



Potencial y perspectivas del aprovechamiento del hidrógeno en Costa Rica

Ingeniero mecánico y consultor en energía. Miembro de Acesolar.

..... || **Juan C. Torchia**



El uso del hidrógeno como sustituto de los tradicionales combustibles fósiles es una de las tantas alternativas que se plantea Costa Rica para alcanzar la carbono-neutralidad en 2021, según el V Plan de Energía 2008-2021. René Castro, ministro de Ambiente y Energía, así lo confirma en declaraciones a *La Nación* (24-4-13), en las que manifiesta su confianza en que las exitosas investigaciones sobre uso del hidrógeno que actualmente realiza la empresa costarricense Ad Astra conduzcan al desarrollo de una tecnología limpia para la movilización terrestre. Pero una tecnología tan prometedora como la del aprovechamiento del hidrógeno, que está aún en sus etapas iniciales de desarrollo, debe resolver problemas de muy diversos tipos antes de figurar como opción dentro del panorama energético de un país. El propósito de este artículo es aclarar algunos aspectos ingenieriles claves de ella.



Volver al índice

El hidrógeno es un gas inodoro e incoloro que posee características que animan a pensar que puede constituirse en la base del sistema energético mundial en el mediano y largo plazo, cuando la producción de combustibles fósiles se encuentre decreciendo, escenario que se pronostica imperará a partir de mediados de este siglo (Goswami y Kreith, 2007). El hidrógeno, que es flexible en el sentido de que puede utilizarse como combustible o como portador de energía, es la sustancia más abundante del universo y no hay peligro de escasez.

El problema con el hidrógeno viene cuando -exceptuando un pequeño porcentaje gaseoso de él en la atmósfera- no se encuentra en estado puro debido a tener una gran afinidad con otros elementos para combinarse. De ahí que para utilizarse en ciertos equipos deberá producirse hidrógeno de alta pureza mediante procesos de separación de los compuestos que lo contienen, lo que supone el inconveniente de que hay que *gastar* energía y recursos para obtener un producto lo suficientemente puro y adecuado para su uso, esto dependiendo de la sustancia que lo contiene y su accesibilidad. Las características físicas más importantes del hidrógeno son su alta capacidad térmica, su alto poder calorífico, su baja densidad como líquido y gas y su bajo punto de ebullición.

Entre los combustibles posee el más alto poder calorífico: por kilogramo, cuatro veces mayor a la gasolina; es decir, un kilogramo de hidrógeno en

teoría podría llevar cuatro veces más lejos a un automóvil que un kilogramo de gasolina. Pero es necesario ser cautos con esta información, porque el hidrógeno gaseoso tiene una densidad de 0,08 kg/m³, o sea, es unas 14 veces más ligero que el aire (Sherif et al., 2007); por lo que un kilogramo de hidrógeno puede ocupar mucho espacio dependiendo de las condiciones de presión y temperatura a las que se encuentre. Por ejemplo, en un tanque de 50 litros, como los que se utilizan en un automóvil, a presión atmosférica y temperatura ambiente, habría aproximadamente cuatro gramos de hidrógeno gaseoso. Aumentar la masa en ese tanque de 50 litros implicaría aumentar la presión y/o reducir la temperatura, lo cual incrementaría la complejidad del sistema y los equipos.

Por otro lado, el hidrógeno líquido tiene una densidad de 71 kg/m³, o sea, unas 12 veces menor a la gasolina; de manera que en un tanque de 50 litros habría 3,5 kg de hidrógeno, lo que significaría unas tres veces menos energía que en un tanque lleno de gasolina. Resultando así evidente que la baja densidad del hidrógeno líquido perjudica la viabilidad de la tecnología en el campo del transporte terrestre, ya que se requiere tanques de mayor capacidad para alcanzar la misma energía de los combustibles tradicionales. Y, por si fuera poco, debido a su muy bajo punto de ebullición, la obtención de hidrógeno líquido requiere bajar la temperatura más allá de los -253 °C, incrementando los costos en su producción.

El hidrógeno, gaseoso o líquido, se utiliza actualmente en una variedad de aplicaciones. El líquido se ha utilizado por mucho tiempo como combustible de vehículos espaciales y cohetes. También se genera para la síntesis del amoníaco en la producción de fertilizantes cuando se combina con el nitrógeno. En la industria de la refinación del petróleo, el tratamiento del hidrógeno a alta presión, llamado hidroformulación, se utiliza para convertir el crudo en gasolinas (Hordeski, 2007).



