

RED CACHACA

BUSES DE HIDRÓGENO

Abril 01, 2023

Darío Hidalgo

El Hidrógeno hace parte de la historia trágica del transporte, hoy es una alternativa real para la transición energética que necesitamos para respirar mejor y mitigar el inevitable cambio climático. Y llega a Bogotá en una gran iniciativa público-privada para reforzar la flota de buses cero emisiones (de tubo de escape) más grande del mundo (en ciudades fuera de China).

Recuerdo lecturas y videos en la infancia sobre el desastre de uno de los dirigibles Zeppelin que hacían viajes transatlánticos. Los globos alargados llenos de Hidrógeno, se desarrollaron a partir de 1900 como máquinas de guerra y empezaron a llevar pasajeros entre Estados Unidos y Europa en 1919.

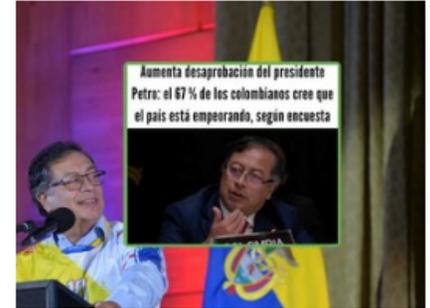
<https://es.m.wikipedia.org/wiki/Dirigible>

El desastre del Zeppelin LZ 129 Hindenburg ocurrió en Nueva Jersey en 1937 cuando una tormenta eléctrica generó la conflagración de la gigantesca nave de 245 metros de longitud (3 veces un Boeing 747) mientras intentaba atracar. La nave llevaba 97 personas (36 pasajeros y 61 tripulantes); fallecieron 35 personas.

https://es.m.wikipedia.org/wiki/LZ_129_Hindenburg

Esta tragedia, sumada a otros incendios, marcó el fin de los dirigibles

TAMBIÉN PUEDES LEER



Detector: es cierto que aumentó la desaprobación de Petro

Abril 01, 2023



para transporte, que fueron superados por aeroplanos más pesados que el aire, más económicos para producir, aunque de propulsión más costosa.

El hidrógeno y el transporte solo volvieron a darse la mano de nuevo al final de los años 80 con nuevos pilotos. La Universidad de Gergetwon diseñó y probó con éxito tres buses en 1994. Estas pruebas fueron seguidas por muchos ensayos. Por muchos años los prototipos no dieron paso a vehículos comerciales por ser muy caros.

<https://www.nrel.gov/docs/fy07osti/41967.pdf>

En 2015 se iniciaron operaciones comerciales. Para 2020 ya habían cerca de 6,000 unidades, 94% en China, con 13 marcas y dos proveedores principales de celdas de Hidrógeno.

https://www.ieafuelcell.com/fileadmin/webfiles/2021-Deployment_status_of_fc_in_road_transport.pdf

El nuevo impulso para el Hidrógeno en el transporte viene del reto planeario de detener la acumulación de CO₂ en la atmósfera para evitar las consecuencias catastróficas del calentamiento global. Estamos comprometidos en una carrera para lograr cero neto de emisiones de CO₂ en 2050, apenas en 27 añitos. Y el Hidrógeno de la tragedia de Hindenburg puede ser una de las claves tecnológicas para evitar la catástrofe de la humanidad.

Por eso es tan interesante el piloto de bus de Hidrógeno en Bogotá. El primero de un primer envío de 13 vehículos, que operarán desde el patio de Fontibón de Green Movil en rutas del SITP zonal que coordina Transmilenio SA.. Volveré sobre el bus en un momento; por ahora quiero hablar un poco más de la tecnología, su realidad y su potencial.

¿Cómo funciona?

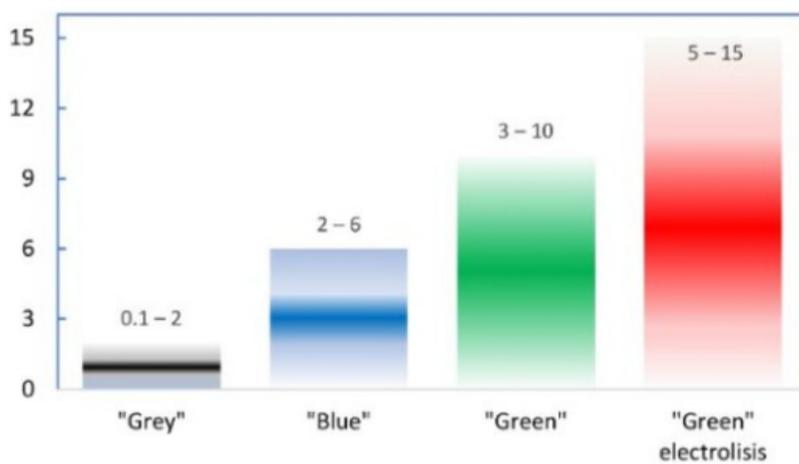
Un bus de celdas de Hidrógeno es un bus eléctrico que, en vez de baterías, acumula la energía en tanques de ese gas. Las celdas de Hidrógeno combinan el H₂ con oxígeno del aire y generan electricidad y agua. Es un proceso de electrólisis inversa que recuerda el experimento de química del bachillerato, en donde poníamos electricidad al agua y llenábamos tubos de ensayo de H₂ y de O₂.

De allí en adelante, es un bus eléctrico "normal", con bajo ruido y conducción suave, que se recarga un poquito en el frenado. El bus tiene baterías, pero de mucho menor tamaño que las que se requieren en un bus 100% eléctrico de baterías. El mismo bus puede llevar más pasajeros.

Todo bien hasta aquí. El lío no está en el bus, está en la producción de hidrógeno. Hay cinco posibles fuentes de hidrógeno: 1) hidrocarburos durante la refinación de petróleo o gasificación de carbón (H₂ gris); 2)

gas natural (CH₄) y otros hidrocarburos con captura de carbono (H₂ azul); 3) gasificación usando energías renovables como hidro, eólica, solar y geotermia (H₂ verde); 4) electrohidrólisis de agua usando fuentes renovables (H₂ verde renovable); 5) los mismos procedimientos usando energía nuclear (H₂ amarillo).

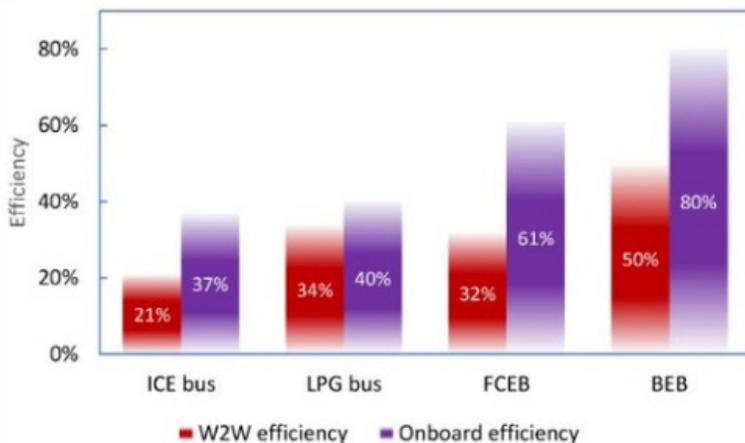
Figure 11. Approximate ratios between hydrogen prices (€/kg) in 2020.



Vodovozov, Raud & Petlenkov (2022)

La producción más barata está en el H₂ gris (0.1-2 euros por kg), pero es una fuente muy alta de emisiones de carbono. No es un camino viable a la transición energética. Le sigue en costo el H₂ azul (2-6 euros por kg) y con captura de carbono se asegura mitigación de emisión de GEI. Por ahora es más eficiente usar el gas natural directamente en la combustión que extraer el hidrógeno para luego generar electricidad. La verdadera expectativa para el Hidrógeno está en el H₂ verde producido con excedentes de plantas generadoras renovables (eólicas, solares, hidro de filo de agua, geotermicas), pero por ahora los costos son muy altos: 3-10 euros por kg para H₂ verde y 5-15 euros por kg para H₂ verde renovable. El H₂ verde y verde renovable (de electrolizador de agua), son cero emisiones de CO₂ netas; el problema es que es mejor usar la electricidad directamente en recarga de baterías que en generar hidrógeno. Un bus de H₂ puede consumir tres veces más electricidad en la producción de hidrógeno que un bus eléctrico.

Figure 7. Efficiency estimates of the four types of buses.



Vodovozov, Raud & Petlenkov (2022)

La expectativa es que la investigación y desarrollo abaraten los costos

La expectativa es que la investigación y desarrollo abaraten los costos de la electrólisis como ha abaratado el costo de las baterías. Se espera que en 2030 la reducción de costo sea de 30% frente a 2021. También que el hidrógeno sea la principal forma de acumular energía sobrante de parques eólicos y solares o de hidroeléctricas de filo de agua (la energía "sobra" cuando no se puede transmitir a la red interconectada en los casos en que la demanda es menor a la producción).

Si se comparan distintos tipos de tecnologías, la mayor eficiencia y las menores emisiones abordo están en buses eléctricos de baterías, seguidos de celdas de Hidrógeno, gas licuado de petróleo y diésel (combustión interna). Sin embargo, si se mira el ciclo completo desde el pozo (fuente) a la rueda (W2W), la eficiencia de los buses de celda de hidrógeno es similar aunque menor a LPG y mucho menor que e-buses de baterías. Se requiere entonces mayor avance tecnológico para que H2 sea competitivo, por ahora parece mejor enchufar buses de batería directamente a la red.

Hay, sin embargo, ventajas grandes de H2 sobre el eléctrico de baterías. Por la densidad energética del H2, el rango de autonomía de los buses puede ser mayor (recorren más kilómetros por "carga"), el tiempo de llenado de tanques es menor que el tiempo de recarga de baterías (15 min contra 4 horas), y no enfrentan los problemas de disposición de baterías y de disponibilidad de litio (que comenzó a escasear).

Es por eso que subirse al H2 temprano a nivel de pilotos como en Bogotá, puede ser muy interesante. Una vez bajen los costos de electrólisis o se disponga de distribución de H2 azul o verde, los operadores y la cadena de suministro ya tendrán un aprendizaje maduro sobre la tecnología. En cualquier caso son mucho mejores que los vehículos de combustión interna (diésel).

Los buses H2 de Bogotá

El piloto que comienza con un bus, contempla 13 unidades y una planta de electrólisis de agua para generar el hidrógeno. La fuente energética es la red de distribución normal de la ciudad, con el compromiso de compra de 100% renovables. <http://m.elnuevosiglo.com.co/articulos/03-28-2023-que-tan-benefico-es-el-nuevo-bus-de-hidrogeno-de-bogota-expertos-hablan>

Pero el gasto en electrólisis es grande y la eficiencia a bordo es menor que los e-buses de baterías. Las ventajas están en tiempo de recarga, autonomía, reducción de peso de baterías y vida útil (baterías duran 10 años, las celdas de hidrógeno no parecen tener límite).

El piloto es el resultado de una gran asociación público privada, especialmente impulsada por **Ecopetrol**, en asocio con el grupo Fanalca, Fenoge, Fanalca y Marcopolo. El lanzamiento contó con participación de la Alcaldesa y su equipo, y algunos congresistas (como Julia Miranda) y

la alcaldesa, el equipo, y algunos congresistas (como Juan Miranda), y la Ministra de Minas y Energía, Irene Vélez, que incluso entregó a la Alcaldesa López una molécula simbólica de H₂. Cabe anotar que la inversión en este proyecto por 22 mil millones de pesos, incluye 8 mil millones del Fondo de Energías no convencionales creado en la administración del presidente Iván Duque.

<https://portalmovilidad.com/colombia-bus-a-hidrogeno/>



Foto: Ministerio de Minas y Energía

El bus fue pintado de color cian, para distinguirlo de los eléctricos verdes, de gas natural, amarillos y de los colores tradicionales de buses zonales (azules, naranjas y vino tinto) y troncales rojos, amarillos con rojo (biarticulados de 2006-2007) y grises con rojo (duales, muchos de ellos híbridos). Desde el punto de vista de marca, los nuevos colores son llamativos (cian, verde y amarillo) y muestran que la flota se renueva a cero y bajas emisiones. Pero desde la perspectiva de los usuarios los colores no dicen mucho, no distinguen los servicios y terminamos más confundidos y hasta extrañando con nostalgia los pequeños colectivos (ver Juan Esteban Costain

https://twitter.com/Aulogelio/status/1641806647336005633?t=_bywvutehd8GRQw5pBnZRQ&s=19)

Cierre

Muy chévere ver un bus de Hidrógeno en Bogotá, parte de una pequeña flota que pone a la capital del país en el mapa global de esta tecnología, aunque sean poquitos comparados con los de Corea del Sur y China. Es un paso importante en la ruta del hidrógeno impulsada por la petrolera estatal **Ecopetrol** como parte de su compromiso con la transición energética.

Tener cero emisiones de tubo de escape es importantísimo para la salud de los habitantes de Bogotá y para la contribución que todos tenemos

que hacer a la mitigación del cambio climático. Hay ventajas del bus H2 sobre los e-buses de baterías, aunque no todavía en costo. Pero con el tiempo será una tecnología competitiva y está bien dar el salto un poquito antes, sobre todo si hay apoyo estatal. El uso de hidrógeno en buses espera ser seguido por trenes, barcos y aviones, para dar paso posteriormente a usos industriales.

Muy bien Felipe Bayón, presidente saliente de **Ecopetrol**. Que quien venga siga y acreciente su legado, protegiendo el interés nacional por encima de posiciones ideológicas.

Fuentes:

Vodovozov, Raud & Petlenkov (2022) Review of Energy Challenges and Horizons of Hydrogen City Buses, *Energies*, 15(19), 6945;
<https://doi.org/10.3390/en15196945>

https://twitter.com/linisqs/status/1641077459079557120?t=JLvrN2PN9_y1PYPPPGV-xQ&s=19

TEMAS DESTACADOS

EDUCACIÓN • 1081

MOVIMIENTOS SOCIALES • 943

MEDIO AMBIENTE • 808

CONFLICTO ARMADO • 727

DESