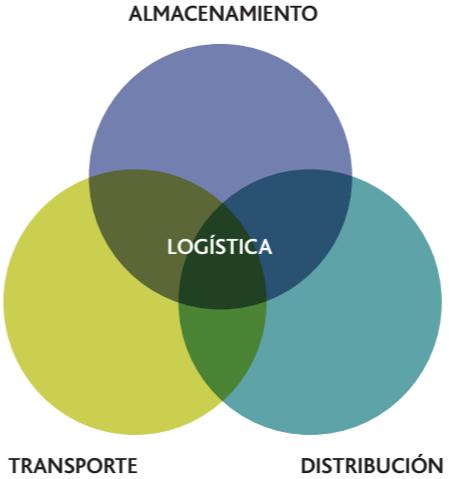
ALMACENAMIENTO,  
TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

# B. ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO



La logística del hidrógeno incluye las actividades de almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno, existiendo en esta línea campos de desarrollo independientes para cada actividad y otros conjuntos.

La infraestructura de distribución de hidrógeno existente en Aragón, resultado de desarrollos en años anteriores, ha posicionado a la región favorablemente para que la apuesta por un despliegue mayor de infraestructura, que le permita además conectarse con otros territorios, se haya convertido en la prioridad en el campo de la logística del hidrógeno.



### ALMACENAMIENTO

Los proyectos llevados a cabo en esta temática implican a la FHA y a otras empresas de la región. Para el transporte y el almacenamiento de hidrógeno la mayor apuesta es el almacenamiento a presión y también el almacenamiento mediante hidruros metálicos en los que también se cuenta con desarrollos anteriores.

De esta forma, las acciones específicas contempladas en esta línea de trabajo son los siguientes:

- **Compresión mediante hidruros**
- **Estudio de desarrollo de sistemas de almacenamiento para los estándares del mercado**
- **Despliegue de infraestructuras de repostaje**

El despliegue de infraestructuras de repostaje fue considerado de prioridad alta, y las dos primeras líneas fueron valoradas como de prioridad media.

# B. ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO

La evaluación del cumplimiento de las actuaciones específicas recogidas para cada acción estratégica muestra un cumplimiento desigual para cada una de ellas.

**Compresión mediante hidruros.** No se ha realizado ninguna de las actuaciones señaladas en esta acción. La opinión de los agentes participantes al respecto es que se trata de una línea que a nivel internacional también ha perdido su importancia y hay pocos avances. Las causas principales comentadas son los altos costes o el peso que no lo hace apropiado para movilidad que es una de las aplicaciones más en auge en estos momentos. Se considera que se ha reducido el interés por esta acción y se valora incluir estas actuaciones en seguimiento junto con otras tecnologías.

**Estudio de desarrollo de los sistemas de almacenamiento para los estándares de mercado.** Hace referencia a almacenamiento a presión aunque realmente no se puede hablar de estándares de mercado ya que no existen como tal aunque hay un cierto alineamiento en las presiones de los mismos dependiendo de los usos en cada caso. La acción de desarrollo de recipientes de alta presión casi ha alcanzado el objetivo señalado, desarrollado a través de varios proyectos de colaboración entre la empresa Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L. y FHa. Sobre el desarrollo de ensayos normalizados en recipientes composites no ha habido avances en la región. Hay propuestas de cambio de nombre de la acción e inclusión de otro tipo de recipientes que se recogen en el apartado 6.

**Despliegue de infraestructura de repostaje.** Las actuaciones concretas que se incluyen en esta línea no se han cumplido puesto que no se han realizado las estimaciones de evolución de demanda ni la selección de alternativas en Aragón. Sobre la línea de adaptación de las hidrogeneras a 700 bares hay un proyecto pendiente de inicio con participación de la FHa y empresas de la región con lo que se espera se cumplan los objetivos en 2020.



Además las acciones contempladas en el Plan se reporta por parte de las empresas y organismos otros proyectos que son:

## Proyecto Hydrogen de Metrología para Aplicaciones de Energía sostenibles con Hidrógeno.

### T.04 Almacenamiento, transporte y distribución: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADORES		COMENTARIOS
		Objetivo	Resultado	
4. Estudio de desarrollo de sistemas de almacenamiento para los estándares del mercado	Estudio de desarrollo de recipientes para altas presiones	TRL:9 Estudios finalizados y conclusiones	TRL: 7- 8 <b>(83% conseguido)</b>	H2PiyR Surf n' Turf

C.



APLICACIONES DEL  
HIDRÓGENO

# C. APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

La línea de aplicaciones del hidrógeno incluye un amplio abanico de acciones diferentes pues las aplicaciones del hidrógeno son muy variadas y el desarrollo de tecnología para dichas aplicaciones también, destacando el desarrollo de pilas PEM, principalmente para las aplicaciones de movilidad y portátiles y las pilas SOFC más usadas en aplicaciones estacionarias.



En ambos campos organismos de investigación aragoneses tienen desarrollos específicos. Respecto a experiencia en otro tipo de aplicaciones se están desarrollando también proyectos integrales en varios campos.

Las acciones específicas contempladas en esta línea de trabajo son las siguientes:

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Desarrollo de Stack PEM para aplicaciones del sector transporte y aeronáutica</b></li> <li>• <b>Métodos de caracterización avanzados de pilas PEM</b></li> <li>• <b>Desarrollo pilas SOFC</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Desarrollo sistemas Power-to-gas</b></li> <li>• <b>Integración de hidrógeno en redes aisladas</b></li> <li>• <b>Aplicaciones nicho</b></li> <li>• <b>Sistemas de movilidad con hidrógeno</b></li> </ul> |
|--|---|



Todas las acciones fueron consideradas con una prioridad alta excepto la de desarrollo de sistemas de Power-to-gas que fue considerada de prioridad media.

La evaluación del cumplimiento de las actuaciones específicas recogidas para cada acción estratégica nos muestra un cumplimiento desigual para cada una de ellas.

- **Desarrollo de Stack PEM para aplicaciones del sector transporte y aeronáutica.** El LIFTEC tiene desarrollado y patentando un stack de pila PEM para aplicaciones, estacionarias y como unidades de producción combinada de calor y potencia (CHP, del inglés Combined Heat and Power o cogeneración), además se ha realizado un proyecto demostrativo a escala regional en el sector vitivinícola. Falta el salto a la comercialización en el mercado debido según los componentes de la mesa de trabajo a varias causas principalmente el coste de los materiales y la durabilidad. Se debe seguir trabajando sobre todo en dos puntos: la transferencia de tecnología para la fabricación a escala industrial y el desarrollo de la electrónica de potencia asociada.
- **Métodos de caracterización avanzados de pilas PEM.** La acción se ha desarrollado al 100 % puesto que LIFTEC dispone de un banco de ensayos de caracterización, operación, ciclo de vida y degradación, así como ensayos postmortem.
- **Desarrollo de pilas SOFC.** Grupos de investigación del CSIC han trabajado en el desarrollo de nuevos materiales que mejoren las prestaciones actuales. Se encuentran en un nivel TRL 4 pero pendientes de terminar un proyecto europeo que lo puede elevar a 7 y cumplir con el objetivo planteado. Por otra parte, se han detectado aplicaciones nicho como son las espaciales y los electrodomésticos portátiles. La comercialización en mercado sin embargo, no se percibe fácil como lo prueba que a nivel mundial solamente existan 5 ó 6 grandes empresas de pilas SOFC.
- **Desarrollo sistemas Power-to-gas.** Grupos de investigación de la Universidad de Zaragoza están trabajando en este tema,

desarrollado tecnología a través de proyectos europeos en lo que se ha alcanzado un TRL 4 no cumpliendo aun el objetivo marcado que se considera muy ambicioso. Para seguir avanzando en un TRL superior es necesario mayor involucración en la búsqueda de nuevos nichos, tal vez a través de un cambio en la legislación. No obstante, se ha detectado ya la implicación de grandes empresas en proyectos como Enagás S.A., Redexis, Repsol, etc., que públicamente han mostrado su interés por estas tecnologías.

- **Integración de hidrógeno en redes aisladas.** La FHa junto con otras empresas está desarrollando varios proyectos demostrativos cubriendo las actuaciones señaladas en el Plan. El nivel de desarrollo de tecnología alcanzará el TRL indicado como objetivo a la finalización de los mismos. El debate en la mesa de trabajo se ha centrado en actuaciones que allanen el camino de producción de hidrógeno con energías renovables para usarlo como vector energético y cubrir con esta línea un ámbito más amplio incluyendo redes **conectadas**.
- **Aplicaciones nicho.** Los proyectos demostrativos que está desarrollando la FHa incluye diferentes aplicaciones. Algunas de ellas pueden ser consideradas nicho como la aplicación en eventos aislados (conciertos, etc.). El objetivo de disponer en 2018 de dos productos en mercado no se ha cumplido, aunque se ha llegado a un prototipo probado en entorno relevante. Se propone desarrollar una tipología más amplia de proyectos en aplicaciones nicho como el sector aeronáutico.

# C. APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

- Sistemas de movilidad con hidrógeno.** Se reportan dos proyectos, uno en ejecución y el otro a punto de iniciarse pues ha sufrido una reprogramación sustancial. El objetivo de participación en un proyecto se ha cumplido. El debate en este campo se centra en el interés cada vez mayor de las empresas de transporte, tanto urbano como interurbano, mercancías, etc. en las tecnologías del hidrógeno, también en las actuaciones a realizar para hacer efectivos los acuerdos alcanzados en España por la trasposición de la Directiva Europea 2014/94 relativa a la implantación de una infraestructura para combustibles alternativos.



Además de las acciones contempladas en el Plan se reporta por parte de las empresas y organismos otros proyectos que son:

- Aplicación en el sector Aeronáutico: en el campo del proyecto Space Powerpack, desarrollado por la empresa GreenGrouping y comentado anteriormente. Se ha realizado también un estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de APU´s para aeronaves mediante celdas microtubulares de óxido sólido.
- Estudio de simulación y reflexión sobre cambios legislativos en los sistemas de seguridad en el transporte ante la incorporación de nuevos combustibles. Proyecto INSTUNH2: Incrementando la seguridad en túneles frente al reto del hidrógeno. Proyecto desarrollado por IDOM, FHA y Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L. y financiado por el Ministerio de industria en el programa de apoyo a las Agrupaciones Empresariales Innovadoras, AEIs.
- Reciclaje de pilas de combustibles y electrolizadores. Estudio de las actuaciones necesarias para el correcto reciclaje y desmantelamiento de las tecnologías del hidrógeno al final de su vida útil. Realizado por FHA e Industrias López Soriano S.A., ILSSA, junto con otros socios europeos, en el proyecto HYTECHCYCLING.

### T.05.1. Aplicaciones de H<sub>2</sub>: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
1. Desarrollo Stack PEM para aplicaciones del sector transporte y aeronáutica	Desarrollo de stacks de tecnología PEM conceptualmente nuevos y optimización de los sistemas que conforman la planta de potencia  Desarrollo de nuevos sistemas de potencia y control híbridos embarcados con alta frecuencia de conmutación y convertidores de potencia más eficientes  Desarrollo de tecnología a escala regional	TRL: 5-7 Participación de empresas y centro de investigación de Aragón en proyectos	TRL: 8 (100 % conseguido)	LIFTEC dispone de un stack PEM desarrollado y patentado, así como probado en un proyecto a escala regional

# C. APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

T.05.2. Aplicaciones de H<sub>2</sub>: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
2. Métodos de caracterización avanzados de pilas PEM	Ejecución de ensayos de caracterización, operación, ciclo de vida y degradación de stacks/ módulos de tecnología PEM en condiciones ambientales y climatológicas específicas. Análisis y evaluación de resultados	TRL 4-6 Banco de ensayos y protocolo establecidos	TRL: 8 (100 % conseguido)	LIFTEC dispone de un banco de ensayos de pilas PEM hasta 3 kW que incluye ensayos post-mortem.
	Ensayos <i>post-mortem</i> y caracterización de materiales			

T.05.3. Aplicaciones de H<sub>2</sub>: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
3. Desarrollo Pilas SOFC	Desarrollar nuevos materiales y diseños de SOFC que mejoren las prestaciones actuales	TRL 4-6 Banco de ensayos y protocolo establecidos	TRL: 8 (100 % conseguido)	LIFTEC dispone de un banco de ensayos de pilas PEM hasta 3 kW que incluye ensayos post-mortem.
	Fabricar un stack portátil SOFC utilizando celdas SOFC microtubulares desarrolladas en Aragón: 10W-200 W, H <sub>2</sub> o hidrocarburos (bioalcoholes) como combustible, funcionamiento reversible para generar electricidad o combustible			
	Pruebas de campo del stack SOFC portátil			
	Identificar aplicaciones nicho para el stack SOFC portátil			

T.05.4. Aplicaciones de H<sub>2</sub>: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
4. Desarrollo sistemas Power-to-gas	Participación en proyecto a nivel nacional o europeo de sistemas "Power-to gas" basados en la producción de gas natural sintético a partir de hidrógeno renovable y CO <sub>2</sub> o bien inyección directa de H <sub>2</sub> en la red de Gas Natural hasta un porcentaje determinado	TRL: 4-7 Participación de Aragón en algún proyecto	TRL: 4 (57 % conseguido)	MERCURIA RECOBIOHY
	Estudio de viabilidad técnico-económica de la implantación de sistemas Power-to-gas en España			



# C. APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

## T.05.5. Aplicaciones de H<sub>2</sub>: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
5. Integración de hidrógeno en redes aisladas	<p>Diseño, desarrollo y ejecución de proyectos con tecnologías del hidrógeno en redes aisladas alimentadas con EERR</p> <p>Diseño y optimización de electrónica de potencia y sistemas de control y comunicación para producción de hidrógeno en redes aisladas a partir de EERR</p> <p>Buscar oportunidades de demostradores en redes aisladas donde pueda integrarse de alguna manera hidrógeno, preferentemente en áreas rurales. Identificación de posibles ubicaciones /usuarios finales</p>	TRL:6-7 Desarrollo de un demostrador en Aragón	TRL: 6 (80 % conseguido)	ELY4OFF SUSTAINHUTS BIG HIT EVERYWH2ERE

## T.05.6. Aplicaciones de H<sub>2</sub>: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
6. Aplicaciones nicho	<p>Identificar aplicaciones nicho donde aplicar hidrógeno y buscar usuarios finales interesados</p> <p>Desarrollo tecnológico de aplicaciones para cubrir los nichos de mercado a corto plazo</p> <p>Desarrollo de proyectos demostrativos en el sector transporte incluyendo flotas de vehículos e hidrogeneras en la región</p>	2 productos a mercado	Se ha desarrollado un prototipo, probado en entorno relevante (TRL 6) pero no en mercado (50 % conseguido)	INTELISAI EVERYWH2ERE SUSTAINHUTS H2PiyR DEMO4GRID SOFT-CDC 4.0



## T.05.7. Aplicaciones de H<sub>2</sub>: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
7. Sistemas de movilidad con hidrógeno	Demostración de la tecnología comercial de FCEV	TRL: 6- 7 Participación en un proyecto	TRL: 6 (80 % conseguido)	El proyecto BIG HIT cumple con el objetivo de participación en un proyecto en el que se prevé alcanzar los objetivos a final de periodo. H2PiyR.

D.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA,  
PROTECCIÓN E IMPACTO ECONÓMICO

# D. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, PROTECCIÓN E IMPACTO ECONÓMICO



Las actividades de transferencia de tecnología, protección de la propiedad industrial e intelectual y las medidas del impacto económico del desarrollo de las nuevas tecnologías adquirió durante el desarrollo del Plan Director 2016-2020 una relevancia especial. Esto fue debido a que la FHa, desde su fundación, ha promovido iniciativas de I+D en la región, que han derivado en la creación de un importante conocimiento sobre las tecnologías del hidrógeno que puede ser transferido al sector industrial interesado en poner en valor las soluciones tecnológicas desarrolladas.

Así, en el marco de este Plan se recogen acciones específicas en esta línea de trabajo que son:

- **Fortalecimiento del emprendimiento en hidrógeno**
- **Programas de colaboración en el ámbito industrial**
- **Diversificación de las empresas aragonesas al sector del hidrógeno**
- **Impulso a los sistemas de normalización**
- **Estudio de impacto económico de las tecnologías del hidrógeno en la región**

Las tres primeras fueron consideradas como de prioridad alta y las dos últimas de prioridad media. La evaluación del cumplimiento de las actuaciones específicas recogidas para cada acción estratégica nos muestra un cumplimiento desigual para cada una de ellas.

- **Fortalecimiento del emprendimiento en hidrógeno:** se ha cumplido el objetivo señalado para el indicador propuesto, con la creación de una nueva empresa relacionada con el hidrógeno. Por otra parte, no se han desarrollado acciones dirigidas a la búsqueda de financiamiento específico para la creación de empresas start-ups ni spin-offs.
- **Programas de colaboración en el ámbito industrial:** se ha cumplido el indicador propuesto de número de iniciativas enfocadas a las empresas, pero se corresponden a acciones de divulgación y de dar a conocer las capacidades de la FHa y no las relativas a programas específicos que se plantearon como actuaciones de interés (Pioneers into practice y Bono Gift to Get).

# D. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, PROTECCIÓN E IMPACTO ECONÓMICO

- **Diversificación de las empresas aragonesas al sector del hidrógeno.** Se ha cumplido el objetivo del indicador marcado mediante una acción completa de apoyo a las empresas incluyéndolas en grandes proyectos donde se realizan de manera indirecta las actuaciones indicadas en el Plan.
- **Impulso a los sistemas de normalización.** Esta línea no tenía un indicador específico, sino que son acciones continuas de participación en los diferentes comités normalizadores. Se ha destacado la importancia de esta acción y se verá incrementada en otra tipología de acciones de metrología, apoyo a los desarrollos legislativos, etc.
- **Estudio de impacto económico de las tecnologías del hidrógeno en la región.** El estudio propuesto a mitad de periodo no se ha realizado, pero el debate sobre este punto concluye en el mantenimiento de la realización de un estudio completo coincidiendo con el cumplimiento de los 15 años desde la formación de la FHa.



Además de las acciones contempladas en el Plan se reporta por parte de las empresas y organismos participantes las siguientes:

- **Estudio de la normativa y procesos administrativos de tecnología del hidrógeno en España.** Realizado por la FHa en el marco del proyecto HyLaw.
- **Estudio de normativa, simulación y reflexión sobre cambios legislativos en los sistemas de seguridad en el transporte ante el reto de los nuevos combustibles.** Realizado por IDOM, Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L. y FHa en el marco del proyecto INSTUNH2, para el caso de hidrógeno en túneles carreteros. El proyecto contempla, en años sucesivos, el desarrollo de estudios para diferentes combustibles y en diferentes tipos de infraestructuras de transporte.
- **Revisión de la metrología para el repostaje de vehículos.** Realizado por la FHa en el marco del proyecto MetroHyVe, para diferentes combustibles y en diferentes tipos de infraestructuras de transporte.

## F.06.1 Transferencia de tecnología, protección e impacto económico: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
1. Fortalecimiento del emprendimiento en hidrógeno	Impulso a las Start-Ups y Spin-Offs  Buscar otros mecanismos de financiación ligadas a la creación de estas empresas  Intraemprendimiento  Desarrollo de balances de planta y sistemas auxiliares	Nº de nuevas compañías creadas relacionadas con las tecnologías del hidrógeno: 1	1 (100 % conseguido)	Creación de la empresa SFICE por antiguos trabajadores de la FHa como un ejemplo de intraemprendimiento

# D. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, PROTECCIÓN E IMPACTO ECONÓMICO

F.06.2 Transferencia de tecnología, protección e impacto económico: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
2. Programas de colaboración en el ámbito industrial	Programa Pioneers into practice (programa donde el emprendedor desarrolla sus ideas en entornos prácticos en empresas)	Nº de iniciativas para las empresas relacionadas con las tecnologías del hidrógeno: 5	>10 (100 % conseguido)	Se desarrollan actividades divulgativas en el ámbito de grandes proyectos demostrativos, como por ejemplo INYCOM en el proyecto ELYintegration. También se realizó una misión comercial con la Asociación Escocesa de Hidrógeno y Pilas de combustible (SHFCA) y acciones en el Congreso Mundial del Hidrógeno 2016.
	Actuaciones divulgativas para búsqueda de demandante de tecnología			
	Iniciativas que permita que las empresas conozcan las capacidades de la FHa y que al mismo tiempo la FHa conozca las sensibilidades de las empresas.			
	Bono gift to get, donde entidades aragonesas del sector del H <sub>2</sub> promueven acciones de desarrollo tecnológico inicialmente sin costes para luego beneficiarse de forma común de los resultados (ejemplo: búsqueda programas financiación I+D+i)			

F.06.3 Transferencia de tecnología, protección e impacto económico: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
3. Diversificación de las empresas aragonesas al sector del hidrógeno	Transferencia de tecnología desde los centros de investigación hacia las empresas aragonesas	Nº de empresas que diversifican y ofrecen soluciones con hidrógeno: 2	2 (100 % conseguido)	FHa ha apoyado a la diversificación de actividades en dos empresas aragonesas que son Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L. y EPIC POWER, mediante la participación conjunta en proyectos de desarrollo de tecnología que están a punto de llevar las soluciones al mercado
	Colaboración en el proceso de aprendizaje			
	Acompañamiento hasta llevar la solución al mercado			

F.06.4 Transferencia de tecnología, protección e impacto económico: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR		COMENTARIOS
		OBJETIVO	RESULTADO	
3. Diversificación de las empresas aragonesas al sector del hidrógeno	Participación en los comités de AENOR	No se definió indicador específico	FHa participa en los comités citados (100 % conseguido)	Los comités de AENOR han pasado a ser comités UNE
	Participación en las iniciativas a nivel europeo e internacional (ejemplo: CENELEC)			

