

Las pilas de combustible en su mayoría de edad (parte 2ª)

Mayte Gil Agustí¹, Leire Zubizarreta Saenz De Zaitegui¹, Yolanda Briceño Bueno² y Anabel Soria Esteve¹

¹ Instituto Tecnológico de la Energía - Valencia

² Fundación Cidaut - Valladolid

INTRODUCCIÓN

Como continuación de la colaboración publicada en el ejemplar de Julio, en esta segunda parte los autores analizan las aplicaciones de las pilas de combustible.

3. APLICACIONES DE LAS PILAS DE COMBUSTIBLE

En realidad cuando se habla de aplicaciones del hidrógeno es imprescindible tener en cuenta que las pilas de combustible son la mejor tecnología para el desarrollo del hidrógeno como combustible y los campos de aplicación son muy diversos. La complejidad de la instalación, la potencia de rendimiento máximo y su temperatura de funcionamiento, las hacen más convenientes para unas aplicaciones u otras.

Las pilas de combustible son tecnologías de conversión energética con eficiencias superiores a las convencionales por no utilizar ciclos térmicos, éste es uno de los mayores beneficios, además operan modularmente y por tanto son de fácil escalado, lo que las hace idóneas para multitud de aplicaciones, su mayor atractivo en la actualidad, es su posibilidad de utilización como sistema de generación eléctrica para su aplicación a motores eléctricos de uso en todos los medios de transporte (terrestre, aéreo y marítimo).

Los principales sectores de implan-

tación son: aplicaciones estacionarias en generación distribuida en usos industriales o residenciales, aplicaciones en el sector transporte tanto en vehículos ligeros y autobuses como en ferrocarriles y aviones, y aplicaciones en dispositivos electrónicos portátiles como ordenadores, cámaras teléfonos móviles, etc.

Las pilas de combustible presentan una eficiencia más de dos veces superior a la eficiencia de los motores de combustión interna alternativos y un potencial de eficiencia superior al 80% en la cogeneración, producción combinada de energía eléctrica y calor [25].

3.1. Transporte

Actualmente las nuevas tendencias en automoción tienen como objetivos la reducción de emisiones contaminantes y el aumento de la eficiencia del sistema de propulsión, y además se tienen en cuenta otros criterios adicionales de seguridad, reciclabilidad, etc. Para conseguir estos objetivos se fomenta el uso de nuevos combustibles, como el hidrógeno, metanol o etanol, los vehículos híbridos (motor térmico más motor eléctrico) y el empleo de pilas de combustible como sistema de propulsión o como generador auxiliar (APU).

En el sector transporte las inversiones se han focalizado en las pilas de combustible para los vehículos de transporte ligero. Sin lugar a duda este sector ha sido uno de los principales valedores de las pilas de combusti-

ble. La mayoría de los fabricantes de vehículos tienen modelos accionados mediante esta tecnología y la carrera por la mejora en las prestaciones, y por adelantarse a los principales competidores ha sido constante. Las compañías están también formando consorcios para la investigación conjunta en el almacenamiento de hidrógeno y la mejora en las prestaciones de las pilas de combustible. Diversos prototipos de vehículos con pila de combustible han sido expuestos en salones y están siendo probados en ciudades.

Los vehículos eléctricos con pilas de combustible funcionan con motores eléctricos, pero generan la electricidad a bordo a partir de pilas de combustible alimentadas con hidrógeno, y solo emiten vapor de agua. Además, pueden ofrecer las mismas ventajas ambientales que los vehículos eléctricos de baterías.

Por otra parte, el desarrollo y uso de los vehículos de baterías y de pilas de combustible se complementan, ya que los componentes de sus sistemas de propulsión eléctricos son muy similares. Las emisiones del ciclo completo del combustible también pueden considerarse reducido en comparación con los vehículos actuales.

Las pilas de combustible se consideran la tecnología más eficiente en el uso del hidrógeno para la conversión de energía útil en los vehículos. La pila de combustible más utilizada en el sector transporte, actualmente, es la llamada tipo PEM o pila de combustible de membrana polimérica o de intercambio de protones.

El coste de un sistema de pila de combustible de 80 kW_e para el sector transporte, proyectado con un volumen de producción de 500.000 unidades al

año se ha estimado en \$51/kW (con tecnología de 2010), como se muestra en la Figura 3. La reducción de costes ha sido el resultado de simplificar la arquitectura y de la reducción de los costes de los componentes de la pila de combustible a través de actividades de I + D. El coste de la pila de combustible se ha estimado en \$ 25/kW (con tecnología de 2010) [26].

El progreso por alcanzar un mayor rendimiento y una disminución de costes ha sido constante, sin embargo aún son necesarios avances adicionales para alcanzar el pleno desarrollo de esta tecnología.

