

# **Sostenibilidad energética en la Región SUDOE: RED PEMFC- SUDOE**

E. Montero<sup>1\*</sup>, M. Rodríguez<sup>1</sup> y D. Solera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ARIEMA Energía y Medioambiente S.L. 24 Sector Embarcaciones, Local 5. 28760 -  
Tres Cantos (Madrid)

(\*) [esperanza.montero@ariema.com](mailto:esperanza.montero@ariema.com)

## Contenido

<b>1. <u>Introducción</u></b> .....	<b>2</b>
<b>1.1 <u>Sostenibilidad energética en la región SUDOE. Tecnologías de hidrógeno</u></b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 <u>Ventajas de las tecnologías de hidrógeno y sus aplicaciones</u></b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 <u>Políticas para la promoción de las tecnologías del hidrógeno</u></b> .....	<b>4</b>
<b>2. <u>Objetivos</u></b> .....	<b>6</b>
<b>3. <u>Metodología y resultados</u></b> .....	<b>7</b>
<b>3.1 <u>Agentes implicados en el sector</u></b> .....	<b>7</b>
<b>3.2 <u>Sustitución de tecnologías convencionales por tecnologías de hidrógeno en la Región SUDOE. Escenarios para 2030</u></b> .....	<b>14</b>
<b>4. <u>Conclusiones</u></b> .....	<b>14</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>16</b>

## 1. Introducción

### 1.1 Sostenibilidad energética en la región SUDOE.

## Tecnologías de hidrógeno

En el marco de la Directiva 2009/28/CE, muchos países de la UE están desarrollando sus redes de hidrógeno, garantizando una matriz de cobertura planificada para este combustible, **cuyo residuo tras su utilización es solo agua**. Sin embargo, la región SUDOE (sudoeste de Europa) está teniendo un menor grado de desarrollo.

En este contexto, el proyecto "Sostenibilidad energética en la región SUDOE: RED PEMFC-SUDOE" (2016-2019) responde al desafío **de garantizar el suministro sostenible de energía en la región SUDOE mediante el desarrollo de la tecnología PEMFC (pila de combustible tipo PEM- membranas de intercambio protónico) con la integración de fuentes renovables de hidrógeno**.

La Región SUDOE está compuesta por **30 regiones** y ciudades autónomas de España, Francia, Portugal y Gibraltar que representan aproximadamente 770.120 km<sup>2</sup> (18,2% de la zona de la UE-27) y 61,3 millones de habitantes (12,4% de la UE-27).

Portugal y España, son países con una gran dependencia energética, de hecho, a nivel europeo solo son superadas por Italia, Irlanda, Chipre, Luxemburgo y Malta. En 2017, los niveles de dependencia fueron del 82,0% y 79,5% respectivamente, mientras que para Francia fue del 50,4% (Nations & On, 2009).

El proyecto europeo "Sostenibilidad energética en la región SUDOE: RED PEMFC- La energía renovable no sólo proporciona seguridad de suministro, sino que también abre el camino para un medio ambiente más limpio si se utiliza el hidrógeno verde como vector energético. Sin embargo, hay que destacar que el hidrógeno no es una fuente de energía primaria, como lo son el carbón o el gas natural; es un vector energético que se puede producir utilizando los sistemas energéticos tradicionales (actualmente la mayor parte del hidrógeno se produce a partir del gas natural) y a partir de fuentes de energía renovable. El hidrógeno producido se denomina "verde" cuando se obtiene de fuentes limpias.

La producción de hidrógeno a partir de estas fuentes permite una generación distribuida, acorde con las economías locales, siempre a través del método más limpio y adecuado en cada caso; pero, además, libera a las regiones y a los países de la necesidad de importar combustibles fósiles y sus derivados, ya que será posible en muchos casos producir localmente el hidrógeno que se necesite.

Francia, Portugal y España requieren del desarrollo de sistemas de energía renovable e hidrógeno como portador de energía porque estos países son "islas con deficiencia de energía". La Región SUDOE carece de recursos fósiles propios (depósitos de petróleo y gas natural). Sin embargo, tienen un alto consumo de los mismos, es por eso por lo que la dependencia es tan alta: hasta el 72,3% de la energía utilizada en 2016 tuvo que ser importada de otros países.

El uso de sistemas renovables y el aprovechamiento de los excedentes para su almacenamiento en hidrógeno supone una vía alternativa que reduciría exponencialmente la dependencia de la Región SUDOE respecto a países terceros y permitiría tener un mercado energético más estable. Entre los recursos renovables, cabe destacar que España es el país de Europa con la mejor radiación solar, junto con Portugal y el sur de Francia.

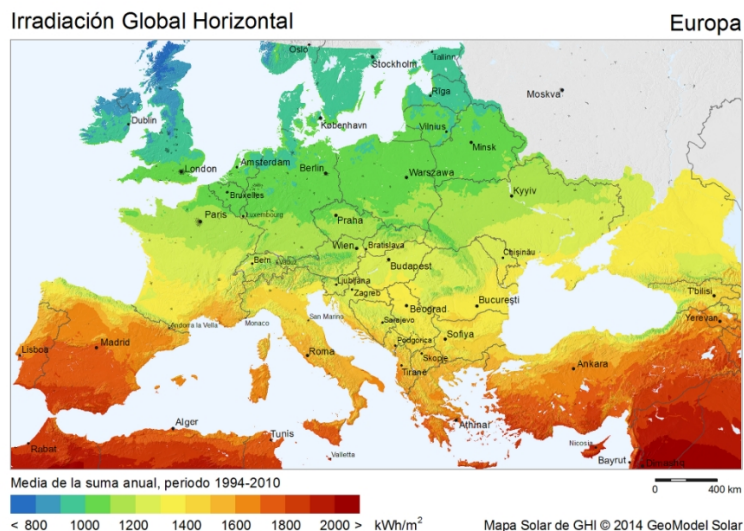


Figura 1. Mapa de radiación solar en Europa

Fuente: SolarGIS © 2011 GeoModel Solar

El proyecto europeo "Sostenibilidad energética en la región SUDOE: RED PEMFC-SUDOE", liderado por investigadores del grupo de procesos avanzados de separación (PAS) de la Universidad de Cantabria, fue aprobado en la convocatoria Interreg SUDOE. Interreg SUDOE promueve el desarrollo regional a través del apoyo financiero a proyectos transnacionales con Fondos Europeos de Desarrollo Regional.

## 1.2 Ventajas de las tecnologías de hidrógeno y sus aplicaciones

Las pilas de combustible son sistemas electroquímicos que convierten la energía del hidrógeno en electricidad y calor. Estos sistemas tienen numerosas ventajas en comparación con las tecnologías convencionales, como los motores de combustión interna o las baterías. Aunque algunos de los atributos de las pilas de combustible solo son válidos para algunas aplicaciones, la mayoría de las ventajas son más generales.

Algunas de las ventajas se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Ventajas de las tecnologías de hidrógeno

Ventajas
<b>Mayor eficiencia</b> que los motores convencionales (diésel o gas)
<b>Modelo de trabajo silencioso</b>
<b>Fuente de alimentación fuera de la red.</b> Las pilas de combustible pueden proporcionar energía en lugares remotos donde no hay una red eléctrica disponible
Capacidad para <b>eliminar la contaminación</b> causada por la quema de combustibles fósiles
<b>No emite gases de efecto invernadero</b>
<b>Reducción de la dependencia económica del petróleo</b> si el hidrógeno se produce a partir de fuentes renovables
<b>Generación distribuida de combustible.</b> El hidrógeno se puede producir en cualquier lugar donde haya agua y una fuente de energía. No tiene que ser dependiente de la red
Permite una <b>red eléctrica descentralizada</b> que es potencialmente más estable
<b>Mantenimiento simple</b> de las pilas de combustible ya que hay pocas partes móviles en el sistema
<b>Modularidad, escalabilidad, versatilidad y ubicación flexible</b> Desarrollo Regional.
También son <b>duraderas y resistentes</b> , soportan cualquier tipo condiciones climáticas en cualquier terreno. <b>Vida útil</b> mucho más <b>larga</b> que una batería
<b>Flexibilidad del combustible.</b> La mayoría de las pilas de combustible funcionan con hidrógeno y continuarán generando energía si se suministra combustible
<b>Alternativa de batería ligera y de larga duración.</b> Las pilas de combustible pueden funcionar 10 veces más que las baterías convencionales y son mucho más livianas
Las pilas de combustible proporcionan una <b>densidad de potencia mucho mayor</b> , obteniéndose más potencia en un espacio más pequeño

### 1.3 Políticas para la promoción de las tecnologías del hidrógeno

Las fuentes de energía renovable crecen constantemente a medida que los Estados Miembros aplican políticas sostenibles para alcanzar los objetivos marcados por la Unión Europea. La evolución de una economía del hidrógeno de 2020 a 2050 se definirá teniendo en cuenta las directrices nacionales, europeas y mundiales.

A corto plazo, los objetivos '20-20-20' establecidos por la Comisión Europea para todos los estados de la UE son la reducción de un 20% de reducción de emisiones, el alcance de un

20% de energías renovables y un 20% de mejora de la eficiencia energética para 2020. La implementación de estos objetivos está conllevando la toma de importantes medidas legislativas en todos los países europeos.

En este sentido, la creación de iniciativas que aúnen a los gobiernos, las empresas, las universidades y los centros de investigación es clave para alcanzar este objetivo. Además, la Comisión Europea también colabora para alcanzarlos, como por ejemplo los programas de financiación como la Fuel Cell Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) que tratan de introducir las tecnologías del hidrógeno en el mercado.

Para cumplir los objetivos mencionados, el hidrógeno y las pilas de combustible son muy buenos aliados, por lo que las perspectivas a corto plazo de implementación de estas tecnologías son positivas.

En la Región SUDOE, la mayoría de las medidas que se están tomando para la introducción en mercado de las tecnologías del hidrógeno se centran en el sector transporte. Estas políticas se centran en la sustitución de combustibles fósiles en los vehículos y la instalación e implementación de estaciones de reabastecimiento de hidrógeno y el desarrollo de vehículos de pila de combustible. Por ejemplo, Francia ya tiene su programa de movilidad de hidrógeno implantado y España está iniciando una iniciativa público-privada para realizar su propio programa de movilidad de hidrógeno conectando no sólo las diferentes regiones de España sino también Portugal y Francia.

El transporte de España cerca del 10% de la energía se espera que aumente sustancialmente a medio plazo. Además, los vehículos actuales (que utilizan combustibles fósiles) no cumplen los objetivos de H2020 que todos los países europeos deben alcanzar. Es por este motivo que el sector del transporte es el primero en adaptar las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible.

## 2. Objetivos

El proyecto PEMFC SUDOE persigue los siguientes objetivos:

- Desarrollo de cuatro innovadores prototipos PEMFC para su uso en transporte (automóviles y bicicletas), fuentes estacionarias (stack de 250W para suministro energético de edificios o alumbrados públicos) y dispositivos portátiles (sistema compacto con una capacidad de 400Wh y un mínimo de 50W para su uso en ordenadores, teléfonos móviles, etc.).
- Desarrollo de nuevos materiales y configuraciones avanzadas de pilas PEMFC.
- Obtención de hidrógeno de fuentes residuales industriales en la zona SUDOE.
- Evaluación de la sostenibilidad ambiental y creación de herramientas de diseño óptimo de dispositivos PEMFC.
- Identificación de nichos de mercado en la Región SUDOE.
- Creación de una herramienta interactiva de búsqueda de entidades para facilitar la puesta en marcha de nuevos proyectos y colaboraciones

El presente artículo se centra en la creación de una herramienta interactiva de búsqueda de entidades que trabaje en la zona SUDOE para promover el desarrollo de las tecnologías de hidrógeno y las perspectivas de crecimiento de este sector para el año 2030.

### 3. Metodología y resultados

#### 3.1 Agentes implicados en el sector

Dentro del contexto del proyecto PEMFC SUDOE se ha creado una base de datos con más de 440 agentes involucrados en el sector del hidrógeno y las pilas de combustibles. Estos agentes se pueden filtrar por zonas, regiones, áreas geográficas, tipo de organización según su actividad (empresa o centro de investigación y desarrollo) y su participación en el sector del hidrógeno o la capacidad de penetración en el mercado.



Figura 2. Distribución de los agentes implicados en el sector

Fuente: elaboración propia

**Intensidad 5: agente totalmente implicado.** Organización totalmente involucrada (90 - 100%) en tecnologías de hidrógeno (pilas de combustible, proyectos entre otras actividades relacionadas).

**Intensidad 4: agente parcialmente implicado.** Entidades que han participado en actividades o proyectos relacionados con el hidrógeno. Participan 40-50% en este sector.

**Intensidad 3: agente ocasionalmente involucrado.** Entidades que han vendido productos o han prestado servicios al sector del hidrógeno. En esta clasificación se incluyen diferentes tipos de empresas: válvulas, accesorios, paneles solares, etc. No identifican este sector como una prioridad.



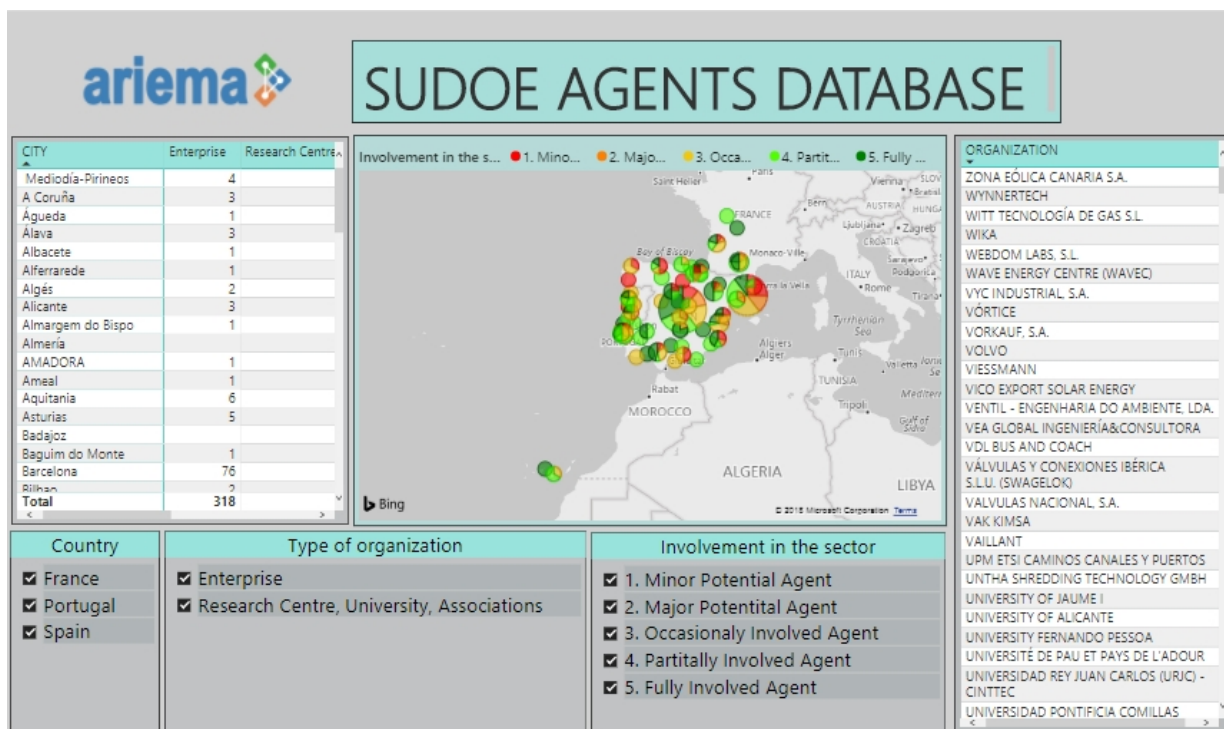
**Intensidad 2: agente con mayor potencial.** Empresas con alto potencial para participar en estas tecnologías, pero aún no están involucradas. Sus servicios están muy bien integrados.

**Intensidad 1: agente con menor potencial.** Entidades con bajo potencial. Tienen un catálogo de productos de fácil integración que podrían vender productos o dar servicios al sector del hidrógeno.

El software permite filtrar las zonas de la Región SUDOE, pudiendo conocer aquellas entidades con mayor impacto y ayudar a identificar mercados potenciales para la tecnología del hidrógeno.

Este software es una herramienta que permite conocer los mercados presentes y futuros de la tecnología del hidrógeno en la Región SUDOE y realizar la transferencia y la búsqueda de nuevas oportunidades.

Otra ventaja importante es que permite realizar una búsqueda avanzada simultánea con varios filtros.



**Figura 3.** Interfaz de la herramienta interactiva

Fuente: Ariema Energía y Medioambiente, 2018

Es posible trabajar con esta herramienta interactiva a través del siguiente enlace proporcionado por la empresa ARIEMA Energía y Medioambiente S.L:

[http://www.ariema.com/index.php/es/?option=com\\_content&view=article&id=199](http://www.ariema.com/index.php/es/?option=com_content&view=article&id=199)

O mediante el siguiente código QR:



Figura 4. Código QR de la herramienta interactiva

Fuente: Ariema Energía y Medioambiente, 2018

### 3.2 Sustitución de tecnologías convencionales por tecnologías de hidrógeno en la Región SUDOE.

#### Escenarios para 2030

dores del grupo de procesos avanzados de separación (PAS) de la Universidad de Cantabria, fue aprobado en la convocatoria Interreg SUDOE. Interreg SUDOE promueve el desarrollo regional a través del apoyo financiero a proyectos transnacionales con Fondos Europeos de Desarrollo Regional.

La economía del hidrógeno representa una gran oportunidad para el crecimiento económico sostenible. En este sentido, Hydrogen Council (una iniciativa global creada por empresas líderes en energía, transporte e industria, con el objetivo de acelerar el uso de las tecnologías del hidrógeno para situarlas entre las soluciones clave para la transición energética) prevé un mercado para las tecnologías del hidrógeno con ingresos por encima de los 2,5 trillones \$/año y empleos para más de 30 millones de personas en todo el mundo.

Con el propósito de sustituir las tecnologías convencionales por tecnologías de hidrógeno en la Región SUDOE, en el proyecto PEMFC SUDOE **se han analizado tres posibles escenarios** (pesimista, realista y optimista) para 2030, centrados en aplicaciones estacionarias, portátiles y en el transporte:

1. **Pesimista:** un escenario en el que la Región SUDOE no cumple los objetivos establecidos por la Comisión Europea para los próximos años.
2. **Realista:** un escenario en el que la Región SUDOE mantiene un aumento constante del despliegue de tecnologías de hidrógeno.
3. **Optimista:** un escenario en el que la Región SUDOE alcanza las expectativas actuales sobre el despliegue de tecnologías de hidrógeno para 2030. Equiparación a los escenarios esperados en otras regiones europeas.

#### Aplicaciones estacionarias

Estas tecnologías permiten la sustitución de tecnologías convencionales basadas en

combustibles fósiles o baterías, lo que garantiza un sistema mejor y más estable, capaz de producir la electricidad necesaria para la red y para los sistemas de suministro de energía ininterrumpida. La inyección de hidrógeno en la red de gas persigue la descarbonización de la red actual al agregar hidrógeno (Melaina, Antonia y Penev, 2013). Esta aplicación estará limitada por el máximo % de hidrógeno permitido para agregar en la red.

Para la aplicación de producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables; en un escenario pesimista, la producción de hidrógeno a partir de energías renovables continuará en escala demostrativa; en un escenario realista, el desarrollo de equipos de producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables estará cercano a mercado y comenzará su comercialización. Mientras que, para un escenario optimista, estos equipos serán comercializados en mayor medida y se utilizarán diferentes sistemas de almacenamiento de energía.

Para la aplicación de inyección de hidrógeno en la red de gas: en un escenario pesimista la limitación del % de hidrógeno se situará entre un 4-5% en pequeños proyectos de demostración para 2030. Mientras que en un escenario realista la limitación para inyectar hidrógeno en la red de gas superará el 5% del hidrógeno en algunos proyectos de demostración pequeños y medianos. En cambio, en un escenario optimista, la limitación para inyectar hidrógeno en la red de gas superará el 10% y se espera que a medio plazo se consoliden las aplicaciones en el rango de 5% de hidrógeno en la red de gas a escala piloto.

El proyecto europeo "Sostenibilidad energética en la región SUDOE: RED PEMFC-SUDOE", liderado por investigadores del grupo de procesos avanzados de separación (PAS) de la Universidad de Cantabria, fue aprobado en la convocatoria Interreg SUDOE.

Otra aplicación estacionaria que cabe destacar es el sistema de alimentación ininterrumpida donde en un escenario pesimista en 2030 habrá alrededor de 150 sistemas instalados para comunicaciones remotas; 1.500 sistemas instalados para comunicaciones remotas, servidores de internet, sistemas de gestión de datos, hospitales y laboratorios para una situación realista a 2030; y 25.000 sistemas instalados para comunicaciones remotas, servidores de Internet, sistemas de gestión de datos, hospitales, laboratorios, empresas medianas/grandes y algunas aplicaciones residenciales para un escenario optimista.

### Aplicaciones para el transporte

El despliegue de vehículos de hidrógeno cobrará especial relevancia entre los vehículos medios/grandes y grandes:

- vehículos medios/grandes implican taxis y coches privados.
- vehículos grandes implican furgonetas, autobuses y camiones.

El presente artículo analiza el despliegue de estos vehículos y de las estaciones de repostaje de combustible de hidrógeno requeridas en un escenario pesimista, realista y optimista para 2030.

**Tabla 2.** Escenarios en el sector transporte de la Región SUDOE en 2030

	<b>Escenario Pesimista</b>	<b>Escenario Realista</b>	<b>Escenario Optimista</b>
<b>ESTACIONES DE REPOSTAJE DE HIDROGENO</b>	50	250	1.000
<b>NUM. VEHICULOS MEDIANOS / GRANDES</b>	1.000	25.000	250.000
<b>NUM. GRANDES VEHICULOS</b>	500	2.000	10.000

Estudio basado en las previsiones esperadas para países región SUDOE en 2030<sup>1</sup>  
Mobilité Hydrogène France. (2016)

Estas predicciones también incluyen la producción de hidrógeno requerida por tres vías diferentes: electrolisis de agua reformado de vapor de gas natural y gasificación de biomasa. El proyecto europeo "Sostenibilidad energética en la región SUDOE: RED PEMFC-SUDOE", liderado por investigadores del grupo de procesos avanzados de separación (PAS) de la Universidad de Cantabria, fue aprobado en la convocatoria Interreg SUDOE.

Interreg SUDOE promueve el desarrollo regional a través del apoyo financiero a proyectos transnacionales con Fondos Europeos de Desarrollo Regional.

En un escenario pesimista, se prevé que solo un 20% de las hidrogeneras (estaciones de repostaje de hidrógeno) previstas en la Mobilité Hydrogène France para 2030 se desarrollen en la Región SUDOE de Francia, por lo que el número estimado de estaciones está cerca de 25. Por otro lado, en España, siguiendo el modelo de desarrollo actual, los objetivos esperados del Marco de Acción Nacional para la Energía alternativa en el Transporte (MAN) para 2020 serán cubiertos más tarde, por lo que se prevé que se alcancen las 20 estaciones de repostaje de combustible de hidrógeno en 2030, aproximadamente. Finalmente, en Portugal se ha planificado desplegar 5 estaciones de repostaje de combustible de hidrógeno, aproximadamente. Esta valoración está basada en los corredores de Redes Principales (Comisión Europea. Mobility and Transport, 2018). Por tanto, la Región SUDOE alcanzará las 50 hidrogeneras, aproximadamente, para el año 2030. La capacidad de las estaciones de repostaje deberá ser de alrededor de 31,2 toneladas de hidrógeno al año por estación.

En un escenario realista y siguiendo el mismo argumento que en el escenario pesimista, se espera que las predicciones de estaciones de repostaje planificadas para 2030 en documentos oficiales serán realizadas. Se estima que 120 estaciones serán desarrolladas en Francia (Región SUDOE). En cuanto a regiones españolas, si los corredores esperados (Mediterráneo y Atlántico) son desplegados hacia 2030, al menos 100 estaciones serán necesarias. Observando Portugal, se necesitarían desplegar al menos 30 estaciones de repostaje de combustible de hidrógeno para cubrir el área Atlántica. Por tanto, en este escenario se desplegaría al menos 250 hidrogeneras en la Región SUDOE. La capacidad de las estaciones de repostaje deberá ser próxima a la citada en el escenario pesimista, pues se espera que de un escenario a otro la variación en número de estaciones de repostaje sea proporcional al aumento de vehículos.

En un escenario optimista, se prevé un incremento exponencial del número de vehículos y, por consiguiente, en el número de estaciones en la Región SUDOE. Se espera que todas las predicciones del programa de movilidad francesa de hidrógeno sean alcanzadas en un escenario optimista. De esta manera, 200 estaciones de repostaje de combustible de hidrógeno deberían ser desplegadas en la Región SUDOE de Francia. En España, siguiendo los mismos objetivos, cerca de 600 estaciones de repostaje de combustible de hidrógeno deberían ser desplegadas. En Portugal, se estima la instalación de 200 estaciones aproximadamente. Por ende, en la Región SUDOE se espera que se desplieguen al menos 1.000 estaciones de repostaje de hidrógeno. En este caso, el número de toneladas totales de hidrógeno por año y por estación aumentará considerablemente respecto a los otros escenarios. Este argumento optimista requerirá de una política fuerte, iniciativas públicas y privadas y programas que financien y promuevan el empleo de vehículos de pila de combustible no sólo en el transporte público y taxis, sino también en coches privados.

### **Aplicaciones portátiles**

Las pilas de combustible portátiles son las unidades móviles de generación directa de electricidad que son usadas para impulsar equipos electrónicos o para recargar baterías de productos electrónicos. Las pilas de combustible también pueden ser usadas para proporcionar la electricidad en equipos educativos o juguetes y usos militares. El motivo principal del desarrollo de micro pilas de combustible es conseguir una mayor autonomía en estos dispositivos. Es por esta razón, que el desarrollo relacionado con pilas de combustible pequeñas y portátiles ha aumentado considerablemente en los últimos años, aunque no se prevé que sea el principal nicho de mercado del sector del hidrógeno.

Por este motivo, se espera que estas aplicaciones tarden más de 10 años para ser comercializados en un escenario realista, siendo su principal aplicación el desarrollo de pilas de combustible para usos militares entre 2020 y 2030. En un escenario pesimista solamente unos pocos proyectos demostrativos serán desarrollados mientras que en un escenario optimista la comercialización de equipos educativos y juguetes será una realidad antes de 2030. Se espera que dispositivos como los teléfonos móviles de pila de combustible estarán en fase demostrativa hacia 2030 (Hahn, 2008).

### **Adaptación a las medidas del clima a partir de 2020**

El presente estudio trata de demostrar la necesidad de llevar a mercado las tecnologías del hidrógeno. Alcanzar un escenario optimista a 2030 será clave para alcanzar los objetivos marcados por la Unión Europea.

Debido al hecho de que el transporte será el sector clave para la introducción de pilas de combustible en el mercado este análisis se enfocará a las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos medios/grandes y su comparación con las expectativas de la Unión Europea.

Un vehículo típico de pasajeros emite aproximadamente 4,7 toneladas métricas de dióxido de carbono por año (US EPA, 2017).

**Tabla 3.** Emisiones de CO2 evitadas para los tres escenarios

Escenarios	Total vehículos medios / grandes	Toneladas/año de emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas
Pesimista	1.000	4.700
Realista	25.000	117.500
Optimista	250.000	1.175.000

A nivel europeo la reducción esperada en términos de emisiones de CO2 es de 170 millones de toneladas de CO2 reducidas aproximadamente en el período 2020 a 2030 (Comisión Europea, 2017). Dado que la Región SUDOE supone alrededor del 13% de la población europea, las emisiones esperadas para dicha región son de alrededor de 23 millones de toneladas de CO2 reducido durante el mismo período.

En un escenario optimista, la introducción de 25.000 vehículos medios/grandes en el sector del transporte supondría alcanzar alrededor del 50 % de las emisiones de CO2 que se esperan reducir, en términos de toneladas / año para la Región SUDOE. Es importante destacar que esta valoración solamente incluye coches privados y taxis. <sup>El trabajo de investigación</sup> (PAS) de la Universidad de Cantabria, fue aprobado en la convocatoria Interreg SUDOE. Por lo tanto, se espera que la introducción de vehículos grandes, otros transportes y aplicaciones estacionarias alcance la reducción esperada de CO2 para la Región SUDOE entre 2020 y 2030.

En los otros escenarios, pesimista y realista, también se reducirán las emisiones de CO2 gracias a las tecnologías del hidrógeno. Sin embargo, en estos casos se requerirá la puesta en práctica de otras tecnologías y técnicas para alcanzar los objetivos marcados por la Unión Europea.

## 4. Conclusiones

La Región SUDOE es una de las regiones con mayor dependencia energética de Europa. El proyecto PEMFC SUDOE persigue asegurar el suministro de energía sostenible en esta región y cumplir con la política europea relacionada con el cambio climático y el consumo de energía.

El desarrollo de tecnologías de hidrógeno con la integración de fuentes renovables será necesario para reducir la dependencia de la Región SUDOE de combustibles fósiles importados. Esta clase de soluciones contribuyen para desarrollar sistemas de energía respetuosos con el medioambiente.

Sin embargo, la Región SUDOE tiene un grado inferior de desarrollo en tecnologías de hidrógeno, necesitando programas de financiación para promover el desarrollo de tecnologías e infraestructuras que aseguran un suministro de energía sostenible. La mayor parte de las políticas que financian la puesta en práctica y la promoción de estas tecnologías vienen de la Comisión Europea. Hay que destacar que solamente Francia tiene su propio programa de movilidad de hidrógeno aunque en la Región SUDOE sólo Occitania realmente está implicado en el desarrollo de un ecosistema de hidrógeno (I+D+i de la Universidad de Carrión de los Espinos).

El proyecto europeo "Sostenibilidad energética en la Región SUDOE: RED PEMFC-SUDOE" liderado por investigadores del grupo de procesos avanzados de separación (I+D+i de la Universidad de Carrión de los Espinos) fue aprobado en la convocatoria Interreg SUDOE. Interreg SUDOE promueve el desarrollo regional a través del apoyo financiero a proyectos transnacionales con Fondos Europeos de Desarrollo Regional. En cuanto a las posibilidades de desarrollar estas tecnologías de hidrógeno en la Región SUDOE, se han identificado agentes existentes (empresas, institutos de investigación, universidades, asociaciones, etc.) de la Región SUDOE, conformándose un inventario de capacidades. Este inventario está compuesto por más de 400 agentes que cuentan no sólo con agentes totalmente implicados en este sector, sino que también con los agentes potenciales que pueden participar en el desarrollo de estas tecnologías. Actualmente en España existen más entidades con impacto potencial (de 1 a 5) en el sector, que en Portugal y el sur de Francia. Sin embargo, un 46% de estas entidades son centros de investigación y universidades.

Un análisis exhaustivo de los datos demuestra que la Región SUDOE cuenta con las capacidades y la estabilidad suficientes para poner en práctica el hidrógeno y las tecnologías de pilas de combustible en muchos usos. Pese a ello, la puesta en práctica de estas tecnologías dependerá de una coordinación sólida entre todas las partes interesadas, tanto públicas como privadas.

Finalmente, en este informe se muestra el análisis de diferentes escenarios (pesimista, realista y optimista) para estudiar las posibilidades de sustitución de tecnologías convencionales usadas en la Región SUDOE por tecnologías de hidrógeno.

- Los sistemas estacionarios basados en pilas de combustible constituyen una opción que augura un futuro brillante. Estos facilitan la integración de energías renovables en el sistema eléctrico. Las pilas de combustible pueden ser aplicadas sobre el campo de usos estacionarios en todos los niveles (5-1000kW). Se pueden lograr la autosostenibilidad y las exportaciones de energía a largo plazo ya que estas tecnologías tienen gran potencial en la Región SUDOE.

- Las tecnologías de son y serán clave para convertir el sector transporte, basado en combustibles fósiles, a un transporte eléctrico basado en baterías e hidrógeno, con gastos asociados comparables o más abajo que sus competidores. Este nuevo modelo de propulsión de vehículos es altamente flexible y permite descarbonizar el sector, reduciendo e incluso eliminando las emisiones de CO2 de los vehículos que Esta electrificación tiende a integrar el sector de transporte en el sistema entero, siendo un sistema altamente flexible, y sin emisiones de CO2. Alcanzar el escenario optimista en el sector transporte para 2030 (tal como ya se ha firmado en Francia) en la región SUDOE supondrá alcanzar una flota de aproximadamente 250.000 vehículos medianos / grandes de hidrógeno y evitar 1.175.000 toneladas de CO2 / año (alrededor de un 50% de las emisiones que la región SUDOE debe evitar anualmente en el periodo 2020-2030).
- En cuanto a las micro pilas de combustible para usos portátiles, la expectativa aún en el escenario optimista muestra que su uso se enfocará en equipos educativos y juguetes, sin llegar a alcanzar el sector electrónico (móviles, ordenadores portátiles, etc.).

La región SUDOE cuenta con excelentes capacidades para implementar tecnologías de hidrógeno, las cuales están constantemente en desarrollo. Aprovechar el conocimiento generado por los centros de investigación y universidades, trasladar dicho conocimiento a la industria y trabajar de la mano de la administración pública para generar una red de infraestructuras, son retos prioritarios a abordar en el corto medio plazo.

El proyecto europeo "Sostenibilidad energética en la región SUDOE: RED PEMFC SUDOE" liderado por investigadores del grupo de procesos avanzados de separación (PAS) de la Universidad de Cantabria, fue aprobado en la convocatoria Interreg SUDOE. Interreg SUDOE promueve el desarrollo regional a través del apoyo financiero a proyectos transnacionales con Fondos Europeos de Desarrollo Regional.



## Bibliografía

- Alvear, Á. M. (2013). El refino en España y Portugal. Retos y oportunidades, 93–100.
- Ariema Energía y Medioambiente (2018). Herramienta de búsqueda de entidades activas en tecnologías del hidrógeno en la Región SUDOE. [http://www.ariema.com/index.php/es/?option=com\\_content&view=article&id=199](http://www.ariema.com/index.php/es/?option=com_content&view=article&id=199).
- Borthwick, D. W. (2006). European Commission. Overview of the Hydrogen Economy: Perspectives from Europe. Presented at International Seminar on the Hydrogen Economy for Sustainable Development , Reykjavik., (September), 38. Retrieved from [http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/energy/op/hydrogen\\_seminar/presentations/06\\_borthwick\\_eu.pdf](http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/energy/op/hydrogen_seminar/presentations/06_borthwick_eu.pdf)
- Couhert-barrau, C. &. (2016). The case of the Midi-Pyrénées Region in France Introducing the Midi-Pyrénées Region.
- European Commission. Mobility and Transport. (2018). TENtec Interactive Map Viewer. Retrieved from <http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html>
- European Commission. (2017). Proposal for post-2020 CO2 targets for cars and vans | Climate Action. Retrieved from <https://ec.europa.eu/transport/transparency/transparency-portal/interreg-sudoe>
- Fuel Cells and Hydrogen. Joint Undertaking (FCH JU). Map of demo units | [www.fch.europa.eu](http://www.fch.europa.eu/page/map-demo-units). Retrieved from <http://www.fch.europa.eu/page/map-demo-units>.
- GROWTH., E. C. (2015). Madeeli, Regional Agency for economic development, exportation and innovation - Internal Market, Industry, Entrepreneurship And Smes . European Commission. Retrieved from <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/organisation/sud-ouest/madeeli-regional-agency-economic-development-exportation-and-innovation>
- Hahn, R. (2008). Development of Portable Systems. In Hydrogen Technology (pp. 409–438). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-69925-5\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-540-69925-5_15)
- LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte - Article 121 | Legifrance. (2005). Retrieved April 6, 2018, from [https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do;jsessionid=3E2AFC63269A3D2F15CD3FF010D7697A.tplgfr32s\\_3?idArticle=LEGIARTI000031047991&cidTexte=LEGITEX T000031047847&dateTexte=20180323](https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do;jsessionid=3E2AFC63269A3D2F15CD3FF010D7697A.tplgfr32s_3?idArticle=LEGIARTI000031047991&cidTexte=LEGITEX T000031047847&dateTexte=20180323)
- Melaina, M. W. (2013). Blending Hydrogen into Natural Gas Pipeline Networks. A Review of Key Issues, (March). <https://doi.org/10.2172/1219920>.
- Ministerio de Economía y Competitividad. (2013). Estrategia española de ciencia y tecnología y de innovación 2013-2020, 1–43. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Mobilité Hydrogène France. (2016). Mobilité hydrogène France, 33.

Nations, U. &. (2009). United Nations Conference on Trade and Development Trade and Development, (January), 1–15.

Sul., A. R. (2018). Edição Notícias-Flash, MédioTejo21. Newsflah 27. Retrieved from <http://mediotejo21.net/index.php/pt/comunicacao/newsflash>.

TEDAE, Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, A. y E. (2014). Análisis de las Estrategias de Especialización Inteligente (RIS3) en España.

US EPA, O. (2017). Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle. Retrieved from <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle>

El proyecto europeo "Sostenibilidad energética en la región SUDOE: RED PEMFC-SUDOE", liderado por investigadores del grupo de procesos avanzados de separación (PAS) de la Universidad de Cantabria, fue aprobado en la convocatoria Interreg SUDOE. Interreg SUDOE promueve el desarrollo regional a través del apoyo financiero a proyectos transnacionales con Fondos Europeos de Desarrollo Regional.