

Plan Director del Hidrógeno en Aragón

Fundación para el Desarrollo
de Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón

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

Diseño y Maquetación: Línea Diseño Industrial y Gráfico.
Imprime: Talleres Editoriales Cometa.

ISBN: 978-84-611-6459-2

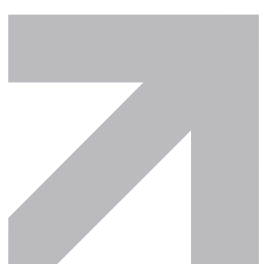
© Prohibida su reproducción total o parcial.



índice

prefacio	4
introducción	10
generación con energías renovables	28
generación con otras energías	40
almacenamiento, logística y distribución	50
pilas de combustible	62
aplicaciones en automoción	76
impacto socioeconómico	86
conclusiones	96
agradecimientos	102
bibliografía	116

Plan Director del Hidrógeno en Aragón



prefacio



Prefacio

Plan Director del Hidrógeno en Aragón



Hace exactamente cuatro años que ciento ochenta personas nos reunimos en Zaragoza a entender y debatir la importancia del hidrógeno como nuevo vector energético, reunión de la cual nace la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón. Casi tres años de que se inscribió la Fundación en el Registro de Fundaciones, y dos del comienzo de este Plan Director con los grupos de trabajo creados al efecto. El motivo de esta publicación es presentar a la sociedad los resultados de muchas horas de trabajo, reflexiones y debate entre los actores destacados de nuestra región, investigación, industria, administración, sociedad civil, para consensuar cuales serán las acciones más fructíferas que debemos emprender entre todos en este campo.

Cuando constituímos la Fundación, en aquel momento veintiocho entidades, hoy ya cuarenta y dos, cada uno traíamos una visión y un bagaje. Había ya historia de hidrógeno en la Comunidad Autónoma: las industrias químicas del Pirineo, por ejemplo, y tantos grupos de investigación punteros en pilas y producción de hidrógeno en la Universidad de Zaragoza y el CSIC. Pero no teníamos una estructuración de pensamiento con criterios de eficiencia y eficacia. Uno de los primeros acuerdos del Patronato fue trabajar en un Plan Director.

Prefacio

El campo del hidrógeno y las pilas de combustible es excesivamente amplio como para pretender abarcarlo todo. Se impone una labor de selección de aquellos aspectos más fácilmente abordables y con un mayor impacto, consensuados entre los expertos. Un Plan Director es el resultado de dicha sistematización, además en nuestro caso con cierto carácter didáctico, sencillamente porque la Fundación trabaja para la sociedad en general, y debe ser ésta la receptora de los resultados.

Un Plan Director no es un programa de acciones. No es una lista rígida de proyectos a realizar invariablemente. Es una guía, o, si se quiere, una inspiración, sometida a crítica y a revisión. A su vez, la vocación de la Fundación es ser punto de encuentro y facilitador de los proyectos. No es un instrumento financiero ni un gestor de un programa de desarrollo. Debe ser la iniciativa individual, finalmente, la que, asumiendo los esfuerzos y los riesgos, convierta las ideas que bullen en las páginas de este libro en productos, servicios, riqueza y empleo. El reto del hidrógeno es inmenso. Necesitamos cambiar nuestro sistema energético hacia un esquema más sostenible. Y debemos aprovechar las oportunidades de este cambio en beneficio nuestro, de nuestra región y de nuestra sociedad. Europa ha echado números, y estima que se necesitan 6.700 millones de euros de aquí a nueve años para poner a punto la tecnología y entrar en una fase de precomercialización. Esta ingente cantidad de dinero no puede salir únicamente de la subvención pública, sino de inversión privada a cambio de mejor tecnología o menos contaminante. En Aragón deberíamos invertir un promedio de 2 millones de euros al año, en proporción a nuestro PIB, solamente para estar en línea con

Plan Director del Hidrógeno en Aragón

dicho objetivo europeo. El esfuerzo inversor de la Fundación y de sus patronos en los últimos dos años arrojan cifras esperanzadoras. Pero podemos y debemos ser ambiciosos si queremos liderar el cambio. Eso, o esperar a que nos traigan la tecnología a nuestra puerta y pagarla con deslocalización.

Quiero agradecer a todos aquellos que, desinteresadamente, han contribuido con su tiempo, su esfuerzo, su voluntad y sus ideas a crear esta semilla, antes que fruto. Les quiero pedir también que no duden en seguir adelante para que fructifique, y se acerquen a la Fundación para que sea su compañero de viaje.

Zaragoza, a 31 de marzo de 2007

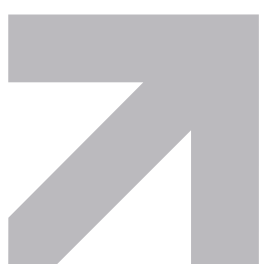
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Arturo Aliaga López', with a stylized flourish at the end.

Excmo. Sr. D. Arturo Aliaga López

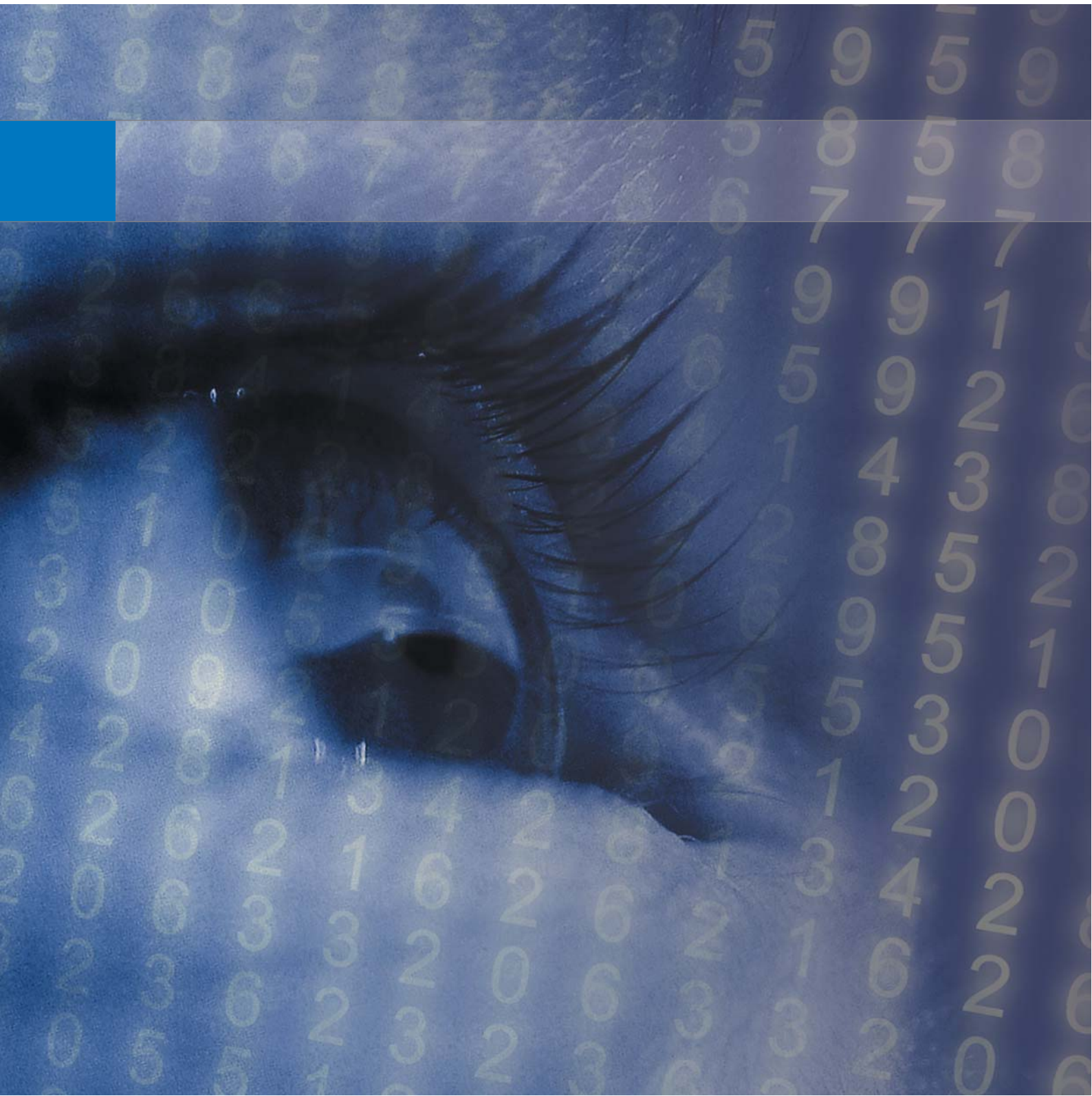
Consejero de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Aragón

Presidente de la Fundación para el Desarrollo del Hidrógeno en Aragón

Plan Director del Hidrógeno en Aragón



introducción



Introducción

Nunca el impulso a las nuevas tecnologías del hidrógeno se ha hecho tan patente como en la actualidad. El incremento de los precios del petróleo, la inestabilidad de ese mercado, la preocupación por el calentamiento global de la tierra, la creciente demanda de energía y los futuros mercados masivos (China, India), han creado una necesidad de replanteamiento del sistema energético global que incluye al hidrógeno como vector flexible y respetuoso con el medio ambiente, y con un mercado amplio y sustitutivo en el sector del transporte principalmente.

La visión de la economía del hidrógeno se basa en la producción de hidrógeno a partir de recursos autóctonos y medioambientalmente aceptables, y también que las tecnologías de uso final del hidrógeno alcancen una cuota significativa de mercado, lo que implica reducir los costes en todos los pasos de la cadena.

El desarrollo de la economía del hidrógeno puede ayudar a estabilizar los precios de la energía y ser un factor de crecimiento económico. Este crecimiento

económico se basa en aspectos como el desarrollo de nuevos negocios para las industrias, el incremento del empleo o la utilización de recursos renovables e internos (autóctonos).

Si estas expectativas se logran, se evolucionará hacia un sistema de mayor seguridad energética y de mayor calidad medioambiental.

Sin embargo, para lograr estos objetivos es necesario superar muchos desafíos científicos, técnicos, sociales y políticos.

Se están llevando a cabo muchas iniciativas y actividades de I+D en el campo del hidrógeno que tienen como objetivos principales:

- Reducir los costes de producción de hidrógeno a partir de energías renovables.
- Mejorar las técnicas de producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles, principalmente introduciendo sistemas de captura y confinamiento de CO₂.
- Desarrollar la infraestructura de suministro de hidrógeno (principalmente para automoción).

- desarrollar e introducir sistemas de pila de combustible y de almacenamiento de hidrógeno fiables, seguros, duraderos, y económica y medioambientalmente aceptables.

El concepto de la economía del hidrógeno se ha convertido en uno de los pilares fundamentales de las políticas energéticas sostenibles de la Unión Europea, así como de Estados Unidos, Canadá o Japón.

Si Europa no quiere perder oportunidades en estos desarrollos se impone la necesidad de invertir no menos de 250 millones de euros anuales, que es lo mínimo para igualar las inversiones de los planes específicos de hidrógeno de Estados Unidos y Japón, con inversiones de 235 y 260 millones de euros respectivamente en 2005.

El hidrógeno se contempla en el programa de energía del VII Programa Marco (2007-2013) que cuenta con un presupuesto de 2.930 millones de euros.

Otro instrumento lanzado para el VII Programa Marco por la Comisión Europea son las JTI, Joint Technology Initiatives, en las que se pretende la creación de macroconsorcios que fomenten la inversión privada e integren a las empresas innovadoras. Se fomenta la realización de grandes proyectos demostrativos, Proyectos Faro y proyectos de desarrollo e innovación industrial donde el 50% del coste sería subvencionadas con fondos públicos (Comisión Europea, Estados Miembros y Regiones).

La Comisión ha propuesto 3 JTIs, en tres áreas consideradas altamente prioritarias: sector aeroespacial, sector farmacéutico y sector del hidrógeno y las pilas de combustible.

Introducción

➤ ÁMBITO INTERNACIONAL

El concepto de la economía del hidrógeno surge en los años 70 en EEUU, en un seminario para analizar la situación energética que se prevé para el año 2000. Precisamente hasta esas fechas se consideraba todavía una perspectiva lejana y quedaba prácticamente a nivel de investigación dentro de las universidades y centros tecnológicos.

Un punto de inflexión importante fue la iniciativa Freedom Car¹ y posteriormente en 2003 la **Hydrogen Fuel Initiative**, impulsada directamente por la Administración Bush, con un presupuesto de 1.200 millones de dólares para la investigación en hidrógeno y pilas de combustible. En este marco se crea también la **Asociación Internacional para la Economía del Hidrógeno- IPHE** donde el Secretario de Energía de EEUU invita a participar a Canadá, Brasil, la Unión Europea, Japón, India y China.

¹ La Iniciativa Freedom Car, creada en 2002, es un consorcio formado entre el Departamento de Energía de los EEUU, -DOE- y el Consejo para la Investigación Automovilística, -Council for automotive research-, formado por Daimler-Chrysler, Ford y General Motors, con el objetivo de desarrollar tecnologías avanzadas para reducir la dependencia del petróleo. Entre las opciones barajadas le dan una gran importancia al hidrógeno como combustible.

La función del IPHE es organizar, evaluar y coordinar los programas multinacionales de I+D+i que hagan avanzar hacia una economía del hidrógeno, con el compromiso de:

"que todos los ciudadanos de los países participantes tengan la opción de comprar un vehículo movido por hidrógeno, económicamente competitivo y puedan abastecerse de combustible cerca de sus casas y lugar de trabajo antes de 2020"

Por su parte, en la Unión Europea se crea en 2003, el Grupo de Alto nivel en Hidrógeno y Pilas de Combustible **HLG (High Level Group)**.

El HLG prepara un informe, "Hydrogen Energy and Fuel Cells. A vision of our future" en el que proponen a la Unión Europea un conjunto de cinco acciones:

- Definición de un marco político europeo.
- Definición de una agenda estratégica de investigación.

- Definición de una estrategia de despliegue.
- Definición de una hoja de ruta europea en hidrógeno y pilas de combustible.
- Creación de una Plataforma Tecnológica Europea dedicada al hidrógeno y las pilas de combustible.

Las propuestas del HLG se debatieron en la conferencia europea "The Hydrogen economy. A bridge to sustainable energy" (Bruselas, 16-17 junio de 2003), que disfrutó de un muy alto nivel de representación política, nunca visto antes para tratar sobre temas de I+D científica y tecnológica.

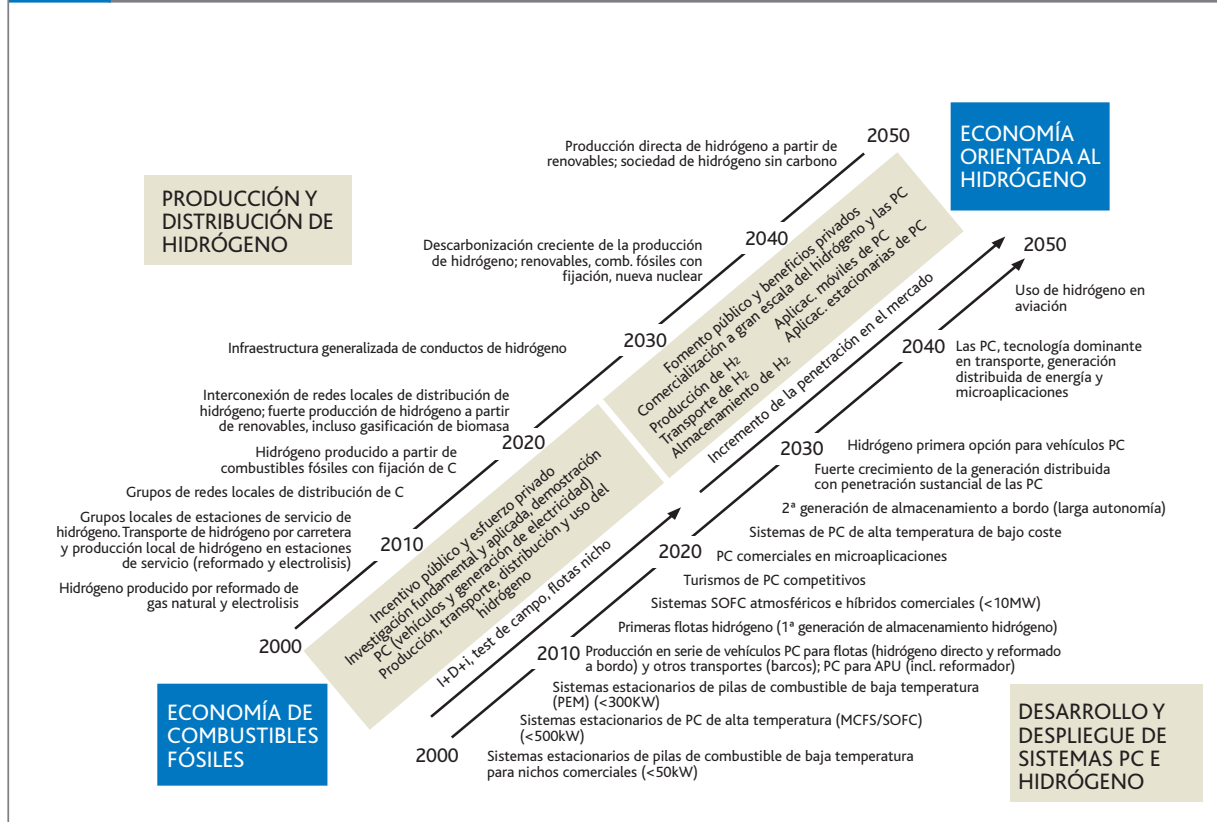
En la conferencia se indicaron las siguientes conclusiones:

- Se considera al hidrógeno como un puente hacia un desarrollo energético sostenible.
- El objetivo último se centra en un sistema energético basado en las energías renovables, con el hidrógeno y la electricidad como principales portadores de energía.
- Se mantienen abiertas todas las opciones tecnológicas (uso de recursos fósiles y nuclear, tecnología de utilización basada en motores de combustión interna o turbinas, etc.).

- La Plataforma Tecnológica debe servir para construir e intensificar un enfoque coherente de la actuación de la Unión Europea en este campo.

Introducción

F.01 HOJA DE RUTA EN HIDRÓGENO Y PILA DE COMBUSTIBLE



Cumpliendo con la directrices del HLG, se crea en enero de 2004 la **Plataforma Tecnológica Europea de Hidrógeno y Pilas de Combustible -HFP-** con el objetivo de preparar y dirigir una estrategia efectiva para llevar el hidrógeno y las pilas de combustible al mercado para beneficiarse de todo su potencial económico y medioambiental.

Forman parte de la Plataforma más de 300 grupos de interés entre los que se encuentran:

- La comunidad investigadora, pública y privada, técnica y socioeconómica.
- La industria (incluidas pymes) con toda la cadena de producción y suministro.
- Autoridades públicas: Europeas, nacionales, regionales y locales.
- La comunidad financiera, bancos, capital riesgo y aseguradoras.
- Usuarios y consumidores, para asegurar mercados y productos.
- La sociedad civil, para aumentar la conciencia social.

Para guiar las actividades se constituye el Consejo Asesor (Advisory Council) con 35 representantes de origen diverso entre los que se encuentra la Comisión Europea, la industria, autoridades públicas, académicas y ONGs del sector. Este consejo asesor cuenta con tres representantes españoles.

Se crearon también dos paneles de dirección denominados Agenda de Investigación Estratégica (Strategic Research Agenda- SRA) y Estrategia de Despliegue (Deployment Strategy-DS) cuyos objetivos son publicar sendos documentos de base para la política tecnológica europea.²

Posteriormente, en mayo de 2006, se constituye el Panel de Implementación (Implementation Panel-IP) bajo la dirección del Consejo Asesor de la Plataforma, que tiene como objetivo definir un plan de acción europeo (Implementation Plan) consecuente con la Agenda de Investigación Estratégica y la Estrategia de Despliegue. Se plantean 4 acciones de innovación y desarrollo con visión al 2015:

² En la página web de la Plataforma Europea del Hidrógeno, <https://www.hfpeurope.org/>, se puede ampliar la información sobre estructura, participantes y principales documentos.

Introducción

- Desarrollo de los vehículos e infraestructura para comenzar la etapa de comercialización, enfatizando la reducción de costes y el desarrollo de componentes del automóvil.
- Producción de un 10-20% de hidrógeno sin emisiones de CO₂, resaltando la electrólisis a baja temperatura.
- Desarrollo de las pilas de combustible hasta alcanzar la capacidad de 1 GW, centrándose en tres tecnologías, PEMFC, MCFC y SOFC³.
- Introducir las pilas de combustible en aplicaciones portátiles y mercados nicho para facilitar la introducción en el mercado.

Para la obtención de estos objetivos es necesario una inversión total, pública y privada, de 6.700 millones de euros para el periodo 2007-2015, lo que supone de acuerdo al producto interior bruto entorno a 17.5 millones de euros en Aragón, 2 millones de euros por año.

Uno de los puntos en los que más se incide en el primer borrador, es en la preparación de los Proyectos Faro, Lighthouse Projects (LHP), grandes proyectos demostrativos conjuntos, que han de iniciarse como parte de las JTI en el VII Programa Marco.

La Plataforma Europea del Hidrógeno y Pilas de Combustible estima que se van a necesitar entorno a 250 millones de euros por año de fondos públicos para lograr los objetivos de investigación y desarrollo (Strategic Research y Deployment Strategy). La contribución de la Unión Europea podría estar entorno a 80-100 millones de euros por año. Junto con el apoyo de otros fondos públicos, se combinará con las inversiones privadas en proyectos lanzados por las JTI.

³ PEMFC: pilas combustible de membrana de intercambio protónico.
MCFC: pilas de combustible de carbonato fundido.
SOFC: pilas de combustible de óxido sólido.

F.02 DATOS TÉCNICOS DEL HIDRÓGENO

Densidad del hidrógeno gas	0,0899 kg/Nm ³	Presión (bar)	Factor compresibilidad
Densidad del hidrógeno líquido	0,0708 kg/L	1	1
Densidad energética del hidrógeno gas	10,8 MJ/Nm ³	100	1,065
Densidad energética del hidrógeno líquido	8,495 MJ/L	200	1,132
Punto de ebullición	20,28 K	300	1,201
Punto de fusión	14,02 K	400	1,272
Poder calorífico Inferior PCI hidrógeno gas	119,972 MJ/kg	500	1,344
Poder calorífico Superior PCS hidrógeno gas	141,890 MJ/kg	600	1,416
Poder calorífico Inferior PCI hidrógeno líquido	8,459 MJ/l	700	1,489
Poder calorífico Superior PCS hidrógeno líquido	10,04 MJ/l	800	1,560
Límites de explosión	4 - 75% de H ₂ en el aire	900	1,632
Límites de detonación	18,3 – 59,0% de H ₂ en el aire	1000	1,702
Temperaturas de combustión espontánea	858 K		
Capacidad calorífica específica	Cp= 14,33 J/(kgK) Cv=10,12J/(kgK)		
Coeficiente de difusión	0,61 cm ² /s		

Incoloro, inodoro e insípido.

No es tóxico, ni contaminante, ni corrosivo, ni cancerígeno, ni radiactivo.

No es explosivo, ni tiene autoignición, ni se descompone.

Es más ligero que el aire y se diluye rápidamente hacia arriba.

Tiene una llama prácticamente invisible.

Introducción

En la actualidad ya se están desarrollando a nivel europeo varios proyectos que recogen la I+D+i en las áreas principales. Se destacan proyectos como HyNet, establecimiento de la hoja de ruta europea, HypoGen, para la coproducción de hidrógeno y electricidad a partir de combustibles fósiles con captura y almacenamiento geológico de CO₂, HyWays para la definición de la autopista del hidrógeno Europea, y los más actuales HyLigths, para el seguimiento de los proyectos demostrativos actuales y valoración de la planificación de la siguientes fases de estos proyectos y Roads2HyCom, valoración y seguimiento de la investigación que se realiza en el campo de la aplicación de energía estacionaria y móvil (European Fuel Cell and Hydrogen Projects 2002-2006, Comisión Europea, 2006).

➤ ÁMBITO NACIONAL

A raíz de la creación de la Plataforma Europea van surgiendo en los países miembros las Plataformas nacionales.

La Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y las Pilas de Combustible (PTE-HPC), se crea en mayo de 2005 con la tarea de definir su propio escenario de referencia y el correspondiente conjunto de actividades estratégicas de I+D, encajándolas, en la medida de lo posible, en el escenario europeo. El principal objetivo de la PTE-HPC es facilitar y acelerar el desarrollo y la utilización en España de sistemas basados en pilas de combustible e hidrógeno, en sus diferentes tecnologías, para su aplicación en el transporte, el sector estacionario y el portátil.

Por otra parte, el **Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI)**, publicó, en mayo de 2006, el Estudio de Prospectiva en Hidrógeno y Pilas de Combustible. Los objetivos del estudio son identificar cuáles son las tecnologías críticas en el horizonte del 2030 relacionadas con la producción y almacenamiento

del hidrógeno, su uso final para producir energía y los distintos tipos de pilas de combustible y sus aplicaciones.

Se trata de proporcionar una visión de la situación actual que permita conocer cuál es la posición nacional respecto al desarrollo de estas tecnologías y establecer cuáles son los posibles caminos para conseguir su despliegue.

Otros referentes nacionales son la Asociación Española del Hidrógeno -AEH2- y la Asociación de Pilas de Combustible -APPICE- .

El **Gobierno de Aragón**, consciente del gran cambio energético que se avecina y de las fortalezas y oportunidades de la región, se impone como objetivos apoyar el desarrollo de las nuevas tecnologías relacionadas con el hidrógeno y las energías renovables. De esta forma, promociona la incorporación de Aragón a las actividades económicas relacionadas con la utilización del hidrógeno como vector energético y propicia la investigación, el desarrollo tecnológico, cogeneración y adaptación industrial, contribuyendo a la modernización industrial y a la mejora de la competitividad.

Las razones principales que han llevado a hacer esta apuesta son:

- Aprovechar el **potencial de energía renovable** que tiene la región para la producción de hidrógeno, fomentando también la creación o ampliación de los parques eólicos.
- Aprovechar la **situación estratégica** de la Región para disponer desde aquí de una buena plataforma para la distribución y el transporte de hidrógeno en toda la zona noreste de la península.
- Un **tejido industrial consolidado** con algunos sectores que pueden aplicar y desarrollar nuevos productos y servicios. Permitirá diversificar la producción, crear riqueza y consolidar puestos de trabajo, todo ello en diferentes sectores: automoción, químico, plásticos, metal, energético y de la innovación.
- Existencia **de mano de obra especializada** y también de un alto nivel de implicación en los grupos de investigación.

Introducción

La iniciativa de desarrollo de las tecnologías del hidrógeno en Aragón, queda recogida con posterioridad como una línea estratégica clave tanto en el **II Plan Autonómico de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Conocimientos de Aragón 2005-2008**, como en el **Plan Energético de Aragón 2005-2012**.

En ambos Planes, las nuevas tecnologías del hidrógeno constituyen una línea prioritaria que se despliega en diferentes sublíneas de actuación, generación, transporte almacenamiento y distribución, desarrollo de la pila de combustible y de la industria auxiliar relacionada con las tecnologías del hidrógeno.

También se establece el impulso y la potenciación de la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.

El Gobierno de Aragón, ya había dado los primeros pasos, convocando el primer seminario sobre nuevas tecnologías del hidrógeno en abril de 2003, y promoviendo en diciembre de ese mismo año la creación, junto con otras empresas e instituciones regionales, la **Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno**

en Aragón, para liderar y asumir los retos que este cambio tecnológico va a suponer.

La Fundación del Hidrógeno en Aragón, está formada, hasta la fecha, por cuarenta y dos empresas e instituciones de los sectores de la automoción, químico, energético, financiero, educación, ingeniería, inmobiliaria, centros de investigación y desarrollo, y la administración. La composición de su Patronato cubre todos los sectores de interés de la nueva economía del hidrógeno y todos los actores necesarios para desarrollar productos y servicios, desde la investigación básica hasta la financiación.

La Fundación del Hidrógeno en Aragón abanderará ya proyectos en el campo de generación de hidrógeno a partir de energías renovables, eólica y solar fotovoltaica, (ITHER), de promoción de estas tecnologías en el tejido empresarial aragonés, mayoritariamente pymes (EDHA), de formación (H2-TRAINING), de vigilancia tecnológica (VITHa) y de transferencia de tecnología (Hy-TETRA).

También está presente en los foros más importantes, forma parte de la Plataforma Europea del Hidrógeno y de la Plataforma Española del Hidrógeno y Pilas de Combustible.

F.03

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



Introducción

OBJETIVOS GENERALES DEL PLAN

Disponer de una herramienta para la **identificación de las oportunidades** de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno detectadas en Aragón, que permita tomar las decisiones a nivel institucional, empresarial y académico.

Identificar las **líneas estratégicas** para la región y establecer unos planes de actuación, y horizonte temporal, para el despliegue de estas líneas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PLAN

Revisar el estado de la tecnología: estudio del estado del arte incluyendo identificación de tecnologías clave y competencia, su estado de desarrollo actual, principales empresas y centros de investigación, extensión del mercado existente y tendencias del mercado actual.

Definir las posibilidades, expectativas y mejores alternativas en el futuro para Aragón. Identificar líneas estratégicas y proyectos generales y específicos para las empresas aragonesas, principalmente las Pequeñas y Medianas Empresas, que son la base del empleo en Aragón.

Identificar aspectos transversales o de soporte general: formación, sensibilización, financiación, políticas, que es necesario gestionar para asegurar el éxito del despliegue de líneas estratégicas.

Identificar socios y apoyos estratégicos para el desarrollo en la Comunidad Autónoma.

Hacer una proyección a horizontes temporales más largos 2020-2050, definiendo la continuidad de las líneas estratégicas trazadas y poniendo las bases para los pasos a dar en esos horizontes.

NECESIDAD DE ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE ACTUACIÓN

Las múltiples formas de producción y aplicaciones del hidrógeno como vector energético hacen que se pongan en juego diferentes tecnologías con distintos niveles de implantación técnica y económica y, por tanto, con distintos requisitos de inversiones, necesidades de I+D+i y otros factores.

Este hecho hace difícil, y a la vez muy necesario, el **establecimiento de prioridades** y enfoques de los diferentes programas regionales, nacionales e internacionales al respecto, con el objetivo de focalizar los esfuerzos en aquellos desarrollos que sean realmente prioritarios en cada caso. Además, dado el esfuerzo y duración que requiere la transición a la economía del hidrógeno, es fundamental evitar duplicidades y **favorecer sinergias**.

Estas razones justifican la elaboración del presente Plan Director del Hidrógeno en Aragón, cuya vigencia se plantea para el periodo 2007-2010.

Posteriormente y con las revisiones pertinentes al finalizar este periodo puede servir de guía hasta 2015.

La metodología de trabajo utilizada para la elaboración del Plan se ha basado en un análisis externo del estado de las tecnologías del hidrógeno y de tendencias y políticas para su despliegue, así como en un análisis interno de la situación de Aragón en referencia a estas tecnologías y tendencias.

Para el **análisis externo** se han revisado diferentes documentos y proyectos de manera que aporten una visión global del estado del arte en hidrógeno y pilas de combustible. El análisis se ha completado con entrevistas personales con expertos, así como con la asistencia a foros, congresos y reuniones.

La metodología de trabajo para el **análisis interno** de Aragón ha consistido en detectar cuáles son las principales fortalezas y debilidades de la región y establecer unas líneas estratégicas de actuación según la visión de diferentes expertos. Para ello se convocaron una serie de grupos de trabajo con **expertos** en cada una de las temáticas tratadas.

Introducción

Asimismo, para el análisis interno, se ha realizado una **encuesta a 100 empresas aragonesas** potencialmente vinculadas al sector de las nuevas tecnologías del hidrógeno, de distintos sectores de actividad, tamaño y ubicación geográfica. Se han seleccionado **pequeñas y medianas empresas** puesto que estas suponen el 90 % del tejido empresarial aragonés, están claramente arraigadas al territorio y pueden dinamizar y consolidar la economía del hidrógeno.

El objetivo de estas encuestas ha sido hacer una caracterización cualitativa de los intereses y potencialidades de las pymes en las actividades incluidas en la cadena de valor de las nuevas tecnologías del hidrógeno, así como de su capacidad de respuesta y éxito ante este reto.

La información va a ser presentada conforme a las seis áreas diferenciadas que cubren toda la cadena del hidrógeno:

- 01. Generación con energías renovables.
- 02. Generación con otras energías.
- 03. Almacenamiento, logística y distribución.
- 04. Pilas de Combustible.

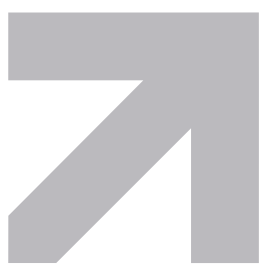
05. Aplicaciones en automoción.

06. Impacto socioeconómico: sensibilización, formación, normativa y seguridad, financiación, transferencia de tecnología.

Dentro de cada una de estas áreas, que constituyen los subcapítulos, la información se encuentra estructurada según el siguiente esquema:

- Introducción.
- DAFO.
- Conclusiones.
- Líneas estratégicas del sector.

El trabajo se realizó en el marco del proyecto EDHa, Estrategia y Desarrollo de Oportunidades del Hidrógeno en Aragón, dentro del Plan de Consolidación y Competitividad de la PYME (PCCP/2005/267) y ha sido perfeccionado y publicado en el marco del proyecto VITHa, Vigilancia Tecnológica en nuevas tecnologías del hidrógeno para las PYMES aragonesas (PC-CP/2006/42).



generación
con energías
renovables

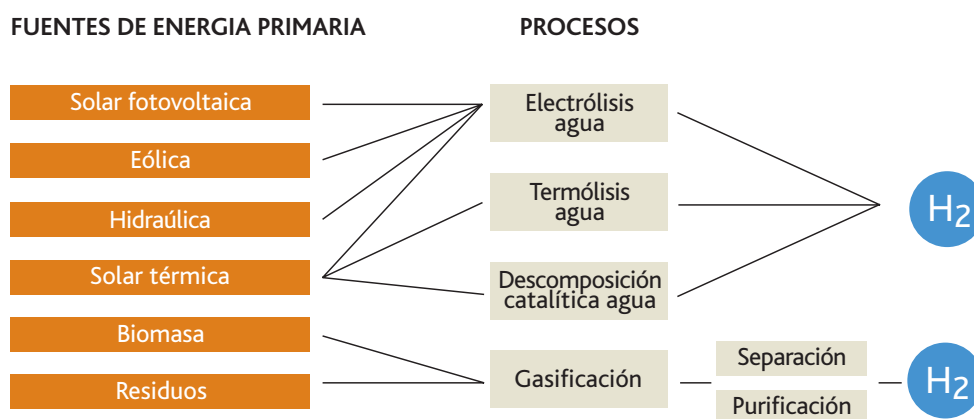
01



Generación con energías renovables

Como vector energético, el hidrógeno se puede obtener a partir de una gran variedad de energías primarias. En la actualidad, aproximadamente el 95% del hidrógeno producido se hace a partir de energías fósiles, concretamente a partir de reformado de gas natural, pero la

posibilidad de obtenerlo a partir de fuentes de energías renovables hace la cadena del hidrógeno más sostenible, además de traer implícito un aumento de la seguridad energética.

F.04**FUENTES Y PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO CON ENERGÍAS RENOVABLES**

Uno de los objetivos fundamentales de la economía del hidrógeno es su obtención a partir de energías renovables, que son recursos autóctonos y ambientalmente aceptables.

Básicamente el proceso más desarrollado para la obtención de hidrógeno a partir de renovables es la electrólisis.

La electrólisis es un proceso electroquímico mediante el cual se genera hidrógeno y oxígeno a partir de la disociación del agua y energía eléctrica en corriente continua, transformándose la energía eléctrica en energía química.



El equipo que lleva a cabo este proceso se denomina electrolizador. Pueden ser de tres tipos:

- Electrolizadores alcalinos: es la tecnología más desarrollada y extendida.



Instalación fotovoltaica. Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.

- Electrolizadores PEM, de membrana de intercambio protónico: son los que mayor desarrollo han tenido en los últimos años.
- Electrolizador de óxidos sólidos: es una tecnología en desarrollo.

La generación distribuida, crítica en áreas aisladas y zonas ambientalmente sensibles, es clave donde la accesibilidad para las redes de distribución convencionales supone un elevado coste económico y ambiental.

Generación con energías renovables

Se detecta como una posible aplicación la producción de hidrógeno en parques eólicos centralizados, en los que se utilizase la potencia excedente que no pudiera volcarse a la red eléctrica. Otro factor de extrema importancia es garantizar la potencia que las instalaciones generadoras pueden suministrar y mejorar la estabilidad de la red eléctrica.

Todas estas opciones nos permiten la producción de hidrógeno renovable a distintas escalas, tanto en grandes como pequeñas plantas de producción dependiendo del destino de uso.

Tiene especial interés en Aragón la producción de hidrógeno a partir de cultivos energéticos, una alternativa importante a la agricultura tradicional para la continuidad de esta actividad en nuestra Comunidad tras las reformas de la Política Agraria Común, en especial teniendo en cuenta la gran cantidad de terreno disponible en la región.

En la actualidad hay varios proyectos en marcha de producción de hidrógeno a partir de energías renovables en el mundo, entre los que destacan los siguientes:

1. Proyecto de Utsira (Noruega) , consiste en una instalación aislada, compuesta por dos aerogeneradores de 660 kW cada uno, en la que el hidrógeno se utiliza como un sistema de almacenamiento intermedio de energía, para abastecer a 10 viviendas localizadas en la isla.
2. Proyecto RES2H2, localizado en Attica, Grecia, y consta de un aerogenerador de 500 kW, y su objetivo es la producción de hidrógeno para almacenamiento a 200 bar.
3. Proyecto IOTHER, localizado en Huesca, España, compuesto por 3 aerogeneradores con una potencia total de 635 kW , y 100 kW fotovoltaicos, y cuyo fin es servir de banco de ensayos a escala real de producción de hidrógeno con renovables.
4. Proyecto HYDROSOL-II, localizado en Grecia, consiste en el desarrollo y construcción de una planta piloto (100KW) para la producción de hidrógeno a partir de solar a través de la disociación del agua en un proceso termoquímico.
5. CHRISGAS: localizado en Suecia, consiste en la producción de un gas rico en hidrógeno a partir de biomasa en una planta piloto de 18 MW térmicos.

Respecto al horizonte temporal, hasta 2020 se prevé que el hidrógeno será producido masivamente a partir de fuentes de energía convencionales, aunque ya se irá introduciendo de manera significativa la producción a partir de renovables. El objetivo es llegar al 30% de hidrógeno producido mediante energía procedente de fuentes renovables a largo plazo (Estrategia de Despliegue, Plataforma Europea).

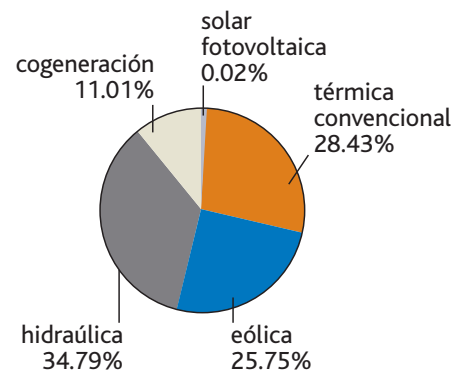
La producción de hidrógeno a partir de energías renovables, eólica y solar, es prioritaria en Aragón, como indican los datos recogidos en el Plan Energético de Aragón 2005-2012. Constituyen una de las bases para el lanzamiento de la economía del hidrógeno a nivel regional. En la gráfica siguiente se muestra la potencia eléctrica instalada en la comunidad y destaca que más del 25% corresponde a los parques eólicos existentes.

En el 2050 el objetivo es de un 30% de hidrógeno producido mediante energía procedente de fuentes renovables.

F.05

POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA POR TECNOLOGÍAS EN ARAGÓN

AÑO 2004

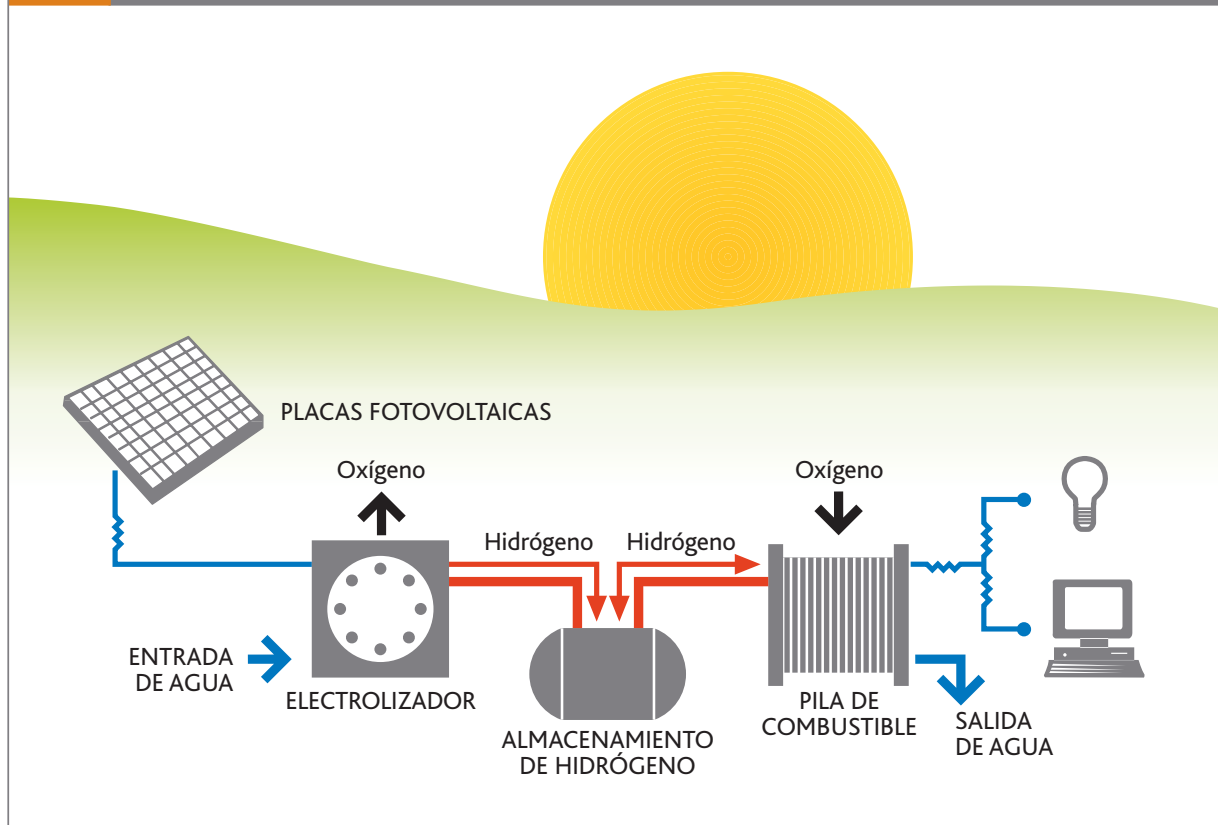


Referencia: Plan Energético de Aragón 2005-2012. IDAE

Generación con energías renovables

F.06

PROCESO DE OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA



FORTALEZAS

- Abundantes recursos: sol, viento, agua y territorio.
- Región excedentaria en producción eléctrica y pionera en eólica.
- Grupos de investigación punteros.

OPORTUNIDADES

- Existencia de proyectos demostrativos para la obtención de hidrógeno, de ámbito internacional.
- Cambio en la Política Agraria Común (PAC) favoreciendo los cultivos energéticos.

- Desarrollo incipiente de la energía solar, a nivel estatal y en la región.
- Complejidad en la tramitación de proyectos de energías renovables.
- Diversificación agraria muy incipiente hacia los cultivos energéticos.
- Falta de tecnólogos en determinados aspectos clave (electrolizadores).

- Alta competencia aparente por los varios proyectos en curso a nivel estatal.
- Hidrógeno renovable no cubierto en el Régimen Especial.
- Ausencia de Marco legal.

DEBILIDADES

AMENAZAS

Generación con energías renovables

1. Aragón tiene una gran potencia instalada de energías renovables, principalmente **energía eólica**. La **producción de hidrógeno** es una solución para **gestionarla de la forma adecuada**.

2. Además Aragón dispone de un **gran potencial de recursos renovables** que todavía no se están explotando pudiendo aplicarse a la producción de hidrógeno.

3. Aunque en la actualidad no hay en Aragón ninguna empresa involucrada en el desarrollo de **electrolizadores, las empresas aragonesas tienen la oportunidad de desarrollar componentes del sistema**. Los sectores industriales involucrados en ello son de gran relevancia en Aragón: maquinaria, equipo mecánico, eléctrico, electrónica y de automatización.

4. Las características del territorio aragonés y la distribución de la población favorece el desarrollo de **sistemas de generación distribuida y auto-generación** en zonas remotas, ambos idóneos como aplicación del hidrógeno. Esto constituye una oportunidad de diversificación de la economía de zonas rurales.

5. Se ha detectado **interés empresarial por desarrollar proyectos demostrativos** y de producción de hidrógeno a partir de energía eólica, solar fotovoltaica y también mediante gasificación de residuos agrícola y ganaderos.

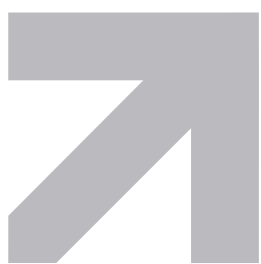
6. Es necesaria la **investigación** en tecnologías de generación y mejora de determinados procesos, como la gasificación de biomasa, para su aplicación eficiente a nivel industrial.



Aragón dispone de un gran potencial de recursos renovables que todavía no se están explotando pudiendo aplicarse a la producción de hidrógeno.

Generación con energías renovables

ACCIONES INDUSTRIALES	HORIZONTE TEMPORAL
Realización de un proyecto piloto de generación de hidrógeno a partir de eólica y solar. Puesta en marcha ya por la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón en sus instalaciones de Walqa. _____	EN REALIZACIÓN
Involucrar a la iniciativa privada, empresas promotoras y explotadoras de parques eólicos, y definir proyectos demostrativos como paso previo a la extensión a nivel comercial. _____	MEDIO PLAZO
ACCIONES DE INVESTIGACIÓN	
Mejora de los procesos de producción de hidrógeno por termólisis del agua utilizando tecnologías de hornos solares. _____	MEDIO PLAZO
Mejora de procesos de descomposición catalítica de hidrocarburos utilizando tecnologías de hornos solares. _____	MEDIO PLAZO
Desarrollo de tecnología propia de gasificación de biomasa para la producción de hidrógeno. _____	MEDIO PLAZO
ACCIONES DE SOPORTE	
Estudio en profundidad del potencial de producción de hidrógeno, a partir de los parques eólicos actuales y previsión con los futuros. _____	CORTO PLAZO
Acciones para la propuesta de un régimen especial para la producción de hidrógeno mediante energías renovables. _____	MEDIO PLAZO
Estudio de recursos disponibles en la región, biomasa residual, cultivos energéticos y residuos gasificables. _____	CORTO PLAZO



generación
con otras
energías



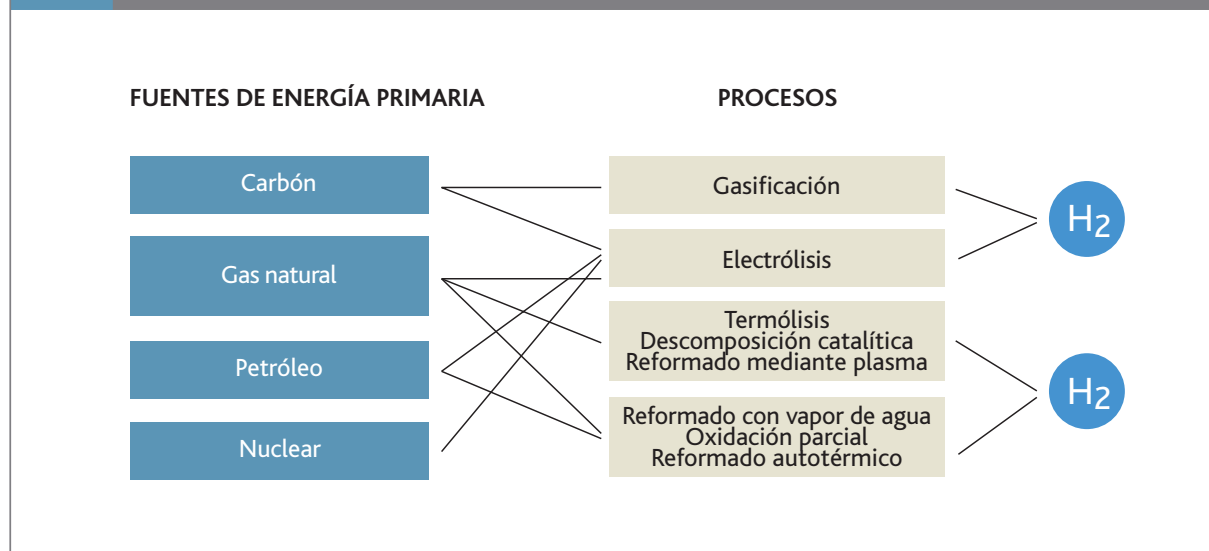
Generación con otras energías

Actualmente la producción de hidrógeno se estima en 0,55 billones de metros cúbicos normales al año, de los cuales el 95% del hidrógeno se produce a partir de combustibles fósiles, principalmente de gas natural, seguido del petróleo y carbón, para su utilización en la propia planta para desulfuración y craqueo.

Una pequeña parte del hidrógeno industrial se obtiene como residuo de la electrólisis en plantas químicas de cloro-sosa. En ellas, una disolución de sosa y potasa se electróliza para obtener principalmente el cloro, pero invariablemente se obtiene también una gran cantidad de hidrógeno. Este hidrógeno se suele emplear

F.07

FUENTES Y PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO CON E. CONVENCIONALES

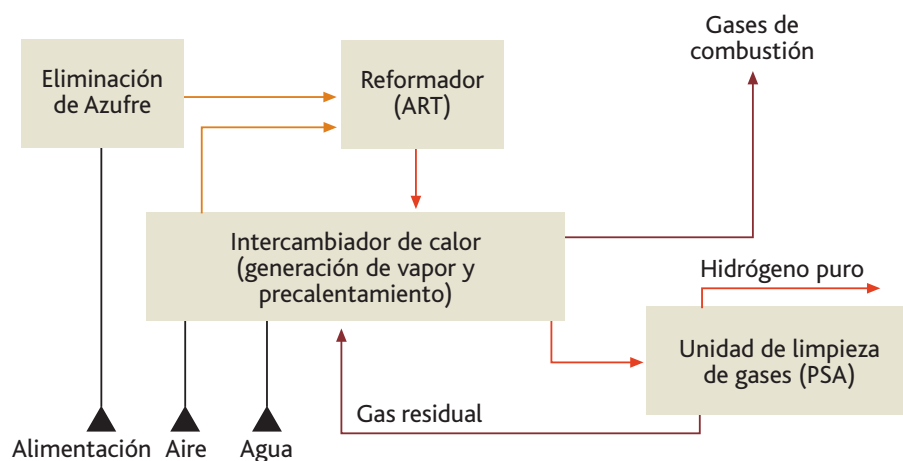


como reactivo en la síntesis de amoníaco, ácido clorhídrico y otros compuestos.

Los métodos de producción están representados en la figura 07. Los procesos más generalizados usando gas natural e hidrocarburos como fuentes de energía son el reformado con vapor de agua, la oxidación parcial

y el reformado autotérmico. En el caso de combustibles sólidos como el carbón, el proceso más adecuado es la gasificación. Todos ellos tienen el mismo principio: se alimenta el hidrocarburo con vapor de agua y aire en diferentes proporciones según el proceso, trabajando a altas temperaturas, en el rango de 700 a 1000°C. (Fig. 08)

F.08 REFORMADOR CON VAPOR DE AGUA



Generación con otras energías

En la actualidad el proceso que se está empleando y es más económico es el reformado de gas natural con vapor de agua. También se está trabajando en otros procesos como el reformado mediante plasma alcanzando 1.600°C , o la descomposición catalítica y la termólisis.

Respecto al método de obtención de hidrógeno mediante electrólisis, se basa en el mismo principio que se ha explicado, la disociación del agua en hidrógeno y oxígeno a través de la aportación de una corriente continua de electricidad, pero en este caso la fuente energética viene de los combustibles fósiles, incluido la energía nuclear.

La economía del hidrógeno se basa en la obtención de un sistema sin emisiones y la disminución de la dependencia energética. Sin embargo, tiene que haber una evolución, por lo que es necesario un respaldo de los combustibles fósiles a corto plazo para llegar a los objetivos marcados a largo plazo.

A medio y corto plazo, la producción masiva de hidrógeno se seguirá realizando a partir de combustibles

A medio y corto plazo, la producción masiva de hidrógeno se seguirá realizando a partir de combustibles fósiles.

fósiles, destacando las centrales de reformado de gas natural y a partir de electrólisis con la electricidad obtenida de las centrales térmicas de combustibles fósiles. La electrólisis a partir de energía nuclear es una posible vía para mantener una carga continua de los



reactores variando la cantidad de electricidad vertida a red según la demanda requerida.

La gasificación del carbón, Integrada en Ciclo Combinado (GICC), se perfila como una vía eficiente en la obtención de hidrógeno.

En este marco general, el hidrógeno para uso energético se producirá de manera centralizada en la industria convencional, para ir alcanzando una mayor cuota el hidrógeno producido a partir de energías renovables. En cualquier caso, se estima necesario el apoyo de las fuentes convencionales conforme crezca la demanda de hidrógeno energético. Respecto al sistema de producción, se combinan pequeñas plantas de producción distribuidas apoyadas por grandes plantas centralizadas:

- Producción in situ del hidrógeno con diferentes tecnologías especialmente a través de procesos de reformado con gas natural y electrólisis con energías renovables optimizando los costes de logística.
- Producción centralizada a gran escala, basada en el reformado de gas natural u otros combustibles con-

vencionales. Estos procesos deben contar con captura y almacenamiento de CO₂.

El desarrollo y éxito de estos procesos necesita de tecnologías limpias, con captura y almacenamiento de CO₂. Estos son los objetivos de proyectos lanzados a nivel europeo, como es el HYPOGEN, o en Estados Unidos el proyecto FUTUREGEN.

Aragón es una región donde el sector de la minería es importante. El carbón extraído se destina mayoritariamente a centrales térmicas y en total hay unas 1.250 personas empleadas en el sector del carbón en Aragón. En los últimos años se ha producido un descenso notable del número de empleados pero ha aumentado el rendimiento, manteniéndose de este modo la producción con pocas variaciones. Existen 16 explotaciones, con una producción total aproximada de 3,2 millones de toneladas en 1999.

Según los últimos estudios analizados, las reservas de carbón en Aragón sobrepasan los 850 millones de toneladas. Esto constituye una reserva estratégica de recursos dentro del territorio nacional.

Generación con otras energías

FORTALEZAS

- Región exportadora de electricidad.
- Reserva estratégica de carbón.
- Formaciones salinas para el almacenamiento de CO₂.
- Red de gas natural extendida necesaria para la producción de hidrógeno a partir de este combustible.
- Grupos de investigación punteros en uso limpio del carbón y en producción de electricidad.

OPORTUNIDADES

- Ubicación de instalaciones de demostración.
- Desarrollo de nuevas tecnologías para la reducción de emisiones.
- Los procesos de producción de hidrógeno a través de la gasificación de carbón se están desarrollando a nivel industrial.

- No hay desarrollos industriales en procesos de gasificación en Aragón.
- Rentabilidad incierta de instalaciones dedicadas a producción de hidrógeno.
- Baja calidad del carbón en Aragón.
- Ausencia de tecnólogos y fabricantes de bienes de equipo para gasificación o reformado.
- Instalaciones complejas: limpieza y separación de gases, captura y secuestro de CO₂.

- La producción de hidrógeno puede entrar en competencia con la producción de electricidad a partir de combustibles fósiles.
- Penalización de las emisiones de CO₂.
- El gas obtenido en el proceso de gasificación puede utilizarse directamente.

DEBILIDADES

AMENAZAS

1. El **carbón** está considerado como una "**reserva estratégica**" de recursos de Aragón. Por otra parte, el carbón de la región tiene un elevado contenido en azufre, lo que dificulta su utilización como combustible convencional por la elevada contaminación que genera. Existe una gran oportunidad para obtener hidrógeno a partir del carbón autóctono, aprovechando las centrales térmicas existentes en el territorio.
2. Hay grupos de **investigación** aragoneses que están desarrollado **metodologías de obtención de hidrógeno a partir de combustibles convencionales con captura de CO₂**. Esto puede ser un primer paso para acercar la empresa al desarrollo de tecnologías limpias propias.
3. La generación de hidrógeno por reformado de gas natural es la tecnología más desarrollada y utilizada actualmente. En Aragón se dispone de una **buena infraestructura de abastecimiento y distribución de gas natural**, este hecho puede facilitar su aplicación casi inmediata en las actividades y zonas en que resulte viable económicamente.
4. Las líneas de mejora de **procesos de gasificación**, así como de otros procesos como el reformado o la descomposición catalítica, tienen gran interés a nivel investigación por la existencia en la región de **grupos líderes en este ámbito**.

Generación con otras energías

ACCIONES INDUSTRIALES	HORIZONTE TEMPORAL
Instalación de una planta de producción de hidrógeno a partir del carbón regional. Desarrollo de tecnologías propias en procesos de gasificación, separación y purificación de hidrógeno que puedan probarse en esa planta. _____	LARGO PLAZO
Desarrollo de tecnologías de co-gasificación de carbón y biomasa. _____	LARGO PLAZO
ACCIONES DE INVESTIGACIÓN	
Desarrollo de tecnología propia en los procesos de gasificación de carbón, separación y purificación de hidrógeno (reactores de intercambio con membranas, reactores de intercambio con captura interna de CO ₂ vía carbonatación de CaO). _____	MEDIO PLAZO
ACCIONES DE SOPORTE	
Estudio de posibilidades de almacenamiento de CO ₂ en el territorio de Aragón, algunos acuíferos salinos de la cuenca del Ebro podrían usarse al efecto. _____	CORTO PLAZO



almacenamiento,
logística y
distribución



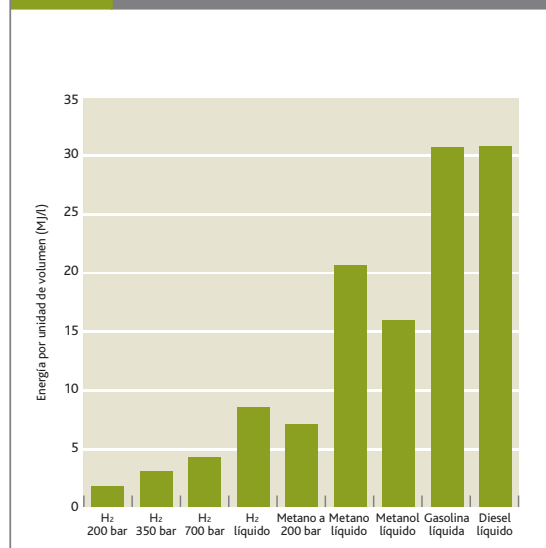
Almacenamiento, logística y distribución

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta el hidrógeno es que a pesar de que posee un alto poder calorífico por unidad de peso, incluso mayor que la gasolina, debido a su baja densidad, su poder calorífico por unidad de volumen es muy bajo.

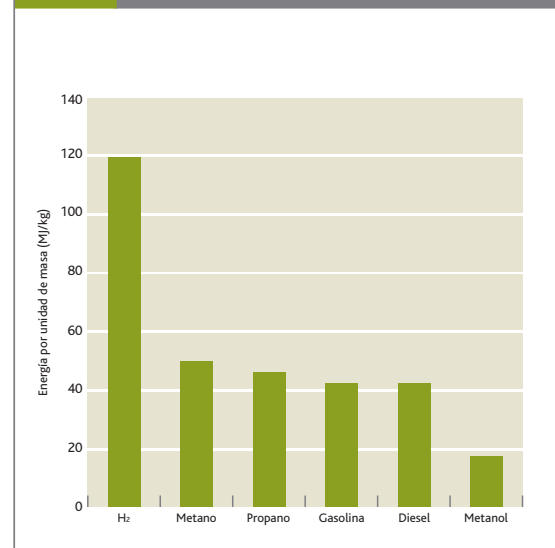
EQUIVALENCIA ENERGÉTICA DE LOS COMBUSTIBLES:

Hidrógeno / 1 kg	Gasolina / 2,78 kg
Metano / 2,40 kg	Diesel / 2,80 kg
Propano / 2,59 kg	Metanol / 6,09 kg

F.09 ENERGÍA POR UD. DE VOLUMEN DE DISTINTOS COMBUSTIBLES



F.10 ENERGÍA POR UNIDAD DE MASA DE DISTINTOS COMBUSTIBLES



Debido a ello es necesario encontrar soluciones para aumentar su densidad energética de forma segura y económica que permitan ofrecer unos costes de distribución asumibles y unas autonomías para el transporte equiparables a las actuales.

Las formas de almacenar el hidrógeno son como gas comprimido, líquido o como sólido mediante adsorción o absorción del mismo en diferentes compuestos. Los equipos usados suponen la mayor parte del peso del sistema de almacenamiento, ya que como podemos

F.11 FORMAS DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO

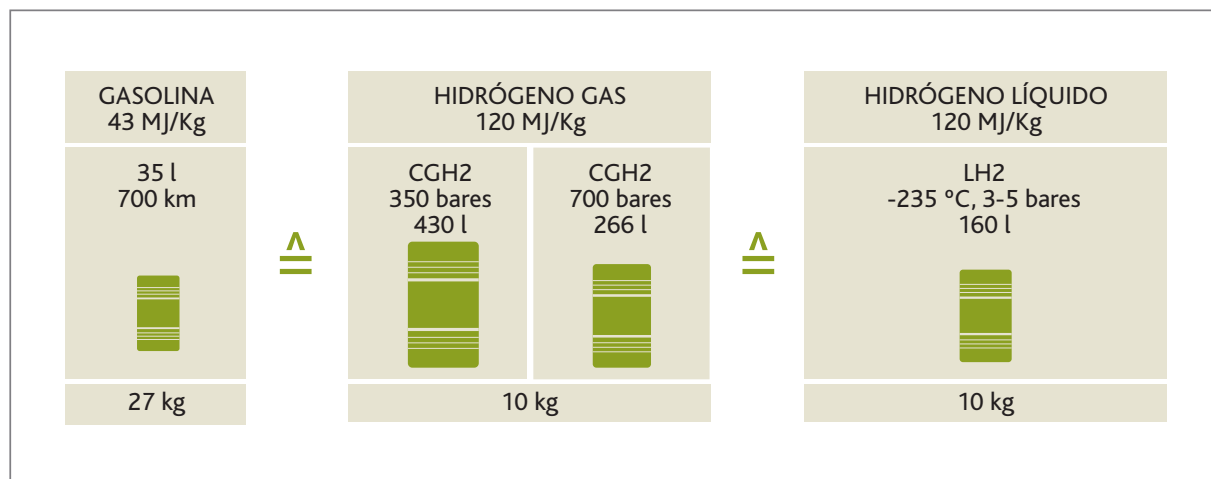
ALMACENAMIENTO	TECNOLOGÍA	GRADO DE DESARROLLO	VOLUMEN 1 KG DE H ₂ (LITROS)
GAS	Comprimido a 200 bares	Estándar	90
	Comprimido a 350 bares	Desarrollada y en uso	48
	Comprimido a 750 bares	En desarrollo	32
LÍQUIDO	Criogénico a -253°C	Estándar, en mejora	30
SÓLIDO	Hidruros Metálicos	Investigación y mejora	18.33
	Materiales nanoestructurados	Investigación	-

Almacenamiento, logística y distribución

observar en la tabla, en el caso del hidrógeno gas comprimido a 350 bar, el 3,7% en peso del sistema corresponde al hidrógeno.

Los objetivos marcados por el DOE (Departamento de Energía de Estados Unidos) para el 2010 es tener un 6% en masa de hidrógeno en los sistemas de almacenamiento, para conseguir almacenar 4 kg de hidrógeno (supone una autonomía de unos 400 km en un vehículo) en un volumen de 89l y 67 kg como peso total del sistema.

Para el 2015 el objetivo es obtener un 9% en masa de hidrógeno en el sistema de almacenamiento.



En el sector de la automoción, el almacenamiento del hidrógeno es como gas principalmente, aunque también se usa el hidrógeno líquido debido a su mayor densidad energética. El hidrógeno gas se usa a una presión de 350 bar, sin embargo están comenzando a aparecer los primeros vehículos movidos a 700 bar consiguiendo unas altas autonomías.

La disminución del coste asociado al almacenamiento es clave en la introducción del hidrógeno en el mercado.

Para ello es necesario el desarrollo de los materiales adecuados a las condiciones de trabajo, siendo especialmente importante el desarrollo de depósitos a 700 bar con materiales compuestos que poseen mayor resistencia y menor peso a la vez de ser más seguros. El proyecto europeo STORHY enfocado al almacenamiento en automoción, desarrolla todos los sistemas, hidrógeno gas, líquido y sólido.

En la actualidad la producción, logística y distribución la llevan a cabo las grandes empresas de gases industriales. La distribución se hace mediante hidrógeno

comprimido a 200 bar en botellas de acero, siendo el objetivo a corto plazo aumentar la presión del gas de forma segura para disminuir el espacio y disminuir el peso de las botellas mediante materiales compuestos.

La distribución a través de semirremolques con botellas a 200 bar, con una capacidad en torno a 300 kg de hidrógeno, es la más adecuada para unas demandas bajas como las que se están dando y se van a dar a corto plazo. Cuando haya un aumento de la demanda, a medio plazo, este sistema de distribución no será suficiente y será necesario realizar la distribución a través de cisternas de hidrógeno líquido, con una capacidad de 3.000 kg de hidrógeno. A largo plazo, con una introducción total en el mercado, la forma de distribución más viable técnica y económicamente será a través de tuberías, mediante una red canalizada de hidrógeno.

La creación de una infraestructura de distribución también es necesaria. La Plataforma Europea de Hidrógeno señala que en el 2020 serán necesarias entre 5.000 y 10.000 estaciones de suministro de hidrógeno en las ciudades europeas.

Almacenamiento, logística y distribución

De acuerdo a esta estimación, en Aragón serán necesarias entre 10 y 20 estaciones de suministro de hidrógeno en una primera aproximación, aunque la situación logística de nuestra región exija un mayor despliegue incluso en fechas más cercanas.

La ubicación **geo-estratégica de Aragón es favorable** siendo punto medio entre Madrid y Barcelona y situándose en el centro de conexiones con Bilbao, Valencia y Francia, colocando a Aragón como centro de una red de estaciones de suministro de hidrógeno y como centro estratégico de producción de hidrógeno. Además existe una red de gas natural bien extendida por toda la geografía regional.

Con los objetivos de mejorar la logística del hidrógeno, se han lanzado en Europa proyectos como el NATURHY para investigar sobre la distribución de hidrógeno a través de las tuberías de gas natural.

También se han instalado estaciones de suministro de hidrógeno en el marco de proyectos europeos, como el proyecto CUTE. Es un proyecto demostrativo especialmente ambicioso, que ha puesto en servicio, en

condiciones reales, una flota de 27 prototipos de autobuses de hidrógeno, limpios y silenciosos, en las redes de transporte público de nueve ciudades europeas. (Amsterdam, Barcelona, Hamburgo, Londres, Luxemburgo, Madrid, Oporto, Estocolmo y Stuttgart) junto con una estación de suministro de hidrógeno. Con el fin de darle continuidad a este proyecto se ha lanzado el HyFleet - CUTE con autobuses de combustión interna.

Complementario es el proyecto HYCHAIN que tiene como objetivo probar en condiciones reales 158 vehículos alimentados por pilas de combustible que utilizan hidrógeno: ciclomotores, triciclos, sillas de ruedas, pequeños vehículos utilitarios y minibuses.

FORTALEZAS

- Desarrollo industrial en almacenamiento de gas a presión, inclusive hidrógeno.
- Ubicación geo-estratégica de Aragón favorable para la distribución y logística del hidrógeno.
- Extensa red de gas natural.

OPORTUNIDADES

- Desarrollos en depósitos y componentes auxiliares abordables por empresas aragonesas.
- Desarrollo del modelo de logística del hidrógeno distribuida.
- Buena ubicación para centralizar la logística del hidrógeno líquido a nivel nacional.
- Tecnología externa está alcanzando ya el estado precomercial en hidrógeno gas (700 bar), líquido y sólido.

- Industria regional en almacenamiento de gases no opera a nivel global.
- No existe infraestructura ni experiencia en hidrógeno líquido.
- Investigación incipiente en almacenamiento sólido.

- Ausencia de marco normativo y reglamentario.
- Proyectos europeos en almacenamiento no tienen presencia de actores regionales.
- Complejidad y desconocimiento en la manipulación del hidrógeno.

DEBILIDADES

AMENAZAS

Almacenamiento, logística y distribución

1. Aragón dispone de una **posición geoestratégica muy favorable** para introducirse en la infraestructura inicial de una red de distribución, llevando a cabo proyectos demostrativos desarrollando una **infraestructura de estaciones de suministro de hidrógeno y flotas de vehículos de hidrógeno**.

Las oportunidades que existen para Aragón en el ámbito de almacenamiento, logística y distribución de hidrógeno se consideran prioritarias e inmediatas en su explotación.

2. La utilización de la **red de distribución de gas natural** en la distribución de hidrógeno a medio-largo plazo podría jugar un papel relevante.

3. Existe un posicionamiento positivo, respecto a la situación nacional, en **investigación en nuevos materiales y nanoestructuras de almacenamiento de hidrógeno**.

4. Existe un **tejido empresarial consolidado e interesado de fabricantes de depósitos y componentes auxiliares**. Además de una buena disposición de colaboración entre las empresas y grupos.

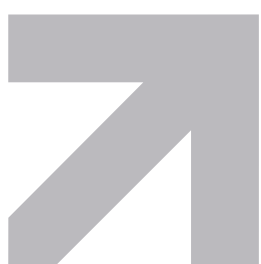
Las oportunidades que existen para Aragón en el ámbito de almacenamiento, logística y distribución de hidrógeno se consideran prioritarias e inmediatas en su explotación.

ACCIONES INDUSTRIALES	HORIZONTE TEMPORAL
Crear un "cluster" de empresas con vocación de liderazgo en almacenamiento, distribución y logística del hidrógeno para usos energéticos. Desarrollo de nuevos productos para la distribución de hidrógeno y de componentes: sensores de hidrógeno, reguladores de presión, compresores, y otros componentes y accesorios. _____	EN REALIZACIÓN
Automatización de los procesos y desarrollo de sistemas de almacenamiento a presiones superiores a 350 bar con nuevos materiales, composites. _____	MEDIO PLAZO
Desarrollo de una red incipiente de estaciones de servicio, atendiendo a criterios de oportunidad, de apoyo a flotas, o de creación de corredores. _____	3 EN EL PLAZO DE 10 AÑOS
Fomentar el aprovechamiento de las infraestructuras para el transporte de gases existentes en la región (gaseoducto de gas natural) para el transporte de hidrógeno. _____	LARGO PLAZO

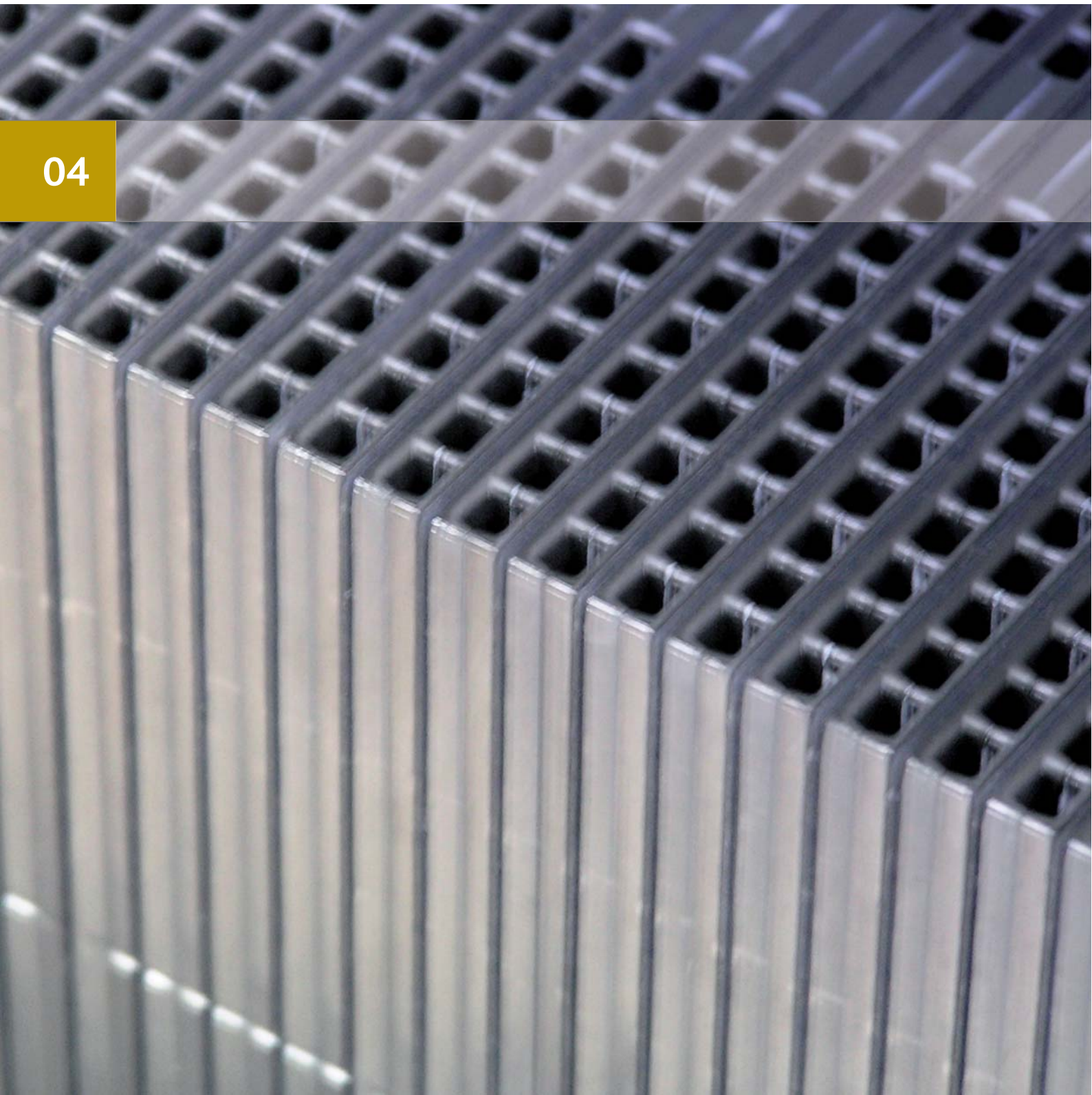
Almacenamiento, logística y distribución

ACCIONES DE INVESTIGACIÓN	HORIZONTE TEMPORAL
Nuevos materiales para el almacenamiento y distribución de hidrógeno gas y líquido: fibras, resinas, plásticos. Abaratamiento de costes en los sistemas de producción.	CORTO PLAZO
Desarrollo de nuevos materiales para almacenamiento y la distribución de hidrógeno sólido: hidruros, compuestos de carbono, Mofs (metal-organics frameworks), etc.	MEDIO PLAZO
Investigación sobre el comportamiento del hidrógeno en mezcla con gas natural y también sobre los materiales utilizados para su almacenamiento y distribución.	LARGO PLAZO
ACCIONES DE SOPORTE	
Relaciones con otras iniciativas nacionales y europeas para hacer de Zaragoza el centro de los corredores autopista del hidrógeno a nivel nacional (conectando Barcelona, Madrid, el norte de España y el levante)	MEDIO PLAZO
Apoyo a la transferencia de tecnología de los grupos de investigación punteros en nuevos materiales y la empresa.	CORTO PLAZO
Desarrollo de la logística del hidrógeno.	LARGO PLAZO

04 Plan Director del Hidrógeno en Aragón



pilas de
combustible



Pilas de combustible

La utilización de las pilas de combustible es el gran potencial de usar el hidrógeno frente a los combustibles convencionales. Su principal ventaja es una alta eficiencia en el proceso de obtención de electricidad en comparación con los sistemas actuales (máquinas térmicas).

La eficiencia de las máquinas térmicas está limitada por el ciclo de Carnot, ya que el proceso implica la transformación de calor en energía mecánica. Las pilas de combustible convierten directamente energía química en energía eléctrica llegando a obtener entre 2 y 3 veces más eficiencia. Además no producen gases residuales ni ruido.

Las pilas de combustible son dispositivos electroquímicos constituidos por varias celdas individuales conectadas entre sí. A diferencia de los acumuladores ("pilas convencionales") tienen la capacidad de producir energía eléctrica de forma indefinida mientras se suministra combustible y oxidante a los electrodos. Como resultado de la reacción la pila produce electricidad, agua y calor.

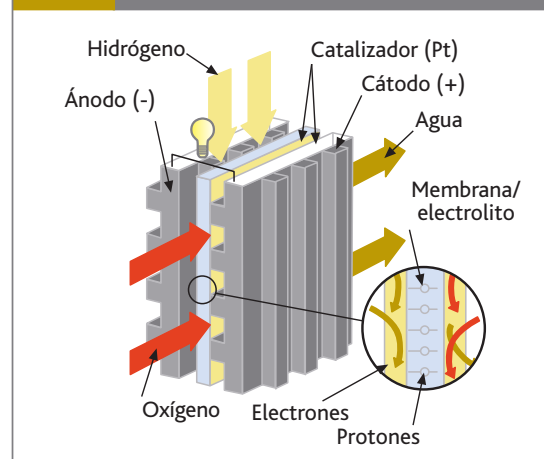
El funcionamiento de la pila se basa en la introducción de un flujo de hidrógeno al ánodo, donde se oxida produciendo una corriente de electrones e iones de hidrógeno.



Los iones atraviesan la membrana electrolítica pasando al cátodo donde se combinan con las moléculas de oxígeno produciendo agua.



F.12 FUNCIONAMIENTO DE UNA PILA DE COMBUSTIBLE



F.13 TIPOS DE PILAS DE COMBUSTIBLE, CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

PILAS	ELECTROLITO	T. OPERACIÓN (°C)	ELECTRODO	CO MÁX (ppm)	APLICACIONES
Alcalina (AFC)	KOH	90-100	Níquel	-	Espaciales. Militar.
Membrana de intercambio protónico (PEMFC)	Polímero sólido	60-100	Platino	10-50	Vehículos. Portátiles. Generación estacionaria.
Ácido fosfórico (PAFC)	Ácido fosfórico	175-200	Platino	500	Generación estacionaria. Vehículos.
Carbonato fundido (MCFC)	Mezcla de carbonatos	600-1000	Níquel	Sin límite	Generación estacionaria.
Óxido sólido (SOFC)	Zirconia, Ytria	600-1000	Perovskitas	Sin límite	Generación estacionaria.



Pilas de combustible

VENTAJAS

INCONVENIENTES

Reacción catódica más rápida en electrolito alcalino. Mayor eficiencia.

Muy sensibles a impurezas y CO_2 .

Electrolito sólido reduce corrosión y mantenimiento. Baja T^a . Arranque rápido.

Catalizadores costosos. Sensible a impurezas en H_2 u otro combustible.

65% de eficiencia en cogeneración. Acepta H_2 impuro.

Catalizador de platino. Baja corriente y potencia. Gran peso y volumen.

Ventajas por alta temperatura: mayor eficiencia, catalizadores más baratos.

Corrosión debido al tipo de electrolito. Baja vida útil.

Ventajas por alta temperatura. Ventajas por electrolito sólido.

Corrosión debido a altas temperaturas. Baja vida útil.

Existen diferentes tipos de pilas de combustible clasificadas acorde al tipo de electrolito como se puede observar en la tabla 13. Tienen un amplio rango de potencia debido a su modularidad que permite adaptarla a múltiples usos. La temperatura de operación es desde temperatura ambiente hasta los 1.000°C .

Los tres ámbitos principales de aplicación de las pilas de combustible son en aplicaciones portátiles, en automoción y en generación estacionaria de electricidad, residenciales y comerciales.

Para las instalaciones estacionarias a pequeña escala, usos residenciales individuales (hasta 10 kW) la tecnología PEMFC está entrando la fase precomercial, aunque la SOFC tiene potencial. Para aplicaciones industriales o conjuntos residenciales (10 -100 MW) la tecnología PAFC está suficientemente probada, y en el futuro se esperan importantes desarrollos en SOFC y MCFC. Se abrirán nichos de mercado para la cogeneración de calor y electricidad dimensionados para viviendas individuales y pequeños comercios. También señalar que hay aproximadamente 5.000 sistemas estacionarios de pila de combustible en todo

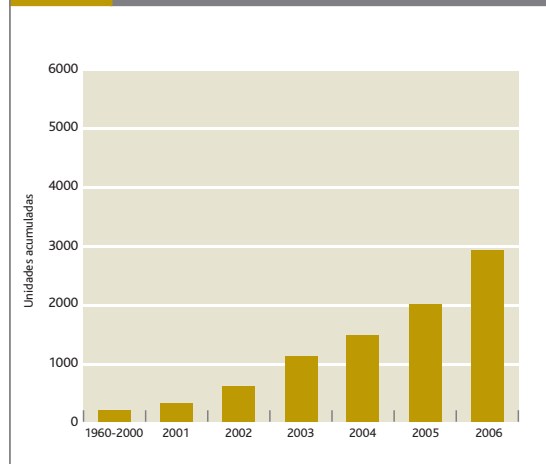
el mundo usados como sistemas de reserva en caso de fallos en el suministro eléctrico y en usos residenciales.

Respecto a las aplicaciones portátiles, las tecnologías clave son las pilas poliméricas PEMFC y las pilas de combustible de metanol directo DMFC, con una temperatura de operación inferior a 100°C. Se espera que la introducción de las pilas de combustible en el mercado esté impulsada por las aplicaciones en pequeña electrónica portátil, debido a la mejora en la funcionalidad de estos sistemas, incluido un mayor tiempo de operación y eliminación del tiempo de recarga. Actualmente las compañías fabricantes disponen de varios modelos, según los usos para los que van dirigidas, y se opera en un rango entre 1 W y 1,5 kW. Se están explotando todas las vías de comercialización en productos donde sus prestaciones sean competitivas con las actuales. En la actualidad hay aproximadamente un total de 11.000 sistemas de pilas de combustible funcionando en aplicaciones portátiles.

Para el 2020, se prevé una penetración en el mercado considerable en los tres ámbitos principales de aplicación.

F.14

UD. ACUMULADAS DE PEQUEÑAS APLICACIONES ESTACIONARIAS



Fuente gráfica:

Fuel cell today. Market survey: small stationary applications

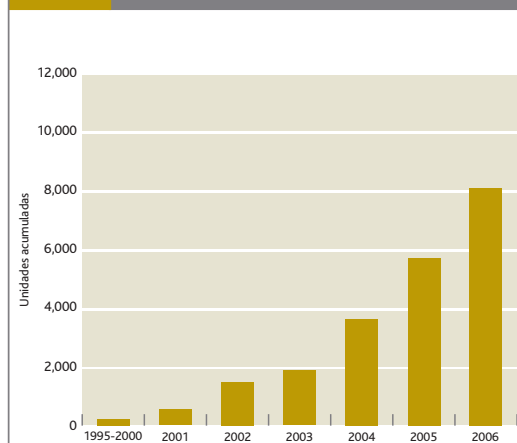
Pilas de combustible

En aplicaciones en automoción la tecnología que han adoptado las diferentes marcas de vehículos son la pilas PEMFC, marcas como General Motors o Toyota ya tienen varios prototipos y esperan su lanzamiento al mercado a medio plazo.

Para el 2020, se prevé una penetración en el mercado considerable en los tres ámbitos principales de aplicación. Los productos estratégicos a desarrollar son Pilas de Combustible Portátiles (Micro - Pilas, 1-20W), Generadores Portátiles (> 10kWe) y Generadores Estacionarios. Para el año 2050 se espera que los sistemas de pila de combustible sean tecnologías maduras y de producción competitiva (Estrategia de Despliegue, Plataforma Europea del Hidrógeno).

Para el 2020, se prevé una penetración en el mercado considerable en los tres ámbitos principales de aplicación.

F.15 UNIDADES ACUMULADAS DE APLICACIONES PORTÁTILES



Fuente gráfica:
Fuel cell today. Market survey: portable applications

F.16

VISIÓN DE LAS APLICACIONES DEL H₂ Y PILAS DE COMBUSTIBLE EN EL ESCENARIO DEL 2020

	PILAS DE COMBUSTIBLE PARA ELECTRÓNICA PORTÁTIL	GENERADORES PORTÁTILES Y NICHOS DE MERCADO	PILAS DE COMBUSTIBLE ESTACIONARIA (COGENERACIÓN)	TRANSPORTE POR CARRETERA
Unidades vendidas al año 2020 en UE	~250 millones	~100.000 (~1 GWe)	100.000 a 200.000 (2-4 GWe)	0,4 millones a 1,8 millones
Ventas acumuladas hasta 2020 en UE	n.d.	~600.000 (~6 GWe)	400.000 a 800.000 (8-16 GWe)	1-5 millones
Mercado en UE en 2020	Establecido	Establecido	En crecimiento	Comienzo de mercado masivo
Potencia media de los sistemas de pila de combustible	15 kW	10 kW	< 100 kW (micro cogeneración) > 100 kW (cogeneración industrial)	-
Objetivo de coste de los sistemas de pila de combustible	1-2€/W	500€/W	2.000€/kW(micro cogeneración) 1.000-1.500€/kW (cogeneración industrial)	< 100 €/kW (para 150.000 unidades al año)

Ref: Plataforma Europea del Hidrógeno.

Pilas de combustible

Los puntos claves en el desarrollo de las pilas de combustible son un incremento de la durabilidad y fiabilidad y una disminución de los costes, para lo que son necesarios los siguientes desarrollos:

- Nuevos materiales de bajo coste que permitan sustituir a los actuales.
- Componentes y sistemas para conseguir una operación más eficiente, mayor tiempo de operación, menor tamaño y mejores prestaciones.
- Para aplicaciones de poligeneración, integración de sistemas y el diseño de la planta para poder optimizar los costes de operación.
- Inversores de corriente eficientes para transformar la corriente continua producida en las pilas de combustible en corriente alterna.
- Tecnologías de control y conexión a la red.

Actualmente en Europa hay muchos grupos de investigación y empresas trabajando en pilas, mayoritariamente en pilas poliméricas PEMFC y en pilas de óxido sólido SOFC.

La Plataforma Española del Hidrógeno recomienda poner de relieve el elevado valor estratégico del desarrollo de pilas de combustible de tecnología española (PEMFC, DMFC, SOFC) en el ámbito de las aplicaciones portátiles y pequeño electrodoméstico, como antesala de futuros escalados hacia arriba, con la consiguiente difusión hacia otras aplicaciones más ambiciosas en tamaño y potencias.

En Aragón hay grupos de investigación que están haciendo desarrollos en pilas PEMFC y SOFC, sin embargo en estos momentos no hay ningún fabricante de pilas regional, aunque sí empresas con capacidad para poder hacerlo, respaldados por un tejido industrial capaz de fabricar sus componentes o integrarlas en el sistema final.

FORTALEZAS

- Grupos de investigación en Aragón están trabajando en pilas de combustible PEM y SOFC.
- Alta eficiencia energética de la pila frente a los motores de combustión interna.
- Características especiales de las pilas frente a los sistemas convencionales: amplio rango de potencia, bajo nivel de ruido, sin emisiones, no es necesaria la recarga.

- No hay un fabricante regional de pilas.
- Existen pilas comerciales en diversas aplicaciones.

OPORTUNIDADES

- Las empresas aragonesas tienen capacidades para fabricar componentes de las pilas de combustible.
- Tejido industrial capaz de integrar las pilas en su producto final.

- Incertidumbre en la evolución del mercado.
- Ausencia de reglamentación y normativa.
- Alto coste de las pilas de combustible frente a otros sistemas convencionales (motores de combustión interna).

DEBILIDADES

AMENAZAS

Pilas de combustible

1. La **industria de componentes auxiliares** como valvulería, y electrónica de control y de potencia supone un nicho muy importante de desarrollo en Aragón, aunque en general se requerirá una innovación en los productos en cuanto a miniaturización.

2. Actualmente ya hay **grupos de investigación aragoneses trabajando en nuevos componentes de pilas SOFC y PEMFC**. En un horizonte intermedio pueden obtenerse buenos resultados y ser transferidos a las empresas aragonesas para su explotación.

3. Las **pilas se integran en sistemas ya existentes** (electrónica portátil, equipamientos residenciales e industriales,...), dándoles ventajas funcionales y variando sus características. El tejido industrial aragonés tiene desarrollos en este ámbito, por lo que hay que observar la evolución de esta tecnología y realizar los desarrollos necesarios cuando el mercado lo requiera.

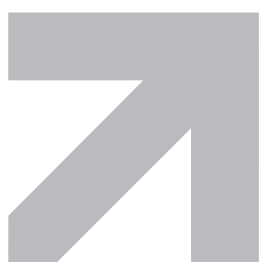
4. Aunque no existen fabricantes de pilas de combustible en Aragón, sí que hay **empresas expertas en montaje y mantenimiento** que tienen una buena oportunidad de formarse específicamente y ampliar su actividad en este ámbito.



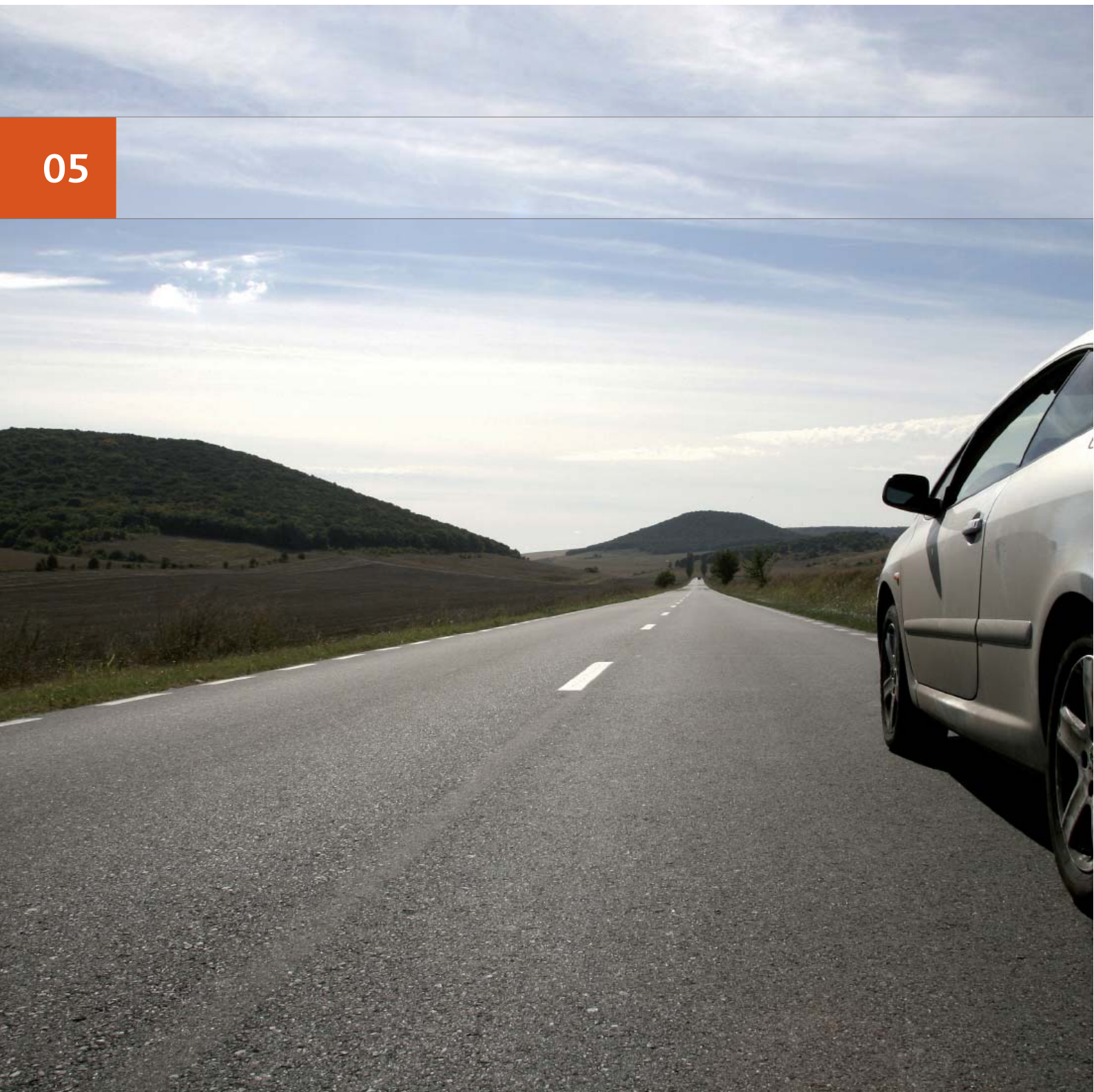
ACCIONES INDUSTRIALES	HORIZONTE TEMPORAL
Desarrollo de sensores de hidrógeno, reguladores, sistemas de control, compresores, y otros componentes y accesorios, adaptados en tamaños y costes, y operables en las condiciones previstas. _____	CORTO PLAZO
Creación de empresas dedicadas al montaje y mantenimiento de pilas combustible. _____	MEDIO PLAZO
Creación de empresas para la automatización de procesos de fabricación de pilas o determinados componentes de pilas. _____	LARGO PLAZO

Pilas de combustible

ACCIONES DE INVESTIGACIÓN	HORIZONTE TEMPORAL
Investigación de los componentes de las pilas PEM con proyectos de mejora de los electrolizadores y soportes de proyectos de fabricación de conjuntos ánodo/membrana/cátodo, MEAs, con los nuevos electrodos de difusión de gas, para pilas PEM y proyectos de fabricación de placas bipolares en plástico con electrodo integrado, u otros materiales ligeros y conductores.	CORTO PLAZO
Proyectos de mejora del conjunto catalizador y soporte de pilas SOFC.	MEDIO PLAZO
Disminución de la temperatura de operación de las pilas SOFC y uso de nuevos materiales con los componentes.	MEDIO PLAZO
ACCIONES DE SOPORTE	
Creación de un laboratorio donde se puedan probar los diferentes componentes desarrollados por empresas o los grupos de investigación.	CORTO PLAZO
Desarrollo de un Plan de Fomento del uso de pilas en el sector residencial y terciario en zonas aisladas y promoción del uso de pilas de mayor potencia en municipios o pequeñas empresas.	MEDIO PLAZO



aplicaciones
en automoción



Aplicaciones en automoción

El sector de la automoción y del transporte es uno de los principales motores de la economía tanto en la Unión Europea como en España.

Este sector se enfrenta a los problemas derivados del uso de los combustibles fósiles, como son dependencia energética, el aumento del precio del barril del petróleo y los problemas medio ambientales que causan, entre los que se encuentra el efecto invernadero. Por estos motivos, el uso del hidrógeno como vector energético se plantea como una alternativa de especial interés para este sector del transporte y, en particular, de la automoción.



En la actualidad, los principales fabricantes a nivel mundial están invirtiendo miles de millones de dólares en investigación y desarrollo de diversos prototipos de vehículos movidos por hidrógeno.

Los principales fabricantes de automóviles predicen que la plena comercialización para el gran público comenzará alrededor de 2010, tras una fase de demostración en vehículos en flotas cautivas para proseguir con una rápida comercialización. La tecnología de pilas más utilizada en este tipo de vehículos es la de membrana polimérica (PEMFC) con una potencia de 50-100 kW. Los vehículos movidos con pilas de combustible conllevan un aumento del rendimiento. Frente a una eficiencia del 15-20% en los vehículos actuales, estos nuevos vehículos pueden alcanzar una eficiencia del 45-50%, ya que transforman directamente la energía química, almacenada en el enlace H - H de la molécula de hidrógeno, en energía eléctrica y vapor de agua, que constituye la única emisión producida.

Las prospectivas realizadas señalan que, en el año 2020, el 5% de los coches que funcionen en Europa serán de hidrógeno, lo que supone unos 9 millones

de automóviles (Estudio de prospectiva Hidrógeno y Pilas de Combustible, OPTI).

Según la Agenda de Investigación Estratégica de la Plataforma Europea:

"la aplicación en el transporte constituye la mayor fortaleza del hidrógeno".

Las acciones a desarrollar son las siguientes:

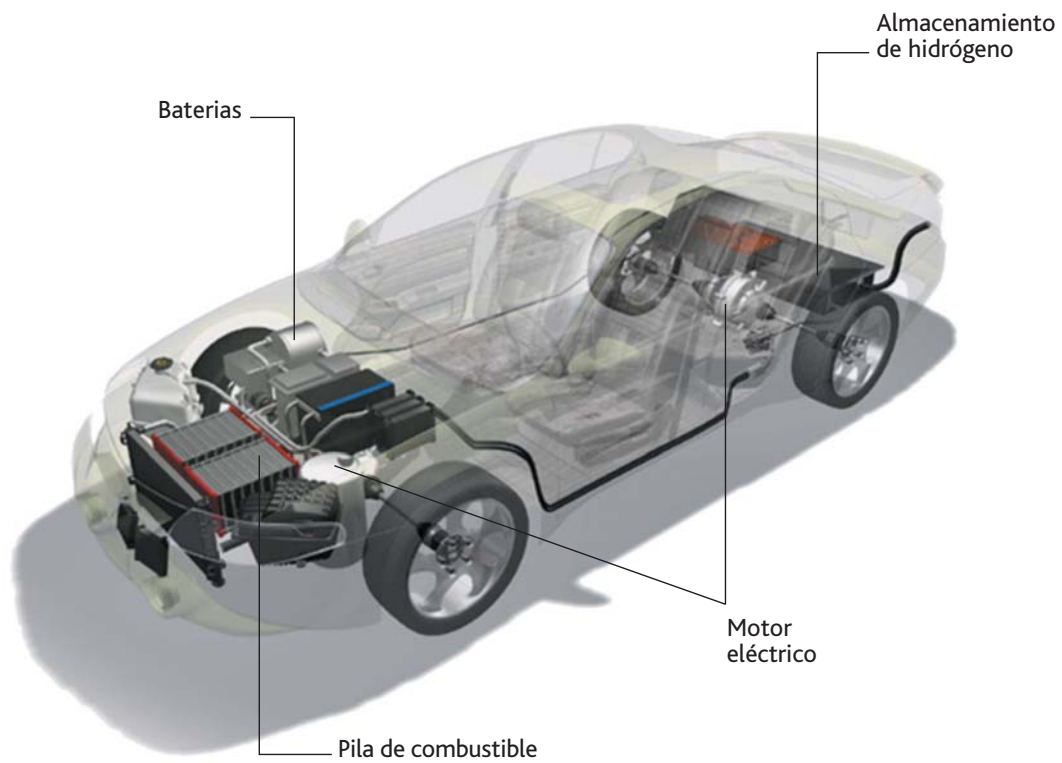
- Mejora de las tecnologías de pila de combustible y de almacenamiento para disminuir los precios de los coches de hidrógeno y hacerlos comerciales.
- Creación de la infraestructura de suministro de hidrógeno necesaria para el abastecimiento eficaz de las flotas.
- Comenzar el despliegue de uso (implantación) de los vehículos de hidrógeno a través de flotas cautivas.

Con la introducción del hidrógeno, la industria automovilística evolucionará incrementando la participación de la industria auxiliar, adquiriendo gran relevancia los

sectores de componentes eléctricos, plástico, químico y metalúrgico. Esto es debido a la variación de coste porcentual de los diferentes componentes del vehículo según utilicen un sistema u otro de propulsión, ya que en el nuevo escenario aumenta el coste de los componentes electrónicos y del depósito de almacenamiento.

Se observa que el sector automoción ha comenzado, y previsiblemente se mantendrá, como motor de innovación y desarrollo para las diferentes tecnologías del hidrógeno. Se cubrirán en este ámbito todas las áreas, tanto las pilas de combustible para uso directo como componente esencial de los vehículos, como del resto de los procesos vinculados a la cadena de valor del hidrógeno en el transporte: generación del combustible, almacenamiento y distribución.

Aplicaciones en automoción



FORTALEZAS

- Sector con un fuerte arraigo en la región.
- Existe un cluster de la industria de automoción en Aragón, creada alrededor de la planta de General Motors de Figueruelas.
- Existe un Centro de Evaluación de Riesgos de Automoción.
- Aragón como centro estratégico en la autopista del hidrógeno.

- Las empresas aragonesas del sector automoción realizan actividades de I+D reducidas.
- Los centros de decisión en la estrategia de las multinacionales de automoción se encuentran fuera de la región.
- Desconocimiento de las tecnologías del hidrógeno por parte de la industria auxiliar del automóvil.
- No hay desarrollos de vehículos en Aragón.

DEBILIDADES

OPORTUNIDADES

- Buena aceptación pública de vehículos propulsados con combustibles alternativos.
- Están en marcha acuerdos y legislación para la reducción de emisiones.
- Diversificación y defensa a la deslocalización en el sector al competir por innovación.

- La financiación europea se centra en países con más desarrollos, por ejemplo, Alemania y Francia.
- Los puestos de trabajo en automoción podrían disminuir si no se afrontan los desarrollos industriales necesarios.

AMENAZAS

Aplicaciones en automoción

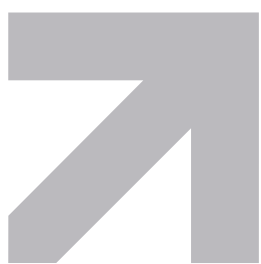
1. En Aragón existe un **volumen muy significativo de proveedores de automoción**. Una gran oportunidad para ellas es especializarse en componentes para vehículos de hidrógeno.
2. Algunos de los **sectores de actividad industrial más importantes en Aragón** como eléctrico-electrónico, químico-plástico, adquieren mayor peso específico como proveedores de los fabricantes en la transición al vehículo de hidrógeno.
3. Se considera necesario **buscar otros nichos de aplicación especiales** como son vehículos industriales, motocicletas, caravanas, etc. La existencia de empresas de desarrollos en estos campos, junto con la posición estratégica y el incremento de la actividad logística en Aragón da una oportunidad a la puesta en marcha de flotas cautivas y también de desarrollo de la infraestructura de abastecimiento necesaria.
4. A largo plazo, el desarrollo de **la logística de recogida y reciclado de automóviles puede ser un nicho importante**.



Fomento de la inquietud y búsqueda de oportunidades en el sector de componentes de automoción para entrar en el mercado futuro del coche eléctrico con pila de combustible.

Aplicaciones en automoción

ACCIONES INDUSTRIALES	HORIZONTE TEMPORAL
Fabricación de vehículos que no sean turismos convencionales, por ejemplo, microcoches, maquinaria industrial móvil y agrícola, vehículos especiales, flotas cautivas (camiones de basura, vehículos de limpieza de la ciudad, vehículos de jardinería, etc.)	MEDIO PLAZO
Aplicación de pilas de combustible que funcionen como unidades auxiliares de energía (APU, Auxiliar Power Unit). Ejemplos de aplicaciones: autocaravanas, camiones frigoríficos, contenedores cisterna calefactados, etc.	MEDIO PLAZO
Fomento de la inquietud y búsqueda de oportunidades en el sector de componentes de automoción para entrar en el mercado futuro del coche eléctrico con pila de combustible. Aprovechar las capacidades y conocimientos de las empresas proveedoras de automoción existentes en la región.	MEDIO PLAZO
ACCIONES DE INVESTIGACIÓN	
Desarrollo de componentes y sistemas por parte de empresas del sector auxiliar del automóvil.	MEDIO PLAZO
ACCIONES DE SOPORTE	
Acciones para la creación de flotas especiales, transporte urbano por ejemplo, que tengan un repercusión social y sirvan para el fomento de estas tecnologías a nivel particular.	MEDIO PLAZO



impacto
socioeconómico



Impacto socioeconómico

Para el desarrollo de la economía del hidrógeno no es suficiente con que se realicen las acciones descritas hasta aquí, relacionadas con cada una de las tecnologías. También es necesario que se desarrollen acciones transversales que afectan a todas ellas.

Acciones socioeconómicas, sensibilización de la población, formación, definición de estándares, normativa y seguridad, financiación de proyectos y transferencia de tecnología, son claves para la implantación eficiente de esta nueva economía.

En cuanto a todo ello, la Plataforma Europea del Hidrógeno realiza unas recomendaciones que se recogen a continuación :

- El objetivo principal de la **concienciación pública** es alcanzar un nivel de entendimiento sobre el hidrógeno y las pilas de combustible que permita la aceptación y comercialización de estas tecnologías.
- Desarrollar un plan de acción claro para la **formación** a todos los niveles, particularmente a corto plazo de los investigadores, ingenieros y técnicos.

- Respecto a las **Regulaciones, Códigos y Estándares** se ha establecido un análisis preliminar y un plan de acción para el establecimiento de estándares y la creación de un marco de regulación para el uso seguro del hidrógeno y las pilas de combustible.
- Para un **desarrollo empresarial** hay que identificar nichos de mercado que puedan conseguir precios con prima debido a las ventajas funcionales del hidrógeno y los sistemas de pila de combustible.

En particular, respecto a los ámbitos de **Concienciación y Sensibilización Pública y Formación**:

- a) En España, no se percibe el conocimiento adecuado y necesario de los temas relacionados con hidrógeno en la sociedad. Se detecta, igualmente, falta de formación en estos campos, que se está supliendo con cada vez más seminarios y cursos específicos.
- b) En Aragón, la Fundación del Hidrógeno en Aragón desarrolla actividades de formación, sensibilización, transferencia de tecnología, además del fomento de la iniciativa empresarial.

En un ámbito de sensibilización empresarial, se considera imprescindible la puesta en marcha de un programa específico de cualificación y participación de las pymes en los desarrollos de las nuevas tecnologías del hidrógeno, y los esfuerzos en el capital humano porque se espera que en los próximos 10 años se requerirá la formación de aproximadamente 40.000 personas en Europa.

En cuanto a **Normativa y Seguridad** los proyectos europeos que desarrollan este ámbito son el proyecto HySAFE, para la creación de una red de excelencia sobre seguridad del hidrógeno como vector energético, el proyecto HARMONHy con el objetivo de armonización de todas las normas, regulaciones y estándares desarrollados por distintos grupos a nivel mundial para el hidrógeno, y el proyecto HyApproval, para realizar normativa en el ámbito de las estaciones de suministro de hidrógeno.

Existe inquietud porque se tengan en cuenta las peculiaridades del territorio español, (básicamente las altas temperaturas que se alcanzan en verano), en la definición de planes y estándares, sobre todo en lo referente a automoción.

La **financiación** del desarrollo y despliegue del hidrógeno y las pilas de combustible es un aspecto crítico. Se necesitan políticas claras y coherentes, con incentivos proporcionales a los beneficios sociales y ambientales, que permitan convencer tanto a la industria como a la comunidad financiera que debe invertir. No hay que esperar simplemente a que las fuerzas del mercado entren en juego, puesto que de esa forma la transición llevaría mucho más tiempo del esperado.

Para hacer frente a estos desarrollos, según el Plan de Implementación de la Unión Europea, se requiere en Europa un presupuesto de 6.700 millones de euros, sumando la inversión pública y privada, entre 2007 y 2015.

En el ámbito del VII programa Marco de la UE (2007-2013), se propone un nuevo instrumento que son las Iniciativas Tecnológicas Conjuntas ("Joint Technology Initiative" - JTI) propuestas por la Comisión a partir del trabajo de las Plataformas, con el objeto de fomentar la I+D en todos sus ámbitos.

Impacto socioeconómico

Concretamente en hidrógeno se espera que alcance la inversión de 250 millones de euros anuales, el doble de lo invertido hasta el momento, para igualar las inversiones de EEUU y Japón.

La JTI ha de combinar la inversión pública con las actividades privadas, incluyendo disposiciones para estimular a las pymes innovadoras y la formación de investigadores. Se destaca la importancia de los proyectos Faro, grandes proyectos demostrativos incluidos en las JTI.



En el entorno de la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y las Pilas de Combustible las recomendaciones definidas relacionadas con financiación han sido:

1. Incorporación del hidrógeno en el Plan de Energías Renovables.
2. Establecer una política económica clara sobre las tecnologías relacionadas con la producción limpia y el uso del hidrógeno.
3. Necesidad de tratar al hidrógeno de manera acorde con su método de producción. La electricidad producida a partir de energías renovables y vertida en la red eléctrica cuenta con un sistema de primas. El hidrógeno producido a partir de energías renovables, debería también ser primado, ya que la ausencia de éste supone una barrera económica en la introducción del hidrógeno como vector energético.

FORTALEZAS

- Apoyo al uso del hidrógeno con fines energéticos en el Plan Energético de Aragón.
- Iniciativas formativas oficiales a nivel universitario.
- El lanzamiento de la Fundación de hidrógeno en Aragón como herramienta de apoyo de la empresas e investigadores de la región.

- Falta de relación empresa-investigadores, habiendo un desconocimiento de la posibilidad de desarrollos conjuntos.
- Desconocimiento empresarial de su potencialidad y futuros mercados.
- Desconocimiento de las vías de financiación pública para proyectos de I+D+i.

DEBILIDADES

OPORTUNIDADES

- Establecimiento de una línea estratégica dentro de los principales programas nacionales y europeos la producción, almacenamiento, distribución y uso del hidrógeno y las pilas de combustible.
- Percepción social del hidrógeno como no contaminante y una alternativa a la inestabilidad del mercado de combustibles fósiles.
- Creación de nichos de mercado con apoyo de entidades de capital riesgo.

- Percepción de que el hidrógeno es peligroso y difícil de manipular.
- Ausencia de reglamentación y normativa internacional.
- Escasa participación de expertos aragoneses en grupos de normalización.
- Plazos de retorno de la inversión largos para las empresas que se involucren en desarrollos relacionados con nuevas tecnologías del hidrógeno.

AMENAZAS

Impacto socioeconómico

1. El público y la sociedad en general desconoce los usos, ventajas e inconvenientes de las nuevas tecnologías del hidrógeno, sin embargo se percibe como una **solución a los problemas medioambientales actuales**.

2. Se han lanzado iniciativas de **formación a nivel universitario**, percibiendo una necesidad de ser continuadas para la formación de técnicos para equipos e instalaciones.

3. Aunque ya se está elaborando **normativa y regulación en materia de seguridad y aplicaciones de hidrógeno**, no se va a disponer de ella a corto plazo dificultando a las organizaciones a iniciar sus proyectos y definir nuevos productos.

4. Un alto porcentaje del sector empresarial no percibe las **oportunidades de un nuevo mercado**, así como las iniciativas y desarrollos lanzados a nivel europeo.

5. La **transferencia de tecnología empresa-universidad** está progresando en Aragón, aunque en el ámbito de las nuevas tecnologías del hidrógeno no existe un conocimiento mutuo, por parte de las empresas interesadas en estos desarrollos y los grupos de investigación que pueden apoyarlos.

6. Las **instituciones financieras y empresas de capital riesgo** están viendo en el hidrógeno un sector emergente de gran potencial y por lo tanto están dispuestas a invertir en proyectos de innovación sólidos en este campo.



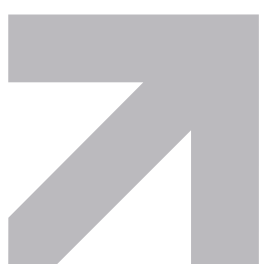


Se pretende conseguir que la Fundación del hidrógeno se presente al exterior como una unidad potente en tecnologías del hidrógeno.

Impacto socioeconómico

ACCIONES DE SOPORTE	HORIZONTE TEMPORAL
Realización de conferencias y cursos divulgativos a varios niveles que puedan cubrir sectores amplios de la sociedad. _____	CONTÍNUO
Creación de un formato atractivo de difusión de resultados del estado del arte o estudio tecnológico dirigido a empresas. _____	CORTO PLAZO
Especialización de universitarios de ramas científico-tecnológicas dando continuidad al programa de postgrado ya en curso, de la Universidad de Zaragoza, y creación de asignaturas de libre elección. _____	MEDIO PLAZO
Realización de foros de innovación donde puedan relacionarse los grupos de investigación y las empresas interesadas en la tecnología del hidrógeno. _____	CORTO PLAZO
Conseguir que la Fundación del Hidrógeno en Aragón sea "centro de red", se presente al exterior como una unidad potente en tecnologías del hidrógeno, con un grupo adscrito tanto de empresas como de investigadores que desarrollen conjuntamente acciones enmarcadas en su Plan Director y en unas líneas estratégicas de I+D+i comunes al cluster. _____	CORTO PLAZO
Buscar vías de financiación, a nivel nacional, a nivel europeo, para los proyectos que puedan surgir en Aragón. _____	CONTÍNUO
Hacer una base de datos de uso "público" sobre normativa y legislación en todos los temas relacionados con el hidrógeno. _____	MEDIO PLAZO
Fomentar la participación de las empresas y otros organismos aragoneses en los comités normalizadores. _____	CORTO PLAZO
Determinar qué aspectos, en cuanto a investigación, se requieren del exterior de la Comunidad y entablar relaciones con centros tecnológicos y de investigación pertinentes. _____	CONTÍNUO

Plan Director del Hidrógeno en Aragón



conclusiones



Conclusiones

Después del análisis realizado se detectan oportunidades en toda la cadena del hidrógeno. Los estudios analizados plantean escenarios futuros con **mercados incipientes** en los próximos años.

En la **producción de hidrógeno**, Aragón cuenta con prácticamente todas las fuentes energéticas primarias: gran potencial de renovables, el carbón de Teruel como reserva estratégica nacional, las plantas químicas de cloro-sosa, y la extensa red de distribución de gas natural. Además se dispone de quizá la mayor concentración de grupos de investigación en España en producción de hidrógeno.

Aunque la producción a partir de renovables aumente muy débilmente hasta que adquiera una cuota de mercado significativa, el proyecto de Walqa como referente es de vital importancia para liderar la tecnología eólica-hidrógeno.

Respecto al **almacenamiento, logística y distribución**, la región tiene un gran potencial debido a su posición geo-estratégica en España. Además cuenta con un sector industrial con experiencia en este campo.

En Aragón no hay a día de hoy un "campeón industrial" en **pilas de combustible**. Sin embargo hay centros de investigación fuertes en este ámbito, habituados a trabajar con empresas, y un sector industrial con capacidad de suministrar componentes en este mercado emergente e integrarlas en sistemas dándoles un valor añadido.

El **sector automoción** es clave en el tejido industrial aragonés como generador de empleo y riqueza. La amenaza de la deslocalización obliga a todo el sector a

replantearse el futuro, y precisamente el vehículo de pila de combustible permitirá al suministrador del automóvil aumentar su valor añadido, aunque también su capacidad tecnológica. A pesar de que el sector automoción es el más globalizado, se está todavía a tiempo de sumarse al desarrollo del coche de hidrógeno. Se propone crear un "cluster" específico de proveedores de automoción.

Con todo ello se puede concluir que **hay un mercado emergente** en el cual las empresas aragonesas tienen oportunidades pero es necesario estar alerta, conocer y estudiar los avances que se hacen en este campo e introducirse en el momento adecuado.

SEGUIMIENTO

Una fase de gran importancia en la implantación de todo plan estratégico o plan director es el seguimiento de su evolución. El objetivo es comprobar el estado de avance y realizar actualizaciones del mismo.

El seguimiento de este plan director se basa en la continuación de los grupos de trabajo que se comenzaron para seguir con la labor comenzada y en indicadores.

Se definen una serie de indicadores que permitan medir, por un lado, la evolución de las diferentes líneas estratégicas del plan y, por otro, la evolución y eficacia de las acciones determinadas en dicho plan director. Teniendo en cuenta los criterios de definición citados, se proponen los siguientes indicadores:

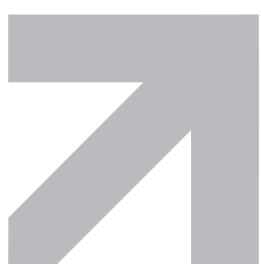
Conclusiones

F.17 INDICADORES DE SEGUIMIENTO

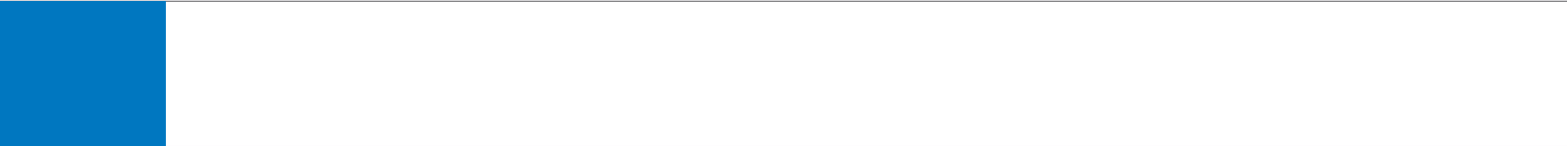
DEFINICIÓN	PERIODICIDAD	FUENTES	USO
Nº de proyectos financiados relacionados con el hidrógeno en Aragón	ANUAL	Gobierno de Aragón	DIVULGACIÓN
Nº de nuevos grupos de investigación en proyectos con hidrógeno en Aragón	ANUAL	Ministerio de Educación	DIVULGACIÓN
Nº de nuevos grupos de investigación en proyectos con hidrógeno en Aragón	ANUAL	Gobierno de Aragón	DIVULGACIÓN
Nº de tesis y publicaciones en el ámbito del hidrógeno en Aragón	ANUAL	Universidad de Zaragoza	DIVULGACIÓN
Nº de patentes relacionadas con el hidrógeno solicitadas en Aragón	ANUAL	OEMP ⁴	DIVULGACIÓN
Nº de alumnos participantes en charlas formativas y cursos relacionados con el hidrógeno	ANUAL	Fundación del Hidrógeno	DIVULGACIÓN
Nº de empresas que colaboran con la Fundación del Hidrógeno	ANUAL	Fundación del Hidrógeno	DIVULGACIÓN
Nº de personal de la Fundación del Hidrógeno	ANUAL	Fundación del Hidrógeno	DIVULGACIÓN
Grado de avance o cumplimiento de las líneas estratégicas del plan director.	ANUAL	Fundación del Hidrógeno	DIVULGACIÓN

⁴ OEMP: Oficina Española de Patentes y Marcas.

Plan Director del Hidrógeno en Aragón



agradecimientos



Agradecimientos

Desde estas líneas la Fundación del Hidrógeno quiere agradecer el inestimable esfuerzo, tiempo y dedicación de todos los participantes de los grupos de trabajo además de sus opiniones y aportaciones como expertos en las diferentes temáticas que han sido tratadas en el Plan Director.

Con la ayuda de todos los expertos se pretende que el Plan Director sea un documento vivo y se anima a los participantes a continuar con el trabajo emprendido con el fin de reafirmar las sinergias originadas en la relación Ciencia, Tecnología y Empresa.

Agradecer al equipo de la Fundación, Luis, Carmen, Ismael, Leire, Diego, Fran, Arturo y Patricia, su colaboración y participación, aportando sus conocimientos y puntos de vista en la realización de este Plan Director, además de su esfuerzo y dedicación para hacer realidad el lanzamiento de acciones planteadas y que puedan alcanzarse con éxito.

Y también, por su inestimable ayuda, al Ilmo. Sr. D. Francisco Melero Crespo, D. Juan Ramón Ochoa Hortelano, D. Sergio Breto Asensio y D. Carlos Cerón.

• D. Pedro Viralta

Abello Linde S.A.

• D. José Miguel Quilis Alamar

Air Liquide España S.A.

• D. Joaquín Roche	Airtex Products
• D. José Luis Hernández Nuño	Aragonesas Industrias y Energía
• Dña. Carmen Oroñez	CEEI
• D. Fernando Sebastián • D. Sergio Usón • Dr. Andrés Llombart • D. Ignacio Zabalza	Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos
• Dr. Rafael Bilbao	Dep. Ingeniería Química. Universidad de Zaragoza
• Dña. Ana Sánchez	Departamento de Industria, Comercio y Turismo. Gobierno de Aragón
• D. Manuel Cerqueira • D. Manuel Morón	Electrónica Cerler S.A. Electrónica Cerler S.A.
• D. Ángel Benito	ENAGAS S.A.
• D. José Luis Rasal	Enática Energías Renovables
• D. Santiago Vicente	Endesa Distribución Eléctrica

Agradecimientos

• D. José Luis Millán	Entabán Ecoenergéticas
• D. Adolfo Manuel Bernal	Estampaciones Modernas S.A.
• D. José Ramón Largo	GAMESA ENERGÍA
• D. Ángel Nieto	Gesan-Grupos electrógenos
• D. José Luis Marqués	Going Investment S.A.
• Dra. M ^a Pilar Pina	Grupo de catálisis, membranas e ingeniería de reactores. (CREG) Universidad de Zaragoza
• Dr. Emilio Larrodé	Grupo de ingeniería de transporte y logística. Universidad de Zaragoza
• D. Mario Maza	Grupo de Tecnologías avanzadas para los vehículos y sistemas mecánicos. Universidad de Zaragoza
• D. Luis Humberto Menéndez	Heraldo de Aragón
• D. Carlos Roca	Hispano Carrocera
• Dra. M ^a Jesús Lázaro	Instituto de Carboquímica (ICB)- CSIC

• Dra. Teresa Martínez de Landa	Instituto de Carboquímica CSIC
• Dr. Juan Adánez	Instituto de Carboquímica-CSIC
• Dr. Rafael Moliner	Instituto de Carboquímica-CSIC
• Dra. Isabel Suelves	Instituto de Carboquímica-CSIC

• Dra. Rosa Merino	Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA)
--------------------	---

• Dr. Manuel Doblaré	Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Universidad de Zaragoza
• Dr. José Ángel Peña	Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Universidad de Zaragoza

• D. Joaquín Gómez	Instituto Tecnológico de Aragón (ITA).
--------------------	--

• Dr. Antonio Lozano	Laboratorio de Investigación de Tecnologías de la Combustión (LITEC)
----------------------	---

• D. Gerardo Concheso	Lapesa S.A.
-----------------------	-------------

• D. Carlos Martín Lafuente	Lecitrailer S.A.
-----------------------------	------------------

• Dr. Jesús Arauzo	OTRI - Universidad de Zaragoza
• Dña. Raquel Rodríguez	OTRI - Universidad de Zaragoza

Agradecimientos

● D. Javier del Pico	SAMCA
● D. Rafael Calvera Larriba ● D. Ricardo Calvera Parra	Soldaduras Calvera S.L. Soldaduras Calvera S.L.
● D. Carlos Alberó	TAIM-TFG
● D. Miguel Carreras	Ciencia Viva
● Dr. Manuel Aguado	Universa
● D. Pedro Larraz	Universidad de San Jorge
● D. Fernando Quero	Universidad Politécnica de La Almunia
● Dña. Angela Laguna ● Dña. Marian Arilla ● Dña. Lidia Artola	Vea Qualitas Vea Qualitas Vea Qualitas
● D. Luis Monge	VESTAS
● Dña. Susana Val Blasco	Zaragoza Logistics Center
● D. Zoilo Ríos Torre	Zoilo Ríos S.A.

La Fundación para el Desarrollo de Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón agradece a los miembros del Patronato todo su apoyo durante estos dos años y medio de andadura.

- Presidente. Excmo. Sr. D. Arturo Aliaga López
Consejero de Industria, Comercio y Turismo
GOBIERNO DE ARAGÓN, Departamento de Industria, Comercio y Turismo

- Vicepresidente. Ilmo. Sr. D. Carlos Javier Navarro Espada
Director General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa
GOBIERNO DE ARAGÓN, Departamento de Industria, Comercio y Turismo

- D. Pedro Viralta Wolgeschaffen
Director de Investigación y Desarrollo. Abello Linde S.A.

- D. Emilio Domingo Aquilué
Director General. Air Liquide - Oerlikon Soldadura, S.A.

- D. José Miguel Guinda García
Consejero Delegado. Airtex Products, S.A.

- D. Jesús Collantes Vivancos
Director General. Aragonesas Industrias y Energía, S.A.

Agradecimientos

- D. Francisco Bono Ríos
Presidente. ARAMON, Montañas de Aragón

- D. Carlos Iglesias Estaún
Alcalde. Ayuntamiento de Sabiñánigo

- D. Joaquín Torres Ramos
Director del Área de Relaciones Institucionales. CAI, Caja de Ahorros de la Inmaculada

- D. Bruno Catalán Sebastián
Presidente. CAJALÓN, Caja Rural de Aragón

- D. Santiago Gregorio Les
Apoderado - Director. CEASA, Compañía Eólica Aragonesa, S.A.

- D. Salvador Domingo Comeche
Decano. Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y Rioja

- D. Juan Ignacio Larraz Plo
Decano. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Aragón

- D. Carlos Martínez Alonso
Presidente. CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

● D. Tomás Álvarez Tejedor
Subdirección. General de producción, Ciclos Combinados. ENDESA GENERACIÓN, S.A.U.

● D. Victoriano Herraiz Franco
Alcalde de La Almunia de Doña Godina. Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia de Doña Godina

● D. Antonio Félix Valero Capilla
Director. FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos

● D. Pedro Larraz Alonso
Responsable de I+D+I. Director de Desarrollo Corporativo de la Universidad de San Jorge. Fundación San Valero

● D. Félix Casas Fanlo
Director. GALA SOL S.A.

● D. José Ramón Largo Seisdedos
Gerente Delegación Nordeste. GAMESA Energía y presidente (en funciones) de la Asociación de Promotores de Energía Eólica de Aragón

● D. Augusto Fernández Guaza
Presidente. GEA, General Eólica Aragonesa

● D. José María Garrido Vallejo
Gerente de Relaciones Institucionales. GENERAL MOTORS ESPAÑA, S.L.

Agradecimientos

- Ilma. Sra. D^a. Teresa Santero Quintillá
Directora Gral. de Política Económica. GOBIERNO DE ARAGÓN, Departamento de Economía, Hacienda y Empleo

- Ilmo. Sr. D. Jesús Santamaría Ramiro
Director Gral. de Investigación, Innovación y Desarrollo. GOBIERNO DE ARAGÓN, Dpto de Ciencia, Tecnología y Universidad

- D. Carlos Oehling Durán
Presidente. Going Investment S.A.

- D. Justo Comadira González
Director General. Grupo Empresarial Lapesa, S. L.

- D. Javier Del Pico Aznar
Director de Energía. Grupo SAMCA

- D. Antonio Gasió Aguilar
Director Gerente. IAF, Instituto Aragonés de Fomento

- D. Juan Ramón López Laborda
Director. IDOM Zaragoza, S.A.

- Ilmo. Sr. D. Manuel Muniesa Alfonso
Director Gerente. Instituto Tecnológico de Aragón

● D^a. María López Motlló
Directora de Medio Ambiente en Aragón. Intecsa-Inarsa, S.A.

● D. Fernando Rodiño González
Director General. Itevelesa

● D. Carlos Martín Lafuente
Director de Operaciones. Lecitrailer, S.A.

● D. José Luis Latorre Martínez
Director. Parque Tecnológico WALQA, S.A.

● D. Rafael Calvera Larriba
Apoderado. Soldadura Calvera S.L.

● D. Emilio París Cester
Apoderado. Syder - Renovalia 2005

● D. José Luis Giménez Garcés
Director Nuevos Desarrollos. TAIM-TFG, S.A.

● D. Rafael Fernández de Alarcón Herrero
Consejero Delegado. TUZSA, Transportes Urbanos de Zaragoza, S.A.U.

Agradecimientos

- Excmo. Sr. D. Felipe Petriz Calvo
Rector Magnífico. Universidad de Zaragoza

- D. Carlos Pérez Caseiras
Director I+D. Valeo Térmico S.A.

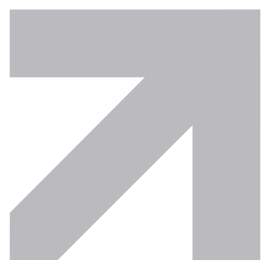
- D^a. Ángela Laguna Abad
Directora General. Vea Qualitas S.L.

- D. Luis Monge Güiz
Director de Desarrollo de Negocio. Vestas Eólica, S.A.U.

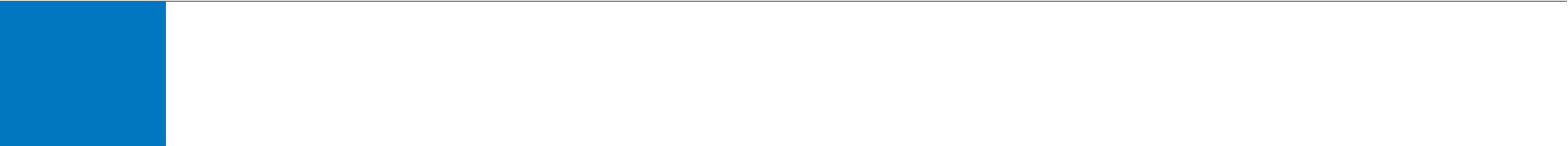
- D. David Briceño Viviente
Consejero. Zarsol, S.L.

- D. Zoilo Ríos Torre
Director General. Zoilo Ríos, S.A.

Plan Director del Hidrógeno en Aragón



bibliografía



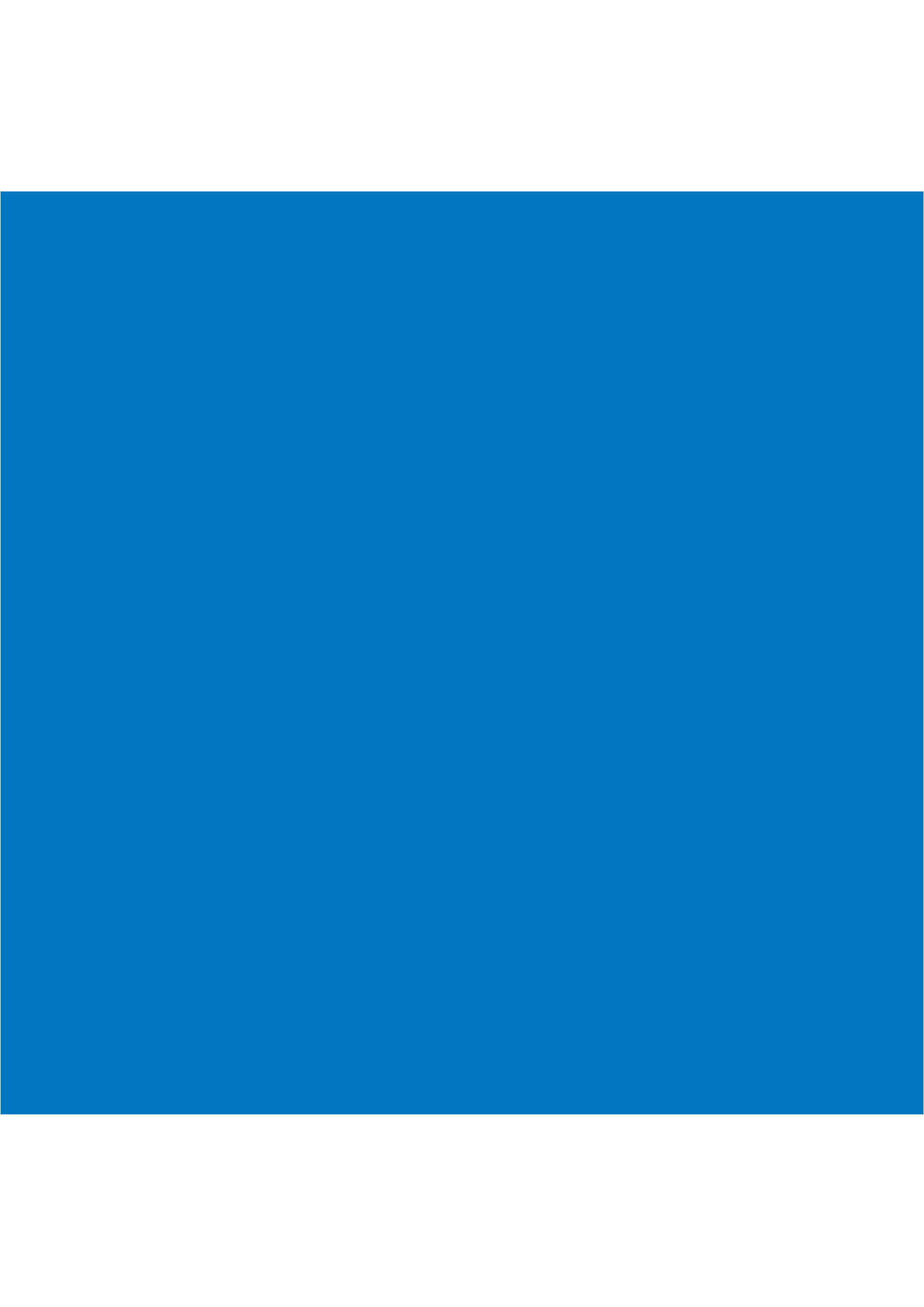
Bibliografía

- "Hydrogen Energy and Fuel Cells. A vision of our future", Comisión europea, 2003
- "Towards a European Hydrogen Energy Roadmap", HyNET Partners, 2004
- "Iniciativa Freedom Car", Departamento de Energía de los EEUU, 2002
- "Strategic Research Agenda - SRA", Plataforma Europea de Hidrógeno y Pilas de Combustible, 2005
- "Deployment Strategy - DS", Plataforma Europea de Hidrógeno y Pilas de Combustible, 2005
- "Strategic Overview", Plataforma Europea de Hidrógeno y Pilas de Combustible, 2005
- "Implementation Plan", Plataforma Europea de Hidrógeno y Pilas de Combustible, 2006
- "Estudio de Prospectiva en Hidrógeno y Pilas de Combustible", Fundación OPTI, 2005
- II Plan Autonómico de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Conocimientos de Aragón 2005 - 2008. Gobierno de Aragón, 2004
- "Plan Energético Aragón 2005-2012". Gobierno de Aragón, 2005
- I. Zabalza, A. Valero, S. Scarpellini, "Hidrógeno y pilas de Combustible, Estado de la Técnica y posibilidades en Aragón", Fundación para el desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón, 2005

-
- "Informe sobre la situación económica y social de Aragón. Año 2005", Consejo Económico y Social de Aragón CESA, 2006
 - Informe de Datos Básicos de Aragón. Instituto Aragonés de Estadística (IAEST), 2006
 - "Preliminary Hydrogen Opportunities Report", Manitoba Hydrogen Development Initiative, 2003
 - "Efectos del empleo de las Pilas de Combustible en los vehículos a motor en Nordrhein-Westfalen". Instituto Fraunhofer, 2002
 - Plataforma Europea del Hidrógeno (<https://www.hfpeurope.org>)
 - Plataforma Española del Hidrógeno (<http://www.ptehpc.org>)
 - Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (<http://www.opti.org>)
 - Asociación Española del Hidrógeno (<http://aeh2.org>)
 - Asociación Española de Pilas de Combustible (<http://www.appice.es>)
 - Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón (<http://www.hidrogenoaragon.org>)
 - Proyecto CUTE (<http://www.fuel-cell-bus-club.com>)
 - Proyecto Hyways (<http://www.hyways.de>)

Bibliografía

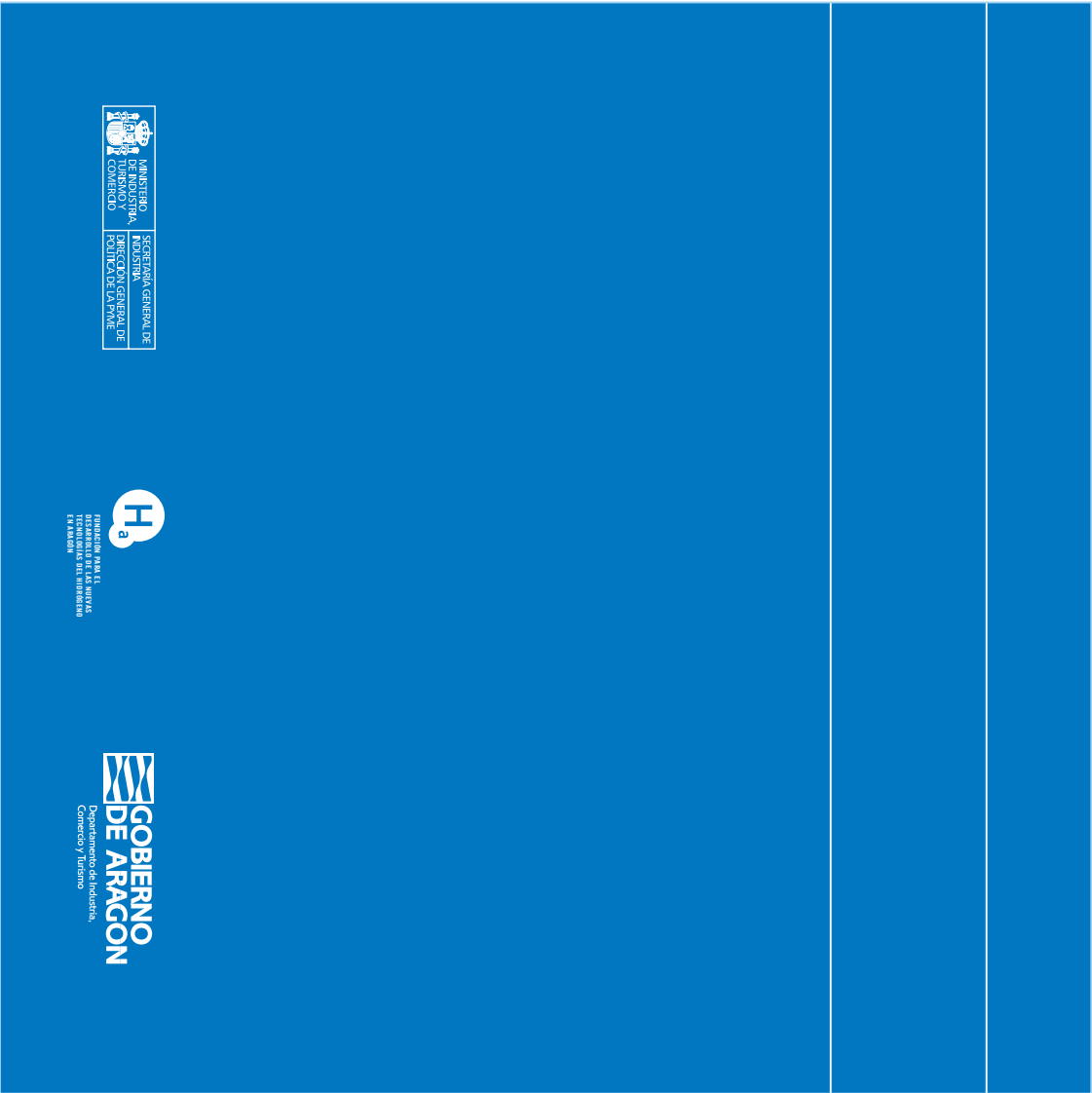
- Proyecto Roads2hycom (<http://www.roads2hy.com>)
- Proyecto Hylights (<http://www.hylights.org>)
- Proyecto ZeroRegio (<http://www.zeroregio.com>)
- Departamento de energía de Canada. Informe Manitoba (<http://www.gov.mb.ca/est/energy/hydrogen>)
- Fuel Cell Today (<http://www.fuelcelltoday.com>)
- Servicio de información de la UE. Área de energía (<http://cordis.europa.eu/sustdev/energy/home.html>)
- Instituto de Diversificación y Ahorro Energético (<http://www.idae.es/>)
- Centro Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (<http://www.ciemat.es/>)



➤ Plan Director del Hidrógeno en Aragón



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



↗ Plan Director del Hidrógeno en Aragón



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

