

Una instalación científico técnica singular para impulsar la economía del hidrógeno

M. Montes

La disminución de las reservas de los combustibles fósiles obliga a pensar en nuevos recursos energéticos que van a conducir a sistemas energéticos basados en la generación distribuida y en sistemas de distribución activos que exigen nuevos sistemas de almacenamiento de energía. El hidrógeno es un buen candidato a operar como almacén y como portador energético que aún necesita grandes avances científicos y tecnológicos para facilitar su integración en esa nueva cultura energética. España ha impulsado numerosas iniciativas de cooperación público privada que han culminado con la creación del Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible.

Declining fossil fuel reserves raises concerns about new energy resources that will lead to energy systems based on distributed generation and active distribution systems that require new energy storage systems. Hydrogen is a good candidate to operate as storage and as energy carrier that still needs scientific and technological breakthroughs to facilitate their integration into this new energy culture. Spain has supported numerous public-private cooperative efforts that have culminated in the creation of the National Center for Hydrogen Technology Experiment and Fuel Cells.



MANUEL MONTES PONCE DE LEÓN es director del Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible. En posesión de la Encomienda de Alfonso X el Sabio. Ha sido investigador en la Junta de Energía Nuclear, director de los Institutos de Tecnología Nuclear y de Tecnología Energética Convencional y de la Oficina de Coordinación de la Investigación en el CIEMAT, subdirector general de Programas de Fomento de la Investigación Técnica Sectorial en el Ministerio de Educación y Ciencia y jefe del Área de Energía en el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Fue el miembro español en el Consejo de Administración del Centro Común de Investigación de la Unión Europea y representante español en varias comisiones de la Comisión Europea, del Organismo Internacional de Energía Atómica y de la Agencia Internacional de la Energía.

INTRODUCCIÓN

La importación de más del 80% de los recursos energéticos, la disminución progresiva de las reservas mundiales de los combustibles fósiles y el bajo nivel español en producción de tecnología recomiendan, en nuestro país, una estrategia tecnológica energética diferente a la llevada hasta el momento. El liderazgo tecnológico adoptado por algunas empresas españolas de energías renovables debería ser el ejemplo a seguir por otros sectores.

El hidrógeno puede ser un complemento imprescindible que intensifique el uso de las energías renovables y permita adaptar la curva de generación energética a la de demanda, utilizando su condición, a la vez, de almacén y portador energético, y permitiendo extender al transporte una parte importante de su capacidad de almacenamiento.

Las tecnologías de generación, almacenamiento y transformación del hidrógeno necesitan aún muchos esfuerzos para llevarlas a niveles próximos a su integración en el sistema energético. Estos esfuerzos surgen desde la investigación y deben de llegar hasta la comercialización, pasando por el desarrollo tecnológico y por la demostración, sin dejar a un lado la adecuada regulación. A su vez, exigen una adecuada especialización de los expertos y científicos, y la integración de

capacidades que permita impulsar de forma global las complejas tecnologías requeridas.

Esta iniciativa requiere la creación de instalaciones científico técnicas capaces de integrar los diversos sistemas, con sus distintas funciones y aplicaciones. Pero además estas instalaciones habrán de ser lo suficientemente flexibles y evolutivas para poder ir acomodándose a los progresos que se vayan consiguiendo.

La futura planta "Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible (CNH₂)" integrará el conjunto de tecnologías de generación, almacenamiento y transformación del hidrógeno. Al mismo tiempo, incorporará el sistema de hidrógeno con el sistema eléctrico y térmico, procurando reunir los esfuerzos de los grupos de investigación, empresas tecnológicas y empresas usuarias de las tecnologías.

La triple cualidad integradora de tecnologías, sistemas y agentes pretende, por una parte, movilizar y generar capacidades a escala nacional que permitan recuperar el espacio perdido en España, hasta el momento, en el campo del hidrógeno y ganar posiciones; y, por otra parte, incentiven a las empresas para que se incorporen a la economía del hidrógeno.