Entre los logros más notables en el avance de la tecnología de pilas de combustible PEM para el sector transporte se pueden destacar los siguientes:

Se ha demostrado el incremento de la vida útil de la pila de combustible de 1.250 horas a 1.977 horas en vehículos en carretera. El objetivo propuesto es de 5.000 horas. A escala de laboratorio se ha demostrado tiempos superiores a 7.200 horas.

Estudios independientes financiados por el DOE han concluido que con volúmenes de fabricación de medio millón de unidades de pila de combus-

tible fabricadas al año, el coste por kW incluyendo el balance de planta (BoP) será aproximadamente de 50-60 dólares. Estas cifras aún son muy superiores al objetivo propuesto, pero significativamente menores a los \$ 107/kW presentados durante la Fase dos de revisión [27].

El almacenamiento a bordo del hidrógeno es un elemento clave para los vehículos con sistema de propulsión basado en pila de combustible. Un objetivo específico del programa es una autonomía de más de 300 millas (480 km), que además debe cumplir con requerimientos de tiempo de repostaje, coste y desempeño, así como los relacionados con los temas del ciclo de vida, eficiencia energética, posibles impactos ambientales y seguridad de la aplicación de diversas tecnologías de almacenamiento de hidrógeno.

La disponibilidad de una tecnología eficaz y económica para almacenamiento de hidrógeno a bordo fue, y sigue siendo, un tema importante a tener en cuenta en los planes de producción en masa de vehículos con pila de combustible. Actualmente, la mayoría de vehículos con pila de combustible, almacenan a bordo el hidrógeno compri-

mido, solo unos pocos vehículos llevan hidrógeno líquido a bordo.

Según el informe *Mckinsey (A portfolio of power-trains for Europe: a fact-based analysis)* el interés se ha desplazado de la fase de demostración al despliegue comercial, de manera que los vehículos eléctricos con pila de combustible (FCEVs), como todas las tecnologías, se pueden beneficiar de la producción en masa y de la economía de escala. Esto fue claramente señalado en un memorando de entendimiento firmado por los fabricantes de automóviles más importantes en septiembre de 2009, en el que manifestaron su objetivo de comercializar FCEVs en 2015, suponiendo que la infraestructura de abastecimiento de hidrógeno esté disponible. Este fue un catalizador para la evaluación en profundidad de las cuatro tecnologías de propulsión analizadas en este estudio [28].

En la Figura 4 se muestran los avances tecnológicos del VE de pila de combustible (FCEV en inglés) estos se han centrado en la gestión del calor y agua, dependencia en Tª, eficiencia y durabilidad de la propia pila de combustible. Otro factor importante ha sido la mejora para aumentar la capacidad de almacenamiento del combustible hidrógeno. Otros puntos a mejorar son los costes de los materiales, tanto su reducción en uso (especialmente el platino) como las economías de escala.

3.2. Estacionarias

A gran escala el hidrógeno se puede utilizar en turbinas de gas y en pilas de combustible, a pequeña escala en pilas de combustible para usos residenciales principalmente.

La alta densidad de potencia o potencia específica de las pilas de combustible permite tiempos de operación más largos que los de las baterías convencionales. Además, debido al carácter modular y a la alimentación en continuo del combustible, estas pilas pueden satisfacer fácilmente cualquier demanda de potencia. Sin embargo, en este documento sólo se tienen en cuenta las pilas de combustible tipo PEM que operan a relativamente bajas temperaturas y cuya aplicación estaciona-