Existen varios métodos de producción de hidrógeno (Sherif et al., 2006), pero aquí mencionaremos únicamente los más tradicionales:

1. reformado con vapor de agua (*steam water reforming*),
2. electrólisis,
3. gasificación de biomasa y
4. termoquímico.

El reformado con vapor de agua es un proceso que produce hidrógeno a partir de una mezcla de agua y un hidrocarburo, que las más de las veces es el metano del gas natural. El proceso de mezclado ocurre a altas temperaturas y presiones, de manera que los productos principales obtenidos son dióxido de carbono e hidrógeno. Este es un método suficientemente probado en la industria petroquímica, por lo que los costos son los más bajos dentro de los métodos de producción

de hidrógeno. Pero como Costa Rica no posee reservas probadas importantes de gas natural, habría que importar la materia prima, con la consecuente y poco benéfica dependencia externa para su desarrollo.

La producción de hidrógeno mediante electrólisis consiste en la separación del hidrógeno de otra sustancia, generalmente agua, mediante una corriente eléctrica producida entre dos electrodos. Se trata de uno de los métodos más caros y que, por lo mismo, aún no se encuentran en su etapa comercial. Sin embargo, existen estudios (Dincer, 2002) en los que se muestran escenarios favorables donde el hidrógeno es producido por electrólisis con equipos de energía renovable como celdas fotovoltaicas y aerogeneradores a gran escala. Se trata de un método de alta eficiencia, ampliamente probado, que no requiere condiciones extremas de presión o temperatura ni produce desechos tóxicos ni de partes móviles que produzcan desgaste por fricción en el equipo. Este método ofrece opciones interesantes para Costa Rica, ya que se podría producir hidrógeno utilizando los excedentes de electricidad generados por sus abundantes plantas hidroeléctricas.

La producción de hidrógeno utilizando biomasa consiste básicamente en dos procesos químicos: la gasificación del biomaterial y la producción de hidrógeno a partir del monóxido de carbono y el vapor de agua (*water-gas shift reaction*). Este último proceso es ampliamente utilizado en la industria petroquímica. Uno de los rubros importantes en la procura

de la carbono-neutralidad es precisamente el manejo adecuado de la biomasa residual del sector agropecuario, responsable en Costa Rica del 37 % de las emisiones de gases de efecto invernadero en 2005 (IMN, 2009). Dado que los subproductos del método de gasificación de biomasa son, en gran medida, material orgánico inerte, sería interesante conocer el impacto

que tendría la producción de hidrógeno a gran escala en las emisiones de dióxido de carbono en Costa Rica.

El método termoquímico, también llamado de disociación térmica, consiste básicamente en separar el hidrógeno mediante altas temperaturas que rompan los enlaces entre él y otros elementos con los cuales esté unido. La temperatura y, por consiguiente, la energía necesaria para la disociación dependen de las sustancias que contengan al hidrógeno. Las altas temperaturas necesarias limitan las opciones de combustibles que puedan utilizarse para la disociación, razón por la cual se han propuesto métodos como la concentración solar en hornos que pueden superar los 2.000 °C



Mariela Víquez. Instalaciones de Ad astra, Guanacaste, Costa Rica.

(Perret, 2011). Se piensa que este método de producción podría ser costeable con grandes volúmenes de hidrógeno, aunque la tecnología es inmadura. (Un resultado colateral muy dramático de la producción de hidrógeno mediante disociación térmica se pudo observar en la planta nucleoelectrónica de Fukushima durante las explosiones del 14 de marzo de 2011.)

Un sistema energético global basado en el hidrógeno deberá presentar distintos tipos de contenedores para su almacenamiento. Desde los grandes tanques a presión en centros de distribución y transferencia hasta los pequeños tanques para vehículos, todos los recipientes deberán cumplir con especificaciones para resistir, confiablemente, altas presiones

en el caso de hidrógeno comprimido, y temperaturas cercanas a $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el caso de hidrógeno líquido.