Igualmente, es importante estimular a la sociedad a ir incorporando la economía del hidrógeno de forma progresiva

para facilitar la transición desde la economía de los combustibles fósiles a la economía del hidrógeno, lo que exige, entre otras cosas, un cambio de cultura energética importante y, por lo tanto requiere que la sociedad se vaya adaptando de forma satisfactoria.

LA EVOLUCIÓN ENERGÉTICA Y TECNOLÓGICA

En la actualidad, el consumo mundial de combustibles fósiles alcanza el 80%, con tendencia a llegar a un máximo del 87%. Sin embargo, la tendencia que se observa es a la baja; y esto debido a una serie de factores como el agotamiento de las reservas, el crecimiento acelerado de las energías renovables y el aumento de la componente de energía de origen nuclear, debido a la mejora de la percepción social sobre esa fuente de energía, el llamado “renacimiento nuclear”.

La aleatoriedad de generación de las energías renovables, imputable a factores naturales y climatológicos, ajenos a cualquier mejora tecnológica, aconseja el empleo de un almacén energético que permita ajustar la producción a la demanda eléctrica. Esta situación podría darse, también, en las nucleares, de existir un sobre dimensionamiento de su potencia instalada, debido a dificultad que tiene esta tecnología para el seguimiento de la carga. Éste no es el caso español, donde la parte nuclear del mix energético actúa como energía de base del sistema eléctrico de generación.

En cuanto a desarrollo tecnológico propio, España, que figura entre los cinco países menos productivos de la Europa de los 25, padece un déficit histórico de producción tecnológica, que, a nuestro juicio, es atribuible a dos circunstancias básicas: la escasez de empresas y centros generadores de tecnología y una investigación insuficiente y muy desligada de estrategias de interés tecnológico. Si el mundo de la energía necesita un cambio de cultura, aún mayor es el que reclama el mundo de la I+D.

No obstante, en los últimos años, se han multiplicado las empresas especializadas en producir tecnología para la generación de energía eléctrica mediante las llamadas energías renovables. Es evidente la buena posición de las empresas españolas en el suministro de aerogeneradores y de sistemas fotovoltaicos o solares de alta temperatura.

Igualmente, se ha promovido una política reguladora impulsora del uso de las energías renovables para la incorporación de grandes parques eólicos, huertas solares y plantas solares. Espa-



Figura 1. Sectores de experimentación de la instalación.

ña, en la década de los 80 y los 90 del siglo pasado, impulsó una política de I+D en energía, fuera del Plan Nacional de I+D, que fomentó la creación conjunta de grupos de investigación y empresas, el llamado “Plan de Investigación Energético (PIE)”.

La nueva situación ha hecho posible que España sea, hoy en día, uno de los países del mundo con más energía renovable instalada, aunque esto no ha compensado el aumento de consumo energético experimentado, ni la enorme dependencia energética del exterior.

Podemos afirmar, por una parte, que los cambios en el mundo científico y tecnológico han estado esencialmente propiciados por la Administración, que ha emprendido medidas importantes de impulso relativas a la cooperación público privada en I+D. Y por otra parte, que el impulso de las “Plataformas Tecnológicas” ha supuesto una medida vital para que el mundo del conocimiento y el sector productivo, lo que ha permitido definir líneas estratégicas conjuntas, evitando con ello la tendencia existente de repetir lo hecho en otros países sin considerar el estado particular de nuestro sector productivo y la capacidad de nuestro sistema científico.

Adicionalmente, se han impulsado los “Proyectos Científico Tecnológicos Singulares y Estratégicos”, que son una fórmula muy adecuada para propiciar desarrollos tecnológicos sólidos, con un alto número y diversidad de organizaciones participantes.

Con estas medidas se está consiguiendo concentrar esfuerzos y optimizar recursos, y crear infraestructuras científico técnicas singulares a nivel nacional. Con ellas se pretende que el sector industrial y el sector del co-

nocimiento dispongan de capacidades suficientes para escalar lo desarrollado en los laboratorios, y posteriormente desarrollar procesos piloto de aplicación, tales como la: fabricación de componentes, elementos y sistemas, donde homologar, certificar y verificar tales desarrollos.