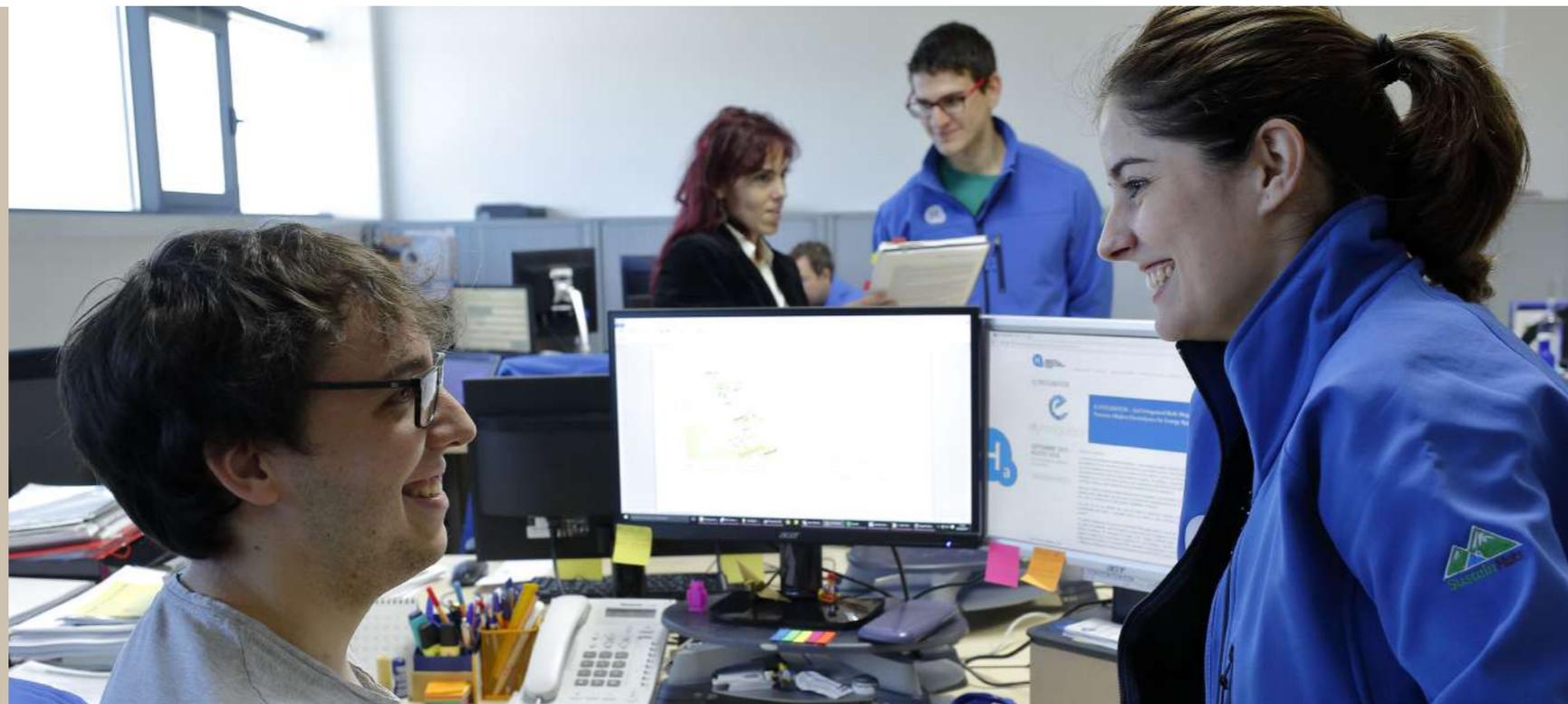
E.



FORMACIÓN Y  
SENSIBILIZACIÓN

# E. FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

El despliegue en el mercado de las tecnologías del hidrógeno debe contar con una aceptación por parte de la sociedad, ya que son los ciudadanos los que incorporarán las tecnologías en su día a día. El desconocimiento de la tecnología y los temores que puedan conllevar hace que deban fortalecerse las actividades de sensibilización y formación.



La formación en tecnologías del hidrógeno tiene igualmente gran importancia para la FHa, la Universidad de Zaragoza y empresas como SEAS Estudios Abiertos que imparten formación presencial y online en relación con estas tecnologías.

Con la participación de estos organismos y en el marco del Plan Director se recogieron acciones específicas en esta línea de trabajo que son las siguientes:

- Estudios de percepción social y de efectividad de la difusión de la tecnología
- Acciones dentro del Congreso Mundial del Hidrógeno 2016
- Formación orientada a las tecnologías del hidrógeno

Las primera y tercera líneas fueron consideradas como de prioridad alta y la del congreso mundial de prioridad media

□ Estudios de percepción social y de efectividad de la difusión de la tecnología. No se han realizado los estudios planteados que eran dos, uno enfocado a empresas y otro para sociedad en general. En el debate mantenido sobre esta línea la opinión general es que las empresas de sectores industriales si conocen las tecnologías del hidrógeno pero se desconoce el grado de aceptación en otros sectores y el público en general.

- Acciones dentro del Congreso Mundial del Hidrógeno 2016. Se han incluido actuaciones en esta acción que han sido realizadas, aunque no todas explícitamente durante el Congreso.



En Aragón la FHa desde sus inicios ha venido desarrollando actividades de formación y sensibilización junto con otros agentes implicados. Las acciones de sensibilización van ligadas mayoritariamente a proyectos demostrativos en los que siempre se contemplan acciones de difusión de los desarrollos alcanzados en diferentes escalas. También se incluyen otros tipos de actuaciones relacionadas desde las visitas de escolares a las instalaciones hasta la realización y patrocinio de eventos tecnológicos en la región algunos de repercusión nacional e internacional.

# E. FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

El grado de cumplimiento es desigual como se verá en la siguiente tabla, y en la evaluación intermedia que se está realizando se ve la obsolescencia del nombre de la acción. Por ello, se recoge la propuesta del debate de incluir actuaciones de sensibilización de diferente índole, pero sin especificar concretamente pues pueden variar según el público al que se dirijan.

- Formación orientada a las tecnologías del hidrógeno. Las acciones incluidas en esta línea han tenido un desarrollo desigual. En el debate abierto sobre la validez de las mismas a la vista del paso de tiempo, ha arrojado que se hacen muchas actividades aunque no todas encajan con las incluidas en el Plan y por tanto se redefinirán las actuaciones de forma más global para poder recogerlas.

## T.0.7.1 Formación y sensibilización: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD		COMENTARIO
		Objetivo	Resultado	
2. Acciones dentro del Congreso Mundial del Hidrógeno 2016	Concurso de ideas a la innovación tecnológica en hidrógeno y pilas de combustible	Nº participantes: 5	24 (100 % conseguido)	Actuación en el ámbito del proyecto nacional VUELTAH
	Demostración de aplicaciones prácticas cercanas a la sociedad presentadas en el WHEC 2016	Nº aplicaciones presentadas: 5	8 (100 % conseguido)	
	Desarrollo de visitas técnicas a proyectos y entidades relacionadas con el hidrógeno en la región	Nº aplicaciones presentadas: 3	Nº de visitas técnicas 8 (100 % conseguido)	



## T.07.2 Formación y sensibilización: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD		AÑO 2018
		Objetivo	Resultado	
3. Formación orientada a las tecnologías del hidrógeno	Desarrollo de cursos para formar al sector industrial y al profesorado en las tecnologías del hidrógeno	Nº de cursos activos: 5	3 (60 % conseguido)	Desarrollan cursos específicos de hidrógeno, la FHa y SEAS Estudios Abiertos que inició además la expansión de cursos on line a nivel internacional. Proyecto KnowHy.
	Expansión de la formación comercial desarrollada en Aragón al mercado internacional	Nº de alumnos: 50	Aprox. 150 (100 % conseguido)	
	Inclusión de la tecnología del hidrógeno en los doctorados industriales	No se definió en 2018. 2 doctores en 2020	1 (50 % conseguido)	

05.

RESULTADOS GLOBALES

# 05. RESULTADOS GLOBALES

Los indicadores del sistema de seguimiento dan una visión global del grado de cumplimiento del Plan, así como de las actuaciones de gestión de la propia estructura de la FHa. Además de los indicadores por línea de actuación, analizados anteriormente, se recopilan los indicadores globales que se dividen en indicadores de seguimiento, indicadores de resultado e indicadores de gestión.

La información sobre el valor de los indicadores proviene de la propia FHa y otras empresas y organismos de la región involucrados en las tecnologías del hidrógeno, recopilada a través de los cuestionarios, las mesas de trabajo y validados posteriormente con los implicados.

## INDICADORES DE SEGUIMIENTO GLOBALES

Los indicadores de seguimiento globales analizan las actuaciones concretas realizadas, los recursos implicados y la actividad económica ligada a las actividades relativas al hidrógeno en la región.

Se propusieron 5 indicadores de seguimiento global para monitorizar con una periodicidad anual. Los tres primeros indicadores ya estaban incluidos en el sistema de seguimiento del Plan anterior, completándose la propuesta de indicadores globales con los datos de empresas y profesionales involucrados en las tecnologías del hidrógeno.

Los resultados de los indicadores con los valores anuales se muestran en la tabla 8.

### T.08 Indicadores de seguimiento globales

Indicadores seguimiento globales PD 2016-2020	Año 2016	Año 2017	Año 2018
Nº proyectos financiados relacionados con el hidrógeno en Aragón	12	11	3
Nº tesis en el ámbito del hidrógeno	3	1	1
Nº personas formadas en tecnologías del hidrógeno	160	127	46
Nº empresas involucradas en tecnologías del hidrógeno	74	76	84
Nº profesionales dedicados a tecnologías del hidrógeno en Aragón	55	60	64

# 05. RESULTADOS GLOBALES

- El número de proyectos financiados cada anualidad recoge los concedidos en esa anualidad. En lo que va de periodo (2,5 años) se ha obtenido financiación para 25 proyectos nuevos. Las cifras de proyectos subvencionados al año son ligeramente inferiores al periodo anterior que obtuvo un promedio de 19 proyectos anuales.
- El número de tesis en el ámbito del hidrógeno, con una cuantía de 5 en lo que va de periodo, sigue en las cuantías de años anteriores.
- Las personas formadas en hidrógeno, incluyen las que asisten a cursos específicos sobre hidrógeno impartidos generalmente por la FHa y SEAS, no incluyendo la información relativa al máster de EERR de la Universidad de Zaragoza, que tiene un módulo de hidrógeno. La cifra media de personas formadas al año cuadruplica las medias anuales del periodo anterior.
- Se han considerado empresas involucradas en tecnologías del hidrógeno a todas aquellas que forman parte del patronato de la FHa y otras empresas que, aun sin ser patronos, realizan actividades con hidrógeno. El número de empresas ha aumentado considerablemente, teniendo el patronato un aumento de aproximadamente una empresa al año en el último periodo, tras el gran crecimiento que tuvo al iniciarse el segundo plan.



