

Divulgación

Hidrógeno: el futuro llegó hace rato...

El hidrógeno es uno de los llamados “combustibles del futuro” aunque en realidad la gran mayoría de las empresas automotrices ya comenzaron con el desarrollo o venta de vehículos que funcionan únicamente con este gas, e incluso existen en el mundo numerosas estaciones de carga de hidrógeno para abastecerlos.

Autores: Esteban A. Franceschini, INFIQC-CONICET, Dto. de Físicoquímica – Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba, Ciudad Universitaria, 5000, Córdoba, Argentina.

Allá por el año 1889 el ingeniero alemán Karl Benz se preguntaba por qué nadie quería probar su Benz Patent-Motorwagen (un nombre con toda la onda). Considerando lo horrible, incómodo y lento que era no faltaban excusas, sin embargo el verdadero motivo era que tenía un motor de combustión interna con un tanque de combustible líquido. El combustible líquido (hoy conocido como nafta) puede explotar con relativa facilidad. Dicho así no es difícil entender por qué los vecinos del Ing. Benz preferían sus caballos, sin embargo, hoy por hoy (un siglo después) nadie cuestiona la seguridad de los vehículos a combustión interna. De hecho probablemente muchos de nosotros consideremos más seguros a los autos a nafta que a los caballos.

Esta relativa sensación de seguridad cambia cuando hablamos de vehículos propulsados a hidrógeno, donde el temor por las fugas, explosiones y demás inconvenientes reaparece. La pregunta es por qué nos sentimos seguros en un Fiat 600 modelo 62 y pensamos que vamos a morir indefectiblemente en la explosión de un Ford Focus FCV (modelo de Focus que se alimenta con hidrógeno) y lo van a transmitir por Crónica TV.

La respuesta, nos guste o no, es simple. Prensa: Hay dos tipos de prensa alrededor del hidrógeno como vector de energía: una sensacionalista sobre la alta peligrosidad de usar hidrógeno en la vida diaria (que omite el hecho de que el hidrógeno se usa desde hace décadas en soldadoras de metales); y otro tipo de prensa respecto a las bondades de usar hidrógeno como combustible ya que disminuye nuestra huella de carbono (y deja de lado que la mayor parte del hidrógeno se produce desde hidrocarburos). La huella de carbono es básicamente cuanto carbono genera una persona en su actividad diaria, si usas hidrocarburos aumentas tu huella de carbono (dióxido de carbono emitido a la atmósfera). Ambos tipos de prensa omiten muy selectivamente distintos

factores respecto al uso del hidrógeno. Para saber qué es real y qué no lo es, debemos analizar paso a paso cómo se produce y usa el hidrógeno actualmente (y en el futuro).

El hidrógeno como vector de energía

Hace millones de años un dinosaurio se moría para dar lugar a que tu Fiat 600 del 62 pueda dar majestuosas vueltas a la plaza del barrio. Ese dinosaurio muerto fermentó y después de algunos procesos lo transformamos en nafta súper. Básicamente, una empresa petrolera hace un pozo en el piso y saca ese jugo de dinosaurio que llamamos petróleo. Por eso es que decimos que el petróleo es una fuente de energía. El hidrógeno en cambio es lo que normalmente se llama un “vector” de energía. No existen fuentes naturales de este gas. La única forma de conseguirlo es sintetizarlo. Las vías de síntesis son varias, pero el factor común que tienen todas es que hay que entregar energía para generarlo. Es decir, utilizamos energía producida por cualquier vía y la almacenamos en forma de hidrógeno. Por ejemplo, se puede generar hidrógeno calentando una mezcla de hidrocarburos con algunos catalizadores y eso nos entrega una mezcla de dióxido de carbono, hidrógeno, agua, etc. El hidrógeno se purifica y envasa. Una forma más limpia es utilizar electrolizadores. Un electrolizador es un dispositivo que utiliza dos placas de metal (electrodos) sumergidas en una solución acuosa y se le aplica una corriente eléctrica que genera hidrógeno (H_2) en una de sus placas y oxígeno (O_2) en la otra. Es decir separa los átomos del agua (H_2O) y los re-combina para formar los gases H_2 y O_2 . La generación de hidrógeno por electrolisis de agua es un proceso limpio, siempre y cuando la energía eléctrica utilizada provenga de una fuente limpia, es decir, si quemamos hidrocarburos en una planta eléctrica para generar energía y esa energía la usamos para generar el hidrógeno, la huella de carbono va a ser alta, pero en cambio, si usamos paneles solares para generar electricidad y esa electricidad se usa para formar hidrógeno el ciclo es virtuoso y tenemos un vector de energía verdaderamente limpia.

Considerando entonces que el hidrógeno puede ser generado de forma limpia utilizando fuentes renovables de energía lo que nos resta saber es cómo utilizarlo sin morir en el intento.

Autos a hidrógeno, celdas de combustible y Schwarzenegger.