EL HIDRÓGENO ENERGÉTICO

Sin extenderse en datos históricos, es evidente para todo el mundo que, hasta que la ciencia de los materiales no ha llegado a un cierto nivel de conocimiento, las pilas de combustible no han alcanzado el protagonismo tomado que hoy tienen; y ello unido a la crisis energética que demanda soluciones de futuro.

En la década de los 80 y de los 90, el interés estaba en la pila de combustible de alta temperatura como complemento al sistema productivo centralizado y utilizando los combustibles fósiles como recurso energético. La gasificación del carbón, el reformado del gas natural o la oxidación parcial de los derivados del petróleo eran las materias primas. Las pilas de combustible de carbonatos fundidos dieron un fuerte impulso, al igual que las pilas de combustible de ácido fosfórico.

Al final de la década de los 90 y ya en esta década se produjo un giro importante hacia las pilas de combustible de membrana polimérica y su uso para transporte; pero fue recientemente cuando se empezó a pensar en el hidrógeno como vector energético, en fuerte competencia con el metanol y otros alcoholes más próximos a la biomasa. En estos momentos, podemos decir que todas las firmas automovilísticas están buscando sus primeros prototipos, mientras que el vehículo eléctrico con baterías empieza a entrar en el mer-

Ha sido Jeremy Rifkin con su "Economía del Hidrógeno" el que ha abierto la puerta al del hidrógeno como almacén energético acompañando a las energías renovables en sistemas de generación distribuida y funcionamiento de pequeñas microrredes conectadas a una red central que facilite la comunicación entre todas las microrredes.

Fueron esas iniciativas importantes, las que hicieron posible que nuestros investigadores participasen en proyectos europeos, y a que se crease un proyecto dirigido por el sector productivo, "Programa Español de Pilas", en el que participaron ENDESA, IBERDROLA y BABCOCK WILCOX. Aquí se dieron los primeros pasos para conectar la energía eléctrica producida en una pila de combustible de carbonatos fundidos a la red eléctrica, en San Agustín de Guadalix (Madrid). En aquellos años también se consiguieron múltiples iniciativas de colaboración entre grupos de investigación nacionales.

Se puede decir que estamos en una situación ideal, con la creación de asociaciones e iniciativas, como: la "Asociación Española del Hidrógeno", que curiosamente recoge a empresas, centros de investigación y particulares; una segunda asociación de pilas de combustible, APPICE, con iguales características que la anterior; la "Plataforma Tecnológica Española de Hidrógeno y Pilas de Combustible", impulsada por el Ministerio de Ciencia e Innovación; la "Red Nacional de Pilas de Combustible y baterías avanzadas con investigadores del CSIC y de las universidades; y por último la constitución de proyectos científicos tecnológicos singulares estratégicos y otros dos proyectos CENIT.

Simultáneamente, se ha producido un hecho muy significativo y es que dentro del grupo científico de la "Iniciativa Tecnológica Conjunta (JT1) de Hidrógeno" de la Unión Europea, España sea el país con mayor número de grupos de investigación, doce en total. Sin embargo, con ser ésta una iniciativa importante para nuestro país, no está exenta de riesgos, si las empresas españolas participantes no trabajan lo suficientemente unidas y coordinadas; podría darse el caso, si eso no ocurriera, que algunos de los grupos de investigación nacionales trabajando para empresas no españolas.