- Profesionales dedicados a las tecnologías del hidrógeno, incluye a todo el personal que trabaja en la FHa (con cifras anuales de 20, 24 y 25 respectivamente), a las correspondientes a los grupos de investigación de la universidad y el CSIC que trabajan en hidrógeno, así como un cálculo de persona/año de las empresas involucradas en las tecnologías del hidrógeno, según la información que se ha reportado por parte de las mismas.

## INDICADORES DE RESULTADO

Los indicadores de resultado miden los importes monetarios conseguidos por la participación en proyectos relacionados con el hidrógeno. Se propusieron tres indicadores que ya estaban incluidos en el sistema de seguimiento del plan anterior. Además se estableció un control a mitad de periodo de ejecución del Plan, en el que se ha incluido también, en coherencia con los otros indicadores, las cifras correspondientes al primer semestre de 2018.

En la descripción de cada una de las líneas de trabajo se ha establecido la siguiente secuencia para su presentación:

### T.08 Indicadores de seguimiento globales

Indicadores de resultado del PD 2016-2020	Valor a mitad de periodo (2016-2017-2018)
NInversión global realizada en Aragón en tecnologías del hidrógeno.	9.907.857,00 €
Retorno global obtenido en convocatorias públicas (regionales, nacionales y europeas) en proyectos específicos en hidrógeno y pilas de combustible.	6.944.720,00 €

# 05. RESULTADOS GLOBALES

- Inversión global: incluye las inversiones realizadas por la FHa y otras empresas en relación a las tecnologías del hidrógeno. La inversión en este periodo (dos años y medio) asciende a casi 10 millones de euros. La cifra de inversión está muy por encima del todo el periodo del anterior Plan Director 2011-2015, cuyo monto en la totalidad del mismo ascendía a poco más de 8 millones de euros. La principal inversión ha sido la ejecutada directamente por la FHa seguida por la ejecutada por empresas como Inycom o Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L.
- Retorno global en convocatorias públicas: hace referencia a la financiación recibida en proyectos relacionados con el hidrógeno por las empresas y organismos aragoneses en convocatorias públicas, incluyendo convocatorias regionales, nacionales y europeas. La cifra asciende a casi 7 millones de euros, siendo la FHa el primer organismo aragonés con mayor retorno de financiación procedente de fuera de la Comunidad.

- Retorno obtenido por las empresas aragonesas en convocatorias públicas: el retorno obtenido exclusivamente por las empresas aragonesas en este periodo ha ascendido a más de 2.300.000 €. La cifra de retorno de las empresas triplica a la obtenida en todo el periodo del anterior Plan Director 2011-2015. La clasificación propuesta se basa en la metodología SMART (siglas en inglés para: específicos (Specific); medibles (Measurable); alcanzables (Achievable); relevantes (Relevant); temporales (Timely)). Para ello, los indicadores propuestos en el Plan Director 2016-2020 y que complementan la labor realizada en anteriores planes son los siguientes:

## INDICADORES DE GESTIÓN

Los indicadores de gestión miden el desempeño de las actividades de coordinación realizadas por la FHa de cara a sus patronos, así como el nivel de puesta en marcha de las líneas de actuación propuestas y las que han alcanzado los objetivos para el periodo.

Además de esta información, se propuso un indicador para medir el conocimiento de la ciudadanía aragonesa sobre las actividades realizadas en la región en materia de hidrógeno. Este indicador queda pendiente de recopilar a través de una encuesta que se quiere realizar en 2019.

De los 7 indicadores propuestos, solamente el de avance de ejecución estaba incluido en el plan anterior.

- Se realizan dos **reuniones de seguimiento** del patronato anuales, una a mitad de año y otra en diciembre. Se ha cumplido con la planificación y no se ha convocado en el periodo ninguna reunión extraordinaria.
- Respecto al número de propuestas presentadas por la FHa en el marco de programas internacionales, destacar el aumento del mismo entre las anualidades 2016 y 2017 y el grado de éxito alcanzado por encima del 40 %.
- Los convenios de colaboración hacen referencia especialmente a acuerdos de colaboración para el desarrollo de proyectos concretos.

- Respecto a las actuaciones en marcha y terminadas por línea de acción, se muestra en la tabla la cifra global, con todas las actuaciones del plan, pero el análisis por línea de acción muestra un cumplimiento desigual, lo que ha llevado, como se ha visto en los capítulos anteriores a la redefinición de alguna de esas actividades por considerarse obsoletas o de difícil cumplimiento. En la tabla que se incluye a continuación se analiza el indicador por línea de acción, destacando de las mismas las líneas de producción de hidrógeno y la de aplicaciones las que, en fecha de revisión del Plan, tienen mejores resultados en actuaciones empezadas con 70 % y 81 % respectivamente. La de menor grado de cumplimiento la línea 2 de almacenamiento, transporte y distribución, lo que lleva a la redefinición de las acciones incluidas, como se verá en el capítulo siguiente.
- Las actuaciones previstas de inicio en los alcanzados por encima del 40 %.



# 05. RESULTADOS GLOBALES



T.11 Actuaciones en marcha y terminadas por línea de acción

Indicadores seguimiento globales PD 2016-2020	Año 2016		Año 2017		Año 2018	
	Empezada	Terminada	Empezada	Terminada	Empezada	Terminada
1- Producción de H2 (10 actuaciones)	70%	0%	70%	30%	70%	50%
2- Almacenamiento, transporte y logística (9 actuaciones)	23%	0%	33%	0%	33%	0%
3- Aplicaciones del H2 (18 actuaciones)	81%	12%	81%	18%	81%	25%
4- Transferencia de tecnología, protección e impacto (13 actuaciones)	61%	46%	61%	53%	61%	53%
5- Formación y sensibilización (11 actuaciones)	45%	26%	54%	45%	54%	45%

06.

SEGUIMIENTO

# 06. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DIRECTOR 2016-2020

## CONSIDERACIONES GENERALES

La evaluación intermedia del Plan Director tiene como objetivo, además de controlar el grado de cumplimiento del mismo, la reflexión sobre las acciones propuestas en el propio Plan que hayan podido quedar obsoletas en este lapso temporal de actuación, un análisis de aquellas en las que no se han tenido los resultados esperados, comentando las causas, así como otras acciones nuevas que, no contempladas en el Plan, puedan ser de especial interés para las empresas y organismos aragoneses y que se considere que deban ser tenidas en cuenta para ejecución en el periodo restante de vigencia.

Los debates establecidos al respecto fueron de gran interés, con nuevos temas en consideración en vista de los avances tecnológicos, los cambios de legislación y los cambios sociales, sobre todo respecto a la movilidad y la descarbonización del transporte y del sector energéticos. En dichos debates se establecieron nuevos objetivos y nuevas líneas de desarrollo, alguna de las cuales van a ser consideradas en este periodo y otras serán analizadas con

mayor profundidad, para su inclusión en el cuarto Plan Director.

Las actualizaciones propuestas hacen referencia a las líneas de trabajo, incluyendo algunas modificaciones en las acciones incluidas en estas líneas, actuaciones concretas y alguno de los indicadores y objetivos establecidos para el año 2020.

De manera resumida, algunas líneas como la de producción de hidrógeno se mantienen igual, pues la vigencia de las acciones está contrastada, no así alguna de las acciones de almacenamiento y distribución, que necesitaba ser redefinida para incorporar un campo más amplio de desarrollos. Las líneas transversales 4 y 5, también han incorporado una nueva redacción de las acciones para incluir todas las actuaciones de distintos tipos que los agentes puedan realizar, quietando acciones tan concretas y ya obsoletas como las de ejecución en el Congreso Mundial del Hidrógeno de 2016.

Los indicadores globales establecidos en el Plan se mantienen tal cual se propusieron en la redacción del mismo.

A continuación se muestran las tablas de las diferentes líneas de trabajo, con las modificaciones incorporadas y tal y como quedan en la redacción final para establecer un seguimiento a la finalización del Plan Director.

### T.12 Línea 1: Producción de hidrógeno.

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR	OBJETIVO 2020
1. Electrólisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimización a nivel técnico y de costes, mediante simulación y diseño mejorado de componentes y subsistemas (PEM/ alcalina)</li> <li>Estudio de mecanismos de degradación de los componentes y vida acelerada. Ensayos de larga duración. (PEM/alcalina)</li> <li>Desarrollo y optimización de balances de planta y sistemas auxiliares para integración de electrolizadores en servicios de red, aplicaciones aisladas y almacenamiento de energía proveniente de fuentes renovables</li> <li>Desarrollo de procedimientos y ensayos estandarizados para la operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TRL</li> <li>TRL</li> <li>TRL</li> <li>Documentación</li> </ul>	<p>TRL 7. Sistemas desarrollados y probados alineados con los indicadores europeos para 2020. CAPEX Tecnología PEM: 2.000 €/((kg/d) CAPEX Tecnología alcalina: 1.250 €/((kg/d)</p> <p>TRL: 5. Validación de los sistemas desarrollados con pérdida de eficiencia: degradación Tecnología PEM &lt;0,19 Tecnología alcalina &lt;0,12</p> <p>TRL 7. Rediseños validados, y demostrados en un entorno relevante</p> <p>Propuestas y procedimientos comunicados a comités de normalización a nivel nacional</p>
2. Desarrollo electrónica de potencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de electrónica de potencia optimizada para aplicaciones de electrólisis en sistemas aislados para potencias inferiores a 100 kW.</li> <li>Optimización de electrónica de potencia en equipos de electrólisis para proveer servicios de red, en cumplimiento de requisitos marcados por IEC 61.000</li> <li>Incrementar la capacidad de compactación de los sistemas para hacerlos más funcionales y modulares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TRL</li> </ul>	<p>TRL 7. Demostración conjunta con electrolizador en entorno relevante.</p>
3. Producción de hidrógeno a partir de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confección de catálogo de residuos orgánicos (agroalimentarios, ganaderos, urbanos e industriales) en Aragón con potencial para producción de hidrógeno: cuantificación, distribución, calidad, características.</li> <li>Elección de métodos de transformación en función de materia prima (residuo) • Análisis tecno-económico de las vías de producción, según tratamiento (biológico, termoquímico, reformado de biogás o biometano, gasificación, etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Documentación</li> <li>TRL</li> </ul>	<p>Catálogo realizado</p> <p>TRL 6. Al menos un proyecto desarrollado en las acciones de producción de hidrógeno a nivel demostrativo en la región</p>

# 06. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DIRECTOR 2016-2020

## T.13 Línea 2: Almacenamiento, transporte y distribución.

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR	OBJETIVO 2020
1. Análisis y desarrollo de diferentes tipologías de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguimiento de la evolución de tecnologías de almacenamiento novedosas: hidruros, nanotubos, almacenamiento el líquido orgánico (LOHC), etc.</li> </ul>	No procede	Realización de vigilancia tecnológica continua.
2. Desarrollo de sistemas de almacenamiento para el transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de recipientes para altas presiones</li> <li>Estudio de desarrollo de equipos para el ensayo normalizado de recipientes de alta presión (composites, metálicos, etc.)</li> </ul>	TRL Documentación	TRL: 9 Estudio realizado
3. Despliegue de infraestructura de repostaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estimación de la evolución de la demanda de hidrógeno para el transporte y evaluación de posibles infraestructuras.</li> <li>Línea de adaptación de las hidrogeneras de 350 bar a 700 bar</li> <li>Selección de la mejor alternativa para el despliegue en Aragón</li> <li>Definición de instrucciones y guías para la instalación de hidrogeneras</li> </ul>	TRL	TRL: 9 Tecnología de 700 bar testada en la región



## T.14 Línea 3: Aplicaciones del hidrógeno.

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR	OBJETIVO 2020
1. Desarrollo Stack PEM para aplicaciones del sector transporte y aeronáutica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de stacks de tecnología PEM conceptualmente nuevos y optimización de los sistemas que conforman la planta de potencia</li> <li>Desarrollo de nuevos sistemas de potencia y control híbridos embarcados con alta frecuencia de conmutación y convertidores de potencia más eficientes.</li> <li>Desarrollo de tecnología a escala regional.</li> </ul>	TRL	TRL: 7 Know-how establecido en el tejido industrial aragonés
2. Métodos de caracterización avanzados de pilas PEM.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejecución de ensayos de caracterización, operación, ciclo de vida y degradación de stacks/módulos de tecnología PEM en condiciones ambientales y climatológicas específicas. Análisis y evaluación de resultados.</li> <li>Ensayos post-mortem y caracterización de materiales.</li> </ul>	TRL	TRL: 6 Extensión del Know-how a otros actores del sector en Aragón
3. Desarrollo Pilas SOFC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar nuevos materiales y diseños de SOFC que mejoren las prestaciones actuales.</li> <li>Identificar aplicaciones nicho para el stack SOFC portátil.</li> </ul>	TRL	TRL: 7 1 producto a mercado
4. Desarrollo sistemas Power-to-Gas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participación en proyecto a nivel nacional o europeo de sistemas "Power-to-Gas" basados en la producción de gas natural sintético a partir de hidrógeno renovable y CO2 o bien inyección directa de H2 en la red de Gas Natural hasta un porcentaje determinado</li> <li>Estudio de viabilidad técnico-económica de la implantación de sistemas Power-to-Gas en España.</li> </ul>	TRL	TRL: 7 studio de viabilidad para un demostrador en Aragón.
5. Integración de hidrógeno en redes aisladas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño, desarrollo y ejecución de proyectos con tecnologías del hidrógeno en redes aisladas alimentadas con EERR.</li> <li>Diseño y optimización de electrónica de potencia y sistemas de control y comunicación para producción de hidrógeno en redes aisladas a partir de EERR.</li> <li>Buscar oportunidades de demostradores en redes aisladas donde pueda integrarse de alguna manera hidrógeno, preferentemente en áreas rurales.</li> </ul>	TRL	TRL: 7 Know-How establecido en el tejido industrial aragonés.
6. Aplicaciones Nicho	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar aplicaciones nicho donde aplicar hidrógeno y buscar usuarios finales interesados</li> <li>Desarrollo tecnológico de aplicaciones para cubrir los nichos de mercado a corto plazo.</li> <li>Desarrollo de proyectos demostrativos en el sector transporte incluyendo flotas de vehículos e hidrogeneras en la región.</li> </ul>	Nº de productos a mercado	5
7. Sistemas de movilidad con hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demostración de la tecnología comercial de FCEV</li> </ul>	TRL	TRL 7 Demostrador/vehículos activos en Aragón

# 06.

## ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DIRECTOR 2016-2020

### T.15 Línea 4: Transferencia de tecnología, protección e impacto.

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR	OBJETIVO 2020
1. Fortalecimiento del emprendimiento en hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulso a las start-ups y Spin-offs.</li> <li>• Buscar otros mecanismos de financiación ligadas a la creación de estas empresas.</li> <li>• Intraemprendimiento.</li> </ul>	Nº de nuevas compañías creadas relacionadas con las tecnologías del hidrógeno	3
2. Programas de colaboración en el ámbito industrial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actuaciones divulgativas para búsqueda de demandante de tecnología.</li> <li>• Iniciativas que permita que las empresas conozcan las capacidades de la FHa y que al mismo tiempo la FHa conozca las sensibilidades de las empresas con el objetivo de afrontar desarrollos conjuntos.</li> </ul>	Nº de iniciativas para las empresas relacionadas con las tecnologías del hidrógeno.	10
3. Diversificación de las empresas aragonesas al sector del hidrógeno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de actuaciones por parte de FHa de apoyo a la diversificación de las empresas en el ámbito del H2. Incorporación de empresas en los proyectos de FHa y acompañamiento durante todo el desarrollo realizado.</li> </ul>	Nº de empresas que diversifican y ofrecen soluciones con hidrógeno.	4
4. Participación en comités o foros de desarrollo de nueva legislación y normativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en comités de normalización: (UNE CEN/ CENELEC, etc.). Participación en foros para el desarrollo de nueva legislación y normativa sobre H2.</li> </ul>	Nº de comités, foros etc., con participación aragonesa	10
5. Estudio de impacto económico de las tecnologías del hidrógeno en la región.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de un Estudios de impacto económico de las tecnologías del hidrógeno en Aragón</li> </ul>	Documentación	Estudio realizado

### T.16 Línea 5: Formación y sensibilización.

ACCIONES	ACTUACIONES	INDICADOR	OBJETIVO 2020
1. Estudios de percepción social y de efectividad de la difusión de la tecnología.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de percepción y aceptación social para empresas.</li> <li>• Estudios de percepción y aceptación social para la sociedad en general.</li> </ul>	Documentación	Estudio realizado
2. Acciones de sensibilización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actuaciones de sensibilización empresarial y a público técnico.</li> <li>• Actuaciones de sensibilización a público en general.</li> </ul>	Nº de actuaciones Nº de participantes	Nº de actuaciones: 40 Nº de participantes: 5.000
3. Formación orientada a las tecnologías del H2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación universitaria (reglada)</li> <li>• Formación profesional (reglada).</li> <li>• Formación para profesional en empresas</li> </ul>	Nº de cursos Nº de alumnos	Nº de cursos:7 Nº de alumnos:200



07.

CONCLUSIONES

# 07. CONCLUSIONES

El proceso de evaluación intermedia del Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020 constituye uno de los compromisos adquiridos en su redacción y un elemento de impulso de las actividades previstas en un momento especialmente relevante en el que el sector hidrógeno afronta nuevos retos tecnológicos.

La evaluación realizada se ha dividido en tres bloques principales:

- **Resultados por líneas de trabajo, estructurado en las cinco líneas definidas en su redacción.**
- **Resultados en términos globales.**
- **Actualización del Plan Director a mitad de periodo que incluye una propuesta de líneas a trabajar para la fase final del Plan.**

Para ello, el presente informe ha empleado la combinación de un análisis documental de la información disponible y generada en el periodo de vigencia del Plan Director junto con el desarrollo de un intenso proceso de participación a través de mesas de trabajo y entrevistas con responsables de la FHa y organismos representativos en su ejecución.

Las mesas de trabajo contaron con la participación de 30 organismos y empresas que realizaron una labor de análisis de las acciones estratégicas a la vista de los últimos avances tecnológicos y legales. Es destacable por tanto la buena respuesta y alta participación de las empresas y organismos aragoneses que fueron invitados a tomar parte del proceso participativo.

## RESULTADOS POR LÍNEAS DE TRABAJO

El análisis y evaluación del desarrollo de las líneas de trabajo, y del cumplimiento de las actuaciones y objetivos establecidos en las mismas, permite extraer las siguientes conclusiones:

- La línea de producción de hidrógeno cuenta con un alto grado de cumplimiento de las actuaciones propuestas. El desarrollo de tecnología de electrólisis y la electrónica de potencia asociada sigue siendo una de las principales líneas de trabajo del FHa y varias empresas de la región. Actualmente existen 8 proyectos en marcha con actuaciones en este campo.
- Otros procesos de producción de hidrógeno, como la producción a partir de residuos, aún con menor actividad en la región, siguen considerándose de interés y se mantienen como acción estratégica.
- La línea de trabajo de almacenamiento transporte y distribución es la que menor grado de actividad y cumplimiento ha tenido en la revisión realizada. Es una línea que engloba acciones de desarrollo de tecnología que han sido modificadas para adecuarse a la realidad del estado de la tecnología en este campo.
- De manera especial, la distribución de hidrógeno sigue considerándose una línea de prioridad alta debido a que Aragón tiene una ventaja competitiva y además se mantiene el interés de lograr el objetivo de quedar incluida en la red de corredores del hidrógeno a nivel europeo. Aunque los objetivos marcados para este periodo no se han cumplido, debido sobre todo al retraso en la puesta en marcha del proyecto más importante al respecto, H2PiyR, se mantiene con toda su vigencia para la fase final del Plan Director.
- En la línea de aplicaciones del hidrógeno destaca el desarrollo de tecnología de pilas de combustible que en Aragón está liderado por el CSIC y la Universidad de Zaragoza. Las acciones y actuaciones propuestas se han cumplido casi en su totalidad en el periodo.



El objetivo a 2020 de una transferencia efectiva de conocimiento que permita tener un know-how establecido en el tejido industrial, aunque se considera ambicioso, se considera interesante de mantener para impulsar las actividades al respecto.

- Otro tipo de aplicaciones del hidrógeno en redes aisladas y aplicaciones nicho como la aeronáutica y los sistemas de Power-to-Gas tienen un grado de desarrollo aceptable a mitad de periodo y se mantienen como acciones estratégicas.
- En general, la línea de aplicaciones del hidrógeno ha sido una de las más dinámicas ya que cuenta con el mayor grado de cumplimiento de todas las líneas estratégicas con un 81 % de acciones iniciadas a mitad de periodo, aunque sólo un 25 % se pueden considerar que han cumplido los objetivos en su totalidad.
- Respecto a la línea de transferencia de tecnología, protección e impacto económico se consideró durante la preparación del Plan Director de importancia estratégica alta y se propusieron acciones muy concretas relativas a acciones de colaboración empresarial, de las cuales se han iniciado más de un 60 % y finalizado el 50 % de las mismas. Los buenos resultados en este ámbito reflejan sobre todo la gran labor de la FHa de cara a la sociedad y tejido empresarial aragonés, como la creación de una nueva empresa y la diversificación de productos/negocio en otras dos.

- Finalmente, la quinta línea de formación y sensibilización se considera de importancia capital y se han realizado muchas actividades durante el periodo con buenos resultados destacando las realizadas en el Congreso Mundial del Hidrógeno 2016, en Zaragoza. No obstante, en el marco de la presente evaluación ha sido redefinida para contener a futuro toda clase de actividades que puedan realizarse. Fruto del desarrollo de las mesas se concluyó que, si bien se había trabajado mucho en este campo, la sensibilización y concienciación de la ciudadanía es de alta importancia, sobre todo ante los cambios de los modelos de transporte y los debates en torno a los nuevos combustibles y nuevas tecnologías. Por ello, en su redefinición continúa teniendo un papel primordial para lograr los objetivos globales del Plan.

# 07. CONCLUSIONES

## RESULTADOS EN TÉRMINOS GLOBALES

El Plan Director del Hidrógeno 2016-2020 cuenta con un sistema de seguimiento global que ha sido analizado también en la presente evaluación y cuenta con un conjunto de indicadores que permiten valorar su nivel de avance divididos en tres tipologías:

- **Indicadores de seguimiento: globales y por línea de trabajo.**
- **Indicadores de resultado.**
- **Indicadores de gestión.**

El análisis de los indicadores de seguimiento propuestos en el Plan refleja una evaluación intermedia muy positiva del cumplimiento de los objetivos propuestos. Así, durante este período, aunque el número de proyectos financiados ha disminuido levemente ha aumentado considerablemente la inversión global y la financiación recibida en total, siendo resultado este hecho de la participación en proyectos de mayor envergadura y con más participación aragonesa. Además, el número de empresas que tienen en marcha proyectos con tecnologías del hidrógeno es mayor que en periodos anteriores, y la financiación obtenida por las empresas triplica a la obtenida en el periodo total del Plan anterior.

- El hidrógeno constituye un elemento que cada vez suscita un mayor interés. Este factor se refleja en el interés de empresas y organismos aragoneses en el desarrollo de proyectos de hidrógeno, contabilizando además de los integrantes del Patronato de la FHa, 15 organismos que realizan actividades en este campo.
- La composición del Patronato de la FHa ha ido creciendo también paulatinamente, situándose en 70 organismos en el periodo analizado por encima de la media de 66 en el periodo anterior.
- Los profesionales dedicados a las tecnologías del hidrógeno también han crecido de una forma considerable. La plantilla fija de la FHa ha aumentado un 16 % respecto al periodo anterior y la participación en personas/año por parte de las empresas y otros organismos está actualmente en cifras cercanas a los 40.
- Respecto a los indicadores de resultado la cifra de inversión global, cercana a los 10 millones ha superado ampliamente la del periodo anterior, que se encontraba en 8 millones. La financiación recibida en convocatorias públicas se sitúa en casi 7 millones destacando además el éxito obtenido por las empresas con algo más de 2 millones de euros en proyectos de hidrógeno y pilas de combustible.
- Finalmente, respecto a los indicadores de gestión el cumplimiento ha sido muy positivo. El Plan Director cuenta con 21 acciones y 61 actuaciones concretas en las cinco líneas de trabajo establecidas. El porcentaje de actuaciones en marcha en total asciende al 62 % y el de actuaciones que ya han alcanzado los objetivos fijados es del 36 %. Además los indicadores relativos a reuniones de seguimiento, presentación de propuestas y convenios han seguido la senda marcada en su definición.
- En definitiva, los indicadores del sistema de seguimiento globales, así como los de resultado y gestión son adecuados para la correcta monitorización de los objetivos del Plan y por tanto no se han propuesto modificaciones en el mismo en esta etapa intermedia.

## ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DIRECTOR 2016-2020.

Dentro del proceso de evaluación se ha constatado que el cumplimiento de los objetivos del Plan por línea de trabajo no ha sido uniforme por lo que se ha propuesto en el marco de la presente evaluación una reflexión sobre las causas de esta disparidad y la validez de las acciones y actuaciones propuestas así como de los objetivos fijados.

Para ello además del análisis documental el desarrollo de las mesas de trabajo y entrevistas realizadas ha constituido una valiosa fuente de información para esta revisión.

La realización del proceso de participación a través de las mesas permite concluir que existe un consenso con los participantes para afrontar

las modificaciones incluidas en el Plan Director, la replanificación de alguna línea de acción y el mantenimiento o modificación de los objetivos.

Además, aunque algunos objetivos propuestos se consideran exigentes a la vista de las actuaciones ejecutadas, en la mayoría de los casos se ha optado por mantenerlo en respuesta al espíritu positivo de los participantes en continuar con los desarrollos planteados y a la espera de la mejora del marco económico actual.



# 07. CONCLUSIONES

Las modificaciones más significativas realizadas sobre la revisión del Plan incluyen las siguientes revisiones:

- En la línea de producción de hidrógeno, se ha incluido una diferenciación de tecnología de electrólisis entre PEM y alcalina.
- Respecto a la línea de almacenamiento, transporte y distribución, se incluye de forma específica el seguimiento de diferentes tipologías de almacenamiento quitando la prioridad al almacenamiento mediante hidruros.
- En cuanto a la línea de aplicaciones del hidrógeno se mantiene las acciones generales propuestas.
- Respecto a la transferencia de tecnología, protección e impacto económico, la revisión se ha dirigido en la línea de seguir fortaleciendo este ámbito incrementando la implicación de empresas aragonesas que puedan aprovechar las oportunidades del hidrógeno. Se mantienen las acciones globales propuestas como objetivo, pero se definen actuaciones de manera más amplia para recoger la enorme diversidad de actuaciones que puedan hacerse en este campo.
- En cuanto a la línea de formación y concienciación al igual que en el caso anterior se mantienen las acciones y se incluyen actuaciones menos concretas para incluir la diversidad de las mismas.



Finalmente, en el marco del presente Plan se establecen algunas recomendaciones operativas surgidas del proceso de evaluación que se considera de interés de aplicación de cara a la fase final de la programación 2016-2020:

- Los cambios normativos constituyen un elemento básico en el ámbito de hidrógeno de cara al futuro. Por ello, resulta de interés el establecimiento de elementos de vigilancia en materia normativa y social para que puedan ser incorporados a la estrategia futura de actuación de cada organismo.
- Las mesas de trabajo han permitido evidenciar líneas futuras de trabajo que si bien puede ser prematura su inclusión en este momento es necesario el establecimiento de un protocolo de seguimiento que permita no perder las oportunidades que ofrece el sector para su inclusión en el próximo Plan. Además esta metodología participativa, que ha resultado muy provechosa por parte de los participantes, puede dar lugar a constituir un foro de encuentro de los organismos más representativos que trabajan o buscan trabajar con el hidrógeno y establecer nuevos mecanismos de trabajo conjunto.
- En materia de seguimiento se considera de interés ampliar el seguimiento de los indicadores de resultado para lograr una verdadera cuantificación del impacto que supone la inversión en hidrógeno así como los resultados de la financiación obtenida en diferentes convocatorias europeas sobre la materia.

08.

AGRADECIMIENTOS

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

Una vez más, la **Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón** quiere expresar su agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la revisión y elaboración de la **Evaluación Intermedia del Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020**.

También quiere trasladar su gratitud hacia los participantes en las mesas de trabajo convocadas para la realización de esta evaluación intermedia al efecto que, con su conocimiento y dedicación, han hecho posible la actualización y adaptación de las líneas de trabajo estratégicas y de las actuaciones previstas.

Y por último, desea reconocer el trabajo del equipo de la Fundación, las personas que trabajan o han trabajado en la Fundación, especialmente de Alfonso Bernad, Ana Ferriz, Carlos Arié, Darío Cortés, Diego Pardos, Edgar Bueno, Fernando Palacín, Guillermo Figueruelo, Guillermo Martínez, Jennifer Mur, Jesús Simón, Julio César Aguarales, Laura Abadía, Lorién Gracia, Lucía Biarge, Maite Imirizaldu, Manuel Gutiérrez, Manuel Muniesa, Miguel Zarzuela, Pedro Casero, Rodrigo Pérez, Rubén Canalejas, Teresa Villuendas Y Vanesa Gil. Su colaboración y participación ha hecho posible esta publicación.

- **Excma. Sra. D<sup>a</sup>. Marta Gastón Menal**

Presidenta de la Fundación. Consejera de Economía, Industria y Empleo. Gobierno de Aragón.

- **Ilmo. Sr. D. Jesús Sánchez Farraces**

Vicepresidente de la Fundación. Director General de Industria, PYMES, Comercio y Artesanía. Gobierno de Aragón.

- **Ilmo. Sr. D. Luis Fernando Lanasa Santolaria**

Representante del Gobierno de Aragón en el Patronato de la Fundación. Director General de Economía. Gobierno de Aragón.

- **Ilma. Sra. D<sup>a</sup>. María Teresa Gálvez Jaques**

Representante del Gobierno de Aragón en el Patronato de la Fundación. Directora General de Investigación e Innovación. Gobierno de Aragón.

D <sup>a</sup> . África Castro Rosende	Desarrollo de Negocio en H2B2
D. Alberto Sancho Carbó	Director General Grupo Horcona S.A. Representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Alejo Catalán	Director del Departamento de Dirección Técnica en Opel España, S.L.U. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación
D. Alfonso Allepuz	Responsable Dpto. Técnico en Grupo Empresarial Lapesa, S. L.
D. Alfredo Luis Sánchez de Olavarrieta	Director Gerente Taim Weser, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Amalio Roda González	Gerente de Ingeniería de Producto y Calidad de Opel España, S.L.U. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D <sup>a</sup> . Ana María López Sabirón	Jefe del Grupo de Integración de Procesos (Área de Tecnologías Energéticas y Ambientales). en FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D <sup>a</sup> . Ana Pellicer	Coordinadora Docente en SEAS, Estudios Superiores Abiertos
D. Andrés Llombart Estopiñán	Director General de Fundación CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos y representante de la entidad en el patronato de la Fundación.
D. Ángel Bandrés	Gerente en Cluster Turismo de Montaña.
D. Ángel Fernández Cuello	Director del Instituto Tecnológico de Aragón (ITAINNOVA) y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. <sup>a</sup> Ángela Laguna Abad	Directora General de Vea Qualitas S.L. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Antoni Juliá Sirvent	Gas Natural SDG.
D. Antonio Gargallo	Director de Proyecto. Clúster de la Energía de Aragón

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

D. Antonio González García - Conde	Director del Departamento de Aerodinámica y Propulsión del INTA, Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales. Presidente de la Plataforma Tecnológica de Hidrógeno y Pilas de Combustible PTE HPC.
D. Antonio Pérez	Director de Proyecto en IDOM Consulting, Engineering, Architecture
D. Antonio Soldevilla Santamaría	Jefe de Servicio metrología, seguridad y calidad industrial. Dirección General de Industria, PYMES, Comercio y Artesanía. Gobierno de Aragón.
D <sup>a</sup> . Arancha Villarejo Urdániz	IDOM Ingeniería y Consultoría S.A.U.
D. Armando Mozota Liedana	Director Gerente y Administrador Único de JOARJO S.L. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Arturo Aliaga López	Ex Presidente de la Fundación. Diputado de la Cortes de Aragón.
D <sup>a</sup> . Beatriz Guirao Galindo	Gerente de Laboratorio en Compañía Logística de Hidrocarburos CLH S.A.
D <sup>a</sup> . Beatriz Lorente Pastor	Responsable Área Innovación y Transferencia de Tecnología en Parque Tecnológico Walqa.
D <sup>a</sup> . Beatriz Nieto	Ingeniera Industrial. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D <sup>a</sup> . Begoña Ruiz de Gordejuela	Ex Directora de H2PLANET. ESPAÑA. Gerente Hidrógenos del Nervion S.L.
D <sup>a</sup> . Belen Monclús Fumanal	Diseñador de Producto en Green Grouping
D <sup>a</sup> . Benjamin Ventura	Cluster Anmopyc, Asociación Española de Fabricantes Exportadores de Maquinaria para Construcción, Obras Públicas y Minería.
D <sup>a</sup> . Berta Fernández Pueyo	Alcaldesa deL Ayuntamiento de Sabiñánigo y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Carles Pallé Caminal	Commercial Technology Water, H2 & Spots en S.E. de Carburos Metálicos, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Carlos Martín Lafuente	Director de Operaciones en Lecitrailer, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.

D. Carlos Bistuer Pardina	Presidente de CEOS-CEPYME Confederación Empresarial Oscense. Representante de la Confederación de Empresarios de Aragón (CREA) en el Patronato de la Fundació
D. Carlos Funez Guerra	Responsable Unidad Ingeniería y Montaje. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D. Carlos Javier Navarro Espada	Asesor Técnico. Dirección General de Industria, PYMES, Comercio y Artesanía del Gobierno de Aragón. Patrono de la Fundación, adjunto a la Presidencia.
D. Carlos Oehling Durán	Presidente de Going Investment S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D <sup>a</sup> . Celia García Anzano	Directora del Parque Tecnológico WALQA, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. César de Lapuente	Director Territorial en Grupo Itevelesa.
D. César Romero Tierno	Director General de la Fundación San Valero y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Daniel Esteban Bechtold	Jefe de unidad de relaciones externas. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D. Daniel Fernández Cabañuz	Apoderado en GEOLICA, General Eólica Aragonesa S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. David Briceño Viviente	Consejero de Zarsol, S.L. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. David Gavín Asso	Director Adjunto en Servicios Auxiliares de Telecomunicación, S.A. (SATEL).
D. David Romeral Molina	Director Gerente del Cluster de Automoción de Aragón.
D. Eduardo Gálvez Lisón	Director Mejora Producto CAF- Factoría de Zaragoza de C.A.F. S.A., CONSTRUCCIONES Y AUXILIAR DE FERROCARRILES, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Eduardo García	Director de Calidad en INTECSA-INARSA.
D. Eduardo Ruiz	Interventor Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja.

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

D. Eduardo Sanz Latorre	Director General de Airtex Products, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D <sup>a</sup> . Elvira Pérez Arnedo	Presidente del Consejo de Administración del Grupo Empresarial Lapesa, S. L. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Enric Catala Roig	Director de Marketing y Ventas en Vestas Eólica, S.A.U. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Enrique Centeno	Gerente General de Asuntos Corporativos de Toyota España.
D. Ernesto Amores Vera	Ingeniero de Investigación y Desarrollo. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D <sup>a</sup> . Esther Albertin	Fundadora SFICE Innovative Minds
D. Felix Barreras	Investigador Científico en CSIC-LIFTEC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión
D. Felix García	Responsable del Laboratorio de Microrredes. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D. Félix Gómez Cuenca	Subdirector de Calidad e Innovación. Dirección Gral. Tecnología e Innovación de Compañía Logística de Hidrocarburos CLH S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación
D. Fernando Arteché	" Coordinador de Tecnología en ITAINNOVA, Instituto Tecnológico de Aragón."
D. Fernando Callizo Oliván	Presidente de la Confederación de Empresarios de Aragón (CREA).
D. Fernando Martínez Altarriba	Director Área Geográfica de Aragón de IDOM Consulting, Engineering, Architecture S. A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Fernando Salvador Belenguer	Director Regional Zona Norte (Aragón y Cataluña) de Redexis Gas S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación

D. Fernando Tricas	Vicerrector de Tecnologías de la Información y de la Comunicación en Universidad de Zaragoza
D. Francisco Gracia Gorria	Jefe del Departamento de innovación y Tecnología División Química Básica en Ercros S.A.
D. Francisco Iván Lombardo Roselló	Apoderado de CEASA, Compañía Eólica Aragonesa, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Francisco Javier Arias González	Presidente de la Asociación de Promotores de Energía Eólica de Aragón y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Francisco Javier García Domingo	Director de Relaciones Institucionales de TATA HISPANO MOTORS CARROCERA, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Francisco Javier Valenzuela Jimenez	Gerente en Cluster de la Energía de Aragón
D. Francisco Saiz Sevilla	Departamento técnico. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D. Francisco Vidal Cavero	Gerente de VIDAL OBRAS Y SERVICIOS S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Francisco Vigalondo	Delegado de Aragón Exterior en Bruselas.
D <sup>a</sup> . Gema Alcalde Ranz	Jefe de Unidad de Gestión de Proyectos. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D. Gonzalo de Miguel Redondo	Apoderado de GMR Homologaciones S.L. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Guillermo Matute	Manager de transferencia de tecnología, INYCOM, Instrumentación y Componentes, S.A."
D. Guillermo Orduña Marco	Esciencia Eventos Científicos S.L.
D. Ignacio Abad	Ingeniero Mecánico en IDOM Consulting, Engineering, Architecture

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

D. Ignacio Arjona Morell	Apoderado de Grupo Itevelesa S.A. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Ignacio Ríos Torre	Zoilo Ríos, S.A.
D. Ignacio Vaca Pontaque	Director Ejecutivo - CEO de TAFYESA, S.L. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Iván Lalaguna	Director I3 en INYCOM, Instrumentación y Componentes, S.A.
D. Javier Arboleda Dominguez	Gerente Senior de Servicio de Hyundai Motor España."
D. Javier Borja	Responsable de Producto en IDOM Consulting, Engineering, Architecture
D. Javier Brey Sanchez	Presidente de la Asociación Española del Hidrógeno.
D. Javier Del Pico Aznar	Director de Energía en S.A. Minera Catalano Aragonesa (SAMCA)- Grupo SAMCA y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Javier Lampreave	Ingeniero de Proyectos Eólicos en TAIM WESER S.A.
D. Javier Pallarés	Jefe de Proyectos en FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D. Jerónimo Carceller Martín	Presidente del Consejo Rector de Caja Rural de Teruel y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Jesús Lacasta Clemente	Teniente de Alcalde del Ayuntamiento de Sabiñánigo. Representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Jesús Lavid	Gerente de Mantenimiento en Avanza Zaragoza
D. Jesus Montero Escuder	Gerente de IMS CALEFACCIÓN S.L. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Joaquín Gómez	Responsable de Desarrollo de Negocio en ITAINNOVA, Instituto Tecnológico de Aragón
D. Joaquín Mora Larramona	Director General en Green Grouping Energía S.L.

D. Jordi Domenech Zamareño	Director de Investigación y Desarrollo de Abello Linde S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Jorge Modrego Neila	Direction of Transformation Enagas, S.A.
D. José Alfredo Lana Calvo	Head of Technology and Innovation, Enagas S.A.
D. José Ángel Peña Llorente	Grupo de investigación de Catálisis, Separaciones Moleculares e Ingeniería de Reactores (CREG) en Universidad de Zaragoza.
D. José Antonio Mayoral Murillo	Rector Magnífico de Universidad de Zaragoza y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. José Ignacio San Roque Sarroca	Secretario del Consejo de Administración en Sistemas de Almacenamiento Inteligente S.L. Representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. José Luis Celorrio García	Director General e Maetel Maessa, Telecomunicaciones, Ingeniería, Instalaciones y Servicio, S.A. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. José Manuel Almarza Ramírez	Ingeniero de Caminos. Representate de Intecsa-Inarsa, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. José Manuel González Martín	Ingeniero de Proyectos, Dpto. Técnico de Sky Global Solar, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. José Manuel Martín	Gestión de la transferencia de tecnología de I + D en INYCOM, Instrumentación y Componentes, S.A.
D. José Vicente Hernandez	Jefe del Departamento de Ingeniería de CAF Zaragoza. CAF Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles
D. Juan Abel Arias López	Director de Urbanos Zaragoza y representante de TUZSA, Transportes Urbanos de Zaragoza, S.A.U. en el Patronato de la Fundación.
D. Juan Ignacio Larraz Plo	Anterior Decano del Colegio Oficial de Graduados en Ingeniería de la rama industrial, Ingenieros Técnicos Industriales y Peritos Industriales de Aragón, y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

D. Juan Manuel Ramón Ipas	Alcalde Presidente del Ayuntamiento de Jaca y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Juan Peña Herrero	Director Técnico Eólica Navarra, S.L.- Grupo Empresarial ENHOL S.L. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Juan Ramón Ochoa Hortelano	Asesor Técnico. Dirección General de Industria, PYMES, Comercio y Artesanía del Gobierno de Aragón. Secretario del Patronato de la Fundación.
D. Lorenzo Gracia	Consultor- Evaluador en IDOM Consulting, Engineering, Architecture
D. Luis Alberto París Cester	Administrador Único de Regeneralia S. L. (Syder) y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Luis Ángel Carbó Llorente	Director Departamento Aragón IVS de ECA, Entidad Colaboradora de la Administración, S.A.U. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Luis Carlos Correas Usón	Vicerrector de Investigación y Posgrado de la Universidad San Jorge.
D. Luis Carlos Gutierrez	Técnico de Innovación y Desarrollo en Enagas S.A.
D. Luis Gallego Franco	Director fábrica Sabiánigo de Ercros, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Luis Miguel Lou	Gestor de Proyectos Senior en FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D. Luis Miguel Romeo	Catedrático de Universidad en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) en Universidad de Zaragoza
D. Luis Miguel Romeo Giménez	Fundación CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D. Luis Monge Güiz	Que ha sido representante de Taim Weser, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Luis Pardos Castillo	Director de la Escuela Politécnica de Huesca.

D. Luis Soriano Bayo	Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y Rioja y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D <sup>a</sup> M <sup>a</sup> del Mar Arxer Ribas	Licenciada en Química. Experta en tecnologías del hidrógeno.
D <sup>a</sup> . M <sup>a</sup> José Pardo Teresa	Gerente de la Asociación empresarial de transportes Discrecionales de Mercancías de Aragón, TRADIME-ARAGÓN y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Manuel Rodríguez Chesa	Presidente de la Cámara Oficial de Comercio e Industria de la provincia de Huesca. Representante del Consejo Aragonés de Cámaras Oficiales de Comercio e Industria en el Patronato de la Fundación.
D. Manuel Teruel Izquierdo	Presidente de la Cámara Oficial de Comercio e Industria de Zaragoza. Presidente de TAIM WESER S.A.
D <sup>a</sup> . María del Carmen Láinez Peña	Responsable Promoción Delegación Nordeste de Siemens Gamesa Renewable Energy Wind Farms, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D <sup>a</sup> . María Jesús Lázaro Elorri	Delegada Institucional del CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en Aragón. Representante de la entidad en el Patronato de la Fundación
D <sup>a</sup> . Maria Luisa Miedes Arnal	VEC AMS Zaragoza R+D Manager de Valeo Térmico S.A. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D <sup>a</sup> . María Luisa Revilla Corpancho	Miembro de la Delegación Española en SG SET-Plan. Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial CDTI.
D. Marian Arilla Herrero	Consultora especialista en I+D, innovación y competitividad en IDOM Consulting, Engineering, Architecture
D. Mario Orleans	Economista asesor Propiedad Industrial e Intelectual. Ungria Patentes y Marcas, S.A.
D. Marisa Claver Barón	Directora de AENOR en Aragón.

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

D <sup>a</sup> . Marian Arilla Herrero	Consultora especialista en I+D, innovación y competitividad en IDOM Consulting, Engineering, Architecture
D. Mario Orleans	Economista asesor Propiedad Industrial e Intelectual. Ungria Patentes y Marcas, S.A.
D <sup>a</sup> . Marisa Claver Barón	Directora de AENOR en Aragón.
D. <sup>a</sup> Marta Gracia Blanco	Alcaldesa Presidenta del Ayuntamiento de la Villa de la Almunia de Doña Godina. Presidenta del Organismo Autónomo Local Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia de Doña Godina y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D <sup>a</sup> .Marta Maroño	Presidente de Asuntos Externos de Hydrogen Europe Research (FCH-JU). CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
D. Maximiliano Bernabe	Ingeniero de Gestión de I+D. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2
D. Miguel Ángel Laguna	Investigador Distinguido en CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
D. Miguel Ángel Ruiz Moreno	Director de Ingeniería de Atlas Copco - Grupos Electrónicos Europa, S.A. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Miguel Gil Cinca	" Jefe del Grupo de Investigación de Combustibles en FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos."
D <sup>a</sup> . Nieves Zubalez	Directora Internacionalización y Cooperación para el desarrollo en Grupo San Valero
D <sup>a</sup> . Nuria Rojas	Ingeniera Química Unidad de Investigación. Centro Nacional del Hidrógeno
D. Óscar Fernández de la Isla	Gerente de Producto en SIEMENS S.A.
D. Óscar Isasi de Isasmendi	Consultor en IDOM Consulting, Engineering, Architecture
D. Pablo Bernad Conde	Representante de Servicios Auxiliares de Telecomunicación, S.A.(SATEL) en el Patronato de la Fundación.

D. Pablo Marcuello Fernández	Director de Proyecto en IHT, Industrie Haute Technologie S.A.
D. Pedro Jesús Lahoz López	Presidente del Consejo de Administración de Sistemas de Almacenamiento Inteligente S.L. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Pedro Laín Alonso	Presidente de CLASS MANAGEMENT S.L. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Pedro Machín	Presidente del Clúster de la Energía de Aragón.
D. Pedro Montaner Izcué	Vocal de la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y Rioja y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Pedro Pardo García	Fundación Emprender en Aragón.
D. Pedro Sas Llusa	Representante de Caja Rural de Aragón, Sociedad Cooperativa de Crédito, BANTIERRA en el Patronato de la Fundación.
D. Pilar Fernández	Consultor de Innovación Tecnológica en ITAINNOVA, Instituto Tecnológico de Aragón.
D. Pilar Molina	Director General en EPIC POWER.
D. Pilar Sánchez	Ministerio para la Transición Ecológica
D. Rafael Calvera Parra	Secretario del Consejo de Administración de Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Rafael Gerona	Director Técnico de I+D+i en Grupo Empresarial Lapesa, S. L.
D. Rafael González Barriada	Vocal Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja.
D. Ramón Murillo	Investigador Científico en CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas
D. Ramón Tejedor Sanz	Director Gerente del Instituto Aragonés de Fomento. Consejero Vocal de CEEI ARAGON, Centro Europeo de Empresas e Innovación de Aragón, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Ramón White Martín	Miembro del Comité Ejecutivo de la Confederación de Empresarios de Zaragoza – CEOE Zaragoza y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

D. Ramón Murillo	Investigador Científico en CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas
D. Ramón Tejedor Sanz	Director Gerente del Instituto Aragonés de Fomento. Consejero Vocal de CEEI ARAGON, Centro Europeo de Empresas e Innovación de Aragón, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Ramón White Martín	Miembro del Comité Ejecutivo de la Confederación de Empresarios de Zaragoza – CEOE Zaragoza y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Ricardo Calvera Parra	Presidente del Consejo de Administración de Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D <sup>a</sup> . Rosa María Menéndez López	Presidente de CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Santiago Hernández Hernández	Operations and Asset Manager en Innogy Spain S.A.U. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Sergio Martínez Losa	Dirección General de Industria, PYMES, Comercio y Artesanía. Gobierno de Aragón.
D. Sergio Samper Rivas	Miembro del Consejo de Administración de JORGE S.L. Y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D <sup>a</sup> . Sofía Civeira	Responsable de Transportes en Consorcio Transporte Zaragoza
D <sup>a</sup> . Tatiana García Armingol	Jefe del Grupo de Energía y Medio Ambiente. en FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D <sup>a</sup> . Teresa Sas Bernad	Concejala, Presidenta de la Comisión de Seguridad Ciudadana y Movilidad del Ayuntamiento de Huesca y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Tomás Álvarez Tejedor	Subdirección General de producción, Ciclos Combinados de ENDESA GENERACIÓN, S.A.U. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.

D. Víctor Ferreira Ferreira	Experto en tecnología en FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D. Víctor Manuel Cañadas Beltrán	SEAS Estudios Superiores Abiertos S.A.
D. Víctor Manuel Rodríguez Ruiz	Director Nacional de Iberdrola Renovables Aragón S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Víctor Orera Clemente	Patrono de Honor de la Fundación.
D. Violeta Bescós	Técnico de Investigación y Desarrollo en Enagas S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.
D. Zoilo Ríos Torre	Director General de Zoilo Ríos, S.A. y representante de la entidad en el Patronato de la Fundación.

09.

ABREVIATURAS

# 09. ABREVIATURAS

AAEI	Agrupación Empresarial Innovadora
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
APU	Auxiliary Power Unit
BIG HIT	(Proyecto) Building Innovative Green Hydrogen Systems in Isolated Territories
BloW-Up	(Proyecto) Balkans Waste to Products: transfer of Nol model to Balkan area: de-siloing new waste-derived raw materials and developing new applications
CAF	Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles
CAPEX	Capital Expenditure
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CHP	Combined Heat and Power
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
CIRCE	Centro de investigación de recursos y consumos energéticos
CLENAR	Clúster de la Energía de Aragón
CNH2	Centro Nacional del Hidrógeno
CO2	Dióxido de Carbono
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
d	día
Demo4Grid	(Proyecto) Demonstration of 4 MW Pressurized Alkaline Electrolyser for Grid Balancing Services
DGA	Diputación General de Aragón
EERR	Energías Renovables
EIT	European Institute of Innovation and Technology
ELY4OFF	(Proyecto) PEM ElectroLYsers FOR operation with OFFgrid renewable installations
ELYntegration	(Proyecto) Grid Integrated Multi Megawatt High Pressure Alkaline Electrolysers for Energy Applications

ELYPLUS	(Proyecto) Sistema de gestión y monitorización remoto con funciones de mantenimiento avanzado y operación inteligente para electrolizadores conectados a la red eléctrica
EMPIR	European Metrology Programme for Innovation and Research
EVERYWH2ERE	(Proyecto) Making hydrogen affordable to sustainably operate Everywhere in European cities
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
FCH JU	Fuel cells and Hydrogen Joint Undertaking
FCH 2 JU	Fuel cells and Hydrogen Joint Undertaking 2
FECYT	Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología
FHa	Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón
FLEDGED	(Proyecto) Flexible Dimethylether production from biomass gasification with sorption enhanced processes
GRAFELEC	(Proyecto) Desarrollo de catalizadores basados en grafenos funcionalizados/dopados y nanocomposites de grafenos para la conversión electroquímica de energía
H2	Hidrógeno
H2PiyR	(Proyecto) Hydrogen Corridor for the Pyrenean Region
HIBRIPEM	(Proyecto) Optimización de electrocatalizadores basados en nanocomposites híbridos estables para pilas de combustible, electrolizadores y pilas regenerativas
Hydrogen	(Proyecto) Metrology for sustainable hydrogen energy applications
HyLaw	(Proyecto) Identification of legal rules and administrative processes applicable to Fuel Cell and Hydrogen technologies' deployment, identification of legal barriers and advocacy towards their removal
HYTECHCYCLING	(Proyecto) New technologies and strategies for fuel cells and hydrogen technologies in the phase of recycling and dismantling
I+D	Investigación y Desarrollo
IASOL	Ingeniería y Aplicaciones Solares
IEC	International Electrotechnical Commission

# 09. ABREVIATURAS

ILSSA	Industrias López Soriano S.A.
INSTUNH2	(Proyecto) Incrementando la seguridad en túneles de carretera ante el reto del hidrógeno
INTELISAI	(Proyecto) Diseño y construcción de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) de emergencia con pila de combustible de hidrógeno y gestión telemática para cubrir eventos de fallo del suministro eléctrico en servidores informáticos
Inycom	Instrumentación y Componentes
ITA	Instituto Tecnológico de Aragón
kg	kilo
KnowHy	(Proyecto) Improving the Knowledge in Hydrogen and Fuel Cell technology for Technicians and Workers
kW	kilo vatio
LOHC	Liquid Organic Hydrogen Carriers
MERCURIA	(Proyecto) Metano a partir de energías renovables y captura y utilización de CO2 en el sector residencial, industrial y automovilístico
MetroHyVe	(Proyecto) Metrology for Hydrogen Vehicles
Mineco	Ministerio de Economía y Competitividad
PAIP	Programa de Ayudas a la Industria y la PYME en Aragón
PD	Plan Director
PEM	Proton Exchange Membrane
POCTEFA	Programa INTERREG V-A España-Francia-Andorra
QualyGridS	(Proyecto) Standardized qualifying test of electrolyzers for grid services
RECUBIOHY	(Proyecto) Nuevas configuraciones de reactor para valorización energética conjunta de biogás e hidrógeno renovable
SHFCA	Scottish Hydrogen and Fuel Cell Association
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell

SOFT-CDC 4.0	(Proyecto) Modulación de la curva de consume de una industria conectada 4.0
SUSTAINHUTS	(Proyecto) Sustainable Huts
TRL	Technology Readiness Level - Nivel de Madurez Tecnológica
UNE	Asociación Española de Normalización
UNIZAR	Universidad de Zaragoza
USJ	Universidad San Jorge
Vertegas	(Proyecto) Estudio de viabilidad tecno-económica para la innovación en la gestión de residuos mediante clasificación en puntos de recogida y aprovechamiento del biogás generado en vertederos y plantas de tratamiento de residuos
VUELTAH	(Proyecto) Estrategias de divulgación y concienciación en el Territorio Nacional en materia de Hidrógeno y pilas de combustible
WHEC	World Hydrogen Energy Conference

[www.hidrogenoaragon.org](http://www.hidrogenoaragon.org)