Muchos recordaremos la escena de Terminator 3 donde un bastante desmejorado T-800 le explicaba a John Connor que necesitaba sacarse la celda de combustible de hidrógeno que lo alimenta de energía. Para los que tuvieron la fortuna de no ver la película lo que sucede es que este Terminator se quita su celda de combustible (del tamaño de un celular) la tira hacia atrás y minutos después ésta explota violentamente casi como una pequeña bomba atómica. Cualquier semejanza con la realidad sería pura casualidad, y a continuación veremos porqué.

Una celda de combustible es un dispositivo similar a un electrolizador, pero que realiza el proceso inverso, es decir, tiene dos electrodos sumergidos en un medio acuoso,

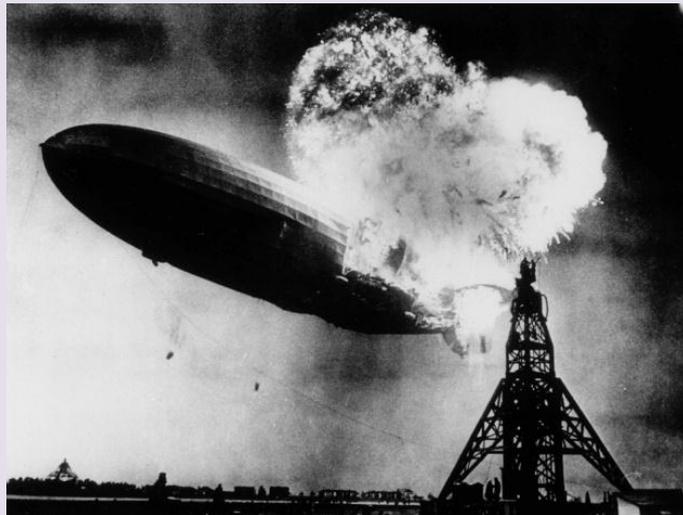
en uno de estos electrodos se introduce el hidrógeno, en el otro oxígeno y la celda genera electricidad y agua (recordemos que un electrolizador transforma agua y electricidad en hidrógeno y oxígeno). Pero la celda de combustible en sí, cuando se la desconecta de su fuente de hidrógeno (combustible), es tan peligrosa como un pisapapeles. Esa fuente de combustible es normalmente un tanque presurizado similar a las garrafas de gas comprimido que usamos para ir de camping o en los autos con GNC.

Es importante notar que la gran mayoría de los autos a hidrógeno no tienen un motor de combustión interna, sino que son básicamente autos eléctricos, por lo que el hidrógeno nunca está expuesto a llamas que puedan generar una explosión (ni siquiera la pequeña explosión que ocurre dentro de la recámara del pistón de un motor convencional). Esos motores eléctricos funcionan con la electricidad generada por una celda de combustible alimentada con hidrógeno. Entonces uno podría preguntarse, ¿para qué usar hidrógeno en un auto eléctrico si puedes usar tecnologías aún más seguras como las llamadas baterías de litio, y tener básicamente el mismo auto? La respuesta es muy simple. Las baterías son pesadas y tienen un tiempo de recarga que no es despreciable. Eso implica que los autos tienen menor autonomía y son más lentos, lo cual complica su aplicación real. Los tiempos de recarga son tan grandes (8 horas o más para carga completa) que muchos diseñadores no descartan la idea de que haya estaciones de cambio de baterías; como una estación de servicio donde uno va y en vez de recargar la batería le retiran todo el pack de energía ubicado en el piso del auto (y que ocupa casi todo el piso del auto) y lo reemplazan por uno cargado. Pero el tiempo de reemplazo del pack tampoco es corto. De hecho, los autos de la reciente Formula E (competiciones similares a la Fórmula 1 convencional pero con autos eléctricos alimentados con baterías) cuando se están quedando sin batería van a los boxes y el piloto se baja del vehículo agotado para subirse a otro con batería totalmente cargada.

Recapitulando, un auto a hidrógeno es en realidad un auto eléctrico que se alimenta con una celda de combustible de hidrógeno. Esto nos permite bajar considerablemente el peso del sistema eléctrico, pero principalmente reducir considerablemente el tiempo de recarga, ya que el auto tiene un tanque de hidrógeno que puede ser rellenado rápidamente en una estación de servicio similarmente a como se hace con el gas natural en los autos a GNC actuales.

¿Y si explota? Saludos desde el Hinderburg.

Observemos la imagen del accidente del Hinderburg LZ129, un dirigible alemán que usaba hidrógeno como gas para elevarse y en 1937 se prendió fuego completamente cuando aterrizaba. Este accidente, además de ser retratado en una de las fotos más conocidas del Siglo XX dejó un saldo de 36 muertos (de los 97 tripulantes). Puede verse en las imágenes filmadas del accidente, en los primeros momentos del incendio, que una nube de hidrógeno se quema elevándose en el aire, y de hecho los estudios indican que la mayor parte del hidrógeno se quemó en los primeros segundos del accidente, motivo por el cual el dirigible se fue a pique, y fue el revestimiento del zepelín el responsable del incendio posterior y las altas temperaturas.