**EL CENTRO NACIONAL DE
EXPERIMENTACIÓN DE
TECNOLOGÍAS DE HIDRÓGENO Y
PILAS DE COMBUSTIBLE**

El CNH2, que formará parte de las instalaciones científicas tecnológicas

El objetivo general es liderar, a medio plazo, la estrategia nacional en estas tecnologías, conjugando las actuaciones de los grupos de investigación, desarrollo e innovación tecnológica, con el principal propósito de que los sectores industriales implicados se beneficien del resultado obtenido por los grupos de I+D+i. Al mismo tiempo, se promueve la realización de proyectos clave, que sirvan de efecto tractor y de referencia nacional, y la ejecución de actividades no cubiertas en la actualidad por el sistema nacional de ciencia, tecnología y empresa. La instalación que se crea, viene, por tanto, a complementar el sistema nacional y no para competir con él.

La instalación integrará todos los subsistemas de la cadena de hidrógeno: producción, almacenamiento, purificación, distribución y utilización, y tendrá un enfoque fundamental dirigido a las aplicaciones en pilas de combustible (figura 1). Cada uno de los subsistemas constituirá, en sí mismo, una unidad de I+D+i, donde se experimentarán distintas alternativas tecnológicas. El diseño de cada experimento tendrá en cuenta su interconexión con las etapas colindantes de la cadena de hidrógeno. De esta forma, la instalación se compondrá de una serie de unidades interconectadas entre sí, de manera que permita la evaluación



de alternativas tecnológicas, tanto por separado como en el conjunto de un sistema completo.

La instalación, cuyo presupuesto inicial asciende a 30 M€, albergará equipamiento de carácter científico y tecnológico, y estará dotada del personal especializado necesario para el desarrollo de sus funciones. El CNH₂ facilitará el desarrollo y utilización en España de la tecnología del hidrógeno como vector energético y de las pilas de combustible.

Organización

Para ello el CNH₂ está organizado en los siguientes departamentos:

- Departamento Técnico. Se encargará del diseño, construcción, montaje, operación, mantenimiento y adecuación de la instalación para que se puedan hacer todos los experimentos que se programen. Constará de unidades de ingeniería y montaje, generación, almacenamiento, transformación e integración.
- Departamento de Investigación. Además de encargarse de actualizar el plan director de I+D, dispondrá de una unidad de coordinación de proyectos y de unidades tecnológicas de electroquímica, termofluidodinámica, comportamiento de materiales, electrónica y control e ingeniería de procesos.
- Departamento de Relaciones Externas. Se compone de una sección de relaciones con los organismos de investigación y universidades, empresas, centros tecnológicos e instituciones de la Administración española y la UE. Contará con unidades de vigilancia tecnológica, planificación y seguimiento.
- Gerencia. Se encargará de los temas de gestión, garantía de calidad y confidencialidad, etc.
- Además, existirá una unidad de seguridad técnica, con funcionamiento independiente, encargada de aspectos relacionados con la seguridad, investigación, implantación, mantenimiento y asesoramiento.

Estructuración tecnológica

La instalación estará formada por los siguientes sistemas principales:

- El sistema de hidrógeno, el más importante de la instalación, que garantizará la producción y el aprovechamiento del hidrógeno que vaya a ser utilizado, así como el almacenamiento, para que la experimentación pueda llevarse a cabo en continuo 24 horas al día todos los días el año.
- El sistema eléctrico, que facilitará la producción de hidrógeno a través de los electrolizadores y que al mismo



Figura 3. Esquema de la gestión del Plan Director de I+D.

tiempo recibirá energía eléctrica de las pilas de combustible que estén experimentándose o que consuman el hidrógeno que se esté produciendo en los electrolizadores en experimentación y que abastecerá a todas las instalaciones y edificios de la instalación.

- El sistema térmico aprovechará todo el calor residual que se produzca en los electrolizadores y en las pilas de combustible y en todos los sistemas exotérmicos, y al mismo tiempo este calor se utilizará en los procesos endotérmicos de la instalación y en los edificios de la misma (figura 2)
- El sistema civil o edificios y urbanización que se construirá con criterios de bajo consumo de energía y máxima eficiencia energética al mismo tiempo que se aprovechará para almacenamiento térmico y como sistemas de disipación de calor y almace-

namiento de agua para refrigeración.