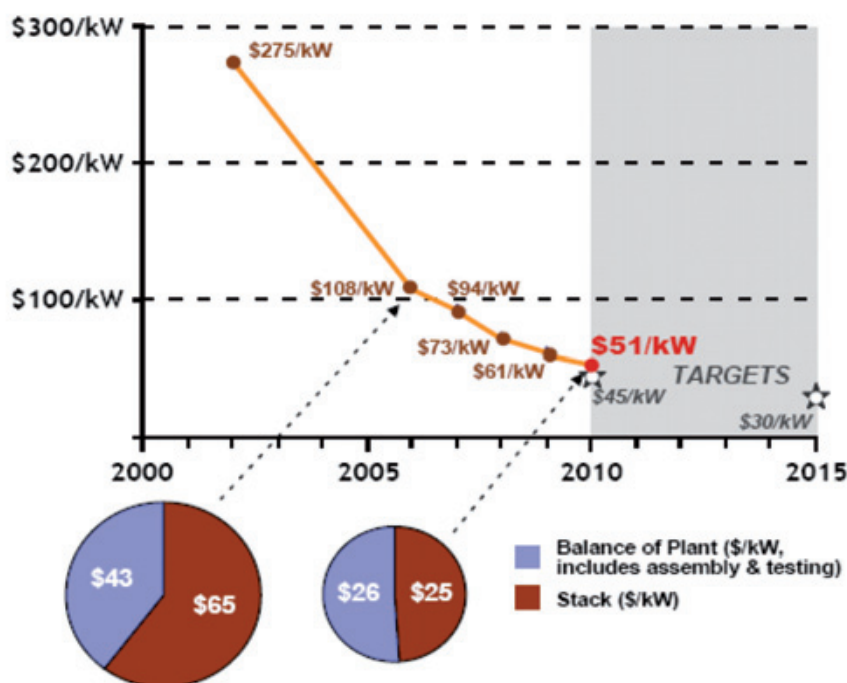


Figura 3: Reducción de costes de sistemas de pila de combustible PEM para transporte [26]

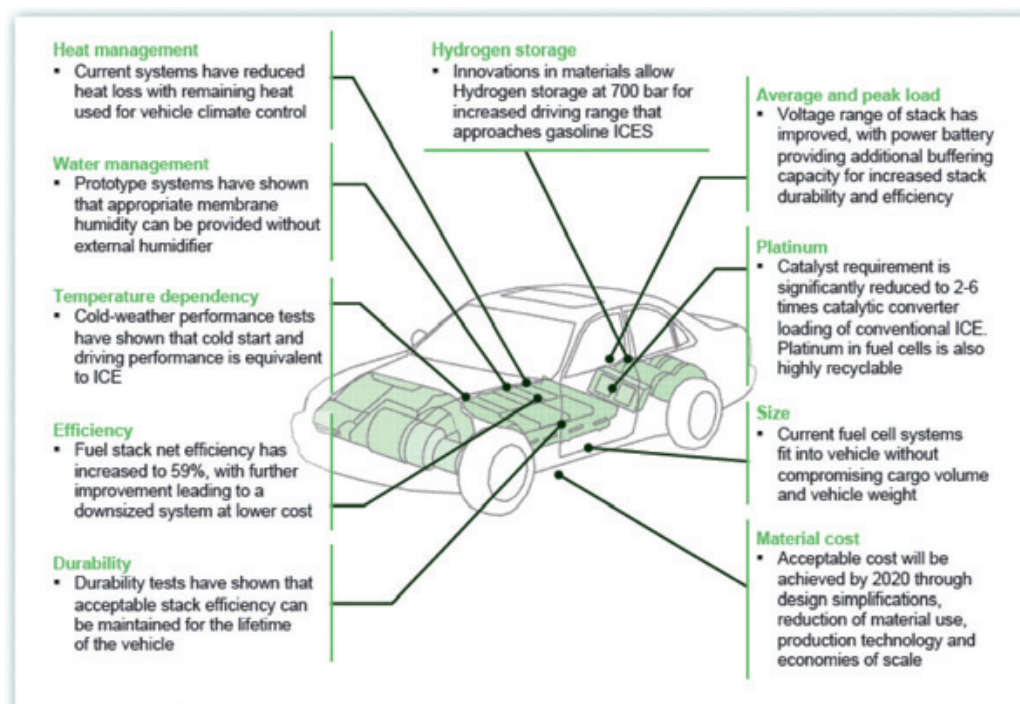


Figura 4: Avances tecnológicos de los FCEVs [28]

ria está orientada a potencias menores de 100 kW y la generación conjunta de energía eléctrica y térmica, cogeneración (CHP en inglés).

En la mayor parte de las aplicaciones estacionarias, el almacenamiento de hidrógeno ya sea en forma de hidruros metálicos o en depósitos a presión incluso a alta presión, ofrece unas prestaciones adecuadas. El volumen o el peso del combustible no suele constituir un factor crítico aunque sí el coste de las instalaciones o del hidrógeno de alta pureza exigido por las pilas PEM actuales.

El mercado de las pilas de combustible PEM para las aplicaciones estacionarias, puede estar mucho más cerca de la viabilidad comercial que las pilas de combustible PEM para el sector de automoción [29]. Los objetivos de costes son menos exigentes y los fabricantes parecen estar cerca de conseguirlos. El suministro de hidrógeno es un obstáculo importante para la aceptación en el mercado, pero no es tan grande como en el caso de los vehículos impulsados por hidrógeno debido a que en la aplicación estacionaria se requieren menores cantidades de hidrógeno.

Según estimaciones de Panasonic el uso de un sistema de pila de combustible en una vivienda (familia japonesa de 4 miembros), que proporcione tanto energía eléctrica como térmica, con lleva un ahorro de más de 4.000 kWh de energía primaria, utilizada en las centrales eléctricas y en otras ins-

talaciones, equivalente a una reducción de 1.500 kg al año de las emisiones de CO₂. Un ejemplo se muestra en la Figura 5.