El hidrógeno está compuesto por átomos cuyo tamaño es el menor de entre todos los elementos químicos, exceptuando el helio. Por esta razón, en forma gaseosa el hidrógeno puede, con extrema facilidad, difundirse a través de paredes o membranas que se consideran impermeables, lo cual limita las opciones de materiales para su almacenamiento. Por si fuera poco, el hidrógeno tiene una gran afinidad con otros elementos para combinarse con ellos bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, lo que implica que puede combinarse con las paredes de su recipiente modificando las características químicas y físicas de este. En contacto con los metales

puede producirse una reacción química que vuelva quebradizo el material (*hydrogen embrittlement*), afectando las características físicas del recipiente.



En un reporte de la Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica, de marzo de 2012, se menciona un proyecto en formulación sobre entrenamiento en tecnologías para la producción de hidrógeno (*Regional Training Technologies for Hydrogen Production*), cuya entidad ejecutora es Lageo S.A. de C.V., empresa establecida en El Salvador (<http://www.sica.int>). En la descripción del proyecto, Costa Rica aparece como país participante, junto con El Salvador pero no se provee más información.

Barrantes (2004) menciona un proyecto de plan piloto para generación de hidrógeno llevado a cabo por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, dando a conocer el costo tentativo de producción: 29 colones por kWh, pero en el sitio web de tal Empresa no fue posible hallar más información al respecto.



Mariela Víquez. Laboratorio en Ad astra, Guanacaste, Costa Rica.

Según el sitio web de la empresa Ad Astra, su subsidiaria AASEA (<http://www.adastrarocket.com/aarc/AASEA>) está dando pasos decisivos en la etapa de investigación y desarrollo de tecnologías relacionadas con el hidrógeno en conjunto con otras empresas, tendiendo a alcanzar una madurez tecnológica que lleve a la etapa comercial. Los proyectos emprendidos abarcan la producción mediante electrólisis con energía eólica, el almacenamiento en forma de gas comprimido y su uso en generadores portátiles. El compromiso se ha solidificado con el vínculo cooperativo establecido entre esta empresa y la Refinería Costarricense de Petróleo, el Ministerio de Ambiente y Energía y la Universidad Earth en 2012 (<http://www.costarica2050.cr/905.html>).

Debido a que aún no existe una estructura establecida para la obtención del hidrógeno, los costos globales no se sabrán con certeza sino hasta que exista un mercado maduro donde la tecnología vaya mejorando la eficiencia de los sistemas y donde la producción mejore los costos. En un país en vías de desarrollo, el establecimiento de un mercado energético sólido basado en el hidrógeno parece una meta hacia la que el camino está plagado de obstáculos y en el que se debe atender tanto lo urgente como lo importante. Es aquí donde se ha de ver la capacidad de liderazgo y el buen proceder de la gente encargada de la toma de decisiones. Un paso gigante en este sentido sería la creación de una estructura administrativa, dentro

de alguna institución pública, que se encargara exclusivamente del desarrollo del hidrógeno de manera integral. Algo así como un hipotético “instituto costarricense del hidrógeno” establecería un mensaje sólido respecto del logro al que apunta el país, renovaría el debate energético con información provista por expertos y estimularía el trabajo de investigadores, consultores, empresarios, activistas y políticos en pos de una meta común, colocando a Costa Rica a la cabeza de una ola que será una realidad en algunos años, paralelamente a todas las otras fuentes renovables de energía.

Referencias

- Barrantes, D. (2004). *Generación de energía a partir de hidrógeno*. Tesis de Bachillerato, Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica.
- Dincer, I. (2002). Technical, environmental and exergetic aspects of hydrogen energy systems. *International Journal of Hydrogen Energy* 27: 265–285.
- Goswami, Y. y Kreith, F. (2007). Global Energy System. En Goswami, Y. & Kreith, F. (eds.). *Handbook of Energy Efficiency and Renewable*. Boca Raton: CRC Press.
- Hordeski, M. F. (2007). *Alternative Fuels. The future of Hydrogen*. CRC Press. London: Taylor & Francis.
- IMN (2009). Segunda Comunicación Nacional: *Inventario Nacional de Gases con Efecto Invernadero*. San José: IMN.
- Perret, R. (2011). *Solar Thermochemical Hydrogen Production Research (STCH). Thermochemical Cycle Selection and Investment Priority*. Sandia National Laboratories Report.
- Sherif, S. A., Barbir, F., Veziroglu, T. N., Mahishi, M. y Srinivasan, S. S. (2007). Hydrogen Energy Technologies. En Goswami, Y. & Kreith, F. (eds.). *Handbook of Energy Efficiency and Renewable*. Boca Raton: CRC Press.