- Otros sistemas, como gas natural, agua, nitrógeno, otros gases como oxígeno, dióxido de carbono, gas a presión, vapor, entre otros.

Se espera que la instalación pueda estar terminada en el cuarto trimestre de 2011.

Funcionamiento

La instalación estará operada por un equipo de unas 170 personas y un 30% complementario de personal externo que esté usando la instalación, en proyectos, que serán de investigación, desarrollo y demostración de tecnología.

La instalación actuará como bisagra entre el mundo del conocimiento y el sector productivo, con cuyo fin se ha preparado un plan director de I+D con validez para cuatro años, revisable anualmente.



Figura 4. Unidades tecnológicas de apoyo a la experimentación.

Estructura operativa

Para la continua adaptación del plan director de I+D (figura 3) se va a mantener un contacto continuo con el entorno, al mismo tiempo que las actividades que se realicen se harán siempre en colaboración con el exterior, procurando complementar el conocimiento de los grupos nacionales con grupos especiales de especialización. El CNH₂ constará de siguientes unidades tecnológicas (figura 4): Unidad de diseño y simulación (térmica, fluidodinámica y estructural); Unidad de electroquímica; Unidad de comportamiento de materiales; Unidad de ingeniería de procesos, prototipado y ensayos; y Unidad de electrónica, automática y control.

Líneas estratégicas básicas

Las líneas preseleccionadas están de acuerdo con las recomendaciones estratégicas de la "Plataforma Tecnológica Española"; son las siguientes:

- Desarrollo de electrolizadores para uso con energías renovables: desarrollo de componentes de electrolizadores.
- Desarrollo de procesos de producción de hidrógeno a altas temperaturas.
- Impulsar la investigación de otros procedimientos de producción de hidrógeno mediante procesos químicos

a partir de biomasa para cooperar en su demostración a escala piloto.

- Desarrollo de tecnologías de separación y purificación del hidrógeno.
- Desarrollo de métodos de almacenamiento de hidrógeno.
- Desarrollo y caracterización de elementos, componentes y sistemas de pilas de combustible de todos los tipos, buscando sus mejoras tecnológicas, facilidades de fabricación y adecuación a los diferentes usos.
- Caracterización del comportamiento de los materiales usados en todos los procesos relacionados con el hidrógeno en electrodos, membranas separadoras, materiales de contención, materiales de conexión, etc.
- Diseño, evaluación y normalización de procedimientos de ensayos, verificación, certificación y homologación de materiales, elementos, componentes y sistemas.
- Desarrollo de sistemas y componentes auxiliares para la integración de las pilas de combustible en unidades de suministro de energía: Sistemas auxiliares, integración como sistemas auxiliares de alimentación y en propulsión de vehículos, electrónica de potencia para regulación.
- Desarrollo de normativa en general aplicable a la producción de hidrógeno

y sus aplicaciones. Estandarización de procesos y componentes. Desarrollo de normativa específica en el almacenamiento y distribución del hidrógeno y en la fabricación y uso de las pilas de combustible, en las aplicaciones de transporte, etc.

- Difusión, formación y percepción social.
- Desarrollo de sistemas de seguridad en la utilización del hidrógeno, incluyendo aspectos económicos y técnicos.
- Demostración de la utilización de las pilas de combustibles en distintos usos, como doméstico, en ciclos termodinámicos y como unidades auxiliares de potencia.
- Desarrollo de sistemas de aprovechamiento del calor residual de las pilas de combustible de todas las gamas de temperatura.

CONSIDERACIONES FINALES

El CNH₂ dotará al país de una instalación para el desarrollo integral de las tecnologías energéticas del hidrógeno y pilas de combustible, contribuyendo a su incorporación en sistema energético español. Su carácter modular y multiuso favorecerá la mejora de esas tecnologías, a la vez que actuará como bisagra tecnológica del sistema español de ciencia, tecnología y empresa. ■



CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS

2009

SPANISH NUCLEAR POWER PLANTS

2 de marzo de 2010