La generación de electricidad en la vivienda utilizando una pila de combustible permite minimizar las pérdidas por transporte de la energía ya que el combustible se distribuye a través de la infraestructura de suministro de gas existente en la ciudad.

El modelo 2011 (ENE FARM) de la pila de combustible de Panasonic para los hogares se presentó en abril de 2011.

Honda ha operado una estación experimental de Energía para el Hogar (Home Energy Station) en Torrance, California, desde 2003. Este sistema (Figura

6) que genera hidrógeno a partir de gas natural, está diseñado para proporcionar calor y electricidad mediante pila de combustible para el suministro de combustible para un vehículo eléctrico con pila de combustible alimentada con hidrógeno



Figura 5: "Household Fuel Cell" de Panasonic



Figura 6: Home Energy Station de Honda.

ción con su socio tecnológico *Plug Power, Inc.*, la conveniencia de reducir el tamaño y el aumento de la eficiencia en cada generación subsiguiente de la *Home Energy Station*. Las emisiones de CO₂ para un hogar con el *Home Energy Station* son 30% inferiores a las de un hogar medio con un coche de motor a gasolina y suministro de electricidad y calor comercial. Además se considera que si la pila de combustible utiliza biogás la reducción de emisiones podría ser mayor del 80%, suponiendo cogeneración con pilas de combustible con 42% de eficiencia eléctrica y 74% de eficiencia global, según los valores que utiliza la EPA en el modelo de análisis de la cogeneración [30].

Actualmente, Japón está adoptando los sistemas residenciales de pila de combustible para proporcionar calor y electricidad a los hogares. El proyecto de demostración, *Ene-Farm*, financiado por el gobierno ha instalado más de 5.000 unidades residenciales de pila de combustible. Con incentivos del gobierno y varios fabricantes como *Panasonic*, *Toshiba* y *Eneos*, que ahora se dedica al suministro y comercialización, miles de sistemas de pila de combustible residenciales están siendo vendidos en Japón.

Finalmente, el uso económico de la pila de combustible PEM para aplica-

ciones estacionarias exige un tiempo de vida de las pilas de combustible de al menos 5 años o más de 40.000 horas de funcionamiento continuo. Su uso estacionario, especialmente en la industria química y en zonas remotas, exige requisitos de robustez, fiabilidad y longevidad que a menudo son más importantes que el costo de la inversión inicial.

4. CONCLUSIONES

Las pilas de combustible junto con el hidrógeno como vector energético constituyen una tecnología que cubre un amplio rango de aplicaciones tanto estacionarias como móviles.

Sin embargo para una completa integración de la pila de combustible en nuestra sociedad hay que superar todavía ciertas barreras tecnológicas como son la disponibilidad de combustible, el coste o la durabilidad aunque se está avanzando en este sentido todavía se tiene que acarrear el peso de la aceptación pública o la de regularización bajo normativas.

A pesar de estos escollos el estado de desarrollo tecnológico permite su comercialización plena, si bien su elevado coste es un punto determinante en la introducción en el mercado. El mercado de las pilas de combustible

actual está definido en tres segmentos: aplicaciones portátiles, estacionarias y el sector transporte.

Es esperanzador observar la dirección hacia la cual se dirigen investigación y mercado para disminuir costes en la tecnología de pila de combustible y asegurar infraestructuras necesarias y normativa regulatoria para que de este modo sea razonable la integración de esta tecnología en nuestros días.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias a la cofinanciación recibida por el Ministerio de Ciencia e Innovación dentro subprograma de apoyo a Proyectos Singulares y Estratégicos cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Comisión Europea con código de proyecto PS-120000-2009-3 y el Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana (IMPIVA) con la cofinanciación del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), a través del proyecto IMIDIC/2010/15.

PARA SABER MÁS

- [25] VOGEL J. U.S. DOE Hydrogen Program 2008 Annual Progress Report. http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/progress08/v_d_4_vogel.pdf
- [26] SUNITA SATYAPAL. Program Manager Hydrogen Program. The 2010 Progress Report for the DOE Hydrogen Program
- [27] FREEDOMCAR Review of the Research Program of the FreedomCAR and Fuel Partnership: Third Report
- [28] MCKENSEY. A portfolio of powertrains for Europe: a fact-based analysis "The role of Battery Electric Vehicles, Plug-in Hybrids and Fuel Cell Electric Vehicles"
- [29] Stone, H.J. 2006. "Market Opportunity Assessment for direct Hydrogen PEM Fuel Cells in Transition Markets,"
- [30] www.epa.gov/chp/basic/calculator.html