De Gus Pasquarella - US NAVY, Dominio público.

Básicamente el problema del uso del hidrógeno como combustible en aplicaciones móviles es qué sucede en un accidente, durante un incendio con fuga de combustible. Si bien es cierto que todo dispositivo tecnológico es tan seguro como las normas de seguridad que regulan su producción y funcionamiento el hidrógeno tiene una característica particular y es su alta efusión, lo cual significa que cuando se daña el tanque el hidrógeno sale de este muy rápidamente. Esto puede parecer una desventaja, pero en realidad este proceso hace que el hidrógeno se quemé muy rápidamente, y no llegue a acumularse la cantidad necesaria para generar una explosión. Pero más allá de la teoría, la evidencia es contundente. En el año 2001 el Dr. Michael R. Swain (especialista en seguridad de sistemas de hidrógeno), de la Universidad de Miami quemó dos autos iguales, uno con un tanque con nafta (con apenas 2 litros y medio y no los 40 que suele tener un auto convencional), y otro con un tanque de hidrógeno. El video está en YouTube¹ y el resultado es claro, el auto con el tanque de gas genera una llamarada y el hidrógeno se quema sin dañar prácticamente el vehículo mientras que con dos litros y medio de nafta se quema completamente el segundo auto.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=lknzEAs34r0>



Experimento realizado por el Dr. Swain. A la izquierda vemos un auto con un tanque de hidrógeno y a la derecha un auto con un tanque de combustible líquido.

Esto implica que incluso ante el fallo de todos los sistemas de seguridad el vehículo no explotaría, y ni siquiera se quemaría como un auto convencional, de hecho, la temperatura registrada dentro del auto por un termómetro no alcanzó los 50 grados centígrados, con lo cual, y si bien el hidrógeno alcanza temperaturas de llamas muy altas, estas no afectaron al vehículo, solo se disiparon en la atmosfera.

Presente y aplicaciones del hidrógeno

En la actualidad la mayor parte del hidrógeno se produce desde petróleo o sus derivados y solo un 4 % mediante electrólisis de agua. Esta forma de producir hidrógeno normalmente se reserva para situaciones en las que no tenemos acceso a las vías "convencionales" (las comillas responden a que la electrólisis de agua para producir hidrógeno se conoce desde hace más de 200 años, solo no se desarrolló lo suficiente), por ejemplo en zonas aisladas como barcos o estaciones espaciales. La producción de hidrógeno utilizando combustibles fósiles genera emisiones de dióxido de carbono por lo que no es una fuente ambientalmente amigable. Por distintos motivos, el caso del hidrógeno es otro en el que los científicos y tecnólogos se han preocupado más en cómo utilizarlo que en cómo producirlo limpiamente. Sin embargo el hidrógeno puede ser producido desde cualquier fuente de energía, incluso solar, eólica, entre otras, esto implica que con el desarrollo apropiado podemos tener una fuente de energía almacenable sin la necesidad de grandes baterías, transportable utilizando una red de tuberías similares a los gasoductos actuales y que como único producto de combustión generaría agua pura. ¿Qué más se puede pedir?

Pero el hidrógeno no solo puede utilizarse para generar electricidad, otra de las aplicaciones (considerando que es un gas combustible) es como reemplazo del gas natural en calefacción y cocinas. El problema de esto es siempre la seguridad. Las llamas de hidrogeno llegan a temperaturas altísimas (2500 – 3000 grados centígrados), mientras

que el gas natural a unos 1900 grados en las mejores condiciones. La llama de una cocina convencional alcanza unos 700 grados y un horno a unos 300 grados. Estas temperaturas no parecen ser problema para el hidrógeno. Sin embargo, volvemos al problema original, la seguridad. Siempre es mejor evitar la llama de hidrógeno, y aunque estamos acostumbrados a meter el fósforo en el horno a gas natural uno lo pensaría dos veces si tuviera que hacerlo en un horno a hidrógeno. Hay distintas formas de encarar este problema. Existen prototipos de hornos y calefactores con encendidos automáticos, con válvulas automáticas de corte en caso de que el hidrógeno se esté acumulando (porque la llama no se encendió o el oxígeno sea insuficiente para consumir todo el hidrógeno), pero uno de los más elegantes son los llamados sistemas catalíticos. Estos sistemas no utilizan llama. El hidrógeno se introduce en una recámara a la cual se le inyecta oxígeno o aire en exceso y que tiene un catalizador. El catalizador no se ve afectado por la temperatura y su única función es la de ser facilitador para que el hidrógeno y el oxígeno reaccionen formando agua. La reacción libera tanta temperatura que la recámara se calienta como su fuera una hornalla, pero sin llama. Más aun, la temperatura va a depender de cuanto hidrógeno se ingrese en la cámara, y la cantidad de hidrógeno se controla utilizando una válvula similar a las que tienen las cocinas actuales. Este tipo de prototipos están siendo desarrollados en todo el mundo y de hecho ya existen varias patentes de invención, por lo que se espera que en los próximos años comiencen a producirse a escala piloto.