

Medios para promover la innovación en vehículos con hidrógeno

■■■■
Maren Hunsberger
LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL
LABORATORY (USA)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8282>

Como la demanda de combustibles fósiles con reservas limitadas crece, también lo hace la necesidad de alternativas viables a su uso. En particular, los investigadores están trabajando arduamente para sustituir estos recursos en los vehículos de transporte, que representan el 70% del total mundial de consumo de petróleo. Científicos del *Laboratorio Nacional Lawrence Livermore* (LLNL) han estado a la vanguardia de la investigación durante casi dos décadas en una de las soluciones más prometedoras a largo plazo: el hidrógeno.

El hidrógeno ofrece varias ventajas en comparación con los combustibles fósiles: es de suministro ilimitado y tiene posibilidad de empleo libre de contaminación y con alta eficiencia en células de combustible. Sin embargo, el gas es difícil de almacenar de forma compacta, haciendo que a día de hoy, los vehículos de hidrógeno sean costosos y de alcance limitado. Con financiación de la *Oficina de Tecnologías para Pilas de Combustible* del Departamento de Energía, un equipo del LLNL está utilizando las nuevas instalaciones criogénicas de hidrógeno del Laboratorio para mejorar el almacenamiento y suministro de hidrógeno. A través de sus esfuerzos, los investigadores se proponen ayudar a construir vehículos de hidrógeno que satisfagan realmente las expectativas del cliente en cuanto a alcance, costo, espacio de carga y de pasajeros así como de tiempo de reabastecimiento de combustible.

GAS VERSUS LÍQUIDO

Hoy en día los vehículos de hidrógeno llevan un tanque de combustible con gas comprimido. Estos depósitos, hechos de resistente fibra de carbono ligera, almacenan el hidrógeno a temperatura ambiente y alta presión - unos 70 megapascales (MPa). Sin embargo el hidrógeno, el elemento químico más ligero, sigue teniendo baja densidad incluso cuando está altamente presurizado y por lo tanto, la obtención de energía suficiente para

una gama de vehículos prácticos requiere grandes tanques de combustible, que son caros y ocupan un valioso espacio en el vehículo.

El hidrógeno gaseoso se convierte en líquido a bajas temperaturas, alrededor de los 20°K (-253°C). El hidrógeno líquido es 60% más denso que su contraparte en gas comprimido, lo que podría hacer factible un almacenaje compacto, de alta densidad energética. Pero el hidrógeno líquido es extremadamente volátil, se evapora rápidamente y aumenta la presión por la simple transferencia de calor del medio ambiente. Por lo tanto, los tanques de hidrógeno líquido deben tener una válvula de seguridad para dar salida al exceso de gas cuando se presuriza más allá del límite de resistencia del depósito. Incluso en tanques bien aislados, es posible perder el contenido completamente.

Investigaciones anteriores realizadas sobre el hidrógeno en el LLNL mostraron que aumentando la presión de almacenaje del hidrógeno líquido se mantiene el almacenamiento de combustible y se evita la pérdida aún en las condiciones más extremas. *"Este trabajo fue clave en lograr una alta densidad de almacenamiento sin pérdidas de combustible"*, dice Salvador Aceves, director del programa del LLNL para Tecnologías de Hidrógeno. Sin embargo, dichos tanques de hidrógeno líquido criogénico todavía no están disponibles comercialmente.

ALIMENTANDO BAJO PRESIÓN

Mientras varias marcas de automóviles ofrecen vehículos de hidrógeno en el mercado a base de gas comprimido, la adopción generalizada de esta tecnología está limitada por el alto costo de los vehículos y la escasez de estaciones de recarga. Los Estados Unidos tienen aproximadamente 50 estaciones de repostaje de hidrógeno, 20 de las cuales están ubicadas en California, y se prevé que el número aumente a 100 estaciones en los próximos años. Muchas estaciones de recarga almacenan el hidrógeno en forma líquida, pero lo dispensan como gas comprimido, enfriado por la evaporación del líquido y la presurización de una serie de compresores. Aunque ineficaz y caro, este método es necesario para facilitar el almacenamiento y distribución de hidrógeno en las estaciones de servicio.

En las instalaciones de Ensayo Criogénico del Hidrógeno del LLNL, los investigadores están evaluando la viabilidad de la eliminación de muchos de estos pasos por la presurización directa del hidrógeno líquido con una bomba. Fabricada por LINDE Corp. (Munich), la bomba toma el hidrógeno líquido a baja presión (0,3 MPa) de un recipiente aislado (vaso *dewar*) y lo presuriza a la presión del depósito del vehículo (hasta 87,5 MPa) antes de la recarga. Debido a que la presurización del líquido es termodinámicamente más eficiente que la presurización del gas, la bomba suministra un flujo continuo de hidrógeno criogénico a alta presión, reduciendo considerablemente el consumo de electricidad en la estación de servicio. Lo que es más, el equipo de bombeo ocupa un espacio reducido y es más fácil de mantener.

El nuevo proceso de bombeo de líquidos ofrece dos principales ventajas para el consumidor. Primero, una bomba de tamaño relativamente pequeño puede entregar 100 kilogramos de hidrógeno líquido por hora. Como resultado, el tiempo de reabastecimiento de combustible se ha reducido a sólo cinco minutos por vehículo. El aumento de la eficiencia de bombeo también beneficia a la estación pues pueden ser atendidos más vehículos en menos tiempo y en general el costo del bombeo por vehículo es menor. La segunda ventaja para los consumidores es el aumento de la autonomía del vehículo. A diferencia del agua, que puede ser altamente presurizada sin aumentar significativamente su densidad, el hidrógeno líquido se vuelve mucho más denso cuando más se presurice. El equipo de investigación, que incluye a los ingenieros del LLNL, Guillaume Petitpas, Francisco Espinosa-Loza y Nick Killingsworth, así como a los técnicos de alta presión, Rick Buskey y Vernon Switzer, espera llenar depósitos de alta presión con densidad de 80 g/l (el doble de la densidad de hoy en los tanques de gas comprimido) a partir de una densidad de 65 g/l en los vasos *dewar*. Este aumento en la densidad del hidrógeno ofrece la posibilidad de obtener una mayor autonomía de conducción de los vehículos en comparación con los de hidrógeno comprimido convencionales.

La estación de bombeo en las instalaciones de Ensayo Criogénico del Hidrógeno



Instalaciones de Ensayo Criogénico del Hidrógeno en el LLNL

no recarga actualmente vehículos con la mayor densidad de hidrógeno molecular del hemisferio occidental. Aceves dice, *"una mayor densidad de hidrógeno sólo pueden encontrarse en pequeñas cantidades en laboratorios de física, como las mini-cápsulas de hidrógeno comprimido producido para la Instalación Nacional de Ignición del mismo LLNL"*.

CONSTRUCCIÓN DE UN DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE MEJOR

Después de investigar varias partes clave del proceso de abastecimiento de este combustible, el equipo centró su atención en mejorar los depósitos a bordo de los vehículos. El LLNL, en asociación con Spencer Composites y BMW, ha diseñado y construido varios prototipos. Para probar estos prototipos de forma segura, el equipo de investigación utiliza otro componente crítico de las instalaciones de Ensayo Criogénico del Hidrógeno - la unidad de contención de acero inoxidable controlada y supervisada a distancia. Con más de 3 cm de grosor y pesando casi 5 T - el recipiente de ensayo puede contener la energía equivalente a 1,8 k de TNT - se hace posible

ensayar a escala real depósitos y sistemas de hidrógeno de forma segura.

La unidad de contención se utiliza para el ensayo repetido de depósitos prototipo de almacenaje de hidrógeno cargados con hidrógeno líquido criogénico bombeado para ver su comportamiento. Como parte de estos experimentos, el equipo llena y vacía continuamente depósitos prototipo para simular su vida al uso. Los resultados de la prueba son luego analizadas para evaluar las fortalezas y debilidades del prototipo.

El equipo está empezando a ensayar depósitos de alta presión con material ultra fino con el objetivo de producir un depósito comercial con mayor eficiencia volumétrica, es decir, cuánto de este depósito está disponible para el almacenamiento de hidrógeno. Los depósitos de un vehículo actual alcanzan aproximadamente el 70% de eficiencia volumétrica. El equipo aspira a alcanzar el 81%. Los extremadamente delgados materiales reducen el grosor de la pared del depósito, dejando más espacio para el hidrógeno, y producen un aumento de la capacidad de almacenamiento con una mayor autonomía del vehículo.

EL FUTURO DE LA CIRCULACIÓN CON HIDRÓGENO

Hoy, los fabricantes de automóviles como Toyota, Honda, Hyundai, y Mercedes-Benz están trabajando activamente en la comercialización de vehículos impulsados por pilas de combustible alimentadas con hidrógeno. Además, varias líneas de autobuses de los condados de Alameda-Contra Costa de la zona de la Bahía de San Francisco tienen vehículos a pilas de combustible de hidrógeno con una autonomía de 355 km por tanque. En 2015, uno de estos autobuses alcanzó 20.000 horas de funcionamiento continuo, aproximadamente cuatro veces más de lo esperado. En California, el 2016 Toyota Mirai - un coche con célula de combustible a hidrógeno - se vende por unos 57.000 dólares. Que el precio de los vehículos a hidrógeno sea más competitivo, requerirá un aumento de la demanda de los consumidores, pero la falta de infraestructura de llenado hace mantener un mercado restringido.

"Las mejoras que estamos realizando en el proceso de bombeo y complementariamente nuestra investigación en recipientes de almacenamiento podría disminuir los costos y mejorar el rendimiento", afirma Petitpas. "Sin embargo, se necesitan grandes cambios en muchos ámbitos, y estos avances tardarán algún tiempo: necesitamos más pruebas, más estaciones de carga, y la mejora de otras características...pero lo estamos consiguiendo".

La labor realizada por Aceves y el equipo soporta directamente el acuerdo de la 21ª Conferencia de las Partes, COP21, celebrada en París. La COP es el órgano decisorio de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. *"Por medio de nuestros esfuerzos, estamos posibilitando vehículos prácticos a hidrógeno con mayor autonomía que pueden ayudar a reducir el cambio climático, las emisiones de dióxido de carbono", dice Aceves. Además, los recientes avances en la tecnología de hidrógeno serán resaltados en el Día Nacional del Hidrógeno y Pilas de combustible, que se celebra anualmente el 8 de octubre. "Este evento es una gran oportunidad para aumentar el conocimiento de los desarrollos actuales en el ámbito de las tecnologías de hidrógeno, incluidas las organizaciones de investigación, las infraestructuras de reabastecimiento de combustible y los vehículos disponibles comercialmente"*.



Técnicos de Ensayo Criogénico del Hidrógeno observando un depósito en el interior del contenedor de hidrógeno criogénico