



INVESTIGA I+D+i 2009/2010

GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE EL USO Y LA GENERACIÓN DE HIDRÓGENO

Línea estratégica de: Energía y Cambio Climático

Texto de D^a. María Jaén Caparrós

Introducción

1. El contexto

Antes de entrar a conocer un nuevo concepto energético, como es el uso energético del hidrógeno, conviene analizar previamente el sistema energético actual. ¿De dónde viene la energía que nos permite tener luz en casa cuando encendemos el interruptor?, ¿y el calor de las calderas, radiadores y estufas en invierno?...Existen diferencias entre los distintos países en este tema, dependiendo fundamentalmente del grado de desarrollo, pero sobre todo de los recursos energéticos propios. El caso de España no es muy diferente al de la media mundial. En España, actualmente la mayor parte de la energía primaria que se utiliza (esta es la contenida en los combustibles crudos, previa a la conversión en formas de energías más adecuadas para su utilización) proviene del petróleo, que conjuntamente con el carbón y con el gas natural suponen el 80% de nuestro consumo energético. El 20% restante proviene de la energía nuclear, y en menor medida de las energías renovables.

Si se analiza la forma en la que se consume la energía se observa que se cubren tres tipos de necesidades, y se hace en proporciones relativamente parecidas. La parte principal (aprox. un 40%) corresponde a un consumo en el sector del transporte, que prácticamente en su totalidad se cubre con derivados del petróleo. En segundo lugar está el consumo de electricidad, que se cubre de una forma mucho más diversificada, destacando claramente (en niveles parecidos) la procedente del carbón y la de origen nuclear, seguidas por la procedente de gas natural y de energía hidráulica, y en menor grado por la procedente del petróleo y por energía eólica. Cabe destacar el auge de los últimos años de las centrales de ciclo combinado de gas natural y de la energía eólica. En cuanto a la

tercera necesidad energética, el calor, se cubre principalmente con gas natural, y en menor medida con carbón, biomasa y derivados del petróleo.

La primera conclusión de los datos expuestos anteriormente refleja que actualmente se dispone de un sistema energético basado en los combustibles fósiles, el cual presenta dos grandes problemas: por un lado, la contaminación atmosférica generada por el uso masivo de combustibles fósiles, y por otro lado la situación de incertidumbre que supone basar el sistema energético en unos productos cuyas existencias son limitadas. Hay numerosos estudios que tratan de aclarar el nivel de reservas de combustibles fósiles, y que si bien arrojan resultados claramente diferentes, se mueven en una horquilla que varía entre 40 y 150 años, dependiente del combustible fósil en cuestión. Las previsiones indican que en los 30 próximos años se aumentará el consumo de combustibles fósiles, a pesar de provocar un agotamiento creciente de los mismos. Esta situación, lejos de ser sostenible, es preocupante en el medio y largo plazo, no sólo por las reservas existentes sino también por la fluctuación que se puede producir en los precios por el hecho de ser limitadas las reservas.

Pero al mismo tiempo las alternativas que se presentan no son evidentes. La sociedad actual no parece dispuesta a aceptar la energía nuclear y la siguiente opción parecen ser las energías renovables, a las cuales, a pesar del importante avance que han experimentado en los últimos años, les falta aún desarrollo para ser económicamente competitivas a gran escala. Estas energías renovables presentan dos importantes inconvenientes: el primero que normalmente están disponibles en algunos lugares concretos del planeta que no suelen coincidir con los lugares de mayor demanda y el segundo, su variabilidad temporal (no hay sol por la noche y el viento "sopla cuando sopla" por lo que necesitan sistemas de almacenamiento que permitan garantizar una producción acorde con la demanda. El hidrógeno está llamado a jugar un papel de almacenamiento y transporte energéticos de las energías renovables, es decir, funcionar como "vector energético" de manera que cuando hay "demasiado" sol o "demasiado" viento (esto es cuando la energía producida por el sol o por el viento es superior a la energía demandada en ese momento), el hidrógeno acumule ese exceso de energía del sistema, y sea capaz de volver a introducirla en él cuando la demanda de energía sea mayor que la energía que pueda producir el sol (por ejemplo, por la noche que no hay) o el viento (porque no sople).

Económicamente la transición desde el diseño social energético actual al previsible futuro de utilización de las energías renovables, requiere un cambio fundamental de mentalidad para pasar de un sistema con generación intensiva centralizada (en grandes subestaciones eléctricas desde donde se transporta la energía a los lugares de demanda) a otro sistema de generación dispersa más próxima al usuario final (hogares, industria, etc). Según apuntaba Van der Does en 1996, con la electricidad va a suceder lo mismo que con la informática, que en un principio se

pensó en potentes ordenadores centralizados y la experiencia ha demostrado que lo mejor son ordenadores personales y unas potentes redes de comunicación. Así puede ser la electricidad del futuro, formada a base de múltiples sistemas de generación individuales y unas redes que posibiliten el vertido de los excedentes y la recepción de las deficiencias. Es decir, se va hacia la generación distribuida a base de múltiples sistemas de cogeneración combinados con los sistemas de captación de las energías renovables.

2. El hidrógeno

Una primera presentación del hidrógeno nos lleva a decir que es un compuesto químico, cuyo átomo está formado por un protón y un electrón, que es estable en moléculas diatómicas (H_2), que en condiciones atmosféricas se presenta en estado gaseoso, que es incoloro, inodoro e insípido y que no es tóxico.

Pero su principal característica, desde el punto de vista energético, es su capacidad para reaccionar con el oxígeno (puro o del aire) para liberar energía, formando agua, es decir, que es un COMBUSTIBLE.

El hidrógeno es tremendamente abundante en el Universo (representa el 92% de la materia conocida), y bastante abundante en la Tierra, pero mientras en las estrellas se encuentra en estado libre, en nuestro planeta fundamentalmente se encuentra formando agua. Esta forma de hidrógeno no tiene valor como combustible, ya que está "usado". Por lo tanto, en la Tierra el hidrógeno no es una fuente energética que se pueda coger de la naturaleza para usar, sino que es algo que hay que "fabricar" y usar como combustible, siendo un vector o un portador energético, como por ejemplo también lo es la electricidad.

Cabe destacar que el hidrógeno es un combustible con un gran poder calorífico (es decir que un gramo de hidrógeno libera más del doble de energía que un gramo de otros combustibles), aunque tiene muy baja densidad por unidad de volumen, un metro cúbico de hidrógeno gas libera mucha menos energía que otros combustibles gaseosos, y si se licua el hidrógeno, un litro sólo almacena un tercio de la energía que tiene un litro de gasolina o gasóleo.

Entre las ventajas del hidrógeno se puede añadir que no produce emisiones de CO_2 , su nula toxicidad, y su gran volatilidad, lo que le hacen un combustible muy seguro en espacios abiertos.

Entre sus inconvenientes, además de su baja densidad energética por volumen, se debe mencionar su baja energía de activación, su alta fugacidad y su baja densidad que lo convierten en un combustible con el que hay que tener especiales medidas de seguridad en espacios cerrados.

El hidrógeno puede ser producido a partir de múltiples y variadas fuentes de energía, entre las que se destacan la electrolisis del agua (separación del H₂O en sus elementos gaseosos, H₂ y O₂) y el reformado de combustibles fósiles, en concreto de gas natural, que es hoy por hoy la principal y más rentable forma de producción de hidrógeno. La electrólisis es un proceso bien conocido y con una alta eficiencia (en torno al 85%), pero que consume un recurso caro como es la electricidad. Los métodos químicos, son también un proceso eficiente (80-90%), pero tienen la ventaja de que consumen un recurso más económico (directamente el combustible fósil).

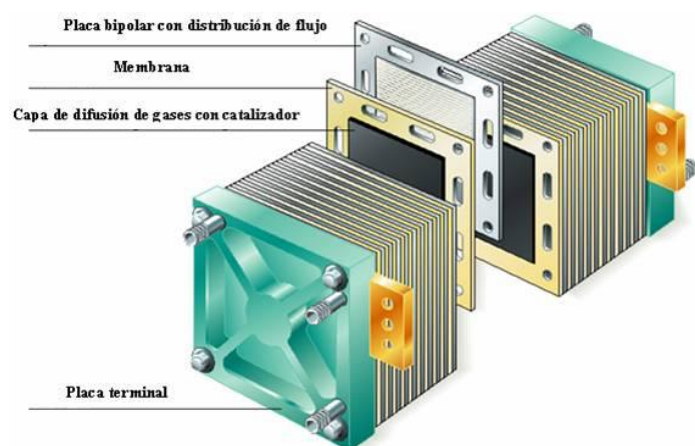
El hidrógeno puede ser almacenado en depósitos a presión, depósitos criogénicos, o fijados químicamente en hidruros metálicos, y puede ser transportado en estos depósitos o por gaseoductos. El almacenamiento supone normalmente un coste energético (en torno al 10% para compresión a alta presión o hasta un 30% para licuefacción).

El hidrógeno se puede utilizar en procesos químicos de combustión (para producir calor, o para convertirlo en energía mecánica o eléctrica), aunque la forma que presenta mayor interés es la de producción de electricidad en pila de combustible.

3. Las pilas de combustible

Las pilas de combustible son unos dispositivos electroquímicos, capaces de convertir directamente la energía química contenida en un combustible en energía eléctrica. Esta transformación electroquímica (sin combustión) no está limitada por el rendimiento de Carnot, lo que permite conseguir rendimientos relativamente altos (en la práctica en el entorno del 40 o 50%, aunque en teoría podrían ser bastante superiores). Se presentan como unos dispositivos con enorme potencial de aplicación. Aunque podrían llegar a funcionar con distintos combustibles, su uso con hidrógeno es el que normalmente presenta las mayores facilidades y ventajas.

Fundamentalmente una pila de combustible es un apilamiento (con conexiones internas en serie) de células o celdas individuales. Estas celdas están formadas por dos electrodos (ánodo y cátodo) donde se producen respectivamente la oxidación del hidrógeno y la reducción del oxígeno, y por un electrolito (que puede ser un medio tanto ácido como básico) que permite el intercambio de los iones que permiten ambas reacciones. Uniendo cada dos celdas existe un



elemento de unión, denominado normalmente placa bipolar (que además facilita la canalización de los gases) que permite la circulación de los electrones, que pasando por el circuito externo, completan las reacciones.

Las pilas de combustible se clasifican normalmente atendiendo al electrolito que tienen. Entre las de baja temperatura están las alcalinas y las de polímeros (también conocidas como de membrana intercambiadora de protones, o por las siglas en inglés PEM). Las de metanol directo son un tipo particular de pilas PEM que consumen directamente metanol. Las pilas de combustible de media temperatura son las de ácido fosfórico, y las de alta temperatura son las de carbonatos fundidos y las de óxidos sólidos. A día de hoy las pilas que levantan más expectativas son las de polímeros para aplicaciones móviles o de poca potencia (transporte, aplicaciones residenciales y aplicaciones portátiles) y las de óxidos sólidos para generación centralizada o distribuida de electricidad.

4. Aplicaciones

Dentro de las aplicaciones del hidrógeno y las pilas de combustible se incluyen prácticamente todas las que necesitan energía eléctrica y mecánica en cualquier rango de potencia, desde dispositivos portátiles (teléfonos móviles, ordenadores, pequeños electrodomésticos), donde las pilas empleadas son de pequeño tamaño, pasando por aplicaciones móviles, como vehículos de todo tipo (coches, autobuses, barcos, acciones, etc), hasta generadores de calor y energía en aplicaciones estacionarias, centralizadas o distribuidas (zonas residenciales, industrias, hospitales, etc).

El transporte constituye la aplicación estrella en las pilas de combustible, su origen se remonta a 1962 con las primeras expediciones espaciales del Geminis, y el 1970 con el primer coche de pila de combustible. Hasta hace un par de años, se podían encontrar autobuses públicos de hidrógeno circulando por Madrid y Barcelona (proyectos europeos CUTE y CITYCELL).

Bibliografía

- "Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular". Greenpeace, noviembre 2005. (Orientado sobre todo a las energías renovables)
- "Hidrógeno y Pilas de Combustible". Estudio de Prospectiva Tecnológica de la Fundación OPTI. Año: 2006.
- "Segundo Informe de Trabajos y Recomendaciones" de la PTE HPC. AeH2. 2008.
- "Estado de la tecnología del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible en España, 2007" de la PTE HPC. AeH2. 2008.
- "Visión Estratégica de la Plataforma Tecnológica Europea del Hidrógeno y las Pilas de Combustible". Versión en español disponible en www.aeh2.org.

- "3ª Guía Inventario Sectorial del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible en España". Santiago de Compostela, 2007. Disponible en www.aeh2.org (muy interesante para conocer el "Quién es quién" en el sector a nivel nacional).
- "¿A partir de qué fuentes de energía se obtendrá el Hidrógeno?. Situación y alternativas". Entidades colaboradoras: EHA, DWV y LBST. Versión en español disponible en www.aeh2.org. 2008
- "El Hidrógeno como vector energético". Cuadernos de Sostenibilidad y Patrimonio Natural. © Fundación Banco Santander, 2008.
- "Fuel Cell Handbook. 7th edition". By EG&G Technical Services, Inc. 2004. (Libro muy especializado).
- "Implementation Plan – Status 2006". European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform. 2006.
- "Hydrogen Implementing Agreement. 2007 Annual Report. IEA Agreement on the productions and utilization of hydrogen". © OECD/IEA, 2007.

Información sobre técnicas, métodos y recursos materiales de base en Internet

- Asociación Española del Hidrógeno (www.aeh2.org)
- Asociación Española de Pilas de Combustible (www.appice.es)
- Plataforma Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (www.ptehpc.es).
- Wikipedia – La Enciclopedia libre (es.wikipedia.org)
- Asociación Europea del Hidrógeno (<http://www.h2euro.org/>) (donde se encuentran las webs del resto de miembros europeos de la asociación con actividad en H2 y Pilas: Alemania, Francia, Italia, Suecia, Noruega, etc)
- Asociación Internacional de la Energía del Hidrógeno: www.iahe.org
- Asociación Nacional del Hidrógeno (EEUU): www.HydrogenAssociation.org
- American Hydrogen Association: www.clean-air.org
- Asociación Canadiense del Hidrógeno: www.h2.ca
- WE-NET (Japón): www.ena.or.jp/WE-NET
- Fuel Cell Today (www.fuelcelltoday.com)
- DOE Hydrogen Program (www.hydrogen.energy.gov/)
- International Partnership for the Hydrogen Economy (IPHE) - <http://www.iphe.net/>

Sugerencias e ideas de posibles temas de trabajo

- La Economía del Hidrógeno: la revolución energética del siglo XXI.
- El hidrógeno como almacenamiento y transporte energético de las energías renovables (especialmente de la fotovoltaica y la eólica).
- Estudio y comparativa de los costes de producción de la energía a partir de tres vías: combustibles fósiles, energías renovables e hidrógeno.

- Experimentos y prácticas: actualmente hay varias empresas españolas que venden equipos didácticos de hidrógeno y pilas de combustible a precios asequibles. Entre estas empresas están:
 - www.ariema.com
 - www.ventusciencia.com
 - www.h2planet.eu

Con la variedad de equipos que venden se pueden organizar prácticas que cubran los siguientes temas (se elaboraría el manual de experimentos para cada práctica):

- Acoplamiento de paneles fotovoltaicos a electrolizadores y pilas PEM. Medición de corriente y voltaje.
- Medición de la corriente y voltaje característicos de una Pila PEM.
- Eficiencia energética y eficiencia de Faraday en una Pila PEM
- Medición de la corriente y voltaje característicos de un electrolizador PEM.
- Eficiencia energética y eficiencia de Faraday en un electrolizador PEM
- Componentes y montaje de una pila de combustible
- Puesta en funcionamiento de un coche con pila de combustible