Oportunidades de la Econonomía del Hidrógeno para las PYME en Andalucía

Andalucía se mueve con Europa

Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía IDEA
CONSEJERÍA DE EMPLEO, EMPRESA Y COMERCIO

Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Esta actuación está

financiada por la Subvención

Global Innovación-Tecnología-Empresa

de Andalucía 2007-2013,

cofinanciada en un 80% por el

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

e incorporada en el Programa Operativo

FEDER Andalucía 2007-2013

Este documento es propiedad de la Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía IDEA.

Documento elaborado por la Asociación Española del Hidrógeno. Se citan a continuación los autores del documento:

Sagrari Miguel Montalvá

Rafael Luque Berruezo

Maribel Rodríguez Olmo

David Solera Rico

Edición y maquetación: Asociación Española del Hidrógeno.

Noviembre 2015

Agradecimientos:

A los miembros de la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE HPC) por su colaboración y contribuciones al informe "Expectativas de creación de empleo para el hidrógeno y las pilas de combustible en España" (noviembre 2013), que ha servido de referencia para la elaboración del presente documento.

Muy especialmente a Dña. África Castro Rosende, por sus contribuciones.

Contenido

1. Resumen ejecutivo 6

2. Antecedentes: ¿Por qué es necesario impulsar las tecnologías del hidrógeno en España y en Andalucía? 9

3. Análisis de la situación actual en España y en Andalucía 15

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN ESPAÑA 16

- Identificación de barreras 16
- Detección de oportunidades 20

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN ANDALUCÍA 22

- Potencialidades de la Comunidad Autónoma de Andalucía 22
- Debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades para el sector hidrógeno en Andalucía 24
- Objetivos de Andalucía para 2020 26

¿Quién es quién en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible? 27

- Tipo de entidades miembro de la Plataforma 28

4. Estado de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía. Capacidades Tecnológicas en I+D+i 30

Principales actores en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía 30

- Grupos de I+D+i 30
- Empresas 31
- Agentes en la economía del hidrógeno en Andalucía 35

Estructura de las competencias de I+D+i en Andalucía 47

Análisis de la I+D+i en Andalucía: 48

- Inversión en I+D+I en Andalucía 48

5. Agentes en la economía del hidrógeno a nivel internacional 52

6. Mercado internacional del sector del hidrógeno y de las pilas de combustible 58

7. Posibilidades para la economía en Andalucía y oportunidades de negocio..64

Los factores económicos y su contribución al desarrollo y la creación de empleo.....65

- La población.....65
- Los sectores productivos 65
- Las empresas.....66
- El sistema de I+D+i 66
- Las infraestructuras económicas 70

Los recursos territoriales y su contribución al desarrollo y la creación de empleo. 70

Datos de la economía andaluza: el PIB, las empresas y el empleo. 71

Estimaciones de empleo 72

Impacto sobre otros sectores 77

Impacto sobre exportaciones e importaciones. 78

8. Oportunidades para las PYME en Andalucía 80

Oportunidades para las PYME en Horizonte 2020. 80

- Antecedentes 80
- Objetivo político: 81
- El instrumento PYME: 82
- "Acceso a financiación de riesgo" 83
- Otras oportunidades para las PYMEs 83

- Conclusiones. 84

Oportunidades para las PYME mediante fondos FEDER. Marco financiero plurianual 2014-2020. 85

- Antecedentes 85

- Apoyo a la adaptación del sistema productivo a actividades de mayor valor añadido mediante la mejora de la competitividad de las PYME 88

- Uso más eficiente de los recursos naturales 90

Factores que contribuirán a obtener unos buenos resultados 91

Oportunidades del Hidrógeno como nicho de mercado para las empresas. 94

9. Beneficios ambientales 100

10. Beneficios indirectos de la generalización del hidrógeno 102

11. Acrónimos y abreviaciones 104

12. Documentos citados 105

13. Bibliografía relacionada de la AeH2 y de la PTE HPC 105

ANEXO 1 - Proyectos de I+D+i en el sector de hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía 107

ANEXO 2 - Listado de entidades miembros de la PTE HPC 116

ANEXO 3 - Estimaciones de empleo para el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible en España 120

ANEXO 4 - INICIATIVAS DE FOMENTO DE LAS INFRAESTRUCTURAS DEL HIDRÓGENO 125

1. Resumen ejecutivo

El hidrógeno es un combustible alternativo, limpio y sostenible que facilita el aprovechamiento de las energías renovables en la economía mundial. La implantación a gran escala de una Economía del Hidrógeno vendría a cambiar el paradigma energético, económico y político actual, al "democratizar" la producción de un combustible alternativo al petróleo. Cada nación, cada región o cada localidad, pueden emplear el hidrógeno como combustible para sus industrias, hogares y transporte, lo cual empieza a vislumbrarse: los fabricantes más importantes del mundo anunciaban en 2012 la comercialización de vehículos con pila de combustible para el año 2015 en Asia y para el año 2020 en Europa y América. Hyundai ha comenzado ya a vender coches de hidrógeno (FCEV) en EEUU, Europa y Canadá; Toyota ha empezado también la venta en EEUU, en 2014, y para el año 2015 comenzará la comercialización en Europa.

En el caso de España, y en concreto de Andalucía, la gran capacidad existente en el área de energías renovables nos sitúa en una posición muy favorable en el futuro mercado de las tecnologías del hidrógeno.

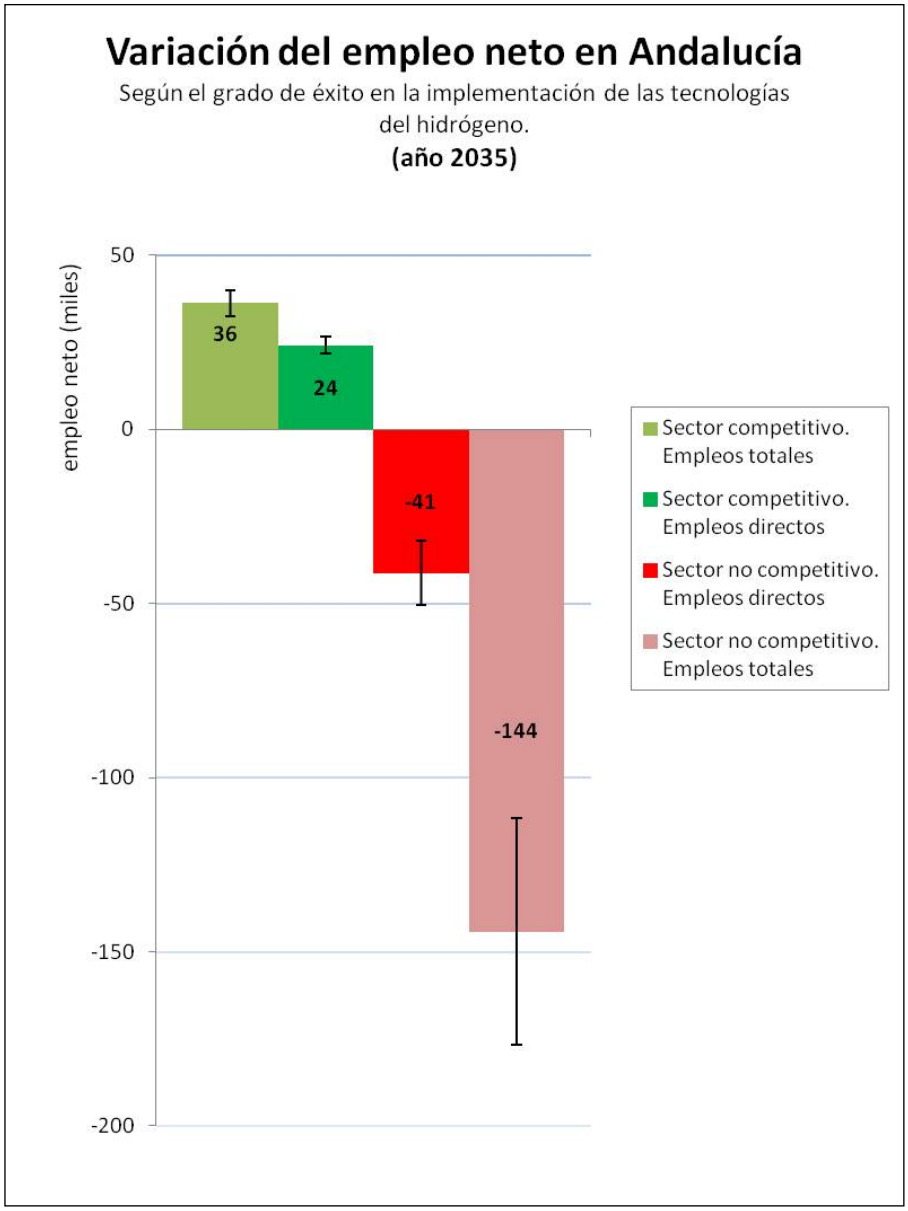
La utilización del hidrógeno como vector energético puede repercutir muy favorablemente en Andalucía, por las enormes expectativas de creación de empleo, y dado que en esta Comunidad hay un tejido empresarial con alto potencial para aprovechar esta nueva oportunidad tecnológica. En el sector del hidrógeno y sus tecnologías asociadas (energías renovables, pilas de combustible, etc.), surgen oportunidades de negocio que podrán aprovechar tanto las empresas existentes como otras nuevas que podrán crearse. De la "puesta en mercado" de este desarrollo tecnológico surgirán nuevas patentes, contratos, ventas y puestos de trabajo, que contribuirán al desarrollo de Andalucía.

El presente documento cumple con un doble objetivo:

- Informar de la importancia que pueden tener los avances en las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible sobre la economía nacional y andaluza, y en particular sobre el empleo.
- Analizar las oportunidades que podrían ofrecer los diferentes desarrollos y avances en estas tecnologías para las PYME en la región andaluza. Las PYME son un vector fundamental para la recuperación del crecimiento y el empleo en Europa y, en ese sentido, tienen el potencial y la agilidad necesaria para aportar innovaciones tecnológicas revolucionarias y servicios innovadores al mercado.

Las estimaciones de empleo se basan en datos estadísticos del ámbito andaluz y español, y en varios estudios específicos sobre el impacto en la creación de empleo de las tecnologías del hidrógeno en la Unión Europea y en Estados Unidos.

Con las medidas de apoyo adecuadas, se podrían crear en Andalucía 36.000 empleos netos, mientras que **se podría sufrir la pérdida de más de 140.000 empleos en 2035 si las decisiones en el corto plazo no son las adecuadas**. Necesariamente la cuantificación se basa en estimaciones que conllevan un cierto grado de incertidumbre en las cifras.



La ganancia en el empleo se produciría sobre todo en el sector energético y en nuevos sectores emergentes, mientras que la severidad del efecto negativo tiene que ver con la gran implantación del sector del automóvil en España: se considera que el automóvil con pila de combustible será la primera gran aplicación del hidrógeno en desarrollarse, y los empleos de hoy correrían serio peligro si el sector no se renovara adecuadamente.

Figura 1.Proyección de la variación del empleo neto en Andalucía en 2035 según los distintos escenarios supuestos.

Como se detalla a lo largo del presente documento, **Andalucía cuenta con una gran capacidad tecnológica en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible**, a través de sus empresas, centros de investigación y agentes sociales. Se encuentra **preparada para mantener un papel de liderazgo en el desarrollo de la tecnología, la fabricación de equipos y la instalación de infraestructuras en este ámbito.**

Varias son las **oportunidades y fortalezas que hacen de Andalucía una de las regiones fuertes y destacables en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible, características que ayudarán a lograr a corto plazo una Economía del Hidrógeno, a generar numerosos y cualificados empleos, oportunidades de negocio y expectativas de mercado y de creación de nuevas empresas**:

- Andalucía cuenta con buenos recursos solares: podría producir abundante energía solar a menor coste que en el resto de Europa, y más fácilmente transportable (vía hidrógeno) que la producida en el norte de África.
- Es la segunda Comunidad Autónoma Española en producción de electricidad por energía solar. Así mismo, disfruta de un buen posicionamiento en producción de electricidad por energía eólica.
- Existencia de numerosos proyectos piloto en el campo del hidrógeno y pilas de combustible.
- Existencia de empresas cuyo objetivo es desarrollar tecnología en el campo del hidrógeno y las pilas de combustible.
- Apoyo político: respaldo del Gobierno Andaluz por diversas vías: desde al apoyo a la investigación (instalaciones del INTA en Huelva desde 1990) hasta el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2017-2013 (PASENER), donde se considera al hidrógeno como un vector relevante para dar respuesta a las necesidades de abastecimiento energético de la sociedad andaluza.
- Reducción de emisiones muy importante, por la eficiencia de las pilas de combustible y por la producción de hidrógeno renovable.
- Mayor desarrollo de energías renovables, por la producción de hidrógeno con los excedentes.
- Nuevos mercados para la industria auxiliar del automóvil.
- Oportunidad de sinergias con sectores bien implantados en Andalucía, como por ejemplo el sector aeroespacial en lo referente a fabricación de componentes para pilas de combustible.

2. Antecedentes: ¿Por qué es necesario impulsar las tecnologías del hidrógeno en España y en Andalucía?

El hidrógeno es un vector energético versátil que puede obtenerse de diversas fuentes y que, sin ser contaminante, es útil para la producción de energía eléctrica, mecánica y calorífica de alto rendimiento. Se trata de un elemento muy apropiado para las energías renovables intermitentes que requieren un sistema de almacenamiento limpio y eficiente. Todas estas cualidades, especialmente la seguridad de suministro, la eficiencia y las emisiones nulas, convierten al Hidrógeno en un combustible ideal para hacer frente a la necesidad de reducción de emisiones de CO_2 y al aumento de la cuota de consumo energético del sector transporte mundial.

El hidrógeno se trata de un combustible alternativo, limpio y sostenible, muy interesante y con muchas posibilidades de potenciar las energías renovables en la economía mundial. Es incuestionable que la posibilidad de que lleguemos a una Economía del Hidrógeno vendría a cambiar el paradigma energético, económico y político actual, al "democratizar" la producción de un combustible alternativo al petróleo. Cada nación, cada región o cada localidad, pueden emplear el hidrógeno como combustible para sus industrias, hogares y transporte, lo cual empieza a tomar ya visos de realidad: los fabricantes más importantes del mundo anunciaban en 2012 la comercialización de vehículos con pila de combustible para el año 2015 en Asia y para el año 2020 en Europa y América. Cabe destacar que Hyundai ha comenzado ya a vender FCEV en EEUU, Europa y Canadá; Toyota ha empezado también la venta en EEUU, en 2014, y para el año 2015 comenzará la comercialización de dicho vehículos alrededor de Europa.

Sin embargo, la introducción del hidrógeno en el sistema energético no puede suceder de manera total e inmediata, ya que existen todavía importantes barreras económicas, tecnológicas e institucionales que superar. En el caso de España, su gran capacidad en el área de energías renovables la sitúa en una posición muy favorable en el futuro mercado de las tecnologías del hidrógeno. No obstante, el éxito en su implantación dependerá en gran medida del comportamiento del sector y del apoyo público con el que cuente: se considera fundamental el apoyo político, tanto en la promoción de infraestructuras, como en la compra pública innovadora, en los

desarrollos tecnológicos en I+D, así como mediante las acciones de demostración, para ir concienciando a los distintos sectores y a la sociedad en general.

Es indudable el potencial que la utilización del Hidrógeno como vector energético puede repercutir en la Comunidad Autónoma Andaluza, dado que en ella hay un tejido empresarial latente de alto potencial, fácilmente reorientable hacia esta nueva oportunidad tecnológica. Para el desarrollo del negocio, es necesaria la transformación de la tecnología disponible en productos para el consumidor; se requieren empresas (pequeñas, medianas y grandes) en toda la cadena del producto; y la consideración del hidrógeno como un producto local conllevará, necesariamente, la aparición de empresas especializadas de carácter local. Es decir, bajo el amparo del hidrógeno y sus tecnologías asociadas (energías renovables, pilas de combustible, etc.), surgen oportunidades de negocio que podrán aprovechar tanto las empresas existentes como otras nuevas que vayan surgiendo. Más aún, hablamos de actividades ligadas a la investigación y al desarrollo, nuevas ideas y proyectos, que favorecerán negocios de alto valor añadido. Además, de este desarrollo tecnológico surgirán patentes, contratos, ventas y puestos de trabajo, que contribuirán al desarrollo de España y, en este caso, de la Comunidad Autónoma andaluza.

¿Por qué impulsar la implantación de las tecnologías del hidrógeno en España?

- Las ventajas del hidrógeno en materias como la **mayor eficiencia energética**, la seguridad de suministro y las emisiones son evidentes, siendo argumentos que por sí solos justifican el apoyo político, pero que no "financian" la inversión necesaria para la introducción de esta tecnología.

- Sería necesario incrementar la **concienciación social sobre el hidrógeno y las pilas de combustible,** a la vez que se aumenta el conocimiento de la tecnología por parte de las empresas, posibles usuarias y suministradoras de la misma. Esta tarea de divulgación y concienciación debe hacerse desde todos los agentes del sector aunque ganará en credibilidad si existe apoyo de organismos oficiales enfocados al bienestar social.

- Con el esfuerzo adecuado, Andalucía **tiene posibilidades de alcanzar un papel de liderazgo en el mercado** de estas tecnologías, particularmente, en producción de hidrógeno a partir de energías renovables, así como en componentes para las pilas de combustible y los nuevos vehículos que las incorporan.

- **Impacto en el crecimiento económico y en el empleo:** La introducción de estas tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en el sistema energético mundial afectará a la economía europea, y en particular a parámetros como el empleo, el PIB y el balance de costes de esta tecnología con respecto a las tradicionales. El mayor efecto directo sobre el empleo se verá en la industria del automóvil, y en una menor proporción en el sector de maquinaria y equipos. Si la industria del automóvil de hidrógeno se estableciera firmemente en España, podrían crearse más de 200.000 nuevos puestos de trabajo para 2030. Si, por el contrario, nuestro país se quedara atrás y esta industria redujera o suprimiera su actividad, la pérdida de empleo podría superar ampliamente el medio millón de puestos. Por tanto, la transición hacia el hidrógeno ofrece una oportunidad económica para fortalecer la posición de España en la fabricación de vehículos y equipos energéticos, pero en el caso de que España no mantuviera su posición en el mercado del automóvil mundial este crecimiento económico se volvería negativo. Para Andalucía esta situación es a la vez una amenaza y una oportunidad, pues la industria auxiliar de automoción andaluza puede avanzar respecto a su situación actual. Al tratarse de componentes de alta tecnología, puede ser especialmente una oportunidad la colaboración entre este sector y el sector aeroespacial, pues este último tiene una fuerte presencia en Andalucía y dispone de capacidades que podrían ser aprovechadas.

- La **alta disponibilidad de recursos renovables,** la experiencia en la explotación de los mismos, unida al gran potencial investigador y empresarial que caracterizan a Andalucía, dotan a esta Comunidad Autónoma de una clara oportunidad de expansión en las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible.

- **Otros países industrializados y en desarrollo ya tienen un plan específico** para fomentar esta tecnología, pues uno de los principales obstáculos para su desarrollo es la paradoja de que si no existe producción no habrá consumo y viceversa. Planes públicos que incluyen inversiones definidas y vinculantes hacen que otras entidades privadas se muestren más dispuestas a invertir y así alcanzar un umbral mínimo que supere este bloqueo.

En países como España, con un importante sector de fabricación de vehículos y componentes de automoción, se presenta un dilema: tomar partido, con inversiones arriesgadas en nuevas tecnologías que le permitan entrar a tiempo en el mercado de vehículos de hidrógeno y mantener las exportaciones en el sector, o bien no hacerlo, perdiendo así la oportunidad de entrar en el mercado a tiempo.

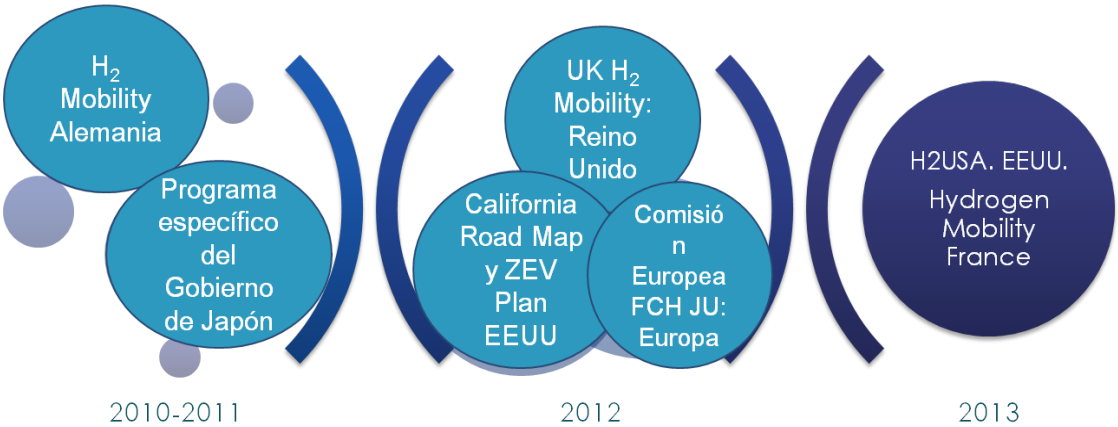
Muchos fabricantes de automóviles han decidido que en el año 2015 iniciarán la producción de pequeñas series de vehículos eléctricos de pila de combustible (FCEV, *Fuel Cell Electric Vehicles*). Para que estos vehículos se puedan utilizar en un

determinado país es necesaria la existencia de una infraestructura de repostaje de hidrógeno, estaciones de servicio también conocidas como "hidrogeneras". Algunos países, entre los que se encuentran EE.UU., Japón, Alemania, Reino Unido, Francia o Dinamarca disponen de programas de apoyo al desarrollo de la tecnología y la industria del sector hidrógeno y pilas de combustible. Hay que señalar que la mayoría de estos programas están enfocados al desarrollo e implantación de una infraestructura de estaciones de servicio de hidrógeno, cuyo objetivo es, sin lugar a dudas, crear un ambiente económico favorable para la apuesta por el vehículo de pila de combustible. Así, durante 2015-2020, periodo en el que se prevé comience la fase de pre-comercialización de los FCEV, dichos países estarán preparados para la utilización de los FCEV; del mismo modo es importante destacar que los números de empleo relacionados con el sector transporte relacionado con hidrógeno se verán incrementados.

Los diferentes países que ya son punteros en el desarrollo de estas tecnologías están llevando a cabo planes para implantar el vehículo de pila de combustible y una infraestructura de estaciones de servicio de hidrógeno. Estos planes están orientados a medio y largo plazo, con el objetivo de que el desarrollo comercial de las tecnologías arranque en 2015 y que posteriormente estén asentadas entre 2025 y 2030. La industria automovilística está acompañando a estos planes: todos los fabricantes están aliándose para tener desarrollado un modelo comercial de vehículo en 2015. En particular empresas como Hyundai ya han avanzado de manera importante la inclusión en sus líneas de producción del vehículo de pila de combustible.

Todas estas iniciativas tanto estatales como de la industria son un motor para crear puestos de trabajo relacionados con las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible, y una oportunidad para los países promotores de ser líderes de una industria de futuro. (para más información consultar el Anexo 4)

Figura 2: Iniciativas de fomento de las infraestructuras del hidrógeno. Fuente: Expectativas de creación de empleo en hidrógeno y pilas de combustible en España. PTE HPC 2013.



¿Cuál es la situación en España comparada con los países líderes en tecnologías del hidrógeno? ¿Qué futuro se le plantea al sector español?

En España no existe ningún programa específico de apoyo al desarrollo de la tecnología y la industria del sector hidrógeno y pilas de combustible, y por lo tanto tampoco existe un plan de implantación de los FCEVs ni de desarrollo de hidrogeneras. Si esta situación no cambia y, como está planificado, en 2015 los vehículos de pila de combustible son ya una realidad, esos vehículos sólo podrán ser utilizados en unas zonas muy limitadas de nuestro país (actualmente en España existen solo 5 hidrogeneras operativas: Huesca, Zaragoza, Sevilla, Albacete y Soria).

Por otra parte son muy pocas en el mundo las empresas con tecnología disponible para la implantación y puesta en marcha de hidrogeneras, estando actualmente centradas en los países anteriormente mencionados, cumpliendo sus planes de infraestructuras. Por lo tanto, cuando España tome la decisión de crear su propia red de hidrogeneras podría, si lo hace tarde, no disponer de empresas españolas con tecnología adecuada.

Aunque España es un país importante en Europa en cuanto a número de vehículos fabricados, los centros de decisión están fuera de nuestro país. Por lo tanto la tecnología de los FCEV se está desarrollando fuera de nuestras fronteras.

El despliegue de las estaciones de servicio de hidrógeno podría estar más cercano para los países miembros de la CE. **El 28 de octubre de 2014** se publicaba en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) la Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre, relativa a la implantación de una infraestructura para combustibles alternativos.

Según nota de prensa publicada por la Comisión Europea el pasado 29 de septiembre de 2014, los Estados miembros disponen de dos años para presentar sus marcos de políticas nacionales. La Comisión evaluará e informará sobre los marcos de políticas nacionales con el fin de garantizar la coherencia a nivel de la Unión Europea. La UE ha establecido nuevas normas:

- ✓ Se exige a los Estados Miembros la elaboración y presentación de sus marcos de políticas nacionales para facilitar el desarrollo de una infraestructura de suministro de combustibles alternativos, hasta finales de 2016.
- ✓ La Directiva prevé las especificaciones técnicas para los puntos de recarga y/o estaciones de servicio de los combustibles.

- ✓ Se requiere la transferencia de información a los consumidores sobre la tipología de combustible a utilizar según vehículos, incluyendo una comparativa de precios respecto a los combustibles convencionales. Además,
- ✓ Los Estados Miembros deberán asegurar la información y publicidad de la localización geográfica sobre los puntos de recarga y de suministro.

La aprobación de esta Directiva supone un gran avance para el crecimiento y desarrollo del sector del hidrógeno y de las pilas de combustible, tanto a nivel Europeo como nacional. España podría aprovechar esta oportunidad para planificar el despliegue de estaciones de servicio con hidrógeno alrededor del territorio nacional, que es condición imprescindible para que los vehículos puedan comercializarse. Nuestro país debería ver esta obligación como una oportunidad, y coordinar para ello a las administraciones con el sector.

Figura 3: Estación de servicios de hidrógeno (hidrogenera). Fuente: Expectativas de creación de empleo en hidrógeno y pilas de combustible en España. PTE HPC 2013.

Si tomamos como referencia aquellos países que han adoptado una postura de liderazgo en el mundo en las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible, tanto a nivel económico como de mercado (ver apartado 5 del presente documento), se podría afirmar que España **necesitaría llevar a cabo diferentes actividades y desarrollos, a corto-medio plazo, para conseguir avanzar hacia una economía del hidrógeno**. Se citan a continuación

- ✓ Establecimiento de un Plan Nacional de apoyo al sector del hidrógeno y pilas de combustible: definición de programas de trabajo específicos, con caracterización de líneas estratégicas de investigación y de financiación, de apoyo al desarrollo de actividades relacionadas con el sector.
- ✓ Establecimiento de una Hoja de Ruta.
- ✓ Mayor implicación de las autoridades tanto a nivel local, regional y estatal.
- ✓ Desarrollo de iniciativas (mediante consorcios público privados) para el fomento e implantación de infraestructuras de repostaje.
- ✓ Mayor inversión pública y privada para favorecer el desarrollo de la I+D necesaria en el sector.

3. Análisis de la situación actual en España y en Andalucía

Este apartado muestra el estado actual del sector del hidrógeno y de las pilas de combustible en el contexto en el que España se encuentra, así como un análisis del sector para el caso concreto de Andalucía.

En primer lugar, y para el caso de España, se describen de manera detallada, por una parte, cuáles son las **barreras y/o factores** que frenan y dificultan el desarrollo del sector, y por otra parte, cuáles son las **oportunidades que España debería aprovechar** para conseguir un impulso y desarrollo de la tecnología, para avanzar hacia un liderazgo tecnológico y de competitividad en el sistema energético español y europeo, y particularmente para conseguir la generación de nuevos puestos de trabajo en España. Todo ello, según el informe "*Expectativas de creación de empleo en hidrógeno y pilas de combustible en España*" elaborado por la PTE HPC en Noviembre de 2013, que es fruto del trabajo realizado por los expertos miembros de la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE HPC), en representación de todo el sector nacional con actividad en las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible. Las conclusiones de dicho informe suponen un punto de partida clave para informar a toda la sociedad de la importancia que pueden tener los avances y el desarrollo del sector del hidrógeno y de las pilas de combustible, así como el efecto que tendrá en el empleo el posicionamiento que tome España en este sector, que podrá ser decisivo para ayudar a impulsar la economía nacional.

En segundo lugar, se ha realizado un análisis del sector en Andalucía. Se destacan así cuáles han sido y son las potencialidades para la Comunidad Andaluza, en materia de hidrógeno y pilas de combustible, que han logrado posicionar a Andalucía en una situación óptima en relación a las actuaciones a favor del desarrollo del sector del hidrógeno y de las pilas de combustible, promoviendo y apoyando proyectos e iniciativas en dicho ámbito; se pone por tanto de manifiesto que Andalucía ha apostado por un cambio en el paradigma energético.

Además, se describen y analizan las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFOs) para la región de Andalucía.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN ESPAÑA

Identificación de barreras

Se consideran barreras a todos aquellos factores externos que frenan el desarrollo de una tecnología. Se han identificado y se recopilan a continuación algunas de las barreras que afectan al sector del hidrógeno y de las pilas de combustible en general, así como otras específicas por subsectores (identificadas según los grupos de trabajo de la PTE HPC):

Identificación de barreras para el sector general

Baja Implicación/apuesta política hacia el desarrollo de la tecnología

- En España existe falta de apoyo por parte de las Administraciones.
- Sería necesaria la aprobación de un Plan Nacional de Implantación de *Tecnologías del Hidrógeno y Pilas de Combustible en España*

Falta de conocimientos

- Una gran parte de la sociedad española desconoce el uso del H2 y sus tecnologías.
- Es preciso incluir planes educativos en colegios y universidades para crear las profesiones del futuro.

Baja actividad relacionada con el uso de mezclas de hidrógeno con gas natural

- Actualmente se están promoviendo legislaciones que ponen trabas al uso de este tipo de mezclas
- El uso del H2 mezclado con gas natural es de gran rentabilidad, por lo que es necesario desarrollar en España un mercado de hidrógeno energético amplio, abierto y ágil que facilite nuevas instalaciones

Dificultad de legalización de instalaciones

- Existe en España una gran disparidad de criterios y trámites dependiendo de las regiones.
- Se requieren organismos de certificación de instalaciones de Hidrógreno que certifiquen de forma homogenea ante la administración.

Altos costes

- Costes de las tecnologías muy elevados y falta de capital público y privado para implantar las instalaciones.
- Se requiere aumentar el conocimiento del "gran público" y que España aumente las inversiones en I+D+i.

Falta de recursos adecuados

- En España destaca la falta de apoyo público a los proyectos de Hidrógeno
- Necesitades de mejora en la estandarización de la composición del hidrógeno producido y de trasladar la normativa de gases industriales a una normativa específica para uso del hidrógeno energético. Homologación de dicha normativa en todo el territorio europeo.

Identificación de barreras para cada subsector

Sector	Barrera específica	Métodos/causas/ más información
Producción	Falta de incentivos a aplicaciones de estabilización de red	Mediante tasas, tarifas, apoyo a proyectos piloto de iniciativa pública, etc.
	Necesidad de reducción de los costes de producción del hidrógeno para hacerlo competitivo entre los combustibles actuales.	Este punto se mejorará cuando se produzca H2 a gran escala
	Necesidad de mayores incentivos a los agricultores e industrias que generen biomasa para su recogida, almacenamiento y transporte.	Este tema es de especial importancia para aquella biomasa de origen vegetal (podas, paja, clareo de montes, etc.) que es aprovechable en procesos de gasificación y pirólisis.
	Freno de incentivos a las energías renovables por parte del Gobierno Español	Consecuentemente producirá un freno en el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno como medio de almacenamiento de energías renovables.
Almacenamiento y distribución	Ausencia de normativa específica y estándares de certificación.	En materiales y sistemas de almacenamiento y distribución de Hidrógeno.
	Ausencia de incentivos.	Aplicaciones de estabilización de red (tasas, tarifas...)
	Escasez de infraestructuras de distribución por tubería de Hidrógeno.	No existe una previsión de implantación de una red de hidrogeneras en España
	Percepción social de peligro.	A causa del desconocimiento general de las tecnologías de Hidrógeno

Sector	Barrera específica	Métodos/causas/ más información
Subsector vehículos: transporte e infraestructuras	Poco presupuesto específico.	Falta de fondos para la aplicación del hidrógeno y las pilas de combustible en transporte.
	Elevado coste.	Debido a que se tiene que emplear hidrógeno muy puro y al alto coste de la ingeniería asociada al desarrollo y mantenimiento de los vehículos de pila de combustible.
	Escasez de normas, especificaciones y estandarización.	En materia de equipamiento, seguridad y calidad del producto. Falta de suficiente normativa específica para las tecnologías de hidrógeno en transporte.
	Escasez de empresas españolas y europeas.	De fabricantes de componentes de pilas de combustible en el área de transporte.
	Falta de información relativa al hidrógeno y el transporte.	No contextualizar las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible frente a la apuesta del vehículo eléctrico.
	Falta de desarrollo de componentes auxiliares apropiados a la tecnología.	
	Falta de una hoja de ruta específica.	La hoja de ruta habría de incluir unos objetivos claros y concisos en lo que a movilidad mediante hidrógeno se refiere.
	Falta de incentivos a vehículos eléctricos impulsados por pila de combustible.	
	Falta de mercado nacional.	No existe la demanda esperada contemplada en los planes energéticos e industriales establecidos previamente.
	Ausencia de una infraestructura específica para el transporte, distribución y uso final del hidrógeno en transporte.	

Sector	Barrera específica	Métodos/causas/ más información
Subsector Usos	Escasez de empresas españolas de fabricación de pilas de combustible.	
	Falta de expectativas de mercado en España.	No existen en España expectativas de mercado por parte de las empresas que permitan planificar las oportunidades de mercado de estas tecnologías.
	Falta de incentivos.	Se considera que no existen incentivos públicos que apoyen la aplicación y la comercialización de estas tecnologías.
	Alto coste de inversión inicial en el desarrollo de la tecnología.	Este factor ha alejado hasta el momento a la mayor parte de agentes potencialmente involucrados en aplicaciones estacionarias de la energía.
	No existe una prima específica para sistemas de cogeneración con emisiones de CO2 extremadamente bajas.	
	Apoyo político a otros recursos en detrimento del uso de estas tecnologías de cogeneración.	

Respecto al sector transporte, es importante destacar que la sociedad actual española no dispone de un nivel de renta y concienciación ambiental que favorezca comprar un vehículo eléctrico de pila de combustible (ni tampoco un vehículo eléctrico de baterías) por los beneficios medioambientales que puedan generar, sino que éstos **han de ser económicamente competitivos** u ofrecer ventajas competitivas, como por ejemplo que sólo vehículos con cero emisiones accedan al centro de las ciudades.

Teniendo España un sector auxiliar de automoción de gran importancia por facturación, empleo y capacidad técnica, es muy necesaria una colaboración más intensa entre este sector y las entidades especializadas en hidrógeno y pilas de combustible para aprovechar las capacidades y lograr que se fabriquen en España componentes (OEM) para el sector automovilístico internacional de vehículos de pila de combustible.

Se destaca la importancia de la iniciativa del Gobierno de Reino Unido: UKH2 Mobility. Consiste en un amplio consorcio público-privado para el desarrollo de un plan de implantación de una amplia red de estaciones de servicio de hidrógeno en el país, que dará lugar a un ambiente económico favorable para la apuesta por el vehículo de pila de combustible. **En España no existe a día de hoy ninguna iniciativa de este tipo.**

Detección de oportunidades

La implantación de las tecnologías del hidrógeno presenta grandes oportunidades para España en una economía mundial dependiente del mercado energético. La implicación relevante de varias industrias en el desarrollo de la tecnología de hidrógeno y pilas de combustible junto a la presencia de empresas de gran dimensión de los sectores de energía y servicios podrían aportar a España ciertas ventajas para colocarse en los primeros puestos en sectores objetivo de aplicación tecnológica.

Por otra parte, se ha detectado que la creciente presencia en España de turistas procedentes de países como Alemania (país con un gran desarrollo en tecnologías del hidrógeno aplicadas a la automoción) podría ser un incentivo para el desarrollo en España de una industria dedicada a la producción y suministro de hidrógeno, como en su día fue un estímulo para el desarrollo de la energía solar térmica.

Existen a día de hoy **numerosos grupos de investigación nacionales** implicados en el avance de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible.

El transporte es el sector más destacado en las tecnologías de Hidrógeno. En países como España, con un importante mercado en producción de vehículos, se presenta un dilema: tomar partido con inversiones arriesgadas en nuevas tecnologías que le permitan entrar a tiempo en el mercado de vehículos de hidrógeno y mantener las exportaciones en el sector, o bien, no hacerlo, perdiendo la oportunidad de entrar en el mercado a tiempo.

La industria de componentes de vehículos de pilas de combustible, así como la dedicada a la integración, pueden contribuir al desarrollo del sector de cara a la

exportación. Sin embargo, una entrada tardía en el mercado supondría una drástica pérdida de puestos de trabajo y de PIB en este sector.

Se analizan/resumen a continuación cuáles son las principales ventajas y potencialidades que ofrece nuestro país para lograr un desarrollo del sector del hidrógeno y pilas de combustible.

Subsector producción

- Posible nueva vía de liderazgo empresarial en España
- Exportaciones de Hidrógeno y Pilas de Combustible
- Ventajas en el conocimiento de la tecnología de producción de H2 a partir de combustibles fósiles con cero emisiones.
- Mayor implantación de las energías renovables
- Potenciación de la producción por gasificación de biomasa
- Oportunidad para desarrollar tecnologías catalíticas comerciales de producción de H2 a partir del reformado de bioetanol
- Instalaciones de carácter energético con excedentes estacionarios, como centrales de ciclo combinado o nuclear.
- Incremento de la producción de las plantas de Hidrógeno que ya existían en España.

Subsector almacenamiento y distribución

- Desarrollo, fabricación, instalación y montaje de depósitos/tanques de almacenamiento de hidrógeno.
- Creación de una infraestructura desplegada en torno a las estaciones de suministro actuales.
- Existencia de una red robusta y amplia de transporte y distribución energética
- Instalación y montaje de sensores y actuadores para hidrógeno.
- Desarrollo de la infraestructura para vehículos eléctricos.
- Existencia de empresas españolas muy fuertes en distribución de hidrocarburos y gas.
- Almacenamiento de hidrógeno en la red de gas natural.
- Efectos en la generación de empleo en los sectores de bienes de equipo, como tuberías y racores, aparellaje eléctrico, instrumentación y control, etc.

Subsector transporte

- Avances en la tecnología y la infraestructura de la hibridación en vehículos y sus sinergias (principalmente en propulsión eléctrica).
- Potenciación de mercado y oportunidades asociadas a vehículos de baja potencia, carretillas elevadoras, ferrocarril, embarcaciones de recreo, electrónica de potencia, etc
- Aprovechar la convicción de que la mejor opción en la automoción es el H2 y las Pilas de Combustible
- Tendencia europea a que el centro de los municipios se cierre a vehículos no contaminantes
- Oportunidades para los fabricantes de los componentes
- Liderazgo en la industria de componentes y auxiliar del automóvil
- Aprovechamiento de las sinergias con el vehículo eléctrico.

Subsector usos

- Desarrollo de la tecnología nacional para procesos de fabricación de componentes y "stacks", de pilas de combustible de tecnología PEMFC y SOFC.
- Desarrollo de procesos, equipos y componentes para generación autónoma de hidrógeno y descentralizada en uso residencial.
- Desarrollo de tecnología nacional para aplicaciones portátiles y pequeño electrodoméstico basadas en pilas de combustible de tecnología PEMFC o DMFC.
- Aprovechar el carácter modular de las pilas de combustible y su fácil instalación, su utilidad para el sector transporte y sus aplicaciones en áreas militares y en otras áreas en las que se necesite una respuesta crítica con una demanda de energía urgente.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN ANDALUCÍA

Potencialidades de la Comunidad Autónoma de Andalucía

La Comunidad Autónoma andaluza ha estado vinculada a actividades del sector del hidrógeno y pilas de combustible desde el año 1989, gracias a un **Convenio Marco de colaboración entre la Junta de Andalucía y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).**

Este convenio de colaboración, tal y como refleja el documento "Estado de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía" [p.33], de la Agencia Andaluza de la Energía, se firma con el objetivo de avanzar en un concepto conocido como "sistema regenerativo de pila de combustible": sistema de almacenamiento y gestión de energía, con un uso destacado para aplicaciones espaciales en los años 90, pero con una gran potencial de uso a nivel terrestre para la gestión de la energía producida por fuentes renovables, favoreciendo el desacoplamiento de producción y consumo.

Desde la firma de dicho Convenio, varios han sido los acontecimientos que se han ido sucediendo en Andalucía y que han favorecido el desarrollo del sector del hidrógeno y de las pilas de combustible: como la puesta en marcha de iniciativas y proyectos de I+D+i, creación de centros de investigación, empresas e instalaciones científico-tecnológicas, etc.

Del mismo modo, y gracias a dicho Convenio, en **1990** se inicia el **primer Acuerdo Específico Junta de Andalucía-INTA** para la constitución de un grupo de trabajo, el cual se encarga de poner en marcha actividades ligadas a la producción de hidrógeno a partir de energía solar fotovoltaica. Fruto de este trabajo, y como uno de los principales logros, cabe destacar el diseño, construcción, operación y evaluación de la **primera instalación en España de producción de hidrógeno a partir de energía solar fotovoltaica,** situada en el Centro de Experimentación de El Arenosillo (Huelva). Es importante señalar también que fue una de las primeras instalaciones a nivel mundial de este tipo.

Hasta 1995, varios fueron los **Acuerdos Específicos entre la Junta de Andalucía y el INTA,** que mostraron el interés de la administración andaluza y de la propia Comunidad por las actividades del sector, profundizando cada vez más en aspectos como el almacenamiento de hidrógeno y/o el uso de pilas de combustible.

Las actividades de investigación, junto con el trabajo y los esfuerzos de empresas andaluzas que se fueron involucrando en el sector, ha permitido que las entidades andaluzas, tanto de carácter público como empresarial, hayan alcanzado unos niveles de conocimiento y experiencia que les han permitido participar en numerosos proyectos de I+D nacionales y europeos.

En la **década de los 90**, tal y como resume el documento de la Agencia Andaluza de la Energía anteriormente citado [p.34], varias Universidades comenzaron sus trabajos en materia de hidrógeno y pilas de combustible, creando sus propios laboratorios que, junto con las instalaciones del INTA en El Arenosillo, dotaron a la comunidad andaluza de importantes **instalaciones científico-técnicas.** A continuación se describen las actividades en las que se centró cada Universidad:

- ✓ Universidad de Huelva: centró sus actividades en el desarrollo de inversores y sistemas de control para pilas de combustible.
- ✓ Universidad de Sevilla: centró sus actividades en la integración energética de fuentes de energía renovable y sistemas de producción de hidrógeno, y en el desarrollo de sistemas de potencia aplicables a pilas de combustible.

Varias son las empresas, centros de investigación y universidades existentes en Andalucía, que han ido desarrollando actividades relacionadas con la tecnología del hidrógeno y de las pilas de combustible, y cuyo resultado es la puesta en marcha de **importantes proyectos de I+D+i en el sector.**

Cabe señalar algunas empresas y entidades que destacan por sus actividades relacionadas en materia de hidrógeno y pilas de combustible. Desde 2003, la empresa Abengoa Hidrógeno (filial de ABENGOA especializada en el sector hidrógeno y pilas de combustible); el INTA y la Plataforma Solar de Almería crearon áreas de trabajo en la década de los 90 relacionadas con el hidrógeno y las pilas de combustible que, años después, continúan presentes en el esquema científico-tecnológico andaluz trabajando en este sector.

En el apartado 4 del presente documento, se incluye el listado de empresas, centros de investigación y universidades, identificados como los actores relevantes en Andalucía.

En el año **2007,** la Agencia Andaluza de la Energía, entidad encargada de desarrollar y evaluar las medidas derivadas de la política energética de la Junta de Andalucía, fue la entidad encargada de coordinar las actuaciones encaminadas a la

elaboración de una **hoja de ruta para el hidrógeno y las pilas de combustible en Andalucía** (tal y como referencia en su documento "Estado de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía", [p.35]). Uno de los motivos que llevó a la elaboración de dicha hoja de ruta fue la prioridad marcada por la comunidad andaluza por conseguir un modelo energético respetuoso con el medio ambiente, favoreciendo el desarrollo sostenible basado en una producción de energía eléctrica menos contaminante y más eficiente.

Para finalizar, cabe destacar el **Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013 (PASENER),** en el que se consideró el hidrógeno y las pilas de combustible como una tecnología clave para la introducción de las energías renovables en el mix energético, por su interés como sistema de almacenamiento de energía y como alternativa para lograr un transporte sostenible y reducir emisiones de gases de efecto invernadero.

Todo lo expuesto anteriormente **ha posicionado a Andalucía en una situación óptima en relación a las actuaciones a favor del desarrollo del sector del hidrógeno y de las pilas de combustible, promoviendo y apoyando proyectos e iniciativas en dicho ámbito; se pone por tanto de manifiesto que Andalucía ha apostado por un cambio en el paradigma energético.**

Es importante destacar que la situación anterior se ha alcanzado gracias al apoyo incondicional de la Junta de Andalucía: desde la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, a través de la Dirección General de Universidades, la Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía (IDEA), la Agencia Andaluza de la Energía y desde la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA), así como desde la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia.

Debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades para el sector hidrógeno en Andalucía

Como se ha comentado anteriormente (al inicio de este capítulo), tomando como base de referencia el estudio "*The roadmap for Hydrogen and Fuel Cells in Sudoe Area*" (HYRREG 2011), se recopilan a continuación unas tablas DAFO que muestran las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades para el sector hidrógeno en Andalucía.

DAFO H2&PC ANDALUCÍA

DEBILIDADES

Bajo número de empresas del sector en Andalucía.

Baja densidad de población, lo que encarece el despliegue de infraestructuras de distribución de hidrógeno.

Bajo nivel de renta y bajo número de vehículos per cápita, lo que reduce las expectativas de mercado.

Dificultad de financiar proyectos que no son de retornos en corto plazo.

AMENAZAS

Diferencia con las regiones más avanzadas del mundo, donde ya hay un mercado relevante de tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible que permite a sus empresas tanto mantener su I+D+i como poner en marcha la producción.

La falta de infraestructuras (en particular hidrogeneras) podría impedir la comercialización de vehículos. Sería particularmente grave que Andalucía quedara fuera de las redes europeas de "autopistas del hidrógeno", en torno a las cuales se desarrollará este mercado.

Falta de suficiente estímulo público. Incluso en Estados Unidos se subvencionan estas tecnologías por su alto potencial de creación de empleo.

Actual coste elevado del hidrógeno renovable respecto al hidrógeno producido a partir de combustibles fósiles.

Percepción de peligro en algunas personas.

Situación general del sector energético en España, afectado por la crisis y por la incertidumbre de las modificaciones legales.

FORTALEZAS

Buenos recursos solares, Andalucía podría producir abundante energía solar a menor coste que en el resto de Europa, y más fácilmente transportable (vía hidrógeno) que la producida en el norte de Africa.

Segunda Comunidad Autónoma Española en producción de electricidad por energía solar. Así mismo, buen posicionamiento en producción de electricidad por energía eólica.

Existencia de empresas en la región con capacidad para incrementar su producción actual de hidrógeno.

Existencia de numerosos proyectos piloto.

Existencia de empresas cuyo objetivo es desarrollar tecnología en el campo del hidrógeno y las pilas de combustible.

Apoyo político: respaldo del Gobierno Andaluz por diversas vías: desde al apoyo a la investigación (instalaciones del INTA en Huelva desde 1990) hasta el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2017-2013 (PASENER), donde se considera al hidrógeno como un vector relevante para dar respuesta a las necesidades de abastecimiento energético de la sociedad andaluza.

OPORTUNIDADES

La expectativa de mercado es enorme.

Oportunidad de creación de empleo muy importante, en cantidad y en calidad.

Reducción de emisiones muy importante, por la eficiencia de las pilas de combustible y por la producción de hidrógeno renovable.

Mayor desarrollo de energías renovables, por la producción de hidrógeno con los excedentes.

Nuevos mercados para la industria auxiliar del automóvil.

Oportunidad de sinergias con sectores bien implantados en Andalucía, como por ejemplo el sector aeroespacial en lo referente a fabricación de componentes para pilas de combustible.

Al ser el hidrógeno un gas, su transporte es costoso, lo que favorece la producción distribuida; en regiones tan extensas como Andalucía, esto favorece el empleo local, y mejora la eficiencia en comparación con los sistemas centralizados de electricidad o de gas natural.

Como en la fase inicial el hidrógeno se producirá en buena medida a partir de gas natural, el hecho de que grandes cantidades de gas natural entren a Europa por Andalucía, abre la puerta a centros de producción de hidrógeno en esta Comunidad, incluso directamente en las centrales de regasificación.

Objetivos de Andalucía para 2020

En el marco Horizonte 2020, según la Agenda por el Empleo de la Junta de Andalucía, la Comunidad Autónoma Andaluza tiene como objetivo principal impulsar un modelo económico- productivo competitivo que tenga capacidad para aumentar el tejido empresarial y generar empleos de calidad, basado en la innovación, la sostenibilidad ambiental y la cohesión social. Para ello, se han establecido una serie de objetivos específicos:

Objetivo final:

- Superar los niveles de empleo previos a la crisis económica, alcanzándose una población activa de 3,2 millones de personas.

Objetivos económicos:

- Reindustrializar Andalucía, incorporando un mayor valor añadido: elevar hasta el 22% del Valor Agregado Bruto el peso del sector industrial (alcanzar el 15%) y servicios avanzados científicos y técnicos (alcanzar el 7%).
- Aumentar el tamaño de las empresas, incrementando en un 20% aquellas que tengan entre 10 y 50 trabajadores.
- Desarrollar una economía social: incrementar el tamaño medio de las cooperativas y sociedades laborales en un 20%.
- Fomentar la internacionalización de las empresas, logrando que las exportaciones superen el 20% del PIB.
- Fortalecer el I+D+i, situando el gasto en este campo en un 2,2% del PIB.
- Ampliar la sociedad de la información, alcanzando el 100% de cobertura de banda ancha rápida y que el 50% de los hogares tenga conexión por encima de 100 Mbps, consiguiendo que un 85% de la población maneje internet personal y laboralmente.
- Que al menos un 40% de las empresas andaluzas se incorporen al mercado digital, fomentando el desarrollo de la economía digital.

Objetivos ambientales y territoriales:

- Dar prioridad a las energías renovables, hasta el punto de que más de un 20% del consumo de energía primaria proceda de fuentes renovables.
- Aumentar más de un 20% la eficiencia energética, para así promover el ahorro de energía.
- Reducir un 10% las emisiones de gases de efecto invernadero.

- Favorecer el desarrollo de las zonas rurales y mantener a la población del medio rural.

Objetivos sociales e institucionales:

- Avanzar en la calidad del empleo, alcanzando los niveles actuales de la Unión Europea de estabilidad, igualdad y seguridad en el empleo.
- Favorecer la inclusión social, reduciendo la tasa de riesgo de pobreza por debajo del 15% y extendiendo la implantación del Sistema de Atención a la Dependencia.
- Mejorar la inserción laboral y la educación de los jóvenes, reduciendo a la mitad el porcentaje de desempleo juvenil y de jóvenes no integrados en el sistema educativo.
- Reducir a la mitad la tasa de abandono escolar prematuro.
- Potenciar la formación profesional, consiguiendo que al menos un tercio de la población andaluza de entre 25 y 34 años tenga nivel de formación medio.
- Consolidar la formación de excelencia y la expresión en lengua inglesa: superar la media europea en porcentaje de población en edad de trabajar con titulaciones superiores y lograr que la capacidad lingüística en inglés alcance a la media europea.
- Fomentar la administración electrónica, logrando que un 40% de la población y que todas las empresas interactúen con la Administración a través de internet.
- Implantar un modelo de gobierno abierto y participativo, y lograr que Andalucía lidere el ranking de transparencia entre las Comunidades Autónomas españolas.

¿Quién es quién en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible?

Son muchas las entidades que trabajan activamente para impulsar el desarrollo del sector del hidrógeno y de las pilas de combustible en España, y un gran número de ellas forman parte de la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE HPC).

Actualmente, **169 entidades forman parte de esta iniciativa**, y gracias al trabajo y esfuerzo de todas ellas han podido llevarse a cabo las acciones que se han realizado por la PTE HPC. Se cuenta con la participación de todo tipo de entidades: centros tecnológicos y de investigación, OPIs, universidades, OTRIs, administraciones públicas, pequeñas, medianas y grandes empresas. En el Anexo 2 del presente documento se puede encontrar el listado de entidades que pertenecen a la PTE HPC.

Tipo de entidades miembro de la Plataforma

Desde la PTE HPC se promueve la participación en particular de empresas, así como de la presencia de otros tipos de entidades para promover la cooperación tecnológica entre las mismas y la colaboración entre empresas y otros organismos, facilitando la transferencia tecnológica desde el sector investigador hasta el sector industrial, coordinándose con la administración y también con organismos de apoyo al sector como asociaciones, fundaciones, etc.

En la siguiente gráfica pueden observarse los miembros de la PTE HPC clasificados según el tipo de entidad de las que se trata.

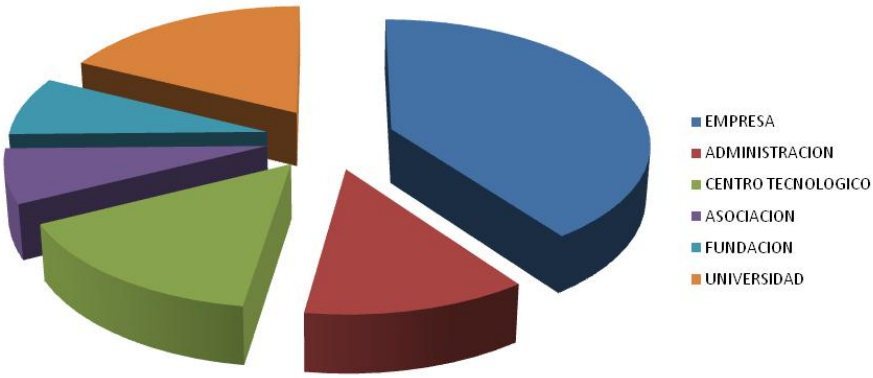


Figura 4: Clasificación de las entidades de la PTE HPC. Fuente: elaboración propia

Las entidades que trabajan activamente en la PTE HPC (169 entidades), se agrupan en diferentes grupos de trabajo técnico, clasificados por subsectores tecnológicos, según se observa en la figura 6. Tomando como referencia los datos de dicha figura, se puede afirmar que del total de las entidades españolas que tienen actividad y/o interés en el sector hidrógeno y pilas de combustible se clasifican en: **33,31% Producción de hidrógeno**; **18,67% en Almacenamiento y Distribución de hidrógeno**; **18,67% en Transporte: vehículos e infraestructuras** y un **29,57%** de entidades que dedican su actividad o tienen interés en el subsector de **usos del hidrógeno.**

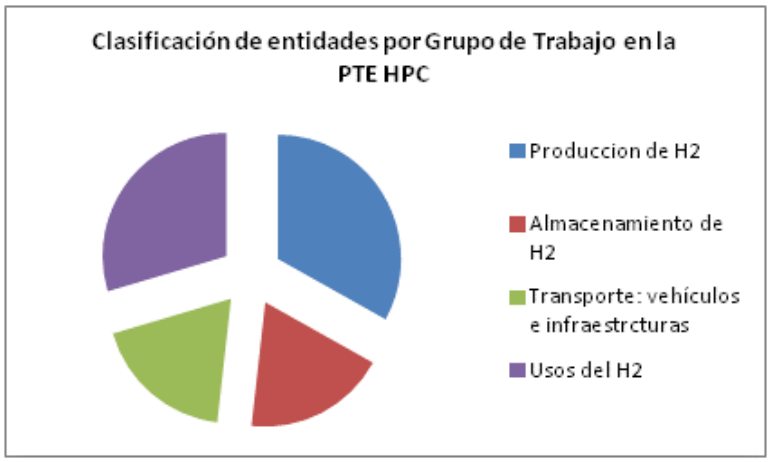


Figura 5: Clasificación de entidades por Grupo de Trabajo en la PTE

HPC. Fuente: elaboración propia

Figura 6: Entidades participantes en la PTE HPC por Comunidades Autónomas. Fuente: "Hidrógeno y Pilas de Combustible. Reflejo del Sector en España" (2012),

Hay que destacar que de las entidades que son miembros activos de la Plataforma, un 7% pertenecen a la Comunidad Autónoma Andaluza, como se observa en la figura 6.

Así mismo, dos entidades Andaluzas forman parte del Grupo Rector de la PTE HPC: Abengoa Hidrógeno, como coordinadores del Grupo de Trabajo de Producción de Hidrógeno, siendo la Vice Presidencia de la Plataforma, y la Universidad de Huelva,

como coordinadores del Grupo de Trabajo de Almacenamiento y Distribución de Hidrógeno.

4. Estado de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía. Capacidades Tecnológicas en I+D+i

La Comunidad Autónoma de Andalucía lleva años desarrollando proyectos y tecnologías en el sector del hidrógeno y las pilas de combustible. Alguna de las iniciativas más significativas en este campo se muestran en el documento "Estado de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía" de La Agencia Andaluza de la Energía y en el documento "Hidrógeno y Pilas de Combustible. Reflejo del Sector en España" de la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE HPC),

Como se detalla a continuación, Andalucía cuenta con una gran capacidad tecnológica en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible, a través de sus empresas, centros de investigación y agentes sociales. Se encuentra **preparada para mantener un papel de liderazgo en el desarrollo de la tecnología, la fabricación de equipos y la instalación de infraestructuras en este ámbito.**

Principales actores en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía

Entre los **actores más destacados en el sector de hidrógeno y pilas de combustible en Andalucía** se encuentran los grupos de I+D+i y las empresas.

Grupos de I+D+i

Tal y como indica el documento "Estado de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía" [p.38-41], existen hoy en día 22 grupos de investigación interdisciplinares que han desarrollado actuaciones en el ámbito del hidrógeno y pilas de combustible en Andalucía. Un 50% de estos trabaja en el área de las Tecnologías de la Producción, concretamente en el diseño y modelado de Pilas de Combustible, en el hidrógeno como sistema de almacenamiento y en la gestión de las energías renovables. La distribución de los grupos de investigación restantes puede

observarse en la figura 7. De las universidades participantes en esta línea de investigación, cabe destacar la actividad de la Universidad de Sevilla que, impulsada por empresas y Organismos Públicos de Investigación cercanos, abarca un 50,2% de los grupos de investigación adscritos a universidades andaluzas.

Respecto a los Organismos Públicos de Investigación, la Agencia Andaluza de la Energía destaca las actuaciones del Laboratorio de Sistemas de Energía Terrestre del INTA (Huelva) y de la Plataforma Solar de Almería (PSA) del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT, Almería). Estos dos últimos, junto con el Instituto de Ciencias de los Materiales de Sevilla (ICMSE), y las Universidades de Sevilla y de Huelva, abarcan grupos de investigación partícipes en proyectos europeos.

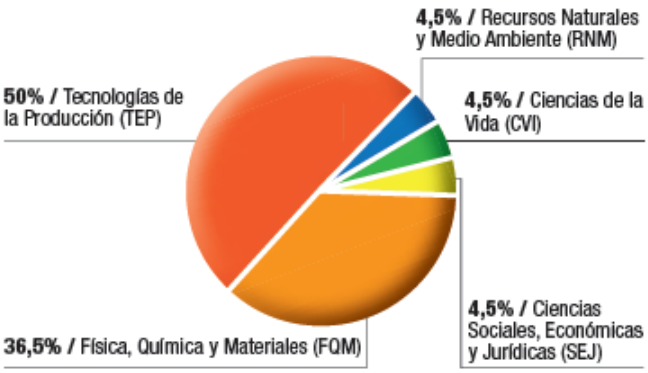


Figura 7. Reparto de los centros de investigación pertenecientes o adscritos a las universidades andaluzas por área de actividad (Fuente: "Estado de de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía", Agencia Andaluza de la Energía)

Empresas

Referenciando el mismo documento [p.38-43], los principales sectores empresariales que desarrollan proyectos en el campo del Hidrógeno y las Pilas de Combustible en Andalucía son la Industria de Componentes y la Industria Auxiliar, aunque cabe mencionar que la variedad de sectores implicados es elevada y que la distribución aproximadamente equitativa de estos hace que **Andalucía sea una Comunidad con potencial para cubrir toda la cadena de valor del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible**.

Según la misma referencia [p.42], siete son las empresas andaluzas que cabe destacar, con fecha 2009, por su implicación en el sector del Hidrógeno y las Pilas de Combustible: Abengoa Hidrógeno S.A., Carburos Metálicos S.A., Greenpower Technologies S.L., Inerco S.A, Endesa S.A. (Sevilla), Sistemas de Calor S.L. (Almería) y

Santana Motor S.A. (Jaén). Estas empresas han desarrollado proyectos en los siguientes ámbitos:

- Producción, almacenamiento y uso limpio del hidrógeno.
- Diseño y fabricación de Pilas de Combustible.
- Desarrollo de BoP (balance de planta) para sistemas basados en pilas de combustible.
- Inclusión de las tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible en el sector transporte.
- Integración con fuentes de energía renovables (eólica).

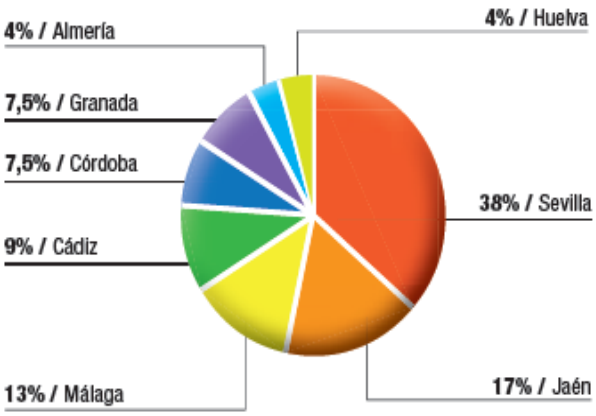


Figura 8. Distribución de las empresas andaluzas con implicación directa o interés en hidrógeno y pilas de combustible, por provincias. (Fuente: "Estado de de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía", Agencia Andaluza de la Energía)

Además de estas, existen otras 46 empresas andaluzas con capacidad e interés para abordar este tipo de proyectos en el futuro, repartidas por todas las provincias andaluzas, aunque principalmente en Sevilla (38% de las empresas).

De la inversión total en I+D+i en España en el año 2012, la provincia de Sevilla invirtió un 11,8%, suponiendo la segunda mayor inversión en España ese año, tras el 26,4% invertido en la Comunidad de Madrid. Ese mismo año, dos proyectos andaluces participaron en Europa en la JTI FCH.

Tomando como referencia el documento "Hidrógeno y Pilas de Combustible. Reflejo del Sector en España" de la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE HPC), cuya edición data de 2012, se recopilan a continuación las entidades andaluzas que destacan por su participación activa en las temáticas del Hidrógeno y las Pilas de Combustible:

Administraciones públicas	Agencia Andaluza de la Energía (Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía) Dirección General de Investigación, Tecnología y Empresa
Asociaciones, Centros tecnológicos, Fundaciones y OPI	Centro de Investigación de la Energía de la Universidad de Huelva Centro Tecnológico Avanzado de las Energías Renovables (CTAER) Corporación Tecnológica de Andalucía Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) Universidad de Huelva. Grupo de Investigación Control y Robótica Universidad de Jaén – Departamento de Ingeniería Eléctrica Universidad de Sevilla Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Departamento de Economía, Métodos Cuantitativos e Historia Económica
Empresas	Abengoa Hidrógeno S.A. Accadue S.L. Carburos Metálicos S.A. Clan Tecnológica S.L. Greenpower Technologies S.L. Idener Inerco S.A. Investigaciones Científicas y Desarrollo de Ingenios S.L. Praxair S.L.
Instalaciones Científico Tecnológicas Singulares (ICTS)	Instalación de Energías Renovables Plataforma Solar de Almería

Agentes en la economía del hidrógeno en Andalucía

Como se detalla a continuación, Andalucía cuenta con una gran capacidad tecnológica en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible, a través de sus empresas, centros de investigación y agentes sociales. Se encuentra **preparada para mantener un papel de liderazgo en el desarrollo de la tecnología, la fabricación de equipos y la instalación de infraestructuras en este ámbito.**

Se recopila a continuación una descripción de los agentes ciencia, tecnología, empresa que trabajan activamente por el desarrollo de la economía del hidrógeno en Andalucía, poniendo de manifiesto que Andalucía es **una Comunidad con potencial para cubrir toda la cadena de valor del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible**.

EMPRESAS

ABENGOA HIDRÓGENO

Filial de Abengoa, cuyo objetivo es la organización y desarrollo de actividades y proyectos relacionados con la producción de electricidad mediante pilas de combustible basados en diferentes tecnologías, así como la producción de hidrógeno desde fuentes renovables y su uso limpio y eficiente.

Las actividades de Abengoa Hidrógeno incluyen el diseño, montaje, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones basadas en pilas de combustible y de sus componentes así como la producción, almacenamiento y uso del hidrógeno como combustible.

Abengoa Hidrógeno, aunque fue fundada en 2003, cuenta con personal con experiencia en el sector desde 1999. Con el paso de los años, ha establecido contactos y relaciones con los actores más importantes en el sector del hidrógeno, y ha conseguido liderar diferentes proyectos, patentes, publicaciones así como inversiones en I+D+i.

ACCADUE S.L.

Accadue S.L. es la primera empresa española especializada en el desarrollo y la fabricación de equipos de electrolisis alcalina de alta eficiencia, enfocados a la producción de hidrógeno y oxígeno presurizados a partir de energías renovables.

Accadue S.L. cuenta con personal especializado y con más de veinte años de experiencia en el campo de las tecnologías del hidrógeno, participando en proyectos públicos y privados tanto a nivel nacional como internacional.

Las actividades de I+D+i que realiza relacionadas con el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible son:

- Mejoras en electrolisis alcalina: optimización del balance de planta.

- Mejoras en electrolisis alcalina: integración directa con fuentes renovables.

CARBUROS METÁLICOS, S.A.

Carburos Metálicos produce y comercializa gases industriales, de alta pureza y medicinales, y desarrolla nuevas tecnologías y equipos para múltiples aplicaciones. Fundada en 1897, desde 1995 forma parte de la multinacional Air Products. El grupo **Air Products** es el mayor productor mundial de hidrógeno para terceros, con una cuota de mercado superior al 50%. La compañía cuenta con más de 60 plantas de producción de hidrógeno gas y líquido, ubicadas en España, resto de Europa, América y Asia, con una capacidad que se ha multiplicado por 10 desde 1991. Estas plantas producen más de 1,25 millones de toneladas de hidrógeno al año. La red de distribución de hidrógeno por gasoducto del Grupo supera los 500 km, de los cuales 480 km se encuentran en EE.UU. y más de 20 km en Europa. La compañía cuenta con más de 55 años de experiencia en aplicaciones de hidrógeno, abasteciendo de hidrógeno, equipos para su purificación y equipos asociados a una gran variedad de sectores industriales, como refinerías, producción química, producción de aceites y grasas, tratamientos térmicos de metales, electrónica, etc. Carburos Metálicos / Air Products suministra hidrógeno en todas sus formas: gas, líquido y producción in situ. Como integrador de sistemas llave en mano, dispone de tecnologías de producción de hidrógeno, que van desde la conversión de metano, limpieza de biogás, gasificación de residuos, electrólisis del agua a partir de renovables, captura de CO_2, etc.

El grupo Air Products participa activamente en el futuro del hidrógeno como vector energético, al desarrollar nuevas tecnologías e infraestructuras para el hidrógeno combustible, a partir de su experiencia en el sector industrial. Desde 1993 trabaja para acercar al mercado infraestructuras de producción y de repostado de hidrógeno

seguras, modulares y asequibles, participando en un buen número de proyectos de demostración clave, tanto en España como a nivel internacional. El Grupo está involucrado en proyectos que van desde pequeñas aplicaciones estacionarias para el suministro eléctrico de emergencia a instalaciones remotas de telecomunicaciones, hasta múltiples programas de vehículos, que incluyen el repostado de automóviles, autobuses, motocicletas, carretillas elevadoras, aviones, trenes, submarinos, barcos y naves espaciales. Air Products ha suministrado el hidrógeno líquido a todas las misiones espaciales de la NASA.

El Grupo ha construido más de 120 estaciones de servicio de hidrógeno (hidrogeneras) en 19 países, completando más de 350.000 repostados anuales, a 350 bar y 700 bar. Dispone de más de 50 patentes en el campo del repostado de hidrógeno, y está comprometido a apoyar la industria global del automóvil en su investigación y transición a la movilidad basada en el hidrógeno. Asimismo ha desarrollado un nuevo concepto de suministro de hidrógeno, susceptible de dispensar tanto hidrógeno líquido como gas a alta presión (>350 bar), según las necesidades específicas de cada cliente. Esto significa que la estación de servicio no requiere ningún equipo de compresión in situ, eliminando un elemento de alto coste y el mantenimiento asociado.

Carburos Metálicos / Air Products participa activamente en organizaciones españolas y europeas orientadas a hacer de la economía del hidrógeno una realidad. Por otro lado, desde MATGAS, centro de investigación en el que participan el grupo Air Products como socio mayoritario, el CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) y la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), también se desarrollan proyectos relacionados con el hidrógeno.

CLAN TECNOLÓGICA, S.L

CLAN TECNOLOGICA S.L. es una empresa dedicada al desarrollo y venta de soluciones en generación de gases.

Especialista en generación de hidrógeno, recientemente ha desarrollado un nuevo generador de hidrógeno pequeño con tecnología PEM, pensado para pequeñas aplicaciones en pilas de combustible y para almacenar hidrógeno en botellas de metal hidruro o botellas vacías normales de gases. Dicho generador produce hidrógeno con una pureza de 99,9999% y 11 bares de presión, y tiene una capacidad

de hasta 1.020 cc/min. Actualmente está desarrollando que este mismo equipo llegue a presiones de hasta 18/20 bares.

En sistemas industriales posee e integra soluciones en generación de hidrógeno por electrólisis de agua desionizada con solución caústica. Clan Tecnológica ofrece soluciones de varios centenares de m3/h, purezas de más de 99,999% y presiones desde 5 a 300 bares. También pueden desarrollar dichas soluciones skid mounting, sobre plataforma.

La empresa cuenta con botellas de todo tipo, para almacenamiento y distribución del hidrógeno producido, con taras de hasta 350 bares.

El último desarrollo que está llevando a cabo es una estación de repostaje de hidrógeno para automóviles.

CLAN TECNOLÓGICA es una empresa internacional, con oficinas en Casablanca, Lisboa, Guadalajara, Jalisco (México). Durante el año 2011 contará también con oficina en Bogotá. Ha iniciado su proceso de expansión internacional, tratando de convertirse en Multinacional líder en el Sector de Generación de Gases (H2, N2 y O2) on line, para cualquier aplicación y para Pilas de Combustible, Hidrógeno como vector energético, Hidrogeneras, etc…

GREEN POWER TECHNOLOGIES S.L.

GPTech es una empresa líder en gestión y control de energía, que propone soluciones tecnológicas para un desarrollo energético sostenible.

Durante más de una década, esta empresa ha participado y desarrollado proyectos de gran envergadura que han tenido efecto en todo el planeta. GPTech proporciona la tecnología suficiente para hacer frente a los nuevos desafíos relacionados con la integración en red de las energías renovables, todo ello englobado dentro de un mercado en constante evolución donde los requerimientos energéticos y las necesidades del medio ambiente deben situarse en un equilibrio entre ambas necesidades.

Las soluciones de GPTEch están enfocadas en la integración en red de la energía solar y eólica, así como en el transporte y el mantenimiento. Cuenta con cuatro líneas de trabajo principales:

- ✓ Soluciones en la integración de sistemas energéticos
- ✓ Inversores solares multiniveles
- ✓ Soluciones de gestión de la energía
- ✓ Soluciones de almacenamiento Plug and Play

IDENER

IDENER es una PYME del ámbito de la investigación que está compuesta por un equipo de investigadores con una sólida base científica multidisciplinar englobada dentro de la rama de ingeniería de sistemas, entre las que se encuentra la ingeniería electrónica y de ordenadores, la integración de sistemas y control y la ingeniería de procesos.

La empresa, ubicada en Sevilla, fue fundada en 2010 por un grupo de ingenieros. Desde entonces, IDENER se ha posicionado como uno de los mejores socios en su relación con los Centros Europeos de Investigación, Universidades y Empresas de Base Tecnológica.

Su trabajo de investigación se centra en el campo de la Inteligencia Artificial y sus aplicaciones en la optimización de sistemas y procesos, en áreas clave como las tecnologías industriales, las TIC, la biotecnología, la eficiencia y seguridad energética, así como el suministro de recursos y materias primas.

IDENER trabaja con cuatro líneas de trabajo interrelacionadas: Modelación Matemática y Simulación; Optimización de Diseño Multidisciplinar; Ingeniería de Control e Ingeniería del Software.

INERCO S.A.

INERCO ofrece servicios integrales de ingeniería para el diseño, ejecución y puesta en marcha de instalaciones industriales. Ofrece Servicios Integrales en los campos de:

- ➢ Ingeniería
- ➢ Tecnologías Energéticas y Ambientales
- ➢ Medio Ambiente
- ➢ Seguridad Industrial y Prevención de Riesgos Laborales

INERCO cuenta con una amplia experiencia en la ejecución de proyectos de ingeniería de:

- ✓ Plantas de Proceso

- ✓ Generación Eléctrica
- ✓ Líneas de Transporte
- ✓ Parques de Almacenamiento
- ✓ Estaciones de Carga y Descarga
- ✓ Servicios Auxiliares,OSBL´s, BOP´s

Los sectores industriales en los que tiene actividad INERCO son: Refino de Petróleo, Industria Química, Industria Petroquímica, Generación Eléctrica, Combustibles de Segunda Generación, Energías Renovables, Nuevos Procesos, Plantas Piloto, Escalado Industrial.

PRAXAIR ESPAÑA S.L.

Praxair es una compañía multinacional dentro de las 300 con más facturación del mundo. Está presente en más de 47 países y en ella trabajan unos 27.000 empleados. Fue fundada en 1907 estando especializada en la producción y distribución de gases industriales y medicinales así como materiales de revestimiento, targets etc. utilizados en la industria electrónica. A nivel mundial atiende a más de un millón de clientes suministrándoles gases como el Hidrógeno, Helio, Dióxido de Carbono, Nitrógeno, Oxígeno, Monóxido de Carbono, Silano, Acetileno, Xenon, Cripton, gases especiales y gases de síntesis.

Praxair en España trabaja hombro con hombro junto a distintas empresas y entidades en sus proyectos de Hidrógeno y pilas de combustible, proporcionándoles:

- ✓ Estudios de ingeniería básica y conceptual.
- ✓ Ingeniería de diseño.
- ✓ Ingeniería de detalle.
- ✓ Montaje de instalaciones de Hidrógeno.
- ✓ Fabricación de manifold a medida.
- ✓ Fabricación de tanques pulmón.
- ✓ Suministro de Hidrógeno con calidad Fuel Cell en distintas formas de suministro (botellas, bloques, semirremolques, etc.)
- ✓ Mantenimiento de instalaciones.
- ✓ Asesoramiento y formación en materia de seguridad y manejo de Hidrógeno.

Praxair dispone en España de una de las fábricas de Hidrógeno electrolítico más moderna de Europa, obteniendo el Hidrógeno a partir de electrolizadores de membrana de alta capacidad, lo que garantiza la máxima pureza del mismo para su uso en pilas de combustible.

CENTROS TECNOLÓGICOS

Centro de Investigación de la Energía de la Universidad de Huelva

El objetivo general del Centro de Investigación de la Energía es el fomento de la investigación científica y técnica de excelencia, haciendo especial énfasis en el desarrollo de las energías renovables y la investigación en la estructura de la materia. Para ello el Centro fomentará la investigación básica y aplicada, y la transferencia de tecnologías a otros sectores productivos. Todo ello mediante la potenciación de sistemas, procesos y tecnologías que persigan la eficiencia energética y sostenibilidad medioambiental.

Uno de los objetivos fundamentales del Centro es apoyar la interrelación entre los grupos de investigación de la Universidad de Huelva cuya labor investigadora se engloba el sector de la energía, a la vez que realizar una gran inversión en infraestructuras científico-tecnológicas que potencie el desarrollo de sinergias y colaboraciones con otros grupos del entorno nacional e internacional. Estas nuevas infraestructuras deben servir para la captación de nuevos recursos destinados a I+D+i, y provocar un efecto tractor para el fomento de inversiones empresariales, tales como la implantación de empresas de alta tecnología y la creación de spin-off de base tecnológica (EBT) en la Universidad y en la provincia.

El nuevo centro de investigación permitirá la instalación de varias infraestructuras científicas, entre ellas, un acelerador de iones de alta intensidad que permita desarrollar un programa científico-tecnológico en el ámbito de la energía, la medicina, los nuevos materiales, el aeroespacio y la investigación básica.

La instalación de plantas experimentales para la producción de energía solar y eólica, junto a sistemas de almacenamiento basados en pilas de hidrógeno, permitirán disponer de una instalación singular a nivel internacional.

El Centro de Investigación de la Energía (CIE) se aprobó en el Consejo de Gobierno de

la Universidad de Huelva de 20 de Diciembre de 2011, formado por más de 50 investigadores de la Universidad de Huelva y del Hospital Juan Ramón Jiménez (Huelva).

Centro Tecnológico Avanzado de las Energías Renovables (CTAER)

Proporciona la infraestructura material y humana necesaria para el aprovechamiento energético directo de las energías renovables así como de la valorización a través de nuevos vectores como puede ser el hidrógeno. En conexión permanente con la realidad industrial de nuestro país y en abierta colaboración con otros centros de investigación nacionales y extranjeros.

El objetivo principal del CTAER es contribuir a un mayor aprovechamiento de las energías renovables mediante la investigación, el desarrollo tecnológico, la transferencia, la innovación, la difusión y la formación, tanto en proyectos propios como ajenos, propiciando la mejora de la competitividad de las empresas, y los beneficios sociales y ambientales que conlleva el uso de estas fuentes de energías.

Corporación Tecnológica de Andalucía

Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA) es una Fundación privada promovida por la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía para potenciar la colaboración entre el entorno científico y el productivo como vía para dar respuesta a las necesidades de innovación y desarrollo de la sociedad andaluza.

Agrupa a los investigadores de las universidades y centros de investigación, a las empresas con vocación innovadora, a entidades financieras y a la Administración Pública, en una gran alianza por la innovación, la investigación y el desarrollo.

La Corporación aspira a ser el principal promotor de proyectos de I+D+i en Andalucía y un referente de innovación y transferencia tecnológica.

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)

El Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) es un organismo público de investigación dedicado principalmente al desarrollo de la tecnología aeronáutica y la ciencia espacial. El Departamento de Energía del INTA inició alrededor de 1990 sus actividades en las tecnologías de las pilas de combustible e hidrógeno como vector energético para satisfacer las necesidades de gestión energética en misiones espaciales tripuladas. El Departamento de Energía del INTA tiene actualmente una amplia experiencia en caracterización de prototipos de pila de combustible de baja y media temperatura en el rango de potencia de hasta 30 kW, así como en diseño, instalación, monitorización y evaluación de demostradores de sistemas energéticos con pila de combustible e hidrógeno. Estas actividades se han realizado con apoyo financiero de las comunidades autónomas madrileña y andaluza, del Plan Nacional de I+D, y especialmente de los programas de marco de la Unión Europea. El INTA es el representante español en el Comité Ejecutivo del Programa sobre Tecnología del Hidrógeno de la Agencia Internacional de la Energía, ha presidido este comité desde junio de 2008 hasta junio de 2011y ha presidido la Asociación Española del Hidrógeno desde su fundación en mayo de 2002 hasta mayo de 2011 y desde entonces ocupa la vicepresidencia.

Universidad de Huelva. Grupo de Investigación, Control y Robótica

La actividad principal del Grupo de Investigación, Control y Robótica de la Universidad de Huelva se centra en:

- ✓ Diseño, modelado y fabricación de pilas de combustible.
- ✓ Acondicionadores de potencia para pilas de combustible.
- ✓ Sistemas híbridos basados en pilas de combustible.
- ✓ Instrumentación y control de electrolizadores.
- ✓ Producción ecológica de hidrógeno.

Universidad de Jaén – Departamento de Ingeniería Eléctrica

El grupo INYTE se dedica a la investigación de los sistemas eléctricos y energías renovables. Este grupo fue fundado en 1997 y está formado por once personas, diez de ellas pertenecientes a este departamento.

Sus actividades de investigación están enfocadas en diferentes vertientes: sistemas eléctricos, energías renovables, pilas de combustible, microturbinas y análisis de sistemas de distribución.

Dentro de las actividades de investigación del grupo se encuentran la ubicación óptima de centrales eléctricas basadas en aprovechamiento de los residuos agrícolas y forestales, análisis de la generación eléctrica distribuida, diseño de sistemas de generación eléctrica basada en microturbinas y pilas de combustible, así como el estudio de la estabilidad de los sistemas eléctricos.

Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Departamento de Economía, Métodos Cuantitativos e Historia Económica

El objetivo del departamento es la calidad académica e investigadora y cuenta con un equipo de trabajo capaz de ofrecer un alto nivel tanto en tareas docentes como de investigación.

Los temas de investigación tratados son muy diversos y comprenden, entre otros, Teoría de Juegos, Elección Social, Decisión Multicriterio, Análisis de Eficiencia, Teoría de Grafos, Economía del Seguro, Econometría, Análisis Input-Output, Valoración de Bienes Públicos y Externalidades, Economía Energética, Selección de proyectos o Educación Matemática. Entendemos que toda nuestra investigación ha de estar siempre orientada al servicio de la sociedad, por lo que mantenemos diversos convenios de colaboración con el sector público y empresas del sector privado.

Entre los diferentes proyectos de investigación que ha desarrollado el Departamento se destacan a continuación los relacionados con el sector energético e hidrógeno:

- Análisis económico y desarrollo sostenible en los Municipios de la Cuenca del Guadiamar.
- Elaboración de Modelos de decisión para la localización óptima de centros generadores de biomasa en la Comunidad Andaluza.
- Mapa del Hidrógeno Renovable en España (MAHRES).
- Mapa del Hidrógeno Renovable en España II (MAHRES II).

- Planificación de las infraestructuras para facilitar el abastecimiento energético mediante fuentes renovables
- Métodos cuantitativos para la Economía del Hidrógeno

INSTALACIONES CIENTÍFICO TECNOLÓGICAS SINGULARES (ICTS)

Plataforma Solar de Almería

La Plataforma Solar de Almería (PSA), perteneciente al Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), es el mayor centro de investigación, desarrollo y ensayos de Europa dedicado a las tecnologías solares de concentración.

Inaugurada en 1981 a partir de unas instalaciones experimentales previas, se encuentra ubicada en el desierto de Tabernas y es uno de los principales centros mundiales de investigación en producción de energía solar y otras aplicaciones de los sistemas termosolares de concentración. Desde 1987 es un centro de utilización mixta hispano-alemán, que ofrece a los investigadores una localización de características climáticas y de insolación privilegiadas para la evaluación, demostración y transferencia de las tecnologías solares. Está dotado con instalaciones experimentales que abarcan todo el espectro de sistemas, incluyendo dos campos de heliostatos con torre, horno solar y sistemas cilindroparabólicos. La tecnología desarrollada aquí ha permitido la construcción y puesta en marcha de la primera central eléctrica termosolar de torre del mundo en Sanlúcar de Barrameda (Cádiz).

En el ámbito del Hidrógeno, dentro de la Plataforma Solar de Almería se han llevado a cabo numerosos trabajos relacionados con las nuevas tecnologías y la producción de hidrógeno. Entre ellos cabe destacar:

HIDROSOL (2002-2005): Este proyecto se desarrolló entre 2002 y 2005 con la participación de varios centros de investigación y empresas. Los resultados de este proyecto fueron el desarrollo de materiales activos para la disociación de agua y producción de hidrógeno a temperaturas moderadas mediante ciclos termoquímicos.

HIDROSOL II (2005-2010): El objetivo de HYDROSOL-II fue el escalado del proyecto anterior, para lo cual se construyó una planta piloto que integró en la instalación SSPS-CRS de la Plataforma Solar de Almería. En esta instalación se realizaron ensayos con el objetivo de demostrar la viabilidad de la combinación de los sistemas de concentración solar con los ciclos termoquímicos para la producción de hidrógeno a partir de agua.

INNOHYP-CA (2004-2006): Es una Acción Concertada financiada por la Comisión Europea en su VI Programa Marco, que tiene por objeto revisar el estado del arte en procesos innovadores de producción masiva de hidrógeno por vía térmica y sin emisiones de CO2.

SolterH (2004-2009)- Generación de hidrógeno a partir de energía solar térmica de alta temperatura: El Proyecto SolterH tiene como principal objetivo demostrar la utilidad del binomio energías renovables - vector hidrógeno, concretamente la energía solar térmica, y su uso para la producción de un hidrógeno limpio y renovable, a partir del empleo adecuado de un recurso ilimitado y abundante como es el sol.

PHISICO (2006-2011): Producción Limpia de Hidrógeno: Alternativas sin emisiones de CO2: El objetivo fundamental del proyecto es el estudio de diferentes procesos limpios de producción de hidrógeno a fin de avanzar en la resolución de las limitaciones tecnológicas y económicas que presentan actualmente, lo que resulta clave para poder llevar a cabo una futura transición hacia la economía del hidrógeno.

HIDROSOL 3-D (2010-2012): El objetivo principal del proyecto es el estudio detallado de una planta solar termoquímica de 1 MW de potencia que produzca hidrógeno por disociación de agua.

Instalación de Energías Renovables

Tendrá dos áreas diferenciadas de investigación: una dedicada al estudio de la energía eólica y otra a la biomasa. La primera será una plataforma de ensayo de nuevos desarrollos de máquinas multimegavatio de fabricación nacional y de

aplicación tanto marina como terrestre, y la segunda promoverá el desarrollo de la tecnología de conversión de la biomasa en energía final. Ambas complementarán las investigaciones en el campo de energía solar que desarrolla la Plataforma Solar de Almería, que pasará a formar parte de esta nueva ICTS.

Estructura de las competencias de I+D+i en Andalucía

La Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE HPC), a través del informe "Hidrógeno y Pilas de Combustible. Reflejo del Sector en España" (2012), realizaba un análisis conjunto de las iniciativas de I+D+i producidas en los últimos años a escala nacional y autonómica, detectando medidas de cooperación. La finalidad de dicho informe es facilitar la puesta en común de los mecanismos de apoyo de la I+D+i para el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible existentes en el ámbito estatal y en cada una de las comunidades autónomas con competencias en este campo.

Tomando como referencia el documento citado anteriormente, se detallan a continuación las medidas e iniciativas puestas en marcha por la Comunidad Autónoma Andaluza para el fomento de la I+D+i.

DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION TECNOLOGIA Y EMPRESA

Consejería de Economía, Innovación y Ciencia.

www.juntadeandalucia.es/organismos/economiainnovacionyciencia.html

Los servicios que ofrece esta Consejería son

- Información sobre recursos tecnológicos en Andalucía.
- Asesoramiento en la búsqueda de financiación para I+D+i.
- Evaluación de proyectos innovadores.
- Asesoramiento y apoyo en el desarrollo de propuestas y creación de EBTs.
- Asesoramiento fiscal de la I+D+i.

ORGANISMOS DE FOMENTO O DESARROLLO DE I+D+i

- **LA AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA** www.agenciaandaluzadelaenergia.es
  La Agencia Andaluza de la energía es una entidad de derecho público adscrita a la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia. Surgió como iniciativa del VI Acuerdo de Concertación Social Andaluz, con la finalidad de ser una

herramienta puesta al servicio del tejido social, empresarial e institucional andaluz para impulsar el desarrollo energético sostenible de Andalucía.

- **AGENCIA IDEA** www.agenciaidea.es

La Agencia IDEA se creó con el objetivo de contribuir al desarrollo económico y social, fomentando el espíritu empresarial, la innovación, la cooperación en el sistema ciencia-tecnología-empresa y la competitividad.

- **FUNDACIÓN INSTITUTO ANDALUZ DE TECNOLOGÍA (IAT)** www.iat.es

IAT es un Centro Tecnológico de Ingeniería y Gestión de la Innovación reconocido oficialmente tanto por la Administración General del Estado como por la Junta de Andalucía. Nace en 1989 por iniciativa de los Colegios y Asociaciones de Ingenieros Industriales de Andalucía. Es una fundación privada y está declarado de interés público.

Su misión es acompañar a las empresas e instituciones en la mejora de sus resultados de forma sostenible, aportándoles valor mediante soluciones innovadoras.

IAT genera su propia tecnología y conocimiento a través de procesos de Investigación y Desarrollo (I+D) y presta Servicios Intensivos en Conocimiento (SIC).

- **AICIA. ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y COOPERACIÓN INDUSTRIAL DE ANDALUCÍA** www.aicia.es/

AICIA, es una Asociación de Investigación sin ánimo de lucro vinculada a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla, cuya finalidad es impulsar, orientar y desarrollar la investigación industrial en Andalucía, con especial énfasis en la publicación, difusión de resultados científicos y capacitación profesional de los ingenieros andaluces.

Análisis de la I+D+i en Andalucía:

- **Inversión en I+D+I en Andalucía**

La Comunidad Autónoma de Andalucía ha experimentado un claro aumento en inversión en I+D+i en los últimos diez años, según se puede observar figura 9. Cabe destacar el periodo 2006-2011, coincidiendo con el gran despliegue tecnológico a nivel nacional y regional que se dio en España.

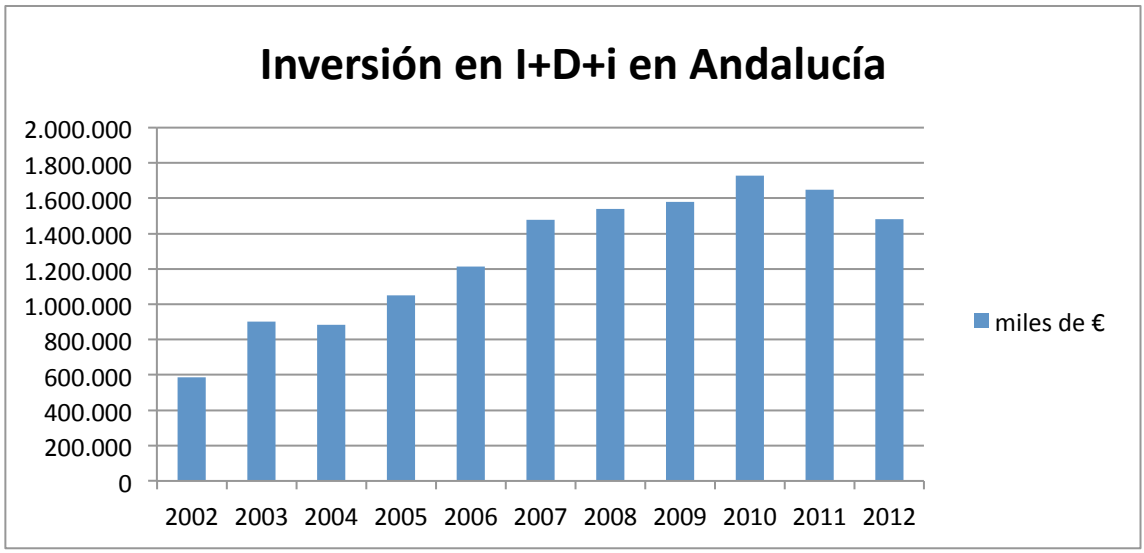


Figura 9: Inversión en I+D+i en Andalucía (Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE-Gastos internos totales y personal en I+D+i por Comunidades Autónomas y gastos internos/personal)

Hasta el año 2012, en Andalucía, se pusieron en marcha alrededor de 60 proyectos de gran relevancia en materia de hidrógeno y pilas de combustible, principalmente orientados a las áreas de I+D+i relacionadas con las tecnologías del Hidrógeno, su purificación, producción y almacenamiento. El listado de proyectos desarrollados en I+D+i en Andalucía se encuentra en el Anexo 1 de este documento.

Las inversiones en I+D+i fueron posibles gracias al gran apoyo de las administraciones públicas al sector; a destacar las sucesivas órdenes de incentivos de la Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía (IDEA), o la actuación de la Corporación Tecnológica de Andalucía, que posibilitaron el éxito de estos programas.

Tal y como referencia la Agencia Andaluza de la Energía en su documento [p.48-50], el crecimiento anual en las inversiones en Andalucía muestra el interés que despiertan en esta región las tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible, y la importancia a nivel nacional e internacional de la Comunidad Autónoma en este campo. En este periodo, de hecho, se alcanzaron los objetivos de inversión planteados por la Plataforma Española del Hidrógeno y las Pilas de Combustible (PTE-HPC), y se alcanzó también lo previsto por la JTI en esta materia.

Como se ha indicado anteriormente y según muestra la figura 8, entre 2006 y 2011 tuvo lugar una gran actividad en inversiones de I+D+i, coincidiendo con el período en el que se pusieron en marcha un gran número de proyectos relacionados con el Hidrógeno y las Pilas de Combustible en Andalucía.

La gran mayoría de los proyectos que se desarrollaron en Andalucía entre el año 2001 y 2012, se enfocaron a áreas de I+D+i (investigación aplicada, desarrollo tecnológico y labores de demostración de las tecnologías desarrolladas), suponiendo un 51 % del total de los proyectos realizados. Este dato pone de manifiesto que las empresas y grupos de investigación andaluces orientaron sus líneas de trabajo principalmente a integrar y aplicar tecnologías y conocimientos desarrollados previamente, dado que los proyectos de investigación básica en Hidrógeno y las Pilas de Combustible abarcaron un 28% del total.

Entre los ***proyectos de I+D+i*** más emblemáticos desarrollados en Andalucía, destacan aquellos relacionados con la producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables (FIRST, RES2H2, Hércules-Las Columnas, Sol-Ter-H o Hidrólica), los centrados en la producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles (REFORDI o SOLHYCARB), los que profundizan en la integración de sistemas (Hércules-El León, Delfín o Aquila) o los de desarrollo de elementos para su integración en sistemas (Gencell, Homecell o Microcell).

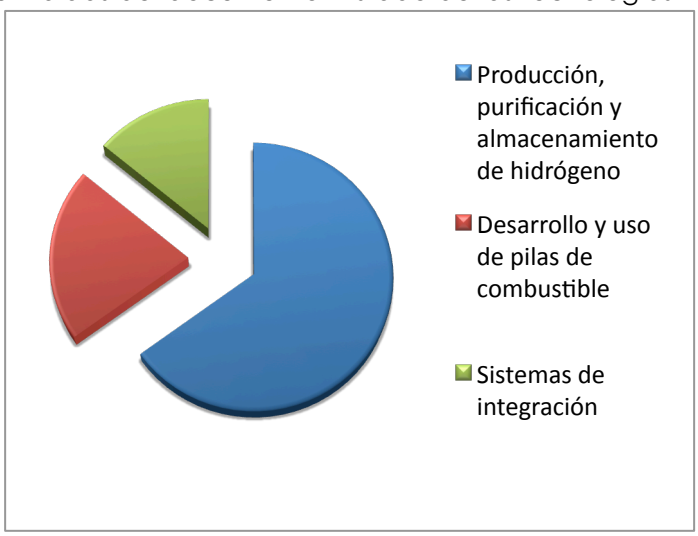
En los ***proyectos de promoción general del conocimiento*** (investigación básica) cabe destacar los de desarrollo de catalizadores para la obtención de hidrógeno (Universidades de Cádiz y Sevilla), generación de hidrógeno por procesos fotoquímicos (Universidad de Cádiz) y desarrollo de materiales (Universidades de Málaga y Sevilla).

Respecto a la naturaleza de los ***proyectos restantes,*** un 9% se orientaron a estudios generales, de implementación y planes estratégicos; un 5% al desarrollo de reglamentación y normativa reguladora de estas nuevas tecnologías; y otro 7% a la participación o colaboración en redes temáticas.

Destacan los proyectos MaHReA, EIHP y FCTESTNET, entre los ***proyectos desarrollados sobre estudios generales y de implementación, y redes temáticas.***

Para más información sobre los proyectos de I+D+i desarrollados en Andalucía en relación al sector hidrógeno y pilas de combustible, se puede consultar el apartado 10 del presente documento.

Atendiendo a la **clasificación de los proyectos desarrollados en Andalucía** de acuerdo a estas tecnologías (figura 10), la gran mayoría de ellos (65%) se relacionaron con las tecnologías del Hidrógeno, su producción, purificación y almacenamiento; un 21% se orientaron al desarrollo y al uso de pilas de combustible y sus sistemas afines; y el 14% restante se centró en los sistemas que integran la producción de hidrógeno con su uso en pilas de combustible (cifras extraídas del documento "Estado de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía, [p.51]). Se trata de una distribución bastante equilibrada, si se tiene en cuenta la apuesta en Andalucía por la integración del hidrógeno y otras fuentes de energía renovables en la generación eléctrica, y que los proyectos de utilización de pilas de combustible van dirigidos a sectores clave para la economía andaluza, como es el sector transporte.



Siguiendo los objetivos y líneas estratégicas definidas tanto por la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible - PTE HPC -, como por su homóloga europea (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking – FCH JU), Andalucía ha puesto el foco de sus actividades de I+D+i en sectores clave para la economía, como son el sector energía y el transporte.

Figura 10: Clasificación de los proyectos de I+D+i desarrollados en Andalucía. Fuente: elaboración propia

5. Agentes en la economía del hidrógeno a nivel internacional

Los países líderes a nivel mundial, en lo que respecta al desarrollo de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible, así como por la puesta en marcha de iniciativas para el fomento e implementación de una economía del hidrógeno son **Estados Unidos, Japón, Alemania, Corea del Sur y Canadá.**

Además de los citados anteriormente, existen otros países y regiones que destacan en el marco mundial por la estrategia que han definido y seguido para la implantación de una Economía del Hidrógeno.

Se exponen a continuación los avances, iniciativas y desarrollos logrados por cada país. Además, cabe destacar que en el *anexo 4* del presente documento se describen las diferentes iniciativas de fomento de las infraestructuras del hidrógeno, planes de financiación y desarrollo levadas a cabo en diferentes lugares del mundo. Todas estas iniciativas tanto estatales como de la industria son un motor para crear puestos de trabajo relacionados con las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible, y una oportunidad para los países promotores de ser líderes de una industria de futuro.

ESTADOS UNIDOS

Los programas estatales de apoyo a las tecnologías del hidrógeno han permitido que a día de hoy exista ya una significativa actividad comercial de equipos y componentes, además de varios de centenares de proyectos con financiación pública en marcha para prácticamente todas las aplicaciones de la tecnología. Algunas aplicaciones, como la generación eléctrica de emergencia sin emisiones o la propulsión de carretillas elevadoras eléctricas, son ya un nicho comercial en sí mismas y constituyen un ejemplo aplicable a otros ámbitos de desarrollo. En algunos estados, especialmente el de California, el despliegue de infraestructuras está muy avanzado y varios fabricantes automovilísticos venden o alquilan sus modelos con pila de combustible a usuarios finales, que pueden circular con seguridad en el repostaje por gran parte de la Costa Oeste. En 2013 el Gobierno promovió la iniciativa **"H2USA",** que al estilo de su homólogo alemán fija unos plazos y objetivos concretos a nivel estatal.

El **programa de Hidrógeno y Pilas de combustible de Estados Unidos**, gestionado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DoE), tiene como finalidad avanzar

en la definición y aplicación de estas tecnologías a nivel comercial,. Las líneas de trabajo (áreas) en las que se centra dicho programa son: desarrollo de las siguientes líneas de trabajo:

- ✓ Producción de hidrógeno
- ✓ Almacenamiento de Hidrógeno
- ✓ Distribución de Hidrógeno
- ✓ Pilas de Combustible
- ✓ Validación técnica de los sistemas
- ✓ Investigación y Desarrollo en la fabricación
- ✓ Seguridad y normalización
- ✓ Educación
- ✓ Mercado de transformación
- ✓ Análisis de sistemas

JAPÓN

Japón fue el primer país en establecer un plan nacional de hidrógeno y pilas de combustible y, en la actualidad, lidera la fabricación de diferentes dispositivos relacionados con estas tecnologías.

En 2011 el Gobierno de Japón, junto con numerosas empresas del sector y a través de su departamento para el desarrollo de nuevas tecnologías y energía (NEDO), puso en marcha su programa integral de apoyo público para acelerar la entrada de la tecnología en una fase de comercialización. Junto con California, Japón es una de las zonas con mayor despliegue de hidrogeneras en la actualidad, con un objetivo fijado para 2015 de cien puntos de recarga y para 2025 de más de mil puntos por todo el país y de dos millones de vehículos de hidrógeno.

Adicionalmente, ha abierto nuevos mercados tecnológicos basados en la fabricación de pilas de combustible y en la aplicación de estos sistemas al ámbito doméstico e industrial, incluida la cogeneración de electricidad y calor.

La estrategia comercial de Japón se basa en un plan en el que se integran el desarrollo de las pilas de combustible, la producción de hidrógeno, su transporte y el desarrollo de sistemas de almacenamiento más eficientes y con mayor densidad energética, junto con programas de demostración y la elaboración de legislación y material normativo.

ALEMANIA

El sector alemán es en muchos aspectos el más adelantado en el ámbito europeo. La Administración alemana fue la primera en reaccionar para fomentar el desarrollo de estas tecnologías, con un **plan específico de colaboración público-privada para el fomento de la I+D+i** desde 2007 (NIP) gestionado por un organismo creado específicamente para coordinar esfuerzos en este objetivo **(NOW).** Destacan dos programas orientados a demostrar y divulgar estar tecnologías en su aplicación al transporte por carretera, tanto a través del despliegue de flotas de estos vehículos como del fomento de la red de repostaje de hidrógeno: **"Clean Energy Partnership" (CEP)** y **"H2 Mobility".** Los objetivos asumidos por estas iniciativas incluyen la implementación de cuatrocientas hidrogeneras para el año 2023 y más de mil para 2030, además de una flota de más de un millón y medio de vehículos propulsados por pila de combustible en 2030.

Alemania cuenta también con compañías muy importantes e implicadas en el sector como son Air Liquide, BMW, Daimler, E-On, Linde, OMV, Shell, Siemens, Total y otras, y una gran cartera de centros de investigación especializados:

- ZBT Centre for Fuel Cell Technology GmbH Duisburg
- ZSW Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung
- FfE Research Institute for Energy Economy e.V.
- IZES Institute for Future Energy Systems Saarbrücken
- Ludwig-Bölkow-Systemtechnik
- Karl-Winnacker Institut DECHEMA e.V.
- IMM Institute for Micro Technology Mainz
- Research Centre Jülich GmbH
- Research Centre Karlsruhe
- GKSS Research Centre Geesthacht GmbH
- DLR German Aerospace Centre Stuttgart

CANADÁ

Aunque es difícil destacar iniciativas concretas, la trayectoria canadiense de apoyo al hidrógeno y las pilas de combustible es una de las más activas y prolongadas, y su sector empresarial incluye algunas de las empresas de primera línea a nivel mundial, como Ballard Power Systems o Hydrogenics. La implicación gubernamental en el sector es tal que, por ejemplo, la Asociación Española del Hidrógeno ha abierto un canal de comunicación permanente con su homólogo canadiense gracias en gran parte a la intermediación de la Embajada de Canadá en España.

COREA DEL SUR

Como parte de sus iniciativas para paliar las emisiones de CO2, Korea ha fijado unos objetivos para 2020 de cien mil vehículos de pila de combustible en circulación y de ciento setenta puntos de repostaje distribuidos por toda su geografía. Aunque la cifra sea parecida a las de otros países, es de destacar que los plazos son los más cortos, adelantándose unos cinco años a los de otras potencias en estas tecnologías. La instalación de plantas de generación estacionaria a gran escala basadas o complementadas con pila de combustible se está integrando en la infraestructura general del país, con decenas de megavatios instalados y funcionando en los últimos años. El fabricante automovilístico coreano Hyundai ha protagonizado una vertiginosa evolución tecnológica en los últimos años, y pese a haber seguido una trayectoria más corta que la de otras compañías, ha sido el primer fabricante en llevar su vehículo al mercado (2014). Hoy sin duda está entre los actores protagonistas en la carrera definitiva por la comercialización a escala masiva de los vehículos eléctricos con pila de combustible a escala global.

REINO UNIDO

Siguiendo el ejemplo de Alemania, las autoridades británicas promovieron en 2012 la puesta en marcha de un programa estatal conjunto para el fomento del vehículo eléctrico con pila de combustible: la iniciativa **"UK H2 Mobility".** El programa aúna a entidades públicas y privadas y establece objetivos de despliegue de infraestructuras cubrirían los principales centros de población en 2020 y que alcanzaría al 50% de la población en 2025, lo que permitiría reducir drásticamente sus emisiones de CO2

globales y del transporte a la vez que se potencia el tejido empresarial y la competitividad económica y ambiental.

En el panorama internacional, existen actualmente diferentes **iniciativas, alianzas y organizaciones que trabajan en la promoción y desarrollo de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible,** para lograr un avance hacia la economía del hidrógeno en el mundo.

- **European Hydrogen Association (EHA):** Asociación Europea del Hidrógeno, que fue fundada en el año 2000, con el objetivo de promover el uso del hidrógeno como vector energético en Europa. Está formada por 21 organizaciones/asociaciones nacionales y por las principales empresas europeas activas en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible (Air Products, Air Liquide, Shell Hydrogen B.V., The Linde Group, McPHY Energy S.A., Hydrogenics, Proton on Site, ITM Power, Anadolu University). Los diferentes países miembros de la EHA, representados por sus asociaciones son: Alemania, Bulgaria, Italia, Francia, República Checa, Letonia, Polonia, Portugal, Irlanda, Hungría, Finlandia, España, Dinamarca, Países Bajos, Suecia, Suiza, Reino Unido, Macedonia, Noruega, Rumanía y Eslovenia. Destacar que la Vice presidencia de la EHA la ostenta la Asociación Española del Hidrógeno.

- **Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU):** la Iniciativa Tecnológica Conjunta de Hidrógeno y Pilas de Combustible es una alianza público-privada que apoya la investigación, el desarrollo tecnológico y las actividades de demostración entorno a las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible en Europa. Su objetivo es facilitar y acelerar el desarrollo y utilización de sistemas energéticos europeos, basados en pilas de combustible e hidrógeno, competitivos a escala mundial, para su empleo en el sector transporte y en aplicaciones estacionarias y portátiles, así como para su introducción en el mercado.

  Los miembros de la JTI FCH son los siguientes: la Comisión Europea, el Grupo Industrial (*NEW Industry Grouping – NEW IG*) y la Comunidad Científica (*N.ERGHY Research Grouping – N.ERGHY*). Cabe destacar la participación de empresas y centros de investigación españoles, en los diferentes grupos de la FCH JU.

  La FCH JU, puesta en marcha por la Comisión Europea en 2008, tiene por objeto el desarrollo de proyectos relacionados con hidrógeno y pilas de combustible, en el ámbito de la investigación fundamental y aplicada, el desarrollo y la

demostración, que permitan que estas tecnologías tengan un fuerte crecimiento en la comercialización a largo plazo.

Para el periodo 2014-2020 (Horizon 2020) la FCH JU cuenta con un presupuesto total de 1,33 millones de euros.

- **International Association for Hydrogen Energy (IAHE):** la Asociación Internacional para la Energía del Hidrógeno, fundada en 1974, cuyo objetivo principal es la puesta en marcha de actividades para la implementación y desarrollo de la economía del hidrógeno a nivel mundial. Para ello esta Asociación ha desarrollado diferentes actividades de difusión e información como son publicaciones científicas, organización y patrocinio de diferentes conferencias mundiales, cursos de formación y congresos (destacar el World Hydrogen Energy Conference-WHEC- y el World Hydrogen Technology Convention-WHTC).

- **International Energy Agency (IEA):** la Agencia Internacional de la Energía es una organización que actúa como consejera de políticas energéticas de sus 28 países miembros. Su objetivo principal es establecer políticas contra el cambio climático, la reforma del mercado, la colaboración en tecnologías relacionadas con la energía y en fomentar el interés del resto del mundo.

  Es de destacar que España ha participado en el *Hydrogen Implementing Agreement* (establecido en 1988), programa estructurado en torno a lo que se denominan "Tasks" que abarcan toda la cadena del hidrógeno: producción, almacenamiento y uso en pilas de combustible. En la actualidad los grupos de tareas con participación española son:

  - ✓ *Task 24: Wind Energy and Hydrogen Integration,*
  - ✓ *Task 26: Near-Term Market Routes to Hydrogen by Co-Utilization of Biomass as a Renewable Energy Source with Fossil Fuels*
  - ✓ *Task 30: Global Hydrogen System Analysis*

- **International Partnership for the Hydrogen Economy (IPHE):** la Alianza Internacional para la Economía del hidrógeno es una institución internacional para acelerar la transición hacia la economía del hidrógeno, creada en el año 2003. Los países miembro de esta alianza son: Australia, Austria, Alemania, Brasil, Canadá, China, Comisión Europea, Estados Unidos Federación Rusa, Francia, Islandia, India, Italia,

Japón, Reino Unido República de Corea, República de Sudáfrica, Noruega y Nueva Zelanda.

Cada uno de los países miembros de IPHE se ha comprometido a acelerar el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible, para mejorar la calidad y seguridad de su suministro energético, el medio ambiente y la economía.

6. Mercado internacional del sector del hidrógeno y de las pilas de combustible

Como se ha visto en los apartados anteriores Andalucía cuenta con una gran capacidad tecnológica, empresas, centros de investigación, universidades e infraestructuras científico tecnológicas desarrolladas en el ámbito del hidrógeno y de las pilas de combustible. Además, muchos han sido los proyectos de I+D+i desarrollados en este ámbito por entidades andaluzas, desde inicios del año 2000. Todo ello dota a Andalucía de un gran conocimiento y experiencia en este sector. Sin embargo, del mismo modo que ocurre en España, en Andalucía no existe, a día de hoy, un mercado en este sector, a diferencia de lo que ocurre fuera de nuestras fronteras.

Este apartado está dedicado a analizar el mercado del hidrógeno y de las pilas de combustible existente a nivel internacional y al volumen de negocia que ello genera.

Datos de 2011 y evolución (Fuel Cell Today 2012)

La **producción de pilas de combustible en 2011** (excluyendo los juguetes y kits educativos) fue de **24.600 unidades**, un **crecimiento del 39% respecto a 2010**, encabezado por el aumento en el sector estacionario. La potencia total comercializada anual superó los 100 MW por vez primera en esta industria.

La producción de pilas de combustible **para energía estacionaria** creció considerablemente de 2010 a 2011, en todas las categorías. En 2011 se produjeron 16.000 unidades y más de 81 MW, aumentando el 94% y 133%, respectivamente, respecto a 2010.

La producción **para aplicaciones de transporte** se redujo en casi un 40% desde 2010, hasta 1.600 unidades en 2011. Esto se debió a varios factores, incluyendo en 2010 un aumento en las implementaciones en autobuses de Asia y el lanzamiento de varias flotas de demostración de vehículos eléctricos de pila de combustible. Estas circunstancias no se repitieron en 2011.

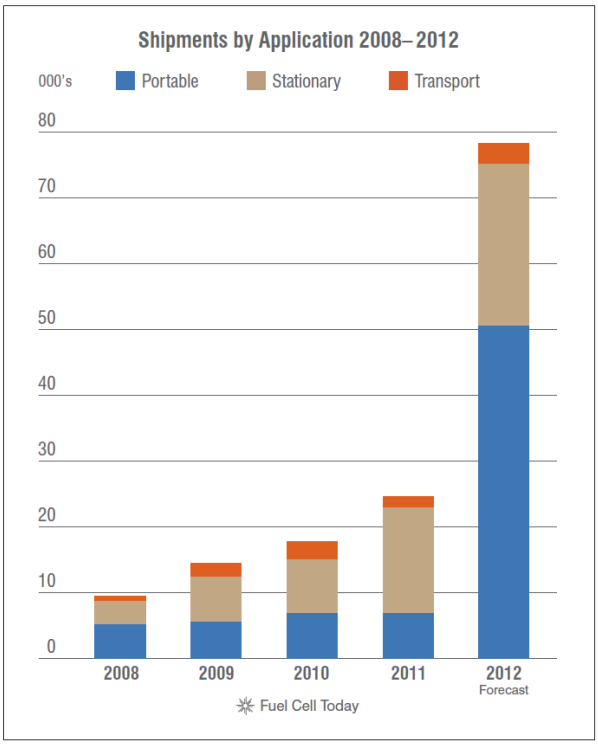
La producción de **sistemas portátiles** se mantuvo estable entre 2010 y 2011, creciendo un 1,5%. La pequeña caída de las ventas en el sector de las APU (Unidades Auxiliares de Potencia), debido al consumo limitado en Europa, fue contrarrestada por los envíos de pequeños sistemas de pilas de combustible para aplicación como cargadores portátiles de electrónica.

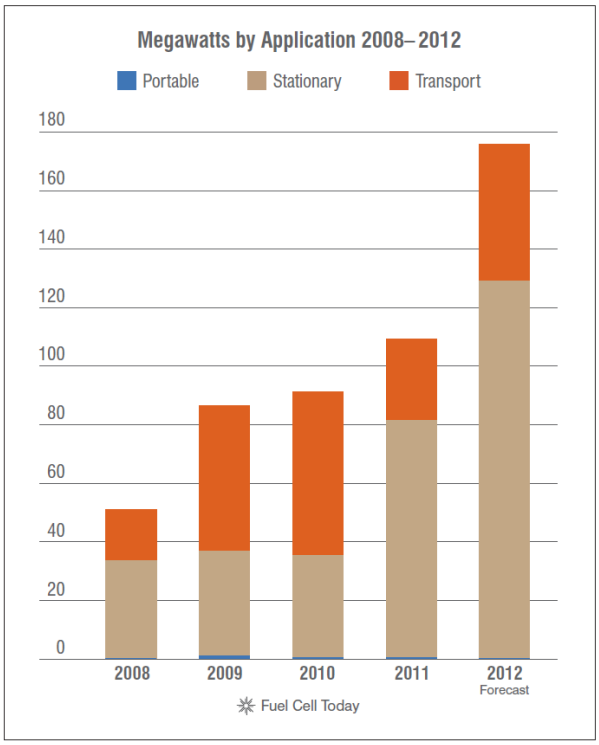
A finales de 2011, 215 **estaciones de servicio de hidrógeno** estaban en funcionamiento en todo el mundo con doce nuevas estaciones ese año. Esas estaciones están ubicadas en Europa (85), Norteamérica (80), Asia Pacífico (47) y el resto del mundo (3).

Por regiones, Asia domina la industria de las pilas combustible en términos de unidades con 17.000 en 2011, el 69% del mercado global. América del Norte lideró los datos de 2011 en potencia, con 59,6 MW, poco más del 50% del total, seguida de Asia en segundo lugar con 36%.

Por tipo de pila de combustible, la producción en el año 2011 fue dominada por PEMFC (83%), que se utiliza en la gama más amplia de los mercados a nivel mundial. En términos de megavatios, PEMFC cayó debido a los despliegues de aplicaciones en transporte más bajos; las MCFC, utilizadas en grandes instalaciones de energía primaria, crecieron sustancialmente.

Figura 11. Unidades y megavatios totales de pilas de combustible por aplicaciones. (Fuel Cell Today, 2012)





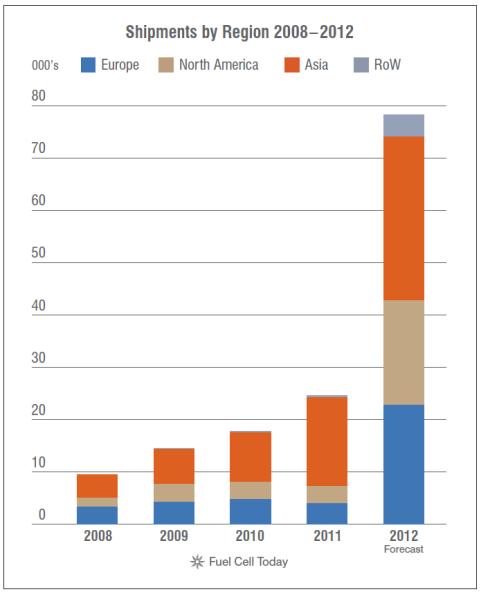
Las cifras de 2012 parecen dispararse respecto a la evolución anterior, quizá iniciando una nueva fase en estos mercados. A falta solo de datos confirmados para el último trimestre, **el citado informe vaticinaba que en 2012 las ventas anuales de sistemas de pilas de combustible se triplicarían**, hasta alcanzar un total de más de 78.000 unidades en todo el año, y los megavatios totales producidos o instalados crecerían en un 60%, hasta alrededor de 176 MW (ver Figura 10). A falta de datos finales, el informe esperaba cerrar el año con aumentos en todas las categorías de aplicaciones.

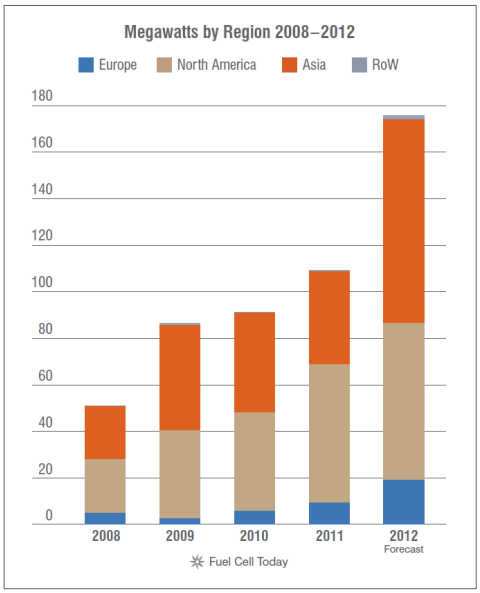
El crecimiento más espectacular de ventas se produjo en el sector portátil con el lanzamiento comercial generalizado de los cargadores de pilas de combustible para la electrónica de consumo. Tres empresas tienen productos a la venta: el *Minipak* de Horizon Fuel Cell Technologies, el *PowerTrekk* de myFC y el *AF-M3000* de Aquafairy. Esto se traduce en un **aumento de siete veces en las ventas**, de 6.900 unidades en 2011 a 50.500 unidades en 2012.

El crecimiento de los **pequeños sistemas estacionarios** de pilas de combustible, particularmente Ene-Farm en Japón, también contribuirá a la producción en 2012, mientras que los despliegues de **grandes sistemas estacionarios en Corea del Sur** se espera que aumenten significativamente la cifra de megavatios anuales.

Las aplicaciones en el transporte se recuperaron en 2012 gracias a los modestos aumentos de ventas en pilas de combustible para vehículos, autobuses y transporte en general, pero principalmente debido **al aumento del doble de ventas en carretillas elevadoras de pila de combustible** en América del Norte. La rentabilidad de la sustitución de la tecnología de batería por las pilas de combustible también ha sido estudiada por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) estadounidense, que informó que la pila de combustible supone ahorros de costes significativos en gastos de personal, de mantenimiento, y de espacio.

Figura 12. Unidades y megavatios totales de pilas de combustible por regiones. (Fuel Cell Today, 2012).





En 2012 se construyeron nuevas estaciones de repostaje de hidrógeno para suministrar a los "mercados tempranos" que aparecen por el lanzamiento comercial de los vehículos eléctricos de pila de combustible. **Alemania, California y Japón** han anunciado planes para construir entre ellos más de **200 nuevas estaciones de suministro de hidrógeno antes de 2016**. En el número de sistemas producidos en el año 2012 se produjo un aumento en todas las regiones, siendo los cargadores de pilas de combustible para electrónica portátil el principal protagonista en las ventas. Se espera que la potencia anual instalada aumente en todas las regiones, especialmente en Asia y Europa.

Las PEMFC siguieron siendo el tipo de pila de combustible dominante en las ventas en 2012, con crecimiento también en SOFC debido al aumento de su uso en aplicaciones de energía estacionarias. Los megavatios anuales de SOFC, MCFC y PAFC se incrementaron debido al crecimiento en el sector de gran energía estacionaria.

Según los datos hasta 2012 y las previsiones para 2013 recientemente publicadas (Pike Research, 2012), cuyos datos han sido utilizados por el US DOE, la evolución de las ventas de pilas de combustible es espectacular, desde poco más de 500 M$ en 2009 hasta más de 2.000 M$ en 2013 (se cuadruplican en 4 años). Por aplicación, la mayor facturación está en las aplicaciones estacionarias, después en transporte, y por último la electrónica portátil.

Figura 13. Unidades y megavatios totales de pilas de combustible por tecnología. (Fuel Cell Today, 2012).

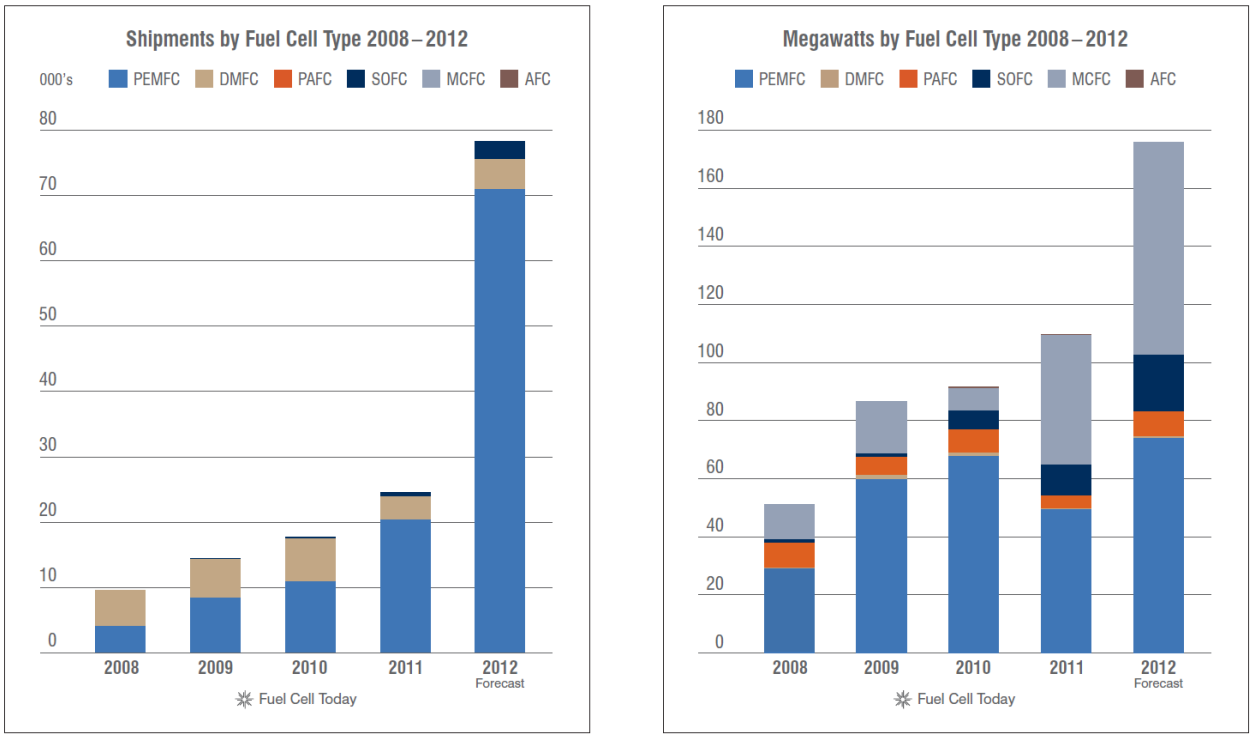
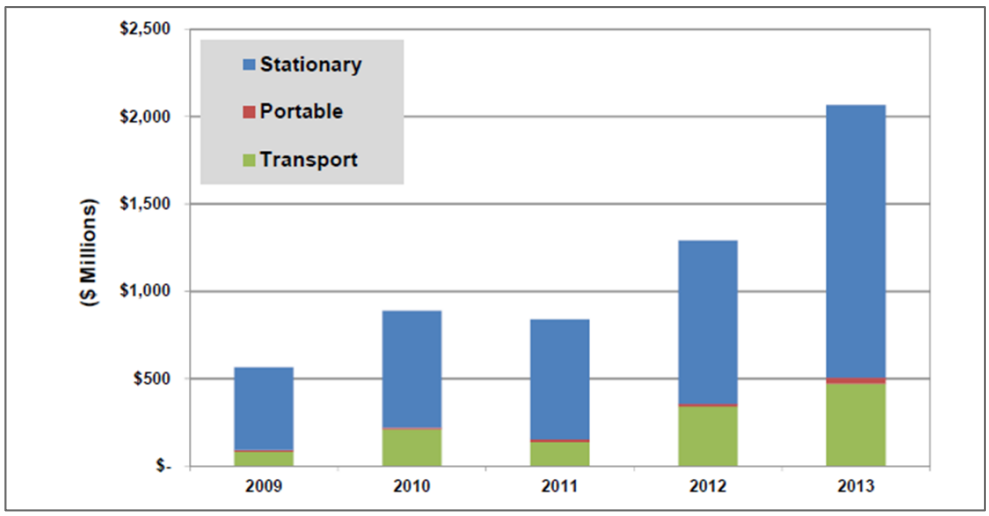
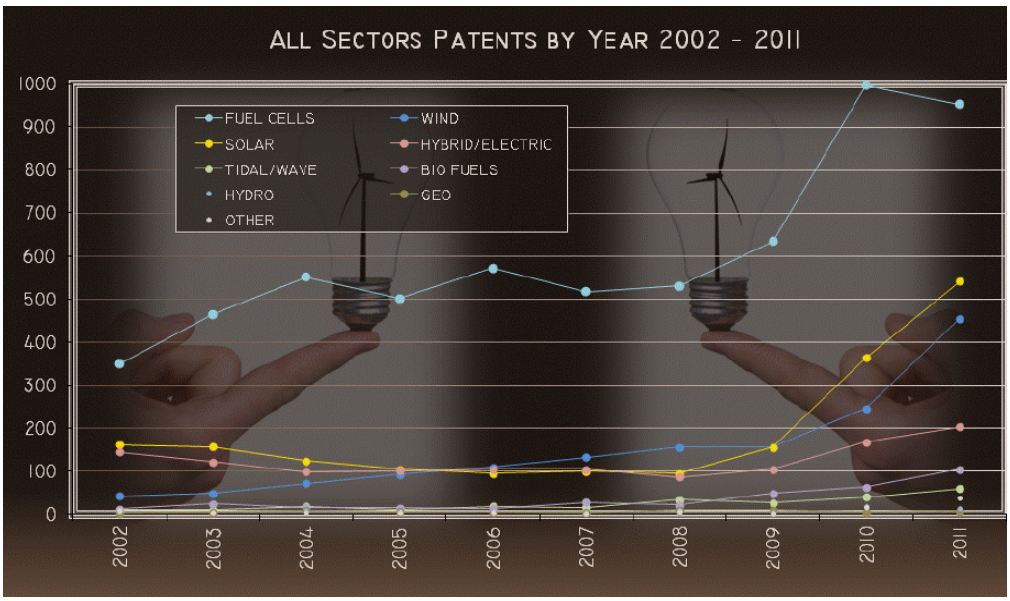


Figura 14. Facturación pilas de combustible por aplicaciones. (Pike Research, 2012).



Según el estudio realizado por *Cleantech Group*, basado en datos de la oficina americana de patentes, se patentan ahora más de 2.000 invenciones al año en energías limpias, frente a las cerca de 1.000 de antes del año 2.009. Y de esas patentes, aproximadamente la mitad son de pilas de combustible. En EEUU se registran tantas patentes sobre esta tecnología como sobre la suma de todas las demás tecnologías limpias (renovables y vehículo híbrido/eléctrico.



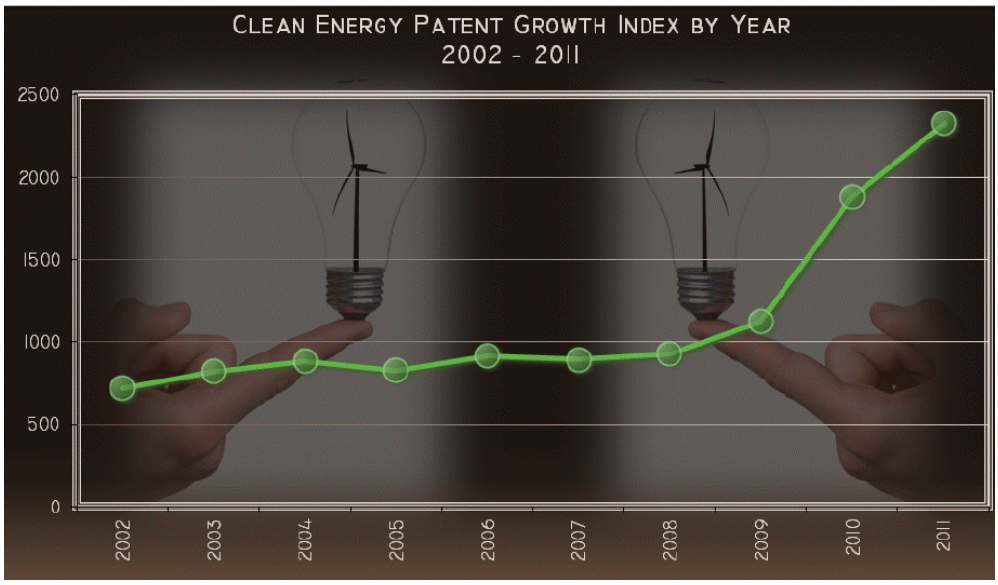


Figura 15.Índice de crecimiento de las patentes registradas en varios sectores tecnológicos energéticos por año en EEUU. y Figura 16. Índice de crecimiento de las patentes en energía limpias por año. Fuente: CLEAN ENERGY PATENT GROWTH INDEX (CEPGI). Year in Review. CleanTech Group- Heslin Rothenberg Farley & Mesiti P.C.

7. Posibilidades para la economía en Andalucía y oportunidades de negocio.

El impacto de las tecnologías de hidrógeno en la economía andaluza puede ser muy amplio cuantitativa y cualitativamente, porque las aplicaciones alcanzan a muchos sectores económicos: transporte con vehículos de hidrógeno, pilas de combustible en las viviendas (en Japón ya hay decenas de miles), producción de hidrógeno con excedentes de energías renovables, cogeneración industrial de electricidad y calor mediante pilas de combustible, etc.

El mercado de las tecnologías de hidrógeno, ya expuesto en más detalle en este documento, es una gran oportunidad para la economía andaluza. Vamos a revisar el panorama económico andaluz para entender cómo podrán aprovecharse estas oportunidades.

Según la Agenda por el Empleo de la Junta de Andalucía, la Comunidad Autónoma de Andalucía ha experimentado una clara transformación económica en las tres últimas décadas. A comienzos de la autonomía, la economía andaluza se hallaba en claro retroceso respecto a la española y la europea, pues se trataba de una sociedad rural con grandes desigualdades y severas carencias en todo tipo de dotaciones de capital. Con el paso del tiempo, se ha experimentado un proceso acelerado de reformas en el que la actividad agraria y la sociedad rural se han modernizado y redimensionado en términos económicos, se han resuelto en gran medida las carencias de infraestructuras, se han generalizado los servicios sanitarios y educativos, y la sociedad y economía andaluzas se han abierto al exterior. Como se establece en el Estatuto de Autonomía para Andalucía, la Comunidad Autónoma asume competencias exclusivas en el fomento y planificación de la actividad económica, y se compromete al desarrollo y la gestión de la planificación general de la actividad económica. Es por ello que, en la fase actual de desarrollo, y con las miras puestas en el Horizonte 2020, a Andalucía le corresponde orientar los esfuerzos en la mejora de procesos y en el incremento de la eficiencia de la gestión existente.

Los factores económicos y su contribución al desarrollo y la creación de empleo.

Dada la crisis económica que tiene lugar hoy en día, Andalucía debe mejorar sus estructuras económicas y generar empleo, sin renunciar al mantenimiento de los derechos básicos del estado de bienestar. Reducir el gasto público en los servicios esenciales como la educación y la salud, o en el impulso a la investigación y la innovación, no solo pone en cuestión los logros conseguidos en los últimos treinta años en materia de derechos sociales, sino que supone, claramente, una reducción de la productividad de los factores, que es la base del crecimiento económico. Por tanto, la opción por la economía productiva real, basada en la revalorización de los activos económicos y sociales con que cuenta Andalucía, se centra en **incrementar la eficiencia y productividad de nuestros factores productivos, que han de ser los auténticos motores de la economía y permitir generar mayor valor añadido y empleo**.

Se describen a continuación los **factores económicos:**

- **La población**

Los niveles de cualificación de la población son el mejor indicador del potencial económico de una sociedad y una economía. En el caso de Andalucía, en las últimas décadas se ha alcanzado una convergencia general con los niveles medios de los países europeos, pues cuenta con un porcentaje de personas en edad de trabajar con titulación universitaria equiparable a la de los países más desarrollados.

Existen aspectos fundamentales relativos a la conexión entre educación y sectores productivos en los que, a pesar de haberse producido ya importantes avances, aún requieren intensificación: (1) La incorporación de la cultura de la innovación y la capacidad para emprender proyectos para los jóvenes en su proceso formativo; (2) la orientación de la educación al desarrollo de capacidades y, de manera especial, a la cualificación en el uso de los medios relacionados con la economía digital; y (3) la intensificación de las acciones dirigidas a elevar significativamente la cualificación de la población en el uso de idiomas.

- **Los sectores productivos**

Andalucía debe lograr una especialización productiva más equilibrada en la que, junto al peso tradicional de los sectores agrarios y servicios, se dé prioridad a los sectores industriales, ya que son clave para generar cadenas de valor añadido en el

resto de los sectores. Igualmente, y de manera transversal al conjunto de los sectores, se considera prioritario el desarrollo de la economía digital para la mejora de las tecnologías de la información y la comunicación, la cual, a corto y medio plazo, será imprescindible para garantizar la competitividad de cualquier sector productivo.

El desarrollo de los sectores productivos ha de seguir, por tanto, una doble vía: por una parte, el de aquellos sectores más innovadores que tienen una importante capacidad de generación de nuevos empleos altamente cualificados (aeronáutica, las energías renovables, la biotecnología, las tecnologías de la información y las comunicaciones, las industrias y servicios ambientales, y las industrias y servicios culturales y creativos) y, por otra parte, la modernización y la innovación en la competitividad de sectores ya consolidados (agricultura y la agroindustria, la pesca y la acuicultura, la construcción, el turismo, el comercio, la minería y otros subsectores industriales).

Las empresas

El desarrollo económico y la generación de empleo son dos elementos clave para la mejora de la competitividad de las empresas, así como para impulsar su internacionalización e innovación. En el caso de Andalucía, es preciso el aumento del tamaño de sus empresas, dado que empresas más dimensionadas incrementan la capacidad exportadora y de innovación en el sector productivo. Para ello, es fundamental fomentar en Andalucía la presencia de empresas industriales, que han demostrado su capacidad exportadora y de innovación, con importantes efectos de arrastre en la economía regional. Asimismo, han de **fomentarse la cooperación y asociacionismo empresarial, y el establecimiento de redes y plataformas de cooperación.** En este sentido, es fundamental eliminar barreras legales y mejorar y simplificar la regulación económica y los procedimientos administrativos. Especial prioridad han de tener las pequeñas y medianas empresas, con atención particular a dos segmentos: la economía social y el trabajo autónomo.

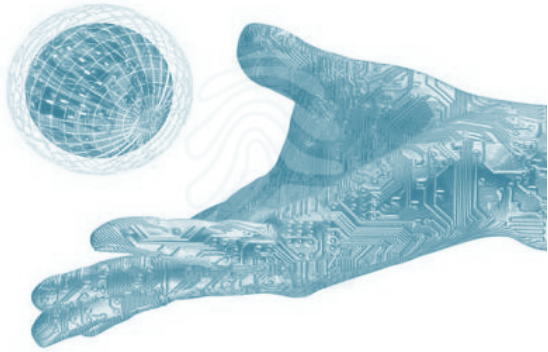
El sistema de I+D+i

Andalucía cuenta con un consolidado sistema de I+D+i compuesto por:

- Agentes del Conocimiento (Universidades, Organismos Públicos de Investigación, Centros e Institutos de Investigación, y Grupos de Investigación).

- Redes para la transferencia y aplicación del conocimiento a la innovación (Parques Científico Tecnológicos y Parques Empresariales, Centros Tecnológicos, Oficinas para la Transferencia de los Resultados de la Investigación).
- Entidades de gestión y divulgación de la ciencia y la tecnología.
- Empresas con una alta capacidad para realizar proyectos de investigación industrial, desarrollo experimental e innovación.

Esta región ha avanzado notablemente en materia de investigación y desarrollo en convergencia con la UE, aunque todavía hay importantes distancias. El principal reto es incrementar la participación del sector privado en el gasto total en I+D (al contrario que en la UE y en el conjunto de España, dos tercios de los fondos para I+D de Andalucía proceden del sector público), así como una mayor orientación del sistema público de I+D hacia las demandas del sistema productivo. A la hora de diseñar los proyectos, ha de tenerse en cuenta que las medidas que se adopten deben considerar las características propias de la base productiva y de los recursos de la economía andaluza y, por ello, no tienen por qué imitar los modelos de I+D de las regiones centrales.



El esfuerzo inversor de Andalucía en I+D en 2012 representó un 1,1% del PIB, por debajo del observado en la totalidad de España (1,3%) y del objetivo de la Agenda 2020 (3%). Sin embargo, desde 1995, la convergencia tecnológica de Andalucía con Europa ha sido considerable. Respecto a la Zona Euro ha avanzado 16,8 puntos, del 32,2% en dicho año al 49,1% en 2012.

Andalucía fue en 2012 la tercera Comunidad Autónoma española con mayor personal de I+D (después de Madrid y Cataluña). Cabe destacar que, del año 2008 a 2012, mientras que la población activa en Andalucía se redujo un 18,4%, el personal en I+D por el contrario creció un 11,5%, 7,7 puntos más que en el resto de España. Sin embargo, el gasto en I+D por persona en Andalucía se encuentra bastante por debajo de los valores medios de Europa.

2.128 Empresas realizaron actividades innovadoras en Andalucía en 2012, cifra que representa el 11,8% de las que lo hicieron en España (18.077 empresas). El desarrollo de esas actividades supuso un gasto en la región de 867,3 millones de euros, el 6,5% del total nacional. Con ello, la comunidad andaluza se situó como la cuarta

región con mayor gasto en innovación de las empresas, tras Madrid (33,3% del total nacional), Cataluña (24,7%) y País Vasco (11,3%).

En Andalucía existen 37 Organismos Públicos de Investigación registrados, 36 de carácter nacional y uno de carácter autonómico.

Las Universidades suponen el 43% del gasto en I+D de Andalucía y aportan el 47% del personal dedicado al mismo, recursos con los que se genera el 70% de la producción científica andaluza.

De cara a **Horizonte 2020**, **Andalucía ha establecido una serie de retos en el campo de la I+D+I,** entre ellos (Agenda para el Empleo de Andalucía (2014-2020)):

1. Consolidar el sistema andaluz de I+D+i
2. Fomentar la participación del sector privado
3. Desarrollar una Estrategia de Especialización Inteligente que opte por aquellas actividades con mayor potencial de innovación en el sector productivo
4. Garantizar la excelencia de la investigación en las Universidades y grupos de investigación, y su relación con los organismos públicos de investigación y centros e institutos de investigación
5. Reforzar los mecanismos de transferencia de conocimiento desde los organismos de investigación hacia el sistema productivo
6. Incrementar el papel de la red de espacios tecnológicos y los clústeres como nodos del sistema de innovación de las empresas
7. Desarrollar la participación pública y privada de Andalucía en los programas de I+D+i nacionales, europeos e internacionales
8. Consolidar los instrumentos de apoyo e incentivo a la innovación de las empresas
9. Favorecer la generación de empleo en los distintos ámbitos de la I+D+i andaluza

Las **líneas de actuación** establecidas para conseguir los retos propuestos son:

1.1. Planificar, coordinar, dinamizar y evaluar las políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en Andalucía, a través del desarrollo del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación 2014-2020.

- Promover la **excelencia creativa e innovadora** del capital humano **en materia de I+D+i.**
- Fomentar la generación de **conocimiento científico avanzado y de calidad.**
- Promover un mayor liderazgo en materia de I+D+i en Andalucía.
- Fomentar una **I+D+i como motor de cambio social y de la modernización de Andalucía.**
- Promover dinámicas de **internacionalización en la I+D+i** de Andalucía.
- Impulsar un marco de **competitividad y desarrollo social** basado en la economía del conocimiento.

1.2. Promover la innovación y la especialización inteligente en el sistema productivo, en el marco del desarrollo de la Estrategia de Innovación de Andalucía 2014-2020 (RIS3).

- Impulso y desarrollo de la **movilidad y la logística**.
- Consolidación de **la industria avanzada y vinculada al transporte**.
- **Aprovechamiento sostenible de los recursos endógenos** de base territorial.
- Potenciación de Andalucía como destino turístico, cultural y de ocio.
- Impulso a los sistemas de salud y de bienestar social.
- Investigación e innovación en agroindustria y alimentación saludable.
- **Fomento de energías renovables, eficiencia energética** y construcción sostenible.
- Fomento de las TIC y de la economía digital.

1.3. Potenciar las actuaciones de investigación a nivel sectorial

- Agroalimentaria, agraria, ganadera y pesquera.
- Aeroespacial y Aeronáutica.
- Minería.
- Rehabilitación, edificación y vivienda energética.
- Turismo y comercio.
- Medio ambiente y ordenación del territorio.
- Movilidad y transporte.
- Salud y calidad de vida.
- Cultura y creatividad.

1.4. Propiciar e incentivar la innovación y el desarrollo empresarial, la creación de empresas tecnológicas e innovadoras, atendiendo a las pymes, empresas de economía social y de trabajo autónomo, así como a las empresas industriales y de sectores estratégicos.

Las infraestructuras económicas

De acuerdo a la Agenda para el Empleo de Andalucía (2014-2020), las principales infraestructuras económicas de la Comunidad Autónoma son:

- ***Las tecnologías de la comunicación y la información***
- ***La red logística***
- ***Las infraestructuras energéticas:*** El sector energético tiene una importancia notable en la economía andaluza dada su posición geográfica. Los principales objetivos del sistema energético andaluz, en consonancia con las estrategias europeas, se centran en la reducción de la excesiva dependencia de los combustibles fósiles, la mejora de la eficiencia y el ahorro energético, y la promoción de las energías renovables.
- ***Las infraestructuras hidráulicas***

Los recursos territoriales y su contribución al desarrollo y la creación de empleo.

La Comunidad Autónoma de Andalucía cuenta con una gran dotación de capital territorial que otorga al territorio de buenas perspectivas para su desarrollo socioeconómico:

- La diversidad y la extensión del territorio de Andalucía, que es la cuarta en superficie y la tercera en habitantes de la Unión Europea.
- Las ciudades que conforman el sistema urbano.
- Los recursos naturales, paisajísticos y culturales.
- Las oportunidades de desarrollo que se derivan de la posición geoestratégica de Andalucía.
- El sistema portuario, la red de áreas logísticas y las zonas urbanas comunicadas mediante redes de transporte.

La posición geoestratégica de Andalucía es esencial en el desarrollo económico de la región, dado que, gracias a su ubicación y al complejo sistema portuario con el que cuenta, tiene la posibilidad de estrechar lazos económicos con España, Norte de África, Suroeste de Europa y Portugal.

Las redes urbanas andaluzas fomentan la integración económica regional, gracias a la cohesión territorial, entendida como el acceso de la ciudadanía a los

equipamientos y servicios educativos, sanitarios, sociales, etc. en condiciones equivalentes en el conjunto del territorio. El sistema urbano andaluz propicia, además, el desarrollo sostenible, dado que se considera un sistema urbano equilibrado, con un menor nivel de externalidades ambientales que los modelos de concentración urbana.

Por último, también merece ser destacada la dotación de recursos naturales de la región andaluza, recursos que representan un patrimonio de grandísimo valor para la calidad ambiental y que son un **factor esencial para la puesta en activo de sectores económicos** como la agricultura, la ganadería, la pesca y la acuicultura, las **energías renovables**, el turismo y la minería. Estos sectores ocupan un lugar estratégico en la economía regional, gracias a su contribución a la capacidad productiva y al empleo, a su relevancia en la cohesión territorial de Andalucía y al fomento de la fijación poblacional en el territorio y al desarrollo sostenible.

Datos de la economía andaluza: el PIB, las empresas y el empleo.

La Comunidad Autónoma de Andalucía se ha visto particularmente afectada por la crisis económica desde el año 2007 después de 14 años ininterrumpidos de crecimiento económico y expansión (Figura 16). Entre 2007 y 2013, el PIB andaluz se redujo un 7,9%, una caída que, desde el punto de vista de los sectores productivos, ha afectado de manera especial a la industria y, sobre todo, a la construcción. Desde la óptica de la demanda, la caída se explica por la fuerte restricción de la demanda interna, del consumo y especialmente de la inversión, sólo compensada en parte con una notable mejora de las exportaciones.

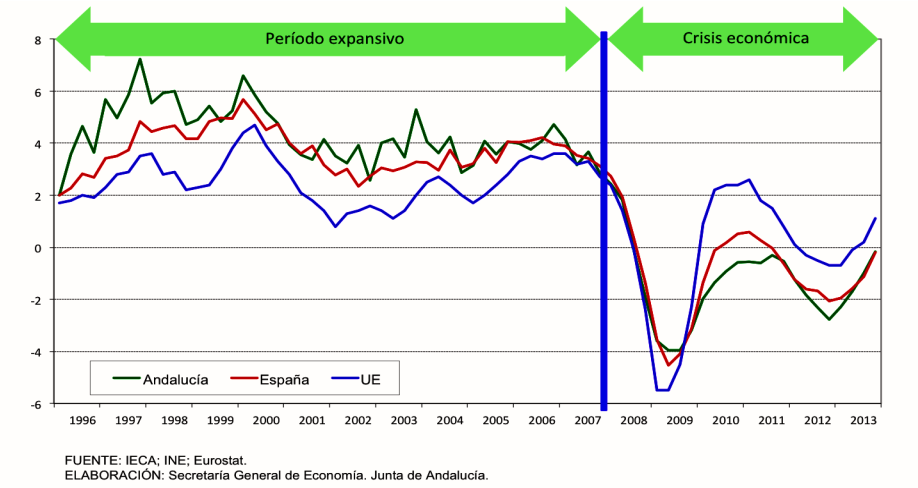


Figura 17 Crecimiento interanual del PIB real. Andalucía-España-Unión Europea (Fuente: Agenda para el empleo de Andalucía 2014-2020)

El descenso global de la actividad económica se ha reflejado en una pérdida de tejido empresarial, y en un severo ajuste del empleo en el mercado laboral. En el mercado laboral, entre 2007 y 2013 se perdieron 667.100 empleos en Andalucía, una reducción de un 20,6% cuando en la totalidad de España fue de un 16,7%.

Por tanto, la economía andaluza se ha visto especialmente afectada por la crisis económica internacional, con ajustes del PIB, del empleo y del tejido empresarial mayores a los de la economía española.

La economía andaluza se caracteriza por ser una economía muy abierta al exterior, con un peso de las exportaciones e importaciones de mercancías respecto al PIB del 76%. Especialmente, la economía andaluza depende en gran medida del resto de España, ya que más de la mitad de las exportaciones de mercancías van dirigidas al resto de las CCAA y casi las dos terceras partes del turismo de la región es de origen nacional.

Entre1995 y 2007, la ocupación creció en Andalucía un 79% y se crearon 1.422.000 empleos. Al mismo tiempo, la población activa creció en un millón de personas, un 35,7%, casi cuatro veces el incremento medio en la UE (10,3%). Esto ha tenido notables implicaciones en el mercado laboral, que durante los años de crisis (2007 a 2013) ha registrado un fuerte aumento de la tasa de paro, derivado del significativo ajuste del empleo en el sector de la construcción y actividades vinculadas al mismo, que explican casi las dos terceras partes del empleo que se ha perdido en estos años.

Estimaciones de empleo

De manera previa a las estimaciones y cálculos del empleo que se podría generar en Andalucía en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible, se recopilan datos extraídos del informe "**Expectativas de creación de empleo en hidrógeno y pilas de combustible en España".** Este documento, ha sido elaborado por la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTEHPC), en representación del sector nacional con actividad en estas tecnologías, para informar de la importancia que pueden tener estos avances sobre la economía nacional y en particular sobre el empleo.

Las estimaciones se basan en datos estadísticos del ámbito español y en estudios específicos sobre los impactos futuros de los sistemas de hidrógeno financiados por la Unión Europea, realizados por el Departamento de Energía de Estados Unidos, y otros.

Necesariamente la cuantificación se basa en estimaciones que conllevan un cierto grado de incertidumbre, pero el escenario puede afectar tanto a la economía española que no parece sensato no considerar las consecuencias para el empleo en España: con las medidas de apoyo adecuadas se podrían crear en España más de 200.000 puestos de trabajo, mientras que podríamos sufrir la pérdida de más de 800.000 empleos en 2035 si las decisiones en el corto plazo no son las correctas.

La transposición de estas perspectivas nacionales al ámbito regional de Andalucía se recoge en la Figura 17. El informe de la PTEHPC está a su vez basado en una serie de informes previos, cuya transposición al caso andaluz se incluye también en la misma figura.

***Fuente de datos para cálculo:**

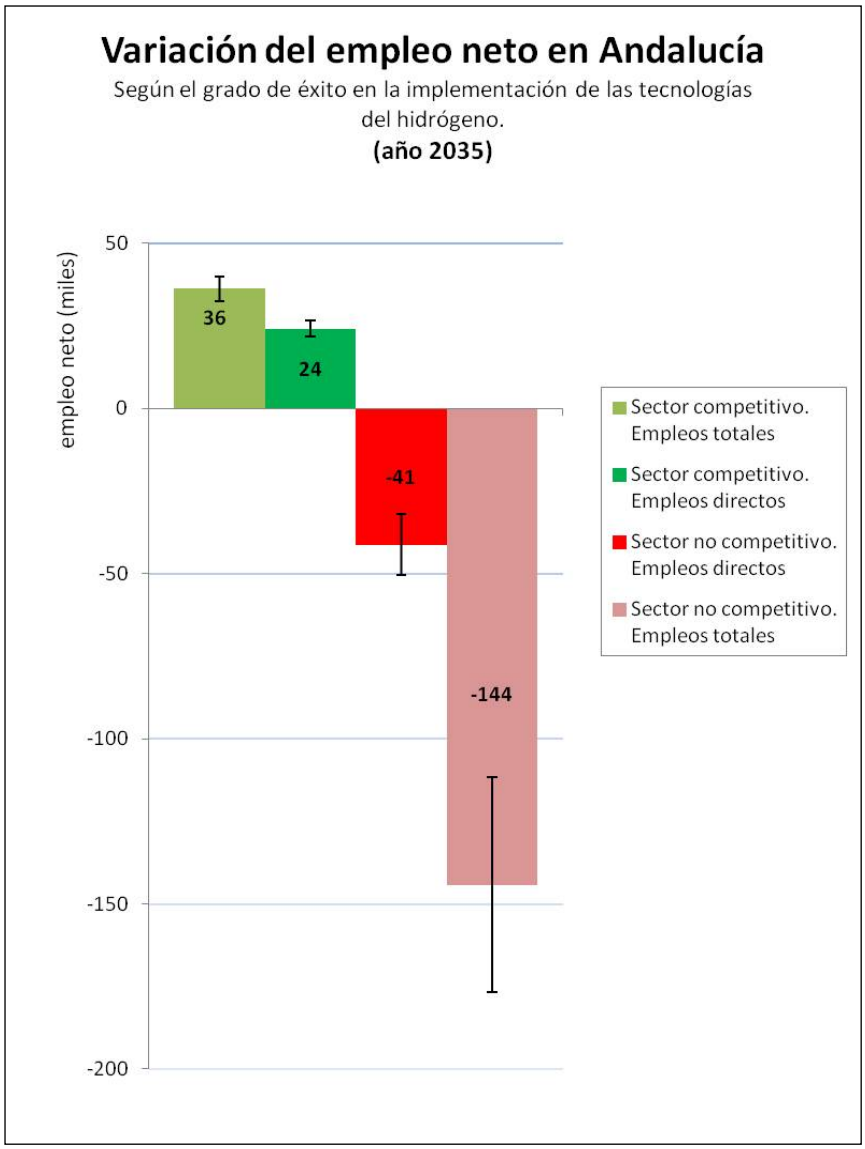
- Población: Junta de Andalucía, 2011
- PIB: INE, 2010
- Turismos: DGT, 2013

Potencial económico de la economía del hidrógeno en Andalucía. Creación de empleo directo neto (año 2035)				Empleos en Andalucía
Expectativas de creación de empleo en hidrógeno y pilas de combustible en España (PTEHPC)	Sector competitivo, empleos directos, año 2035. **Empleos directos en España: 136.000**	extrapolación	por población	**24.098**
			por PIB	**18.213**
			por nº turismos	**22.815**
***HyWays* para España** Escenario *Optimistic*	Aprendizaje rápido y apoyo muy alto - 2030. **Empleos directos en España: 180.000**	extrapolación	por población	**31.895**
			por PIB	**24.105**
			por nº turismos	**30.196**
	Aprendizaje rápido y apoyo alto - 2030. **Empleos directos en España: 125.000**	extrapolación	por población	**22.149**
			por PIB	**16.740**
			por nº turismos	**20.969**
US DOE 2008 *Effect of Transition to a Hydrogen Economy on Employment in the United States: Report to Congress* Escenario HFI - 2035 (Solo sector del automóvil)	**Empleos en Estado Unidos: 677.070**	extrapolación	por población	**18.073**
			por PIB	**7.763**
			por nº turismos	**10.535**
	*Región: *Upper Midwest* 105.000		por población 46.220.000 hab.	**19.017**
	*Región: *Tenessee* 14.500		por población 6.456.243 hab.	**18.801**
ASES 2008 Escenario *Advanced* - 2030 (Hidrógeno + pila de comb.)	**Empleos en Estados Unidos 925.000**	extrapolación	por población	**24.691**
			por PIB	**10.606**
			por nº turismos	**14.393**

	Estados Unidos	España	Andalucía
Población	313.607.000	47.244.000	8.371.270
PIB	15.653.366	1.340.266	179.484
nº turismos	239.909.355	22.251.924	3.732.865
PIB/habitante (USD)	49.914	28.369	21.440
turismos/habitante	0,765	0,471	0,446

Figura 18. Potencial de creación de empleo del sector del hidrógeno en Andalucía, extrapolación desde varias fuentes.

La ganancia en el empleo se produciría sobre todo en el sector energético y en nuevos sectores emergentes, mientras que la severidad del efecto negativo tiene que ver con la gran implantación del sector del automóvil en España: se considera que el automóvil con pila de combustible será la primera gran aplicación del hidrógeno en desarrollarse, y los empleos de hoy correrían serio peligro si el sector no se renovara adecuadamente.



Los datos anteriores de empleo se refieren a empleo neto directo generado por los diferentes subsectores; el impacto total sería mayor, pues cualquier sector de la envergadura que podría tomar éste genera a su alrededor un tejido industrial secundario. La Figura 18 muestra un resumen de las proyecciones esperables según la recopilación de estudios realizada, simplificándola para contemplar solamente dos escenarios antagónicos: uno en el que el sector del hidrógeno se desarrolla eficientemente y recibe un significativo apoyo público (especialmente en sus inicios), y otro en el que la región se queda rezagada en este aspecto mientras a nivel nacional y europeo el sector del hidrógeno sigue la senda de desarrollo rápido que muchas fuentes especializadas vaticinan.

Figura 19. Proyección de la variación del empleo neto en Andalucía en 2035 según los distintos escenarios supuestos.

De la misma manera que en el ámbito nacional, la destrucción de empleo en el escenario no competitivo es sensiblemente mayor que la creación neta en el escenario favorable. También es muy destacable la importancia relativa de los cambios en el empleo indirecto: solo incrementan la ganancia en un 50%, pero que en el escenario no competitivo agravarían la pérdida en un 250%. Estos ratios son tan distintos porque lo previsible es que muchos de los nuevos empleos se crearían en la generación renovable e industrias afines, mientras que la pérdida se produciría sobre todo en sectores relacionados con el automóvil, que por sus características y nivel de implantación maneja ratios de empleo indirecto/directo mucho más elevados. Aún así, ese dato de destrucción de empleo correspondería a la extrapolación de la media nacional, y se incluye siguiendo un criterio conservador: como el sector del automóvil esta infrarrepresentado en la comunidad andaluza, el impacto relativo sería probablemente de una magnitud menor. Asimismo, el dato de creación de empleo podría estar infravalorado: aunque la cuantificación de este factor es tremendamente compleja, es innegable que Andalucía dispone de un recurso solar privilegiado respecto al resto de España y de Europa. **Las renovables presentan claras sinergias con las tecnologías del hidrógeno, y su desarrollo allanaría el camino para una explotación más extendida de tecnologías como la fotovoltaica, la solar de concentración u otras variantes que pudieran aparecer en los próximos años.**

Para más información sobre los métodos de cálculo utilizados, datos de partida y resultados obtenidos se puede consultar el ***Anexo 3 Estimaciones de empleo para el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible en España.***

Impacto sobre otros sectores

El sector del hidrógeno y las pilas de combustible presenta amplias sinergias hacia otros sectores, y la renovación del mercado automovilístico podría generar un sistema y un tejido industrial también nuevo a su alrededor. En particular, el sector del automóvil alimentado por hidrógeno podría incrementar la facturación de los siguientes sectores y servicios:

- Servicios de ingeniería, instalación y certificación de instalaciones.
- Servicios de logística.
- Mantenimiento de las instalaciones.
- Revisión y certificación periódica de las instalaciones.
- Reducción de la factura de derechos de emisión de CO2.
- Venta de unidades de potencia (generadores eléctricos).
- Venta de unidades de cogeneración.
    - Producción de hidrógeno energético.
    - Venta de sistemas con pila de combustible para la alimentación de pequeños sistemas electrónicos.

Toda esta nueva actividad económica derivada se traducirá, previsiblemente, en nuevos puestos de trabajo y en mayores flujos de importación y exportación de bienes y servicios.

Impacto sobre exportaciones e importaciones.

Suponiendo un escenario extremo, en el que toda la flota de vehículos funcionara con hidrógeno y ese hidrógeno se produjera sólo a partir de combustibles fósiles, el equilibrio de exportaciones e importaciones se vería afectado en muchos aspectos, pero el más evidente y probablemente el más significativo sería el del descenso en las importaciones de petróleo. En la actualidad, y según datos del IDAE, el consumo de combustible para aplicaciones al transporte en España es de aproximadamente 26.482 ktep/año.

Según el planteamiento expuesto anteriormente, la reducción en el consumo se debería a la mejora de eficiencia de los sistemas de pila de combustible frente al motor de combustión Interna (eficiencia de la pila de combustible en automoción del ~55%, frente al ~25% del motor de combustión interna en automoción). Al sistema de producción de hidrógeno hay que añadirle una pérdida por procesos de transformación del combustible fósil en hidrógeno (~10%), pero aun así, la eficiencia del vehículo de pila de combustible es de alrededor del doble del vehículo de motor combustión interna. ***El uso de los vehículos de pila de combustible implicaría una reducción de aproximadamente el 50% del consumo total de combustible frente al actual.***

Por todo ello, y en lo relativo a las **importaciones de combustible en el sector transporte**, estaríamos hablando de una reducción aproximada del 50% de combustible importado. En cifras económicas, y partiendo de la mitad de consumo total (13.241 ktep)), estos 13.241 ktep se transformarían en barriles de crudo (1tep=7,4

barriles), por lo que si se estimara un precio medio del barril actual en 95$ (se han llegado a alcanzar cifras de 150$ por barril) y una tasa de cambio media de 1,30 euros por dólar, ***el ahorro total de las exportaciones sin incluir transporte ni impuestos equivaldría a 7.000 millones de Euros***.

Es importante destacar que todos los datos estimados se han basado en el modelo de producción de hidrógeno desde combustibles fósiles; si en este modelo se tuviese en cuenta la producción a partir de energías renovables, la cifra de importaciones de petróleo sería aún menor.

En el aspecto de las exportaciones, si España alcanzara una posición de liderazgo en la implantación de flotas de vehículos FCEV, podría atraer a los grandes fabricantes de vehículos e **implantar sus líneas de producción exportando vehículos de tecnología FCEV a Europa**. Además, se dispondría de un ***know-how*** adquirido en las empresas españolas por llevar a cabo grandes infraestructuras de suministro de hidrógeno, que podría ser exportado a otros países con intenciones de implantar estas tecnologías.

8. Oportunidades para las PYME en Andalucía

El hidrógeno es un gas, por lo cual una de las dificultades en su implantación es que transportarlo es caro. Esta aparente desventaja es también una oportunidad: cada cliente de hidrógeno podrá ser cliente de una PYME local que lo produzca con energías locales (renovables) porque traer el hidrógeno desde lejos es caro. Y al tratarse de tecnologías complejas y gestión de combustibles, el empleo local a generar será cualificado.

Adicionalmente al buen número de PYME que podrán aprovechar las oportunidades de negocio de media cualificación (instalación y mantenimiento de equipos en empresas y hogares, producción y comercialización local de hidrógeno, etc.), las PYME más cualificadas existentes o de nueva creación disponen de un nuevo y amplio mercado para productos de alto valor añadido. Del intenso trabajo desarrollado en las Universidades andaluzas podrán surgir spin-off tecnológicas de éxito, que aprovechen nichos de mercado y oportunidades concretas. En este sentido merece la pena recordar que, además de grandes empresas andaluzas como Abengoa, hay PYME andaluzas que ya cuentan con experiencia, como la spin-off de la Universidad de Sevilla GREENPOWER, que hace veinte años colaboraba con el INTA en el desarrollo de inversores para pilas de combustible.

Para este último escenario, hay que tener en cuenta que las tecnologías de hidrógeno son una prioridad para la Unión Europea, por lo que hay ahora disponibles cuantiosas ayudas europeas a la I+D+i en este campo, con especial atención a las PYMEs, lo cual es muy importante dado que el tejido empresarial andaluz está especialmente constituido por PYMEs.

Oportunidades para las PYME en Horizonte 2020.

Antecedentes

A pesar de la crisis, las PYME mantienen su lugar clave en la economía europea superando los 20 millones de empresas en el año 2012, (más del 98% del tejido empresarial europeo), que emplean alrededor de 87 millones de personas (2/3 de todo el empleo en Europa) y generan casi el 60% del valor añadido neto. Aun así, sólo el 25% de ellas están activas internacionalmente y aunque se crean en números similares a Estados Unidos, la tasa de las PYME que acaban creciendo hasta ser grandes empresas es sensiblemente inferior en Europa.

Dada esta importancia, está claro que ***las PYME son un vector fundamental para la recuperación del crecimiento y el empleo en Europa*** y, en ese sentido, tienen el potencial y la agilidad necesaria para aportar innovaciones tecnológicas revolucionarias y servicios innovadores al mercado, no sólo doméstico, sino también europeo o internacional. La iniciativa emblemática «Unión por la innovación» así lo reconoce e incluye el compromiso de garantizar una elevada participación de las PYME en Horizonte 2020 con el objetivo de ayudar a las empresas europeas con ambiciones de crecimiento internacional de hoy, a convertirse en las multinacionales del mañana.

Para conseguir este ambicioso objetivo, **Horizonte 2020 aborda la participación de las PYME desde tres aspectos**:

1. Con un **objetivo político prioritario**, **dedicando al menos el 20% del presupuesto de los Retos sociales y el Liderazgo en Tecnologías Industriales y Facilitadoras a PYME**.

2. Con un **soporte cercano a la PYME en todo el proceso de la innovación**, incluyendo un instrumento PYME dedicado y medidas de mejora de su capacidad de innovación bajo "Innovación en PYME".

3. Con una **ventana financiera dedicada en los instrumentos financieros** de Horizonte 2020 del programa de "Acceso a financiación de riesgo".

Objetivo político:

Al igual que en el VII PM, todo Horizonte 2020 está abierto a la participación de todo tipo de entidades, incluida las PYME. Sin embargo, dada la importancia de las PYME, se ha alcanzado en Horizonte 2020 un compromiso político para que al menos el 20% del presupuesto de los Retos Sociales y el Liderazgo en Tecnologías Industriales y Facilitadoras (LEIT) vaya a las PYME. Considerando que el presupuesto total aprobado de Horizonte 2020 es de 68.099 M€, este objetivo asciende aproximadamente a 7.600 M€, y se monitorizará periódicamente.

Igualmente, se ha llegado a un compromiso de cómo se debe alcanzar ese objetivo, de tal manera que del 20%:

• 7%, a través del instrumento PYME, empezando en un 5% en 2014-2015 y alcanzando un 7% de media a lo largo de Horizonte 2020 (en total, aproximadamente 2.700 M€).

• 13%, a través de las estrategias que tenga cada Reto o Tecnología de involucrar a PYME en sus proyectos colaborativos "normales", ya sea con convocatorias SME-targeted o con topics más o menos relevantes para que las PYME participen en proyectos.

El instrumento PYME:

El instrumento PYME es un esquema de financiación en fases mediante subvención dirigido a dar apoyo a aquellas PYME, tradicionales o innovadoras, que tenga la ambición de crecer, desarrollarse e internacionalizarse a través de un proyecto de innovación de dimensión Europea.

El Programa Específico establece que el instrumento PYME tiene 3 fases cubriendo todo el ciclo de la innovación. Cada fase está abierta a todas las PYME y no es obligatorio pasar por todas las fases.

- Fase 1, Evaluación de concepto y viabilidad. (Aproximadamente 50K€ por proyecto y duración máxima 6 meses).
- Fase 2, Desarrollo, demostración y replicación en el mercado. (Aprox. contrib.EU 1-3M€ por proyecto y duración 1-2 años con subvención del 70% del presupuesto elegible del proyecto).
- Fase 3, Comercialización: Sin financiación directa, incluye diferentes acciones de apoyo.

El instrumento tiene las siguientes características diferenciales respecto a los proyectos colaborativos:

- En cada temática o reto social de Horizonte 2020 habrá al menos un topic para el instrumento PYME cuyo contenido será muy abierto en el contexto de cada tecnología o reto social. El resumen de todos ellos se podrá encontrar tanto en el portal del participante (http://ec.europa.eu/research/participants/portal/page/home) como en el programa de trabajo de Innovación en las PYME.
- Las PYME son los únicos que puedan solicitarlo, aunque podrán presentar proyectos junto con otras entidades de cualquier tipo, que irán subcontratadas.

- No tiene un consorcio mínimo definido. La PYME es libre de elegir el consorcio más adecuado a sus necesidades, incluso puede ir sola, pero hay que tener en cuenta que el valor añadido europeo es un criterio de selección fundamental.
- Se gestiona de manera centralizada, a través de una agencia de la COM (EACI, que pasará a llamarse EASME).
- Se espera que funcione con varias fechas de corte al año, tanto para fase 1 como para fase 2, aunque en 2014 se espera que primero cierre fase 1 (en marzo o junio) y posteriormente fase 2 (noviembre).

"Acceso a financiación de riesgo"

Las PYME que hayan recibido financiación en las fases 1 y/o 2 podrán acceder prioritariamente a los instrumentos financieros que se dispongan bajo el programa de "Acceso a financiación de riesgo". Además, todas las PYME que participen del instrumento PYME se beneficiarán de un esquema de coaching asociado al mismo.

Este esquema de coaching aún está en definición, fundamentalmente entre DG RTD y DG ENT, pero a lo largo del primer semestre de 2014 se va a desarrollar un piloto en varios países, entre ellos España (liderado por CDTI), para acabar de definir los detalles de la implementación y alcance del esquema de coaching.

Otras oportunidades para las PYMEs

Con financiación:

• Horizonte 2020 va a seguir apoyando Eurostars, iniciativa enfocada en PYME intensivas en I+D, con una contribución a dicho programa de 287 M€, lo que va a hacer que Eurostars 2, cuente con una financiación pública para 2014-2020 de 1.140 M€ manteniéndose como otra gran oportunidad para PYME intensivas en I+D de realizar proyectos transnacionales de I+D con claro enfoque a mercado.

• Horizonte 2020 va a seguir apoyando proyectos de intercambio de personal para pymes bajo las acciones RISE (antiguas "Industry-Academia Pathways and Partnerships (IAPP), en el programa de Marie Sklodowska Curie bajo el pilar de Ciencia Excelente.

• Además, como novedad, Horizonte 2020 va a tener un programa de "Acceso a financiación de riesgo", que va a disponer de una ventana de capital y una ventana de deuda donde las PYME van a a tener a su disposición un conjunto de intermediarios financieros a los que les podrán solicitar bien capital, bien garantías o contragarantías, con fondos de Horizonte 2020 para sus proyectos de I+D, y que se van a replicar en COSME para proyectos de expansión empresarial. Como beneficiarias de servicios.

Aparte de estas oportunidades de soporte financiero, Horizonte 2020 dedica parte de la temática de **"Innovación en PYME"** a aumentar la capacidad de innovación en las PYME europeas, cubriendo sus diferentes necesidades a lo largo del ciclo completo de la innovación, y así mejorar su competitividad, sostenibilidad y crecimiento. En este sentido, se espera que la ***Enterprise Europe Network*** juegue un papel relevante para hacer llegar a las PYME servicios de innovación de alto valor añadido (p.ej. relativo a gestión de la innovación, a la transferencia del conocimiento, etc.). En este tipo de medidas, las PYME serán las beneficiarias de los servicios, aunque los diferentes nodos de la *Enterprise Europe Network* serán los beneficiarios de los proyectos que se saquen en las convocatorias.

Así mismo, se incluirán en este programa proyectos para clusters u organizaciones intermediarias para realizar actividades de innovación intersectorial e interregional para el desarrollo nuevas cadenas de valor y actividades que buscan mejorar las condiciones de contorno para la innovación con el objetivo de que permitan superar las barreras que impiden el crecimiento de las PYME con potencial en Europa.

De alguna manera, "Innovación en PYME" integra tanto la temática del VII PM de Investigación en beneficio de las PYME (en la definición del instrumento PYME y el soporte a Eurostars), como gran parte de las acciones de innovación que han formado parte del programa de Emprendeduría e Innovación del programa CIP de Competitividad e Innovación.

Conclusiones.

1. Las PYMES pueden participar en prácticamente todas las actividades y programas de Horizonte 2020.

2. Horizonte 2020 mantiene una clara apuesta por las PYME en los pilares 2 y 3 del programa, con un objetivo político muy relevante de alrededor de 7.600 M€.

3. Este objetivo tan ambicioso permitirá a las PYME participar activamente en las convocatorias de cada Reto y cada Tecnología y además, les ofrece la oportunidad, a través del instrumento PYME, de que crezcan internacionalmente en base a un proyecto de innovación.

4. El instrumento PYME funcionará como "sampled bottom-up", es decir con topics bastante abiertos en todas las temáticas y retos sociales, tendrá un presupuesto objetivo de 2700M€ en 2014-2020 y se gestionará centralmente con convocatorias permanemente abiertas y varias fechas de corte al año.

5. El instrumento estará acompañado por un esquema de coaching del que habrá una prueba piloto en España durante la primera mitad de 2014.

6. Como otras oportunidades de cara a las PYME, hay que destacar Eurostars 2, con un montante de financiación pública total cercana a los 1.100 M€ para proyectos de colaboración transnacional de I+D aplicada, fundamentalmente para PYME intensivas en I+D.

7. Horizonte 2020 también integrará una ventana de instrumentos financieros, tanto en capital como en deuda, que financiará con prioridad a las PYME beneficiarias del instrumento PYME.

Oportunidades para las PYME mediante fondos FEDER. Marco financiero plurianual 2014-2020.

Antecedentes

Los fondos del MEC[1] deben tener como objetivo promover conjuntamente **la competitividad y la convergencia**, estableciendo las prioridades de inversión más adecuadas para cada país. Se precisa una **reorientación** general **del gasto** hacia la investigación y la innovación; el apoyo a las PYME; la calidad de la enseñanza y la formación; unos mercados de trabajo integradores que fomenten la calidad del empleo y la cohesión social y se traduzcan en considerables incrementos de la productividad; la integración

[1] *Fondos de la UE cubiertos por el Marco Estratégico Común (MEC)*

de los objetivos en materia de cambio climático; y la transición a una economía con bajas emisiones de carbono que utilice eficazmente los recursos.

Por tanto, los retos más apremiantes para España, que son interdependientes, son los que tienen que ver con:

- ✓ el elevado desempleo juvenil y total, la baja productividad laboral y el aumento de la pobreza y la exclusión social;
- ✓ la **poca competitividad de las PYME y su escasa presencia en los mercados internacionales**;
- ✓ el débil sistema de investigación e innovación, así como la insuficiente participación en el mismo del sector privado;
- ✓ **el uso ineficiente de los recursos naturales**.

Poca competitividad de las PYME y escasa presencia de las mismas en los mercados internacionales

España ocupa el ***puesto 36 en el índice de competitividad mundial que elabora el Foro Económico Mundial y el 14 en el índice de competitividad regional que elabora la Comisión Europea.*** Según el Banco Mundial, el país figura en el puesto 49 (de 183) en materia de facilidad para realizar negocios, pero en el 147 por lo que se refiere a la facilidad de crear una empresa.

El fomento de la competitividad de las PYME es fundamental para que asciendan en la cadena de creación de valor y aprovechen las oportunidades de la mundialización en los mercados internacionales en un período de atonía de la demanda interna y de restricción del crédito. Solo exportan el 3 % de las empresas españolas (aproximadamente 100 000) y más de la mitad de estas exportaciones se concentran en unas 500 empresas, principalmente grandes, y algunas medianas (Internacionalización, empleo y modernización de la economía española, ICEX, 2010)

El 99,9 % de las empresas españolas son PYME (el 93,1 % son microempresas) y representan más del 75 % del empleo total (Eurostat, 2008) La empresa media española tiene un tamaño inferior a la de países con un nivel de desarrollo similar.

Por otra parte, las exportaciones siguen estando principalmente orientadas hacia el mercado interior de la UE, y menos a los mercados mundiales en rápido crecimiento. En algunos sectores tradicionales en declive la diversificación es una necesidad

urgente. Según la Comisión, España debe mejorar su competitividad (tanto en términos de precios como de otros factores), reorientar su economía hacia la exportación, reasignar recursos y diversificar su base económica.

En los últimos decenios España ha mejorado notablemente sus principales infraestructuras de transporte y actualmente cuenta con una de las redes más completas de Europa.

Racionalizar el sistema de transporte también puede tener una influencia decisiva en el aumento de la competitividad de las empresas. La distribución modal actual está excesivamente orientada al transporte por carretera.

La revisión en profundidad sobre la prevención y corrección de los desequilibrios macroeconómicos concluye que España estaba experimentando muy graves desequilibrios macroeconómicos, lo que implicaba una significativa desviación de recursos económicos y financieros hacia el sector de la construcción. En consecuencia, las actividades de construcción financiadas con intervención de los fondos del MEC, incluyendo las infraestructuras de transporte, deberían ser más limitadas que en los anteriores marcos presupuestarios.

Uso ineficiente de los recursos naturales

Actualmente España está en vías de alcanzar sus objetivos nacionales en materia de energía para 2020, aunque en este campo todavía persisten retos fundamentales como: garantizar un marco regulador estable y fiable, suprimir barreras administrativas y reglamentarias, completar las redes de energía (incluidas las interconexiones con Francia), desarrollar redes inteligentes y mejorar la gestión de la demanda de energía y las opciones de almacenamiento para la electricidad renovable, que tiene un carácter variable (por ejemplo, a partir de energía eólica y solar fotovoltaica). En este contexto es importante la promoción de la generación de energía limpia en el mar y su suministro.

Por lo que se refiere a la eficiencia energética, ***la capacidad de la aplicación de medidas de eficiencia energética para crear puestos de trabajo sostenibles e innovadores no se debe pasar por alto***, especialmente en sectores muy afectados por la crisis.

Apoyo a la adaptación del sistema productivo a actividades de mayor valor añadido mediante la mejora de la competitividad de las PYME

Los fondos del MEC pueden contribuir decisivamente a aumentar la competitividad de la economía española, en particular mediante el apoyo a empresas de nueva creación y a las PYME, como principal fuente de empleo en la economía española. Ante la debilidad de la demanda interna y el hecho de que solo unas pocas PYME españolas están presentes en los mercados internacionales, la ampliación de la base de empresas exportadoras es fundamental para recuperar la senda de crecimiento sostenido y crear puestos de trabajo.

Para ello, en primer lugar, los **emprendedores deben recibir un apoyo adecuado y eliminarse las trabas a la creación y el desarrollo de empresas**, con objeto de incrementar el número de nuevas empresas. En segundo lugar, debe facilitarse el acceso a la financiación para las empresas de nueva creación y las PYME, en particular a través de instrumentos financieros reembolsables (algunos de los cuales aún están poco desarrollados en España). Esto garantizará su viabilidad financiera y favorecerá su crecimiento, especialmente en tiempos de restricción del crédito. En tercer lugar, debe facilitarse un apoyo a medida a las PYME para su acceso a los mercados exteriores. En general, esta prioridad de financiación debería ser objeto de una atención adecuada, tanto en términos estratégicos como presupuestarios (esto es, mayor prioridad que en anteriores períodos de programación). Facilitar el acceso a la financiación a través de instrumentos reembolsables pasará a ser una prioridad general.

Fomento del espíritu empresarial y la competitividad de las PYME.

Debe fomentarse la creación de nuevas empresas (especialmente las de base tecnológica e innovadoras) y la promoción del espíritu emprendedor a través de incubadoras y la instalación empresas con raíces en las universidades (spin-offs).

Las PYME existentes deberían ser apoyadas para que puedan crecer en tamaño, fortaleza y valor añadido, de modo que puedan crear empleo estable y de calidad. La ayuda facilitada debería dirigirse a aumentar su productividad y competitividad, mediante el desarrollo de nuevos productos y procesos, la adopción de tecnologías de la información y las comunicaciones y haciéndolas más eficientes en términos de consumo de energía y recursos. Esto puede lograrse mediante la introducción de tecnologías de punta, facilitando la formación, la capacitación y las cualificaciones

en caso necesario, mejorando los sistemas de gestión y organización de la cadena de suministro, así como mejorando la organización de los mercados a fin de potenciar la competitividad y las capacidades que generan valor añadido.

- ***Facilitación del acceso de las PYME a financiación, especialmente a través de instrumentos financieros reembolsables diferentes de las subvenciones.***

Habida cuenta de las restricciones presupuestarias y de la necesidad de potenciar el efecto multiplicador de los fondos disponibles, la mayor parte de este apoyo debería desviarse de subvenciones a instrumentos financieros específicos, en particular a través de fondos reembolsables y otros instrumentos financieros innovadores (por ejemplo, capital de riesgo y capital inicial, garantías, préstamos subordinados, microcréditos, etc.).

Estos instrumentos pueden implicar a varios tipos de participantes, incluidas instituciones financieras internacionales, bancos, fondos de capital de riesgo, *business angels*, etc. Las dificultades de las PYME para acceder al crédito y el hecho de que la disponibilidad de tales instrumentos financieros es aún relativamente limitada apuntan a un potencial de desarrollo que debe explotarse al máximo. Las enseñanzas extraídas de los actuales fondos JEREMIE/JESSICA deberían tenerse debidamente en cuenta en la creación y gestión de los nuevos instrumentos.

- ***Asistencia a las PYME en su proceso de internacionalización.***

Con el fin de restablecer la sostenibilidad de su sector exterior, España debe mejorar su balanza por cuenta corriente. La senda de ajuste más adecuada supondría un trasvase de recursos desde sectores de bienes no exportables a bienes exportables. Esto puede lograrse aumentando la competitividad de la economía española y mejorando todavía más el comportamiento de sus exportaciones.

Debería aumentar el número y porcentaje de PYME que operan en los mercados exteriores, reforzando su competitividad y ayudándolas en su internacionalización. Esto incluye apoyo para trazar las estrategias internacionales, orientación para introducirse en nuevos mercados y apoyo continuo posteriormente, asistencia en la búsqueda de socios comerciales o inversores extranjeros, etc. Debería darse preferencia a la aportación de soluciones y servicios específicos.

- ***Racionalización del sistema de transporte para apoyar la actividad económica mediante la integración de los modos de transporte en las regiones menos desarrolladas y en transición.***

Es preciso fomentar el transporte multimodal, por ejemplo mediante la creación de centros logísticos intermodales, la dotación de accesos multimodales a los puertos (incluidas conexiones con su zona de influencia y conexiones marítimas) y a otras infraestructuras clave y el desarrollo del transporte de mercancías por ferrocarril.

Deberían completarse las conexiones con las redes RTE-T y los enlaces interregionales y transfronterizos que faltan para corregir las redes radiales tradicionales. Las inversiones financiadas por el FEDER deberían estar estrechamente articuladas con el Mecanismo.

«Conectar Europa». La participación del sector privado en la financiación de estas infraestructuras (a través de la colaboración entre los sectores público y privado y otros instrumentos financieros) debería ser una prioridad. Este ámbito de financiación reducirá su peso relativo en la financiación total en comparación con el período 2007-2013.

- **Uso más eficiente de los recursos naturales.**

No sólo es necesario aumentar la productividad y competitividad del sistema productivo, sino también hacerlo más eficiente en la utilización de sus recursos con el fin de garantizar un modelo de desarrollo más sostenible a medio y largo plazo. A tal efecto resulta crucial aumentar la eficiencia energética y explotar plenamente las energías renovables, pero también aplicar planes y medidas preventivas u orientadas a la demanda con el fin de reducir el consumo, los contaminadores y los riesgos. En este ámbito de financiación, las prioridades deberían pasar de la construcción de infraestructuras medioambientales básicas a otro tipo de instrumentos más estratégicos que son fundamentales para mejorar la gestión de los recursos naturales.

- ***Mejora de la eficiencia energética.***

La aplicación de medidas de eficiencia energética en edificios públicos, PYME y viviendas (incluida la agricultura y el sector agroalimentario) debería ser una prioridad.

Esto es aplicable, sobre todo, a los edificios existentes (pero también a las construcciones nuevas) a través de los correspondientes planes de renovación.

Deberían promoverse activamente sistemas de financiación innovadores (como los contratos de rendimiento energético), sobre todo en edificios públicos y empresas. Para ser eficaz, la intensidad de la financiación de la UE debería reflejar las condiciones económicas de los grupos de destinatarios y el ahorro energético previsto (ambición de la inversión en términos de energía ahorrada y energía renovable generada). Por otra parte, debe prestarse atención a la eficiencia de las redes de calefacción y refrigeración urbana y a la recuperación del calor procedente de residuos industriales.

- ***Incremento del uso de energías renovables***

Tanto la producción como la distribución de fuentes renovables puede ser apoyada de acuerdo con las prioridades definidas en el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables. También debe fomentarse la utilización de energías renovables en edificios públicos, PYME y grupos de viviendas, en particular permitiendo el autoconsumo.

Debe **fomentarse el desarrollo y despliegue de redes inteligentes, con la correspondiente formación, a fin de responder a las necesidades de desarrollo de capacidades en este ámbito.**

- ***Fomento de un transporte urbano limpio.***

Esto incluye planes de movilidad urbana sostenible y acciones para el despliegue de sistemas de transporte inteligentes, sistemas respetuosos del medio ambiente con pocas emisiones de carbono, vehículos limpios y sistemas de peajes y restricciones para acceder al centro de las ciudades. Los transportes urbanos inteligentes deberían cubrir las zonas urbanas funcionales, a fin de mejorar las relaciones entre la ciudad y las zonas rurales y facilitar asimismo el acceso a empleos y servicios desde dichas zonas.

Factores que contribuirán a obtener unos buenos resultados.

España ha de aplicar eficazmente la Iniciativa en favor de las pequeñas empresas (SBA), en particular con respecto al largo y caro

proceso de creación de empresas y de obtención de licencias, así como a la escasa cooperación entre PYME.

El apoyo a las PYME y a proyectos que se espera generen importantes ingresos financieros debe prestarse fundamentalmente a través de instrumentos financieros que aumentarán el efecto multiplicador y el impacto de la financiación de la UE. En estos ámbitos, la posibilidad de declarar la inversión privada como coste subvencionable (cuando así lo establezca la legislación) podría atraer capital privado y reducir así la contribución pública nacional.

Coordinación, complementariedad y sinergia de las acciones.

En la fase de programación deberán buscarse sinergias no solo entre los cinco fondos del MEC, sino también con otros instrumentos de la UE como Erasmus para todos, Horizonte 2020 y Programa para el Cambio y la Innovación Sociales, el Programa para la Competitividad de las Empresas y para las PYME (COSME), el Programa LIFE y el Mecanismo «Conectar Europa». Es importante garantizar la coordinación a nivel nacional o autonómico, a fin de evitar la duplicación de esfuerzos y determinar los ámbitos en los que es necesario un apoyo financiero adicional de diferentes fondos o instrumentos y promover la integración de mejores prácticas y acciones innovadoras identificadas a escala de la UE, nacional y autonómica.

En España podría mejorarse la coordinación y las sinergias entre los fondos (incluidos los del MEC y otros fondos de la UE, así como instrumentos financieros nacionales y autonómicos). Las medidas existentes y los organismos de coordinación, tanto a nivel nacional como autonómico, tienen como principal objetivo evitar los solapamientos y la doble cofinanciación en lugar de maximizar las posibilidades ofrecidas por los diferentes fondos en la consecución de objetivos estratégicos comunes (por ejemplo, debería estudiarse la posibilidad de lanzar convocatorias conjuntas de proyectos en aquellos campos en los que pueden conseguirse sinergias). De acuerdo con la orientación reforzada hacia la obtención de resultados, se hará hincapié en la consecución de los objetivos estratégicos acordados, para los que las posibilidades ofrecidas por los reglamentos y el MEC (por ejemplo, acciones integradas) deben explotarse al máximo.

Fomentar la eficiencia energética

- ✓ Aplicar medidas de eficiencia energética en la industria, el transporte, la construcción y los servicios públicos, la agricultura y la pesca, en consonancia con el Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética español para el período 2011-2020.
- ✓ Apoyar medidas de eficiencia energética destinadas a introducir sistemas de calefacción y refrigeración eficientes en los edificios públicos y privados, las PYME y las explotaciones agrícolas, en particular mediante la promoción del autoconsumo. Esto puede aplicarse en prioridad a los edificios existentes, pero también a las nuevas construcciones.
- ✓ Promover el uso de fondos de cartera del tipo JESSICA y de otros instrumentos financieros reembolsables.

Fomentar la producción y distribución de fuentes de energía renovable. Aumentar la proporción de fuentes de energía renovable en el consumo final para producción de electricidad, así como en sistemas de calefacción y refrigeración y el uso en sistemas de transporte mediante inversiones en redes que faciliten la recepción de energía renovable, incluida la energía marina

- ✓ Desarrollar innovaciones, tecnologías e industrias en el campo de las energías renovables mediante regímenes de ayuda específicos para las PYME en el campo de producción y desarrollo de tecnologías de energía renovable, así como apoyar la I+D y las iniciativas de agrupaciones empresariales en consonancia con las estrategias de especialización inteligente. Incrementar el porcentaje de los biocarburantes en el transporte, en particular mediante el apoyo a actividades de I+D en el ámbito de los biocombustibles de segunda y tercera generación.

- ✓ Desarrollar la producción de energía respetuosa del medio ambiente que limite el impacto medioambiental en las zonas forestales y agrarias (riesgo de intensificación de la silvicultura, dedicación de terrenos a la producción de biocarburantes y cultivos de rotación corta).

Promover las redes de energía

- ✓ Completar las interconexiones eléctricas y gasísticas con los países vecinos, en especial con Francia.
- ✓ Promover la conexión de las fuentes de energía renovable a la red nacional, así como a las redes inteligentes.

Oportunidades del Hidrógeno como nicho de mercado para las empresas.

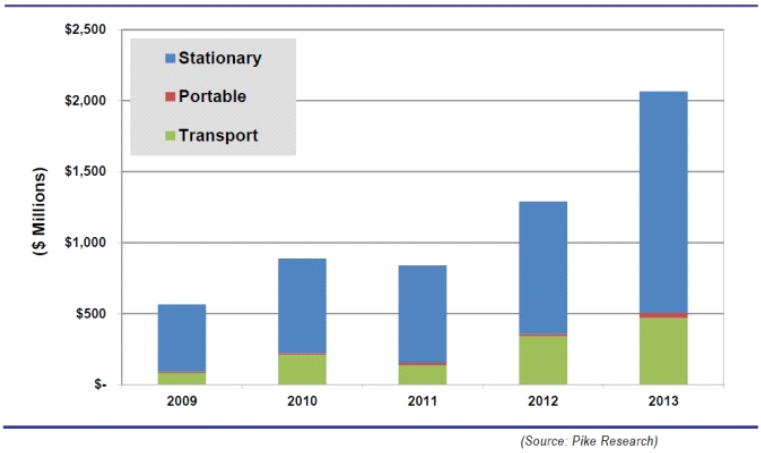
Las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible cuentan con dos ventajas clave. El hidrógeno (H2) es el único combustible que sólo genera vapor de agua en su combustión (H2 + ½ O2 = H2O). Y la pila de combustible es un dispositivo que permite generar electricidad a partir de la energía química de un combustible con eficiencias muy superiores a los equipos convencionales, un 60% frente al 40% de un buen motor diesel lento.

La mitad de las patentes en energías limpias son de tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible: mil patentes al año. Ver el ranking por empresas que más patentan nos da una clara idea "del mercado que viene" con estas tecnologías: automóviles de hidrógeno (Honda, General Motors o Toyota tienen unas 100 patentes

al año) electrónica de consumo (Samsung, Panasonic…) y aplicaciones estacionarias (UTC, Ballard…).

Los países líderes son Estados Unidos, Japón, Alemania, Corea del Sur y Canadá. España está muy alejada del esfuerzo que nos correspondería, como muestra el dato de que entre los proyectos de energía financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación (programa INNPACTO) en 2011, sólo el 2,6% se dedicó a hidrógeno y pilas de combustible. **Mercados nicho. Un negocio en 2013 de más de 2.000 millones de dólares, 200 MW, y más de 100.000 equipos.**

Chart 2.2 Fuel Cell Systems Revenue Generated by Application, World Markets: 2009-2013



Según los datos hasta 2012 y las previsiones para 2013 recientemente publicadas por Pike Research, cuyos datos han sido utilizados por el US DoE, la evolución de las ventas de pilas de combustible es espectacular, desde poco más de 500 M$ en 2009 hasta más de 2.000 M$ en 2013 (cuadruplicar en 4 años). Por aplicación, la mayor facturación está en las aplicaciones estacionarias, después en transporte, y por último la electrónica portátil.

Para tener más detalle de los mercados nicho, podemos analizar los datos ofrecidos por Fuel Cell Today (perteneciente a la empresa británica Johnson Matthey PLC) que recogen la impresionante escalada en unidades vendidas (se excluyen las pequeñas pilas de combustible de juguetes y equipos didácticos) hasta las cerca de 80.000 unidades en 2012. Al hablar de unidades, lógicamente las pilas de combustible más pequeñas de las aplicaciones portátiles tienen más peso.

- ***¿Cuáles son esos mercados nicho donde ya se venden tantos equipos***?

Juguetes, kits, cargadores de teléfono, vehículos, generación eléctrica de calidad, en combinación con renovables…

Algunos ejemplos relevantes de mercados nicho son los siguientes:

- ✓ **Juguetes y kits didácticos**.

- ✓ **Cargadores de teléfono**.
- ✓ Como primera etapa de la competencia en vehículos eléctricos de batería, y vehículos eléctricos de hidrógeno y pila de combustible, ya se venden en EEUU miles de **carretillas elevadoras** con pila de combustible.
- ✓ Respecto a la **generación eléctrica "de calidad",** las aplicaciones donde ahora más se usa el hidrógeno y las pilas de combustible son:
    - Aquellas donde la fiabilidad es fundamental, porque una pila de combustible apenas tiene partes móviles, por lo que la posibilidad de que no "arranque" es menor en comparación con un motor-generador.
    - Donde los aspectos ambientales son críticos. La contaminación de una pila de combustible es casi nula.
    - Donde la eficiencia energética es prioritaria. Por ejemplo, Apple va a utilizar una pila de combustible de 5 MW en sus nuevas instalaciones, con biogás como energía primaria, porque para la misma generación eléctrica el consumo de energía primaria es menor si se utiliza una pila de combustible.

La combinación de estas nuevas tecnologías **con las energías renovables** es especialmente útil, porque el hidrógeno resuelve la principal desventaja de las fuentes renovables: podemos controlar la producción en la medida en que los excedentes de renovables se utilicen para producir hidrógeno. En esta línea se ha trabajado intensamente en España, por parte de grandes y pequeña empresas. Aquí tiene nuestro país una importante ventaja competitiva, y en concreto Andalucía.

Las grandes multinacionales han comenzado a vender coches de hidrógeno, en concreto 2015 será un año clave en el que empresas como Toyota o Hyundai desplegarán flotas de vehículos de hidrógeno en los países que cuenten con infraestructuras de suministro.

En el caso particular de España, el disponer de una flota de vehículos de hidrógeno permitirá la progresiva incorporación de hidrógeno renovable a nuestras estaciones de servicio, contribuyendo a mejorar la eficiencia y sostenibilidad de nuestro transporte y de nuestro sistema energético (y a reducir cuantiosamente nuestras importaciones de combustibles fósiles).

Sólo en Estados Unidos podrían crearse 700.000 empleos. Aquí hay una OPORTUNIDAD para España. Según un estudio realizado por la PTE HPC (2013), **con las medidas de apoyo adecuadas se podrían crear en España más de 200.000 puestos de**

trabajo, mientras que podríamos sufrir la pérdida de más de 800.000 empleos en 2035 si las decisiones en el corto plazo no son las correctas.

- Para afrontar los retos de las inestabilidades económicas es vital ***trabajar conjuntamente aprovechando las sinergias existentes interempresas y empresa-centro de investigación.***

A nivel nacional existen dos instrumentos clave para coordinar los trabajos y esfuerzos en el ámbito del hidrógeno y de las pilas de combustible, aunando a todos los agentes del sector.

Papel de las Plataformas Tecnológicas:

Las **Plataformas Tecnológicas Españolas** surgen con el objetivo general de aunar y coordinar acciones e información en relación a las tecnologías a las que dedican sus esfuerzos, creando así una **agenda estratégica de investigación** sobre temas de elevada importancia y con una gran relevancia social.

En algunos casos, las Plataformas Españolas nacen como apoyo a las plataformas europeas y, en otros casos, cuando éstas no existen, se constituyen como **mecanismos de orientación y estructuración del sector** a nivel nacional, estableciendo recomendaciones de actuación estratégica en I+D+i y constituyéndose como un **foro de referencia para las Administraciones Públicas**.

En ambos marcos, las Plataformas Tecnológicas Españolas se configuran como el elemento clave de la participación española en el VII Programa Marco a nivel internacional. A nivel nacional, las Plataformas Tecnológicas son guiadas por el Ministerio de Ciencia e Innovación en su **Estrategia Estatal de Innovación**, el cual constituye el marco de actuación de la política del Gobierno en materia de innovación para contribuir al cambio de modelo productivo en España.

La sostenibilidad, crecimiento y competitividad de las plataformas dependen en su totalidad de la utilidad para el sector hacia el que estén enfocadas, y al aporte de mejoras gracias a los **avances tecnológicos y de investigación a medio y largo plazo** que se realicen al respecto.

La Plataforma Tecnológica del hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE HPC)

En líneas generales, la Plataforma dota a las entidades participantes de opinión acerca de la I+D+i tanto nacional como europea, les proporciona valiosa información y facilita su integración en el sistema ciencia-empresa-administración del sector del hidrógeno y las pilas de combustible adquiriendo una posición privilegiada dentro del mismo.

A través de la PTE HPC (www.ptehpc.org) se fomentan la **cooperación entre agentes del sector: cooperación "Investigación-Empresa"**.

La PTE HPC le ayuda a **conocer de primera mano el estado de la tecnología** en cada una de las áreas de actividad del sector hidrógeno y pilas de combustible.

Participar en la PTE HPC es optimizar esfuerzos ya que le ayudará a **detectar sinergias con entidades afines.**

A través de la PTE HPC podrá **trasladar sus intereses de una manera eficaz** a las administraciones públicas tanto nacionales como europeas, facilitando la integración de sus preferencias en programas de trabajo de I+D+i y en documentos de ámbito nacional.

Participar en la PTE HPC supone **estar al día de los avances de I+D+i del sector:** boletín de noticias, eventos, jornadas, seminarios/cursos, convocatorias abiertas.

Podrá **participar en actividades de I+D+i**: eventos, jornadas de cooperación, cursos y talleres, reuniones temáticas, etc., organizados por la PTE HPC.

Ser miembro de la Plataforma facilitará a su entidad la **participación en un foro de aproximación entre todos los componentes del sector.**

La Asociación Española del Hidrógeno (AEH2) www.aeh2.org

La Asociación Española del Hidrógeno (AeH2) es una organización sin ánimo de lucro cuyo principal **objetivo** es fomentar el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno

como vector energético, y promover su utilización en aplicaciones industriales y comerciales. Se pretende que el beneficiario principal de los logros de la asociación sea el conjunto de la sociedad, tanto por los beneficios medioambientales como por el impulso industrial que, a largo plazo, se esperan obtener.

Los campos que la Asociación pretende cubrir, sin descartar otros futuros en función del avance tecnológico, son:

- Producción de hidrógeno centralizada y distribuida a partir de combustibles fósiles
- Producción de hidrógeno a partir de otras fuentes de energía (fuentes renovables, y nuclear)
- Almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno
- Utilización del hidrógeno en procesos con combustión
- Utilización de hidrógeno en procesos tecnológicos para generación de electricidad
- Utilización de hidrógeno en pilas de combustible
- Uso de pilas de combustible en generación de electricidad distribuida y centralizada
- Uso de pilas de combustible en aplicaciones de transporte, portátiles y de sistemas auxiliares de potencia.
- Utilización de hidrógeno en procesos e instalaciones industriales
- Normativa y seguridad

La AeH2 está formada por un grupo de empresas, instituciones públicas y privadas, y personas, que comparten su interés por alcanzar el fin principal de la asociación. Cuenta entre sus socios con las empresas, las instituciones y los investigadores más activos en España en estas tecnologías, que tienen actividad en hidrógeno y pilas de combustible y que están convencidas de que estas tecnologías tienen un gran potencial económico.

9. Beneficios ambientales.

Las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible podrían mejorar sensiblemente los sistemas renovables del futuro, de forma que sean más eficientes y permitan acoplar mejor la demanda eléctrica con el consumo. Esta mejora tecnológica contribuiría a paliar nuestra dependencia de los combustibles fósiles y además reduciría las emisiones de CO_2 de manera directa, tanto por la potenciación de las fuentes renovables como por la mejora en eficiencia.

El uso del hidrógeno de manera directa en las pilas de combustible para la obtención de electricidad se considera un claro ejemplo de tecnología limpia: el proceso se basa en un proceso electroquímico que finalmente produce agua, obteniendo al mismo tiempo electricidad. La generación de electricidad mediante pila de combustible tiene lugar en un único paso, a través de un proceso electroquímico que transforma directamente la energía química del combustible en energía eléctrica; de esta manera se evitan los pasos térmicos de las tecnologías clásicas de combustión.

Un ejemplo claro de estos beneficios y reducciones de emisiones puede ser el sector de la automoción, especialmente dependiente del petróleo. El consumo de gasóleo y gasolina en 2011 en España para aplicaciones de transporte fue:

Fuente: IDAE/MINETUR		gasolina	gasóleo
Consumo de combustible para transporte por carretera en 2011 en España	(millones de litros)	6.699	23.247
	(ktep)	5.193	21.289

Si asumimos que por cada litro de gasolina se emiten 2,3 kg CO_2 y que por cada litro de gasóleo se emite 2,6 kg CO_2, entonces del consumo de gasolina y gasóleo se estiman que se emiten 75.849 millones de kg de CO_2 al año. Partiendo de que el parque automovilístico español ronda los 27 millones de vehículos, se puede estimar que cada vehículo emite unos 2800 kg CO_2 de media al año.

Ya están en marcha múltiples iniciativas nacionales que pretenden introducir del orden de 1,5 millones de vehículos de cero emisiones (FCEV y BEV) en sus respectivos

países, con horizontes temporales entre 2025 y 2030. En España, semejante parque podría disminuir las emisiones de CO2 en 4.200 millones de kg de CO2 al año, un 5,5% de las emisiones debidas al transporte. Las emisiones totales en España por el transporte implican aproximadamente en la actualidad un 42% de las emisiones totales.

Si hoy todo nuestro parque automovilístico estuviese compuesto por vehículos de pila de combustible y aunque la producción de hidrógeno fuera exclusivamente con combustibles fósiles, **las emisiones totales debidas al transporte podrían reducirse a la mitad** (reducción del ~20% de emisiones totales), simplemente por la mejora de eficiencia en la cadena energética; si además se progresara en la generación renovable asociada a la producción de hidrógeno y en la racionalización del consumo, la reducción sería sustancialmente más elevada. Una ventaja adicional sería que en este escenario las emisiones pasarían de provenir de focos móviles (los propios vehículos) a estar inmóviles y concentradas en grandes plantas industriales fuera de los núcleos de población, mejorando la calidad del aire urbano, facilitando los procedimientos de captura de CO2 y posibilitando tratamientos contra otros contaminantes (NOx, partículas, compuestos de azufre, etc.).

Aunque cuantificar las consecuencias de la exposición a esos otros contaminantes es muy complejo, está demostrado que provocan importantes efectos adversos en la salud humana y en consecuencia aumentan el gasto sanitario *per capita* de las regiones con mayor exposición (Pascal, 2013) (Xinye Zheng, 2010). En base a esos datos, la sustitución de los motores de combustión interna por otros sistemas de cero emisiones podría mejorar los indicadores de salud humana, con el consiguiente ahorro sanitario además de otras mejoras intangibles como el mayor bienestar de los ciudadanos o el aumento de su expectativa y calidad de vida.

En la actualidad, la estabilidad de las redes eléctricas está directamente relacionada con su tamaño y su grado de interconexión: en el caso de España, a medida que se aumentara la proporción de renovables no gestionables sería necesario acometer grandes obras de interconexión con Francia y el resto de Europa para poder amortiguar los picos de demanda y oferta; la incorporación de sistemas de acumulación locales y gestionables hará que este punto pierda importancia.

Almacenar energía local de forma distribuida y masiva en forma de hidrógeno requiere grandes inversiones en infraestructuras, pero también evitará la necesidad de

nuevos tendidos eléctricos de transporte a larga y media distancia, con sus correspondientes costes e impactos ambientales.

10. Beneficios indirectos de la generalización del hidrógeno.

Como ya se ha mencionado, las principales ventajas de los sistemas de hidrógeno son la mejora significativa de la eficiencia eléctrica, su potencial para desligar el transporte del consumo de petróleo y su efecto sinérgico respecto a la mayoría de energías renovables. Sin embargo, yendo un paso más allá en el razonamiento, se pueden identificar otras consecuencias positivas, más indirectas, de la generalización de las tecnologías del hidrógeno.

Aunque parece que el momento de los sistemas de hidrógeno llegará en los próximos años de la mano de una única aplicación, los vehículos con pila de combustible, es de esperar que la fácil disponibilidad de hidrógeno en cualquier región española genere nuevas aplicaciones, diversificando el uso y avanzando gradualmente hacia un nuevo modelo energético. Ya se han mencionado algunas en otros apartados, pero a continuación se citan más ejemplos de actividades potenciadas por la disponibilidad de hidrógeno:

1. Fomento de las "*smart grids*" y en general de la **estabilización de la red eléctrica**. La posibilidad de almacenar masivamente la electricidad tenderá acercar la potencia instalada a la potencia demandada, con el consiguiente ahorro de recursos.

2. Disminución de las importaciones de recursos energéticos, a vez que de nuestra elevadísima **dependencia energética**.

3. Sistemas *Power to Gas*: la reacción de hidrógeno con CO_2 produce **gas natural sintético**, que puede transportarse y usarse exactamente igual que éste. Se crea un recurso energético local (y renovable, si el hidrógeno lo era) a la vez que se valoriza un residuo de otros procesos.

4. **Co-combustión** (gasoil, gas natural…) en máquinas térmicas para reducción de emisiones. Las emisiones de CO2 se reducen en la misma proporción en la que

participa el hidrógeno, pero está demostrado que pequeños aportes de hidrógeno reduce sustancialmente la emisión de otros contaminantes, como los NOx.

5. Reducción de costes y posible mejora de la sostenibilidad en algunos **procesos industriales consumidores de hidrógeno**.

6. Mantenimiento o incremento del **turismo**. Los futuros europeos dueños de vehículos de hidrógeno podrían descartar España como destino turístico ante la ausencia de infraestructura de repostaje; las "autopistas del hidrógeno" son inminentes o ya existen en el centro y norte de Europa, pero España podría convertirse en el primer país del sur en beneficiarse de su implementación.

8. Mejora en la **calidad del aire** en las ciudades, con la consiguiente mejora en la salud y esperanza de vida de la ciudanía. Este factor se sumaría también al punto anterior, pues mejoraría la imagen medioambiental para los turistas.

9. **Disponibilidad de oxígeno** barato. El oxígeno es un subproducto en la electrolisis, y se generará allí donde se produzca hidrógeno por esta vía. Seguramente podrá valorizarse para uso medicinal o para otros usos como la acuicultura, la depuración de aguas u otros.

10. **Disponibilidad de agua muy pura**, aprovechando el excedente de las pilas de combustible. Además de reciclarse para volver a ser electrolizada, esa agua podría salir del ciclo y aprovecharse para otros fines, por ejemplo como suministro puntual en zonas remotas, etc.

11. Acrónimos y abreviaciones

AeH2: Asociación Española del Hidrógeno

ASES: Asociación Americana de Energía Solar

APUs: Auxiliar Power Units (Unidad Auxiliar de Potencia)

BEV: Batery electric Vehicle (Vehículo Eléctrico de Baterías)

EERR: Energías Renovables

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle (Vehículo Eléctrico de Pila de Combustible)

FCH JU: Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking

GAC: Grupo de Análisis de Capacidades

IDEA: Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía

INE: Instituto Nacional de Estadística

INTA: Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial

kWe: Kilovatio Eléctrico

kWe+t: kilovatio eléctrico mas kilovatio térmico

MCFC: Pila de Combustible de Carbonatos Fundidos

MEC: Fondos de la UE cubiertos por el Marco Estratégico Común (MEC)

MWe: Megavatio eléctricos

NREL: Laboratorio Nacional de Energía Renovable americano

PAFC: Pila de combustible de Acido Fosfórico

PASENER: Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013

PEMFC: Pila de combustible de Membrana de Intercambio Protónico

PIB: Producto Interior Bruto

PTE HPC: Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y las Pilas de Combustible

SOFC: Pila de Combustible de Óxidos Sólidos

UAVs: Unmanned Aerial Vehicles (vehículo aéreo no tripulado)

US.DOE: US Department of Energy, Departamento de Energía Americano

ZEV: Zero Emission Vehicles, vehículos de cero emisiones, sin motor de combustión

Documentos citadosAeH2. (2013). *Bruselas exigirá una red de hidrogeneras en 2020.* Obtenido de http://www.aeh2.org/images/stories/PDF/comunicado%20ce_24%20enero%202013_estrategia%20europea%20comb%20alternativos.pdf

ASES & MISI. (2008). *Defining, Estimating, and Forecasting the Renewable Energy and Energy Efficiency Industries in the U.S and in Colorado.*

Fuel Cell Today. (2010). *Fuel Cell Today's 2010 Industry Review press release, Fuel Cells: Sustainability.*

Fuel Cell Today. (2012). *The Fuel Cell Industry Review 2012.*

Fuel Cells 2000. (2011). *A Compendium of Job Estimates in the Fuel Cell Industry.*

HyWays Project. (2007). *HyWays: European Hydrogen Energy Roadmap.*

Park, D.-R. (2010). *Commercialization of Fuel Cell Technologies in Korea.*

Pascal, M. e. (2013). Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: results of the Aphekom project.

Pike Research. (2012). *The Fuel Cell and Hydrogen Industries: Ten Trends to Watch in 2012 and Beyond.*

PTEHPC. (2011). *Análisis del mapa de ruta del hidrógeno para España.*

US DOE. (2008). *Effect of Transition to a Hydrogen Economy on Employment in the United States: Report to Congress.*

Xinye Zheng, Y. Y. (2010). *Does Pollution Drive Up Public Health Expenditure?*

12. Bibliografía relacionada de la AeH2 y de la PTE HPC

Análisis del mapa de ruta del hidrógeno para España. PTE HPC. 2011.

Base de datos de proyectos de I+D+i en hidrógeno y pilas de combustible. PTE HPC. 2011.

Catálogo de miembros de la AeH2. AeH2. 2013.

Expectativas de creación de empleo en hidrógeno y pilas de Combustible en España. PTE HPC 2013.

I+D+i del H2. Acciones prioritarias. PTE HPC 2011.

Hidrógeno y Pilas de Combustible. Reflejo del sector en España. PTE HPC. 2012

ANEXO 1 - Proyectos de I+D+i en el sector de hidrógeno y de las pilas de combustible en Andalucía

Proyectos relacionados con las tecnologías de producción, purificación y almacenamiento del hidrógeno

Esta información venía ya recopilada en gran medida en el documento de la Agencia Andaluza de la Energía "Estado de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible" [p.52 y ss.].

Nombre del proyecto	Presupuesto total	Financiación	Fechas de ejecución	Participantes andaluces	Presupuesto participantes andaluces
REFORDI: Desarrollo de un reformador de 25 kW para producción de hidrógeno a partir de diesel	3.000.000€	INTA	2004-2010	INTA, AICIA	1.000.000€
EIHP I y II: Desarrollo de normativa para el uso de hidrógeno en automoción	2.000.000 €	Participantes y V Programa Marco de la UE	2001-2004	INTA	300.000 €
HYAPROVAL: Continuación de EIHP II	1.500.000 €	Participantes y V Programa Marco de la UE	2005-2007	INTA	200.000 €
STORHY: Desarrollo de sistemas de almacenamiento de hidrógeno	2.000.000 €	Participantes y V Programa Marco de la UE	2005-2008	INTA	100.000€
Diseño y Síntesis de polímeros de coordinación multiporosos (FQM-4228)	351.000 €	Junta de Andalucía. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia	2009-2013	Universidad de Granada	351.000 €
Catalizadores a base de dióxido de cerio para la generación de hidrógeno a partir de metano.	202.500 €	Ministerio de Ciencia y Tecnología	2002-2005	Universidad de Cádiz	202.500 €
Agua como fuente de hidrógeno atómico y molecular.Implicaciones en química, biología y energías alternativas (FQM-3213).	320.000 €	Junta de Andalucía. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia	2008-2012	Universidad de Granada	320.000 €
Producción de hidrógeno en reactores microcanales (TEP-1961)	444.000 €	Junta de Andalucía. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia	2007-2010	Universidad de Sevilla	444.000 €

Aplicación de la tecnología de plasma combinada con la catálisis a la producción de hidrógeno y a la construcción de nanotubos por reformado de alcoholes y materiales plásticos (FQM-1741)	354.000 €	Junta de Andalucía. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia	2007-2010	ICMS-CSIC y Universidad de Sevilla	354.000 €
Diseño de catalizadores basados en cerio / metales nobles para el procesado de combustible orientado a la producción de hidrógeno).	250.000 €	Ministerio de Educación y Ciencia	2004-2005	Universidad de Cádiz	250.000 €
SOLHYCARB: Desarrollo de reactores químicos solares de alta temperatura para producción de hidrógeno a partir de craqueo de gas natural.	2.000.000 €	Participantes y V Programa Marco de la UE	2006-2010	Abengoa Solar NT	300.000 €
Generación fotoquímica de protones y activación de hidrógeno (FQM-2734).	668.000 €	Junta de Andalucía. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia	2008-2012	Universidad de Cádiz	668.000 €
Nuevos materiales catalíticos para la producción de hidrógeno con muy bajo contenido en CO.	350.000 €	Ministerio de Educación y Ciencia	2005-2008	Universidad de Cádiz	350.000 €
Catalizadores nanoestructurados a base de óxidos lantánidos para la producción de hidrógeno y biodiesel.	1.159.000 €	Ministerio de Ciencia e Innovación	2009-2013	Universidad de Cádiz	1.159.000 €
Producción y valorización de bio-hidrógeno a partir de residuos sólidos urbanos (TEP-2472).	642.000 €	Junta de Andalucía. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia	2008-2012	Universidad de Cádiz	642.000 €
MAHRES: Elaboración del mapa de la demanda y oferta de hidrógeno en España	180.000 €	Hynergreen y el Ministerio de Educación y Ciencia	2004	Hynergreen y Universidad Pablo de Olavide	180.000 €
MAHRES II: Análisis de decisión multicriterio que permita la	140.000 €	Hynergreen	2006-2007	Hynergreen y Universidad Pablo de Olavide	140.000 €

elaboración de un mapa del hidrógeno de ámbito nacional					
HIDRYCAT: Estudio de reformado seco (catalítico) para la obtención de hidrógeno y gas de síntesis para Fischer-Tropsch	63.900 €	Ministerio de Ciencia y Tecnología	2004-2007	Grupo de Investigación RNM111 – Junta de Andalucía	63.900 €
SYNANOCAT: Obtención de gas de síntesis e hidrógeno mediante reformado de hidrocarburos sobre catalizadores de Ni nanoestructurados.	119.790 €	Ministerio de Educación y Ciencia	2007-2010	Universidad de Málaga y Universidad de Sevilla	55.000 €
H2 – PLASMA: Producción de hidrógeno por descomposición de compuestos orgánicos utilizando plasma de microondas a presión atmosférica.	145.200 €	Ministerio de Ciencia e Innovación	2009-2011	Universidad de Córdoba	145.200 €
Cogasificación de biomasa y carbón pobre con vapor de agua. Obtención de un gas de síntesis capaz de alimentar a motores de gas/pilas de combustible	101.075 €	Universidad de Sevilla y Ministerio de Educación y Ciencia	2004	Universidad de Sevilla	101.075 €
SOLTER-H: Desarrollo y construcción de un prototipo para la producción de hidrógeno a partir de energía solar térmica de alta temperatura	903.677 €	Participantes y Ministerio de Educación y Ciencia	2004-2008	Hynergreen, Abengoa Solar NT, PSA-CIEMAT	903.677 €
Proyecto de integración de la energía eólica con las nuevas tecnologías del hidrógeno	218.700 €	Participantes y CTA	2007	Gamesa y Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla	218.700 €
Desarrollo de un proceso de generación de gas a partir de biomasa apto para utilización en pilas de combustible	200.000 €	Ministerio de Educación y Ciencia	2001-2004	Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla	200.000 €
Producción limpia de Hidrógeno: Alternativas sin emisiones de CO2	2.170.000 €	Comunidad de Madrid	2006-2009	INTA, CIEMAT	130.200
Reformado de metano para	121.000 €	Ministerio de Educación y Ciencia	2004-2007	ICMS- CSIC y Universidad de Sevilla	121.000 €

producción de hidrógeno mediante plasmas y por vía catalítica y electrocatalítica.					
Reactores catalíticos de microcanales para la producción de hidrógeno a partir de alcoholes	365.420 €	Ministerio de Educación y Ciencia	2006-2009	Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla	365.420 €
HIDRÓLICA: Producción de hidrógeno a partir de energía eólica e integración de ambas tecnologías	1.955.580 €	Participantes, Agencia IDEA y CTA	2006-2009	Endesa Generación, Greenpower e Inerco	1.955.580 €
Participación en el programa de hidrógeno de la Agencia Internacional de la Energía: producción de hidrógeno a partir de energía eólica	25.860 €	Agencia Andaluza de la Energía y Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla	2007-2009	Agencia Andaluza de la Energía y Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla	25.860 €
HYDROSOL II: Hidrógeno solar mediante ruptura de la molécula de agua en reactores monolíticos avanzados para futuras plantas de energía solar.	2.100.000 €	Comisión Europea, Dirección General de Investigación	2005-2009	PSA-CIEMAT	357.000 €
HYDROSOL III: Hidrógeno solar mediante ruptura de la molécula de agua en reactores monolíticos avanzados para futuras plantas de energía solar	2.100.000 €	JTI de Pilas de Combustible de Hidrógeno	2009-2012	PSA-CIEMAT	378.000 €
Aplicación solar termoquímica para la producción de hidrógeno y gas de síntesis a partir de petróleo	6.800.000 $	Compañía Nacional de Petróleos de Venezuela (PDVSA)	2004-2009	PSA-CIEMAT	1.891.000 €
PLASMAGEN: Desarrollo de un proceso de reformado de metano y otros combustibles mediante plasma.	200.000 €	Hynergreen y Agencia IDEA	2005-2007	Hynergreen e ICMSE-CSIC	200.000 €
INOHYP: Innovative medium-long term for Hydrogen Production - Coordinated Action(Acción coordinada para la innovación a	770.000 €	Participantes y VI Programa Marco de la UE	2004-2007	PSA-CIEMAT	15.400€

medio y largo plazo en la producción de hidrógeno).					
HYRREG: Plataforma Generadora de Proyectos de cooperación para el impulso de la Economía del Hidrógeno en el Sudoeste Europeo.	1.324.429 €	Programa Interreg Ivb Sudoe	2009-2011	Instituto Andaluz de Tecnología-IAT e INTA	212.000 €
Aplicación de técnicas novedosas de control de almacenamiento de energía eléctrica de origen renovable utilizando hidrógeno.	320.000 €	Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla y Ministerio de Ciencia e Innovación	2007-2010	Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla	320.000 €
Estudio de viabilidad de la producción de hidrógeno a partir de Energía Eólica	10.345 €	Agencia Andaluza de la Energía	2005	Agencia Andaluza de la Energía y Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla	10.345 €
CONSOLI+DA: Consorcio solar de I+D. Paquete de trabajo para la producción de hidrógeno solar	2.000.000 €	Hynergreen y Agencia IDEA	2008-2011	Hynergreen, Abengoa Solar, mc2	2.000.000 €
HYDROSOL-3D: Aumento de la escala de producción del Hydrogen termoquímico en un reactor solar monolítico. La 3ª generación de estudio y diseño	1.787.000 €	CIEMAT; centre for research and technology hellas; deutsches zentrum für luft- und raumfahrt e.v.; total s.a.; hygear b.v.	2010-2012	CIEMAT	
Coroneno-H. Almacenamiento de hidrógeno en estructuras carbonosas.	140.000€	Hynergreen; CENIM; Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)	2006-2008	Hynergreen	

Proyectos relacionados con el desarrollo y uso de pilas de combustible y sistemas afines

Nombre del proyecto	Presupuesto total	Financiación	Fechas de ejecución	Participantes andaluces	Presupuesto participantes andaluces
HOMECELL: Diseño y desarrollo de un sistema generador de energía eléctrica de 2 kW de potencia, basado en pilas de combustible, para el mercado doméstico	690.000 €	Hynergreen, Ministerio de Educación y Ciencia y Junta de Andalucía	2003-2005	Hynergreen	690.000 €
MICROCELL: Diseño y desarrollo de una pila de combustible polimérica para aplicaciones portátiles de bajo consumo.	670.000 €	Hynergreen, Ministerio de Educación y Ciencia y Junta de Andalucía	2003-2005	Hynergreen	670.000 €
EPICO: Desarrollo de pilas de combustible nacionales.	3.500.000 €	Ministerio de Educación y Ciencia	2005-2008	Hynergreen e INTA	800.000 €
GENCELL: Generación distribuida DC para sistemas basados en pilas de combustible y microturbinas de biogas	120.000 €	Agencia IDEA	2006	Greenpower y Universidad de Sevilla	120.000 €
Validación experimental de una metodología de desarrollo de placas bipolares de pilas de combustible de polímeros sólidos (P08-TEP-04309)	244.000 €	Junta de Andalucía. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia	2009-2011	Universidad de Sevilla	244.000 €
Desarrollo de catalizadores de níquel nanoestracturado y obtención de hidrógeno, a partir de metano y ánodos de pilas de combustible de óxido sólido (FQM-2520	483.000 €	Junta de Andalucía. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia	2008-2012	Centro de Investigaciones Isla de la Cartuja	483.000 €
Análisis de materiales conductores de relevancia en pilas de combustible y otros dispositivos eléctricos.	242.000 €	Ministerio de Educación y Ciencia	2007-2010	Universidad de Málaga y CSIC	242.000 €

FCTESTNET: Desarrollo de protocolos de ensayo de pilas de combustible	900.000 €	Participantes y V Programa Marco de la UE	2001-2004	INTA	50.000 €
FCTESTQA: Comparación de protocolos de ensayo de pilas de combustible	1.500.000 €	Participantes y V Programa Marco de la UE	2006-2009	INTA	100.000 €
REVCELL: Desarrollo de un sistema de pilas de combustible reversibles para aplicaciones autónomas.	3.900.000 €	Participantes y V Programa Marco de la UE	2002-2006	Hynergreen e Inabensa	400.000 €
AQUILA: Desarrollo de generadores de energía eléctrica para el sector aeronáutico basados en pilas de combustible.	1.380.240 €	Hynergreen, Agencia IDEA y CTA	2006-2008	Hynergreen y AICIA	1.380.240 €
SANTA FE: Análisis de la viabilidad técnica de las pilas de combustible aplicadas al sector ferroviario.	90.000 €	Hynergreen y Agencia IDEA	2009	Hynergreen y AICIA	90.000 €
Procesado de bioetanol, para la producción de gas de reformado apto para su empleo en pilas de combustible poliméricas (reformado y purificación).		Hynergreen	2001	Hynergreen	

Proyectos relacionados con la integración de los sistemas de producción de hidrógeno y su uso en pilas de combustible, para aplicaciones finales

Nombre del proyecto	Presupuesto total	Financiación	Fechas de ejecución	Participantes andaluces	Presupuesto participantes andaluces
FIRST: Desarrollo de un sistema de alimentación basado en hidrógeno y pilas de combustible para telecomunicaciones.	1.200.000 €	Participantes y V Programa Marco de la UE	2001-2004	INTA	250.000 €
RES2H2: Desarrollo, instalación y operación de un sistema de almacenamiento de excedentes de energía eólica en forma de hidrógeno.	5.000.000 €	Participantes y V Programa Marco de la UE	2002-2006	INTA, e Inabensa	600.000 €
H2-TODAY: Creación de un centro de conocimiento basado en tecnología web para los aspectos técnicos, comerciales y medioambientales de la tecnología del hidrógeno	100.000 €	Universidad de Málaga	2009	Universidad de Málaga, ISCEER y INFOCODEX	100.000 €
ECOTRANS: Tecnologías ecológicas para el transporte urbano. Paquete de trabajo para la aplicación de hidrógeno y pilas de combustible	1.500.000 €	Hynergreen y CDTI	2008-2011	Hynergreen, Universidad de Jaén y Cidaut	1.500.000 €
H2-SUR: Inicio de la infraestructura asociada a la economía del hidrógeno en Andalucía	5.100.000 €	Participantes y CDTI	2009-2011	Hynergreen, Alshark & Marine, Altum, Bicieléctrica	5.100.000 €
SMARTCITY: Infraestructuras y servicios energéticos avanzados en distribución inteligente. Tareas de generación y almacenamiento energético, incluyendo hidrógeno	320.000 €	Fondo Europeo para el Desarrollo Regional (FEDER) a través del CDTI y participantes	2009-2012	Endesa Servicios, Isotrol, Greenpower, Telvent, Ingeteam	320.000 €
DELFÍN: Desarrollo de un vehículo eléctrico accionado por pila de combustible	230.000 €	INTA	2006-2008	INTA y AICIA	230.000 €

HÉRCULES: Desarrollo de un sistema de producción de hidrógeno a partir de energía solar fotovoltaica. Construcción de una hidrogenera e integración de pilas de combustible en un vehículo comercial.	9.000.000 €	Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Ministerio de Innovación y Ciencia, Agencia IDEA y CTA	2006-2009	Hynergreen, INTA, AICIA, Greenpower, Agencia Andaluza de la Energía, Carburos Metálicos, Abengoa Solar NT y Santana Motor	9.000.000 €
Mahrea. Análisis socioeconómico de la implantación de la economía del hidrógeno en Andalucía.			2009	HYNERGREEN TECHNOLOGIES S.A; Universidad Pablo de Olavide;	

ANEXO 2 - Listado de entidades miembros de la PTE HPC

A continuación se muestra un listado de todas las entidades que forman parte de la PTE HPC:

1.	ABBACUS SOLUCIONES E INNOVACIÓN
2.	ABENGOA HIDROGENO S.A.
3.	ABITUR S.L. (AGUA, BIOLOGÍA Y TURBINAS)
4.	ACCADUE S.L.
5.	AENOR
6.	AICIA (ASOCIACION DE INVESTIGACION Y COOPERACION INDUSTRIAL DE ANDALUCIA)
7.	AIJU (ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA INDUSTRIA DE JUGUETE, CONEXAS Y AFINES)
8.	AIR LIQUIDE ESPAÑA
9. AJUSA	
10.	ALTERNATIVA ENERGÉTICA
11.	ANALISIS-DSC
12.	APINA
13.	ARIEMA ENERGÍA Y MEDIOAMBIENTE, SL.
14.	ASESORAMIENTO Y ENSEÑANZA INTEGRAL DE PROFESIONALES S.L.U. (ASEIP)
15.	ASOCIACIÓN CATALANA DEL HIDRÓGENO Y LAS ENERGÍAS RENOVABLE
16.	ASOCIACIÓN CLUSTER DE LA ENERGIA DE EXTREMADURA
17.	ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PILAS DE COMBUSTIBLE (APPICE)
18.	ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DEL HIDRÓGENO (AEH2)
19.	ASOCIACIÓN INDUSTRIAL DE ÓPTICA, COLOR E IMAGEN (AIDO)
20.	BIOGAS FUEL CELL, SA
21.	BIOINGENIERÍA MEDIOAMBIENTAL S.L.
22.	BOEING RESEARCH AND TECHNOLOGY EUROPE S. L.
23.	CARBUROS METÁLICOS,S.A
24.	CARTIF
25.	CDTI
26.	CEGASA
27.	CEIT (CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES TECNICAS DE GUIPUZCUA)
28.	CEMITEC (FUNDACIÓN CETENA)
29.	CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES (CENER)
30.	CENTRO TECNOLÓGICO AVANZADO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES (CTAER)
31.	CERAMICA MILLAS HIJOS, S.A.
32.	CIDAUT
33.	CIDETEC
34.	CIEMAT
35.	CINTTEC / UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS
36.	CIRCE
37.	CITCEA – UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA
38.	CLAN TECNOLÓGICA S.L.
39.	CLUSTER DE ENERGÍA DEL PAIS VASCO
40.	CNH2
41.	COMPAÑÍA LOGÍSTICA DE HIDROCARBUROS CLH, S.A.
42.	CONSEJERÍA DE INDUSTRIA DEL GOBIERNO DE CANARIAS.SERVICIO DE INSTALACIONES

	PETROLÍFERAS Y ENERGÍAS RENOVABLES.
43.	CONSELLERÍA DE INNOVACIÓN E INDUSTRIA DE GALICIA
44.	CORPORACIÓN TECNOLÓGICA DE ANDALUCÍA
45.	CSIC. INSTITUTO DE CIENCIAS DE LOS MATERIALES DE BARCELONA
46.	CSIC.INSTITUTO DE CATÁLISIS Y PETROLEOQUÍMICA
47.	CSIC. INSTITUTO DE CARBOQUÍMICA
48.	CSIC. INSTITUTO DE AUTOMATICA INDUSTRIAL
49.	CSIC. INSTITUTO DE QUÍMICA ORGÁNICA DE MADRID
50.	CSIC. INSTITUTO DE TECNOLOGÍA QUÍMICA. CSIC-UPV
51.	CSIC-INCAR
52.	CSIC-INSTITUTO DE CERAMICA Y VIDREO
53.	CYMASA
54.	DIRECCIÓN GENERAL DE ECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE LA CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
55.	DIRECCIÓN GENERAL DE INNOVACIÓN DE LA JUNTA DE EXTREMADURA
56.	DIRECCIÓN GENERAL DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA. COMUNIDAD DE MADRID
57.	EGC ESPAÑA
58.	ELCOGAS
59.	EMPRESARIOS AGRUPADOS
60.	ENDESA GENERACIÓN
61.	ERCROS S.A.
62.	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (BILBAO)
63.	ETS. INGENIEROS INDUSTRIALES-UPM
64.	EUROCONTROL, SA
65.	F. INICIATIVAS I+D+I
66.	FEVE /FERROCARRILES DE VÍA ESTRECHA)
67.	FITSA
68.	FUNDACIÓN LEIA CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO
69.	FUNDACIÓN OPTI
70.	FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS DEL HIDRÓGENO EN ARAGÓN
71.	GAS NATURAL FENOSA
72.	GASINDU 2000 SLU
73.	GENERALIA SL
74.	GENERALITAT DE CATALUÑA
75.	GENERALITAT VALENCIANA. CONSELLERIA DE EMPRESA, UNIVERSIDAD Y CIENCIA
76.	GILMA TECHNOLOGY S.A
77.	GOBIERNO DE ARAGÓN
78.	GOMENSORO S.A.
79.	GREEN POWER TECHNOLOGIES, S.L.
80.	GUASCOR I+D
81.	HERCA CONSTRUCCION INNOVADORA S.L.
82.	HIDROGENERA ATLÁNTICA S.L.
83.	HIDROGENA
84.	IBERCAT S.L. (SOLUCIONES CATALÍTICAS IBERCAT S.L.)
85.	IBERDROLA S.A.

86.	IDAE
87.	IDENER
88.	IKERLAN CENTRO DE INVESTIGACIONES
89.	IMDEA ENERGÍA
90.	INAEL ELECTRICAL SYSTEMES SA
91.	INGENIERÍA NACARSA S.L.
92.	INNOBAN RED DE INVERSORES ÁNGEL PARA LA INNOVACIÓN
93.	INSOLATIO PAMASOL S.L.
94.	INSTITUT DE ROBÓTICA INFORMÁTICA INDUSTRIAL, UPC-CSIC
95.	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA DE LEON (INBIOTEC)
96.	INSTITUTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA IIE – UPV
97.	INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES (IER), UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA
98.	INSTITUTO DE QUÍMICA MOLECULAR APLICADA - UPV
99.	INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES. UNIVERSIDAD DE LEÓN. GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE ING QUÍMICA Y AMBIENTAL-BIOPROCESOS
100.	INSTITUTO DE TÉCNICAS ENERGÉTICAS DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA
101.	INSTITUTO DE TECNOLOGÍA CERÁMICA DE CASTELLON (ITC-AICE)
102.	INSTITUTO NACIONAL DE TECNICA AEROESPACIAL (INTA)
103.	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ENERGÍA ITE-UPV
104.	INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INVESTIGACION DE AUTOMOVIL (INSIA-UPM)
105.	INSTITUTO UNIVERSITARIO DE MATERIALES DE ALICANTE, UNIVERSIDAD DE ALICANTE
106.	INSTITUTO UNIVERSITARO DE INGENIERÍA DE ARAGÓN (I3A)
107.	INTERLEGERE ENERGY
108.	INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y DESARROLLO DE INGENIOS, S.L.
109.	IPLUSF
110.	IVECO ESPAÑA
111.	JUNTA DE ANDALUCÍA - AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGIA
112.	JUNTA DE ANDALUCÍA - DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION TECNOLOGIA Y EMPRESA
113.	JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN- EREN
114.	JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA-LA MANCHA
115.	KNOWLEDGE VALLEY SL
116.	LABORATORIO DE QUÍMICA INDUSTRIAL E INGENIERÍA ELECTROQUÍMICA DE LA UNIVE DEL PAÍS VASCO (LQI E IE-UPV/EHU). CSIC RED DE PILAS, UNIVERSIDAD
117.	LEITAT
118.	LITEC-CSIC (LABORATORIO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIAS DE LA COMBUSTION)
119.	MATGAS 2000
120.	MCPHY ENERGY
121.	MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD
122.	MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (MEC) - SGPI
123.	MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO (SECRETARÍA GRAL DE PLÍTICA ENERGÉTICA Y DIRECCIÓN GRAL DE DESARROLLO INDUSTRIAL)
124.	MONDRAGON COMPONENTES
125.	MP POWERFOTON, SL
126.	MURCIA - DIRECCIÓN GRAL DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN
127.	NGVA EUROPE
128.	OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS (OEPM)

129.	OTRI-UNIVERSIDAD ZARAGOZA
130.	PEVAFERSA
131.	PILAS -MEET-INTERUNIVERSITARIO UPM-UCM
132.	PREMATECNICA S.A.
133.	PRINCIPADO DE ASTURIAS
134.	PROINTEC
135.	RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A (REE)
136.	RED TEMÁTICA DEL CSIC DE HIDRÓGENO Y PILAS DE COMBUSTIBLE
137.	REPSOL YPF
138.	SCHUNK IBERICA S.A.
139.	SENER INGENIERÍA Y SISTEMAS
140.	SERVICIO EXTREMEÑO DE SALUD
141.	SGENIA
142.	SILIKEN S.A.
143.	SODERCAN, SOCIEDAD PARA EL DESARROLLO REGIONAL DE CANTABRIA
144.	SUBDIRECCIÓN GENERAL DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL MINISTERIO DE DEFENSA
145.	SYNERPLUS
146.	TECNALIA
147.	TÉCNICA DE XESTIÓN DE PROXECTOS PLAN IN.CI.TE FUNDACIÓN PARA O FOMENTO DA CALIDADE INDUSTRIAL
148.	TECNOSA NUEVAS TECNOLOGÍAS, S.A.
149.	TEMPLE ENERGIA LIMPIA, SL
150.	UNESA (ASOCIACION ESPAÑOLA DE LA INDUSTRIA ELECTRICA)
151.	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID (GRUPO MIRE)
152.	UNIVERSIDAD DE BARCELONA- DEPARTAMENTO DE QUIMICA ORGANICA
153.	UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA-DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUIMICA
154.	UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA-DEPARTAMENTO DE QUIMICA ORGANICA, INORGANICA Y BIOQUIMICA
155.	UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA, ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES.
156.	UNIVERSIDAD DE JAÉN- DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA
157.	UNIVERSIDAD DE SAN JORGE
158.	UNIVERSIDAD LA LAGUNA (GRUPO DE INVESTIGACIÓN "EQUIPO ESTABLE DE I+D INGEMAR")
159.	UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
160.	UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE
161.	UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
162.	UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS, CINTTEC
163.	UNIVERSIDAD ZARAGOZA (INSTITUTO DE NANOCIENCIA DE ARAGON)
164.	UNIVERSIDAD DE HUELVA
165.	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID_ ESCUELA DE INGENIEROS INDUSTRIALES
166.	UPM ETSI CAMINOS CANALES Y PUERTOS
167.	VEA QUALITAS
168.	VOSSLOH ESPAÑA S.A.
169.	ZONA EÓLICA CANARIA (ZECSA)

ANEXO 3 - Estimaciones de empleo para el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible en España

Nº de empleos que se podrían generar en España

Las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible están inmersas en un proceso de aprendizaje y demostración, en el que España tiene un papel activo aunque aún no sea preponderante. Si bien este aprendizaje es (y continuará siendo) gradual, todo indica que la maduración comercial de la tecnología vendrá marcada por las decisiones del sector automovilístico en los próximos años. La evolución del vehículo de pila de combustible influirá decisivamente en el lanzamiento de las demás aplicaciones del hidrógeno.

Aunque el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible tiene actualmente un peso mínimo en el contexto español, esta estrecha relación hidrógeno/automóvil es la que podría resultar determinante para nuestro país a medio y largo plazo: según datos de 2011, el sector del automóvil genera el 6,1% del PIB, emplea directa o indirectamente al 8,7% de la población activa y representa el 17,6% del total de exportaciones nacionales (ICEX, 2012). Si el hidrógeno tiene un papel relevante en el futuro del automóvil, en lo que coinciden los grandes fabricantes, quedarse atrás en su implementación tendría un impacto económico muy significativo.

El único estudio disponible que aporta datos específicos para España es el "Análisis del mapa de ruta del hidrógeno para España" (PTEHPC, 2011), elaborado a partir de los resultados del informe HyWays (en adelante "HyWays para España"). Este trabajo incluye unas previsiones de los puestos de trabajo directos que se crearían en distintos escenarios propuestos, que difieren en la velocidad de aprendizaje en las tecnologías y en el grado de apoyo político. En el gráfico que aparece a continuación, se contemplan además variaciones en el balance de importaciones/exportaciones: *Structural Identity* supone que se mantiene el equilibrio actual, y en los escenarios optimista y pesimista la balanza de pagos variaría a favor o en contra, respectivamente.

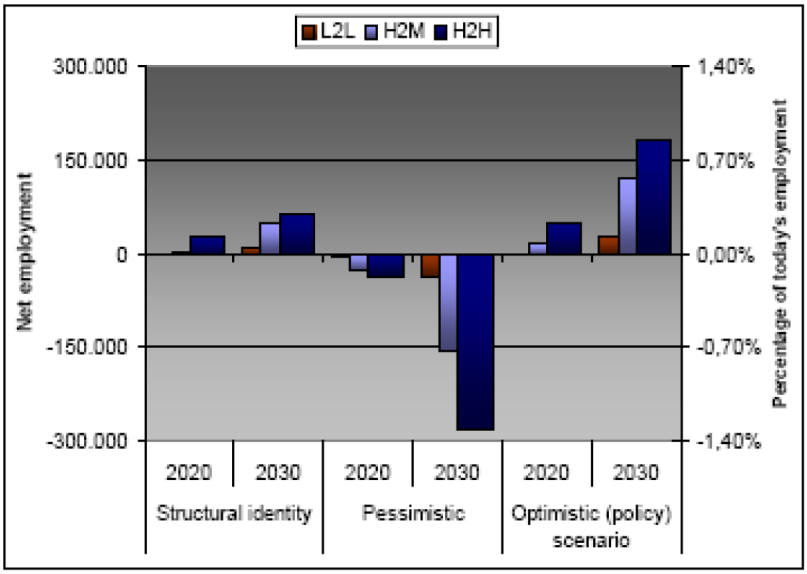


Figura 19. Efecto neto en el empleo para España en los tres escenarios de importación/exportación. (PTEHPC, 2011).
(NOTA: L2L= Aprendizaje moderado y apoyo político modesto; H2M= Aprendizaje rápido y apoyo político alto; H2H= Aprendizaje rápido y apoyo político muy alto).

A la luz de los resultados, la conclusión más importante es que si España optara por no incentivar las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible, el peor resultado no sería simplemente no generar los empleos asociados: en ese caso, podrían destruirse muchos empleos debido a la obsolescencia tecnológica de sectores clave en la economía española. En particular, el sector de automoción se vería sometido a un cambio radical, y si las empresas españolas no se adaptaran a tiempo la producción podría deslocalizarse a otros países, con la pérdida de casi 300.000 empleos directos y muchos más indirectos.

Al otro lado del espectro de posibilidades, si se promovieran contundentes iniciativas nacionales para el fomento de estas tecnologías, el avance técnico fuera rápido y Europa se posicionara entre los líderes en exportación de estas tecnologías, podrían crearse hasta 180.000 empleos directos netos en España en 2030. Estos nuevos empleos estarían encuadrados tanto en el sector de la automoción, que crecería en peso, como en los nuevos nichos de mercado favorecidos por la coyuntura de precios, disponibilidad, normativa y percepción pública respecto al hidrógeno.

Ante la ausencia de otros estudios específicos, solo podemos contrastar estos resultados con los obtenidos para otros países, asumiendo la falta de exactitud que conlleva esa extrapolación. En la siguiente tabla se recogen las **extrapolaciones *directas de los resultados para EEUU de dos de los estudios descritos anteriormente, junto con el dato estimado por el "Análisis del mapa de ruta del hidrógeno en España":***

Potencial económico de la tecnología del hidrógeno en España. Creación de empleo directo neto (horizonte 2030-2035)			Empleos directos en España
***HyWays* para España**	Aprendizaje rápido y apoyo muy alto - 2030		**180.000**
Escenario *Optimistic*	Aprendizaje rápido y apoyo alto - 2030		**125.000**
US DOE 2008	**Empleos en Estado Unidos 677.070**	extrapolación	**101.999**
Escenario HFI - 2035	*Región: *Upper Midwest* 105.000	extrapolación	**107.326**
(Solo sector del automóvil)	*Región: *Tenessee* 14.500	extrapolación	**106.105**
ASES 2008 Escenario *Advanced* - 2030 (Hidrógeno + pila de comb.)	**Empleos en Estados Unidos 925.000**	extrapolación	**139.349**

	Estados Unidos	España
Población (ONU 2012)	313.607.000	47.244.000
Población (*US Census Bureau*, 2010)	***Upper Midwest***	
	46.220.000	
	Tenessee	
	6.456.243	

Figura 20. Estimaciones directas y extrapoladas del empleo directo que generaría la implantación de la economía del hidrógeno en España. Fuente: elaboración propia

Las cifras obtenidas son coherentes con las conclusiones del informe "HyWays para España", teniendo en cuenta la distinta metodología y supuestos de futuro: en un escenario medianamente optimista, coinciden en apuntar a que los puestos de trabajo netos creados en 2030 superarían holgadamente los cien mil (extrapolando por población). Las diferencias entre la economía estadounidense y la española son notables, y resulta evidente que la extrapolación directa basada en un único factor es poco fiable, aunque sí puede determinar un orden de magnitud.

El trabajo del US DOE detalla también algunas estimaciones regionales, de las que se han destacado dos: *Upper Midwest* y *Tenessee*. Según el propio informe, la actividad petrolera en esas regiones es débil, y su economía está más orientada hacia la industria automovilística y afines; esos dos factores hacen que las previsiones para estas regiones sean más representativas del caso español, y la tendencia es hacia niveles de generación de empleo aún mayores que los correspondientes al promedio del país en su conjunto.

La siguiente figura muestra las conclusiones a las que puede llegarse a la vista de toda la información expuesta anteriormente:

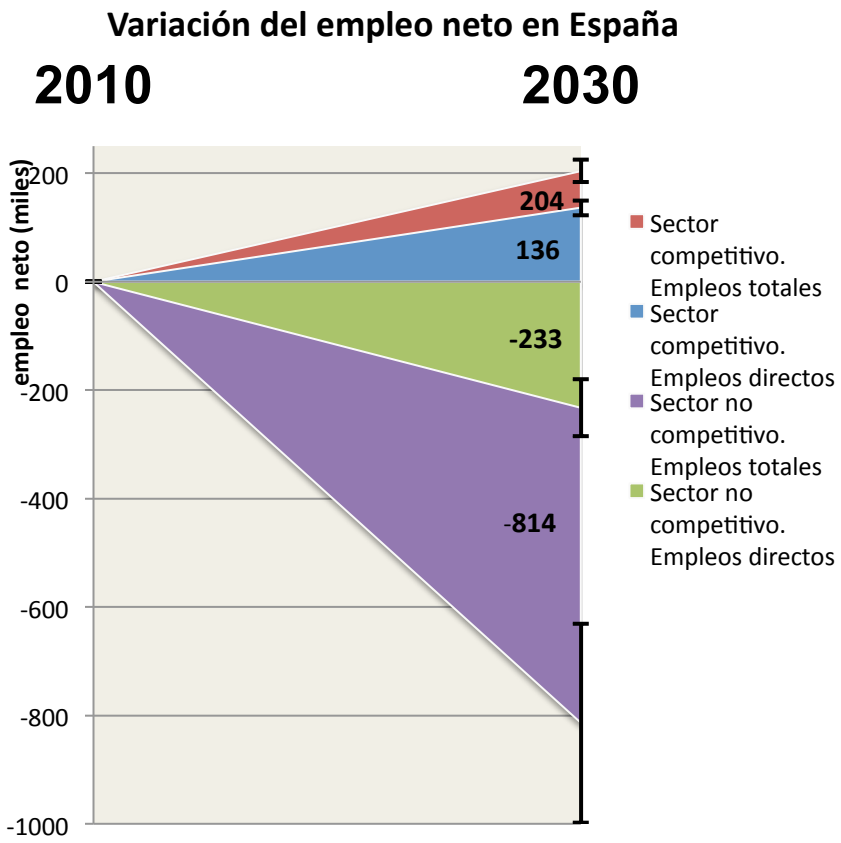


Figura 21. Variación del empleo neto en España según el grado de éxito en la implementación nacional de las tecnologías del hidrógeno. Fuente: elaboración propia.

Dato de creación de empleo directo: punto medio entre escenarios Optimistic H2M y H2H de HyWays (extremos de las barras de error), ponderado con los otros dos informes ("HyWays para España" 50%, US DOE Upper Midwest 30%, ASES 20%). Factor empleo total/empleo directo = 1,5 (intermedio termosolar (1,3) - eólica (1,7)).

Dato de destrucción de empleo directo: punto medio entre escenarios Pessimistic H2M y H2H de "HyWays para España" (extremos de las barras de error). Factor empleo total/empleo directo = 3,5 (intermedio renovables (1,5) - automoción (5,5)).

Los datos de empleo directo estimados por los expertos de la PTE HPC coinciden a grandes rasgos con los del informe HyWays para España, con la salvedad de que se ha escogido un nuevo valor representativo, intermedio entre los escenarios H2M y H2H de dicho informe. Sin embargo, a la hora de medir los efectos macroeconómicos, es necesario tener en cuenta también los empleos indirectos e inducidos que se generarían, y así estimar un valor de empleos totales. Esta conversión de empleos directos a empleos totales depende del sector y el ámbito concreto, y en este caso se han tomado valores distintos según se trate de creación o pérdida neta de empleo:

Para creación de empleo

Se ha tomado un valor de 1,5: valor medio entre los que aparecen en los documentos de impacto macroeconómico para los sectores termosolar y eólico nacionales.

Para la destrucción de empleo

Se ha tomado un valor de 3,5: ostensiblemente más alto, aunque conservador si lo comparamos con los ratios que se manejan en el sector de la automoción (entre 4 y 7), principal sector perjudicado en este supuesto.

En los datos de variación en el empleo total se agudizan aun más los efectos desfavorables sobre el empleo de un mal posicionamiento respecto a estas tecnologías: aunque podrían crearse del orden de 200.000 puestos de trabajo si España se posicionara exitosamente en el mercado, el efecto más serio se daría en el caso contrario, pues la destrucción de empleo previsible supera los 800.000 puestos netos perdidos, la mayoría relacionados con el sector del automóvil.

Como se ha mencionado a lo largo del documento, los datos de empleo obtenidos son solo estimaciones, cuya validez está condicionada a una serie de supuestos razonables. A continuación se recopilan una serie de factores que podrían desviar las cifras de empleo estimado hacia arriba o hacia abajo, según el caso:

Factores que podrían INCREMENTAR el impacto sobre el empleo

Probablemente el ratio de empleo total/directo será mayor que el de otros sectores renovables, al ser ésta una actividad más transversal.

El ratio de empleo total/directo para la destrucción de empleo en el sector automóvil podría ser mayor aún: aunque en 2011 ocupaba directamente a unas 250.000 personas, fuentes oficiales afirman que en total dependía del sector en torno al 8% de la población activa (~1.800.000 empleos).

Los resultados de "HyWays para España" se refieren a empleo generado en el conjunto de la economía, y se han ponderado a la baja con resultados de estudios que incluyen solo a los principales sectores afectados.

La disminución en las importaciones y otros factores macroeconómicos podrían mejorar las cuentas públicas, permitiendo mejoras en servicios sociales con empleo público asociado.

Todos los informes citados son anteriores a 2012, la mayoría entre 2007 y 2009, por lo que no tienen en cuenta el gran crecimiento en instalaciones y ventas en el periodo posterior, especialmente en 2012 (ver gráficos del apartado 3).

Factores que podrían REDUCIR el impacto sobre el empleo

Se tienen en cuenta solo los escenarios de rápida evolución tecnológica; si ésta fuera más lenta, cualquier efecto sería más moderado.

Variación en los datos de empleo en el sector automovilístico en el periodo 2009-2013: el descenso en el número de empleos en el sector supondría reducir estos impactos en la misma proporción.

Si las extrapolaciones tomasen como referencia otro factor (PIB, vehículos *per capita*...) las estimaciones de empleo podrían reducirse respecto a las mostradas.

Se ponderan estimaciones para 2030 (Hyways para España, ASES) con otras para 2035 (US DOE), por lo que la estimación resultante para 2030 está ligeramente sobreestimada.

La población española disminuyera en este periodo, el impacto absoluto sería proporcionalmente menor (aunque el impacto relativo podría mantenerse o ser mayor). Datos oficiales del INE en 2012 prevén un descenso poblacional en 2030 en torno al 5%.

ANEXO 4 - INICIATIVAS DE FOMENTO DE LAS INFRAESTRUCTURAS DEL HIDRÓGENO

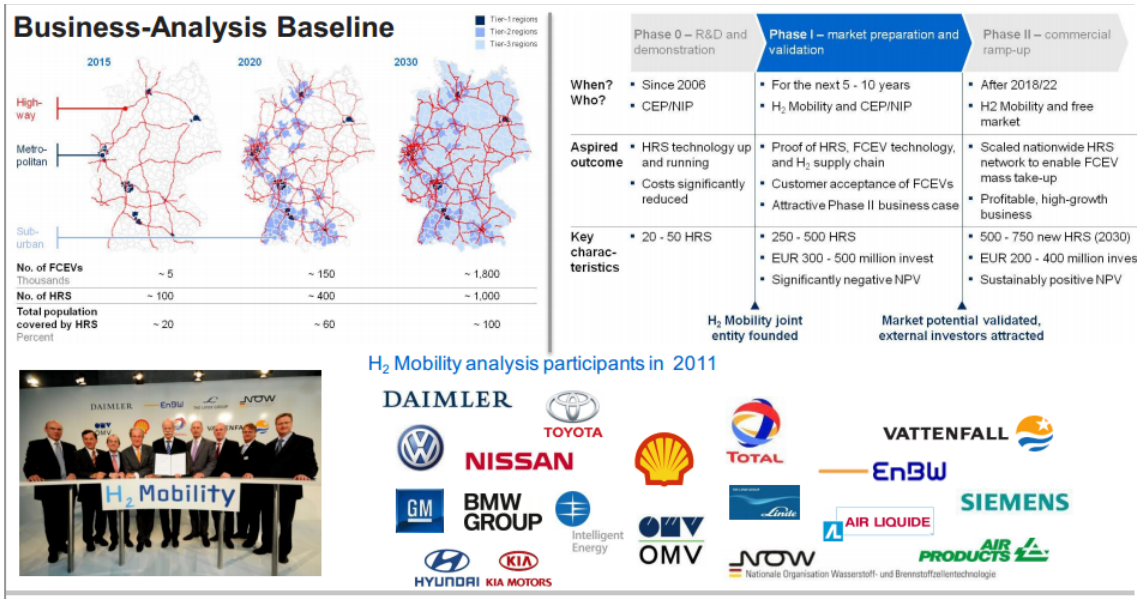
Los diferentes países que ya son punteros –o quieren serlo—en el desarrollo de estas tecnologías, están llevando a cabo planes/iniciativas para implantar el vehículo de pila de combustible y una infraestructura de estaciones de servicio de hidrógeno. Estos planes están orientados a medio y largo plazo con el objetivo de que el desarrollo comercial de las tecnologías arranque en 2015 y que posteriormente estén asentadas entre 2025-2030.

Se exponen a continuación las diferentes iniciativas y/o Planes de financiación y desarrollo por países y sus objetivos. Para España, un buen modelo a seguir es lo realizado en el Reino Unido, por tener unas capacidades comparables.

H2 Mobility. Alemania. 2010

Alianza Público-Privada para implementar la infraestructura de las tecnologías del hidrógeno en Alemania. Ha sido el primer acuerdo firmado en Europa, entre 18 empresas (entre ellas se encuentran los principales fabricantes de la automoción, empresas asociadas del sector y órganos de Gobierno). Las previsiones de este plan de desarrollo son:

Figura 22. Escenario base-análisis del punto de partida de negocio de las infraestructuras del hidrógeno en Alemania. Fuente: www.whec2012.org



Programa específico del Gobierno de Japón. 2011

El Gobierno de Japón junto con trece empresas privadas japonesas anunciaron en marzo de 2011 el lanzamiento de un programa de apoyo público para pasar a la fase de comercialización de vehículos de pila de combustible: producción masiva de estos vehículos y la puesta en marcha de infraestructuras del hidrógeno. El Gobierno ha anunciado que en 2015 comenzará la pre-comercialización de los FCEVs y para ello ha destacado la importancia y necesidad del desarrollo de hidrogeneras. Las previsiones son:

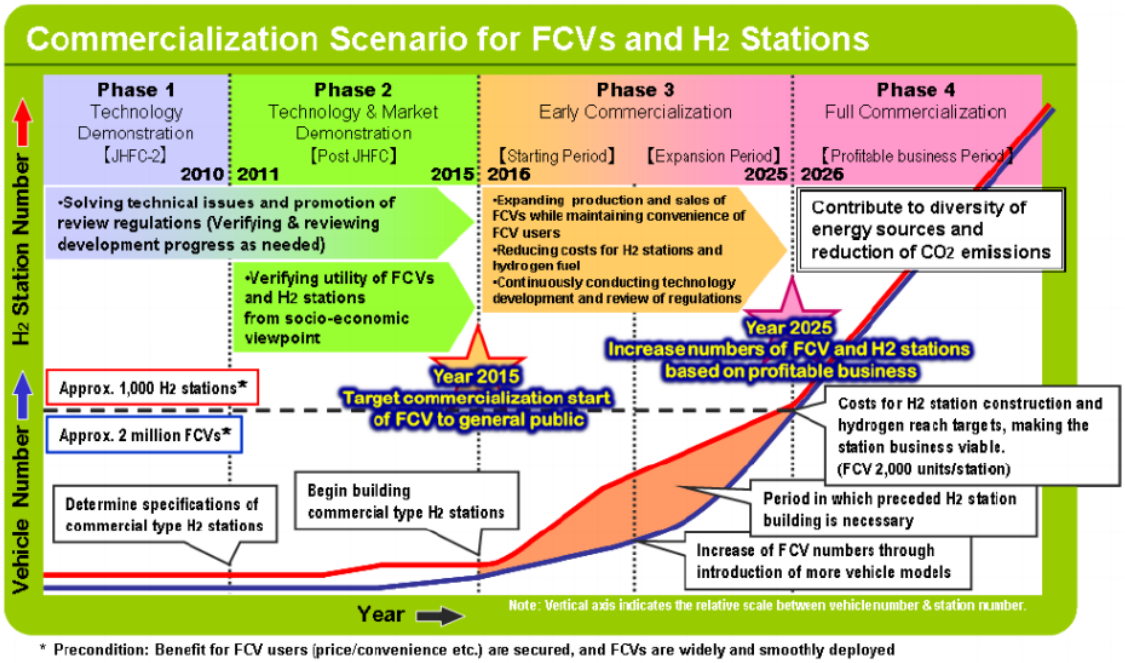


Figura 23. Escenario de comercialización de los FCEVs e hidrogeneras en Japón. Fuente: www.whec2012.org

UK H2 MOBILITY. Reino Unido

La iniciativa UKH2Mobility proporciona una visión de largo plazo para desarrollar una estrategia de despliegue de las tecnologías del hidrógeno en el Reino Unido. Esta iniciativa permitirá la introducción y el desarrollo de un sistema de transporte basado en las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible a partir de 2015, fecha en que los fabricantes están determinando como clave para la comercialización de los vehículos de pila de combustible.

Inicialmente planteaba tener instaladas para 2015, 65 estaciones de servicio y en 2030 más de 1150 estaciones de servicio. Esta alianza público-privada incluye a fabricantes de vehículos como empresas asociadas del sector y a entidades públicas del Reino Unido. Se citan a continuación las entidades participantes que han puesto en marcha esta iniciativa:

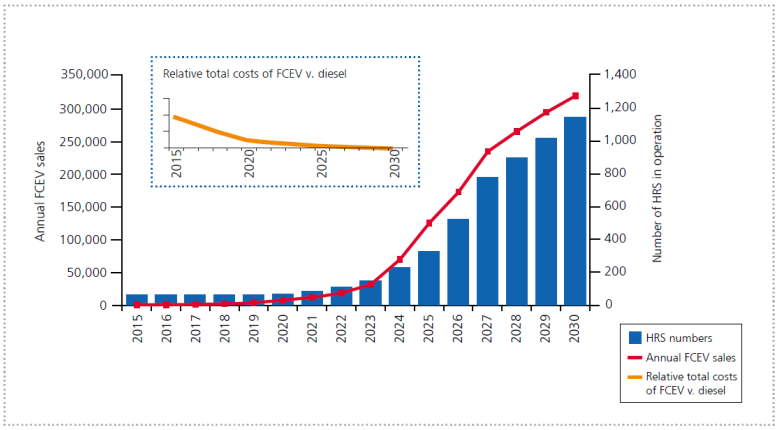


Figure 7: UK consumer demand for FCEVs increases as the cost premium diminishes and the network of HRS expands.

Figura 24. Resultados de la fase 1 de la Iniciativa UK H2 Mobility (abril 2013)[1]

- Gobierno del Reino Unido: Department of Energy& Climate Change, Department for Transport, Department for Business Innovation&Skills
- Fabricantes de vehículos: Daimler, Hyundai, Nissan, Toyota, Tata Motors, Vauxhall.
- Empresas gasistas y/o productoras de hidrógeno: Air Liquide, ITM Power, Air Products, BOC (Linde Group member), SSE.
- Proveedores de Tecnología: Intelligent Energy, Johson Mattey
- Consorcios público-privados: FCH JU – New Energy World
- Minorista de combustible: Morrisons.

California Road Map y ZEV PLAN. EEUU. 2012.

Las autoridades californianas están trabajando desde el año 2012 para disponer de un plan viable y concreto sobre movilidad limpia, en el que se plantean varias acciones claras y concisas. La primera es un **plan de Acción (ZEV PLAN):** mediante el cual se pretende tener 1,5 millones de vehículos de *cero emisiones* para 2025. Hay que señalar que este plan de movilidad, y en particular el especifico para vehículos de pila de combustible, no se puede cumplir sin tener planificadas unas infraestructuras adecuadas, por lo que se ha desarrollado el **"California Road Map".** Este se divide en dos fases, una primera fase entre pre- comercial (2012-2014) y una segunda fase "*Early comercial*" (2015-2017). Se prevé para el año 2015 disponer de 68 estaciones de servicio, ubicadas en lugares específicos, para poder suministrar hidrógeno a 30.000 vehículos.

[1] https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/192440/13-799-uk-h2-mobility-phase-1-results.pdf

Table 5 – Station Deployment Based on Market Development and Vehicle Roll-out

Year	Start of Year (Station Total)[31]	Added Stations[32]	Number of FCEVs in CA[33]	Expected Station Design Capacity [kg/day]
2012	4	*4*	312	Up to 100
2013	8	*9*	430	100
2014	17	*20*	1389	100-500
2015	37	*31*	*5,000-15,000*	100-500
2016	68	*Market Needs*	*10,000-30,000*	*500*
2017	>84	*Market Needs*	53,000	500
2018	>100	*Market Needs*	>53,000	>500

Note: The OEM Survey only requested years 2015-2017 as a single entry. While the numbers of FCEVs in 2015 and 2016 are not generated in the survey, an estimate value has been used based on a likely roll-out scenario. Based on questions during the CEC workshop, this table has been adjusted to illustrate an estimated range. This table provides a potential station development scenario from 2014-2017, including the average capacity of stations.[34]

Figura 25. Previsión del despliegue de los FCEVS en California. Fuente: A California Road Map: The Commercialization of Hydrogen Fuel Cell Vehicles

H2 USA. EEUU, 2013.

El Departamento de Energía (DOE) de EEUU ha anunciado la puesta en marcha de una alianza Público-Privada (H2 USA) cuyo objetivo es el desarrollo de la infraestructura del hidrógeno, incluyendo los vehículos eléctricos de pila de combustible. Este consorcio agrupa a los fabricantes de automóviles, agencias gubernamentales, proveedores de gas, y las industrias del hidrógeno y pilas de combustible para coordinar las labores de investigación e identificar soluciones rentables para implementar la infraestructura de hidrógeno en Estados Unidos.

Hydrogen Mobility France. 2013

Iniciativa puesta en marcha por un consorcio público-privado cuyo objetivo es desarrollar una estrategia nacional coherente para el desarrollo del uso del hidrógeno en Francia entre 2015 y 2030, que incluye un análisis de coste y efectividad.

Actualmente son 20 las entidades-*partners* que se han unido a esta iniciativa y se nombran a continuación: Air Liquide, Alphéa Hydrogène, AREVA, CEA, CETH2, EDF, GDF SUEZ, GRTgaz, IFPEN, INEVA-CNRT, Intelligent Energy, ITM Power, Linde, Michelin, McPhy Energy, Pole Vehicle of the Future, PHyRENEES, Solvay, Symbio FCell, Tenerrdis, WH2, con la participación de expertos de la FCH-JU, ADEME, el CGSP (*French Prime Minister Policy Planning Agency*) y la DGEC *(Energy and Climate General Directorate)*.

"Hydrogen Mobility France" y, por consiguiente, el consorcio se han formado en paralelo al proyecto de Directiva Europea para promover el desarrollo de combustibles alternativos como la electricidad y el hidrógeno, que está siendo considerado actualmente por el Parlamento Europeo y el Consejo Europeo.

Otras iniciativas puestas en marcha:

Programa específico del Gobierno de Corea: para apoyar a la financiación y el despliegue en el año 2020 de 100.000 FCEVs y 170 hidrogeneras. Las previsiones son que en 2013 haya una producción testimonial de estos vehículos y para 2015 se prevé fabricar 1.000 unidades de este vehículo y para comenzar más tarde con la fabricación de estos vehículos para la venta directa en concesionarios.

Plan energético 2020 del Gobierno de Dinamarca. Este Plan incluye varias iniciativas para el desarrollo de los FCEVs y las infraestructuras de repostaje de hidrógeno.

Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía IDEA
CONSEJERÍA DE EMPLEO, EMPRESA Y COMERCIO

Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Andalucía
se mueve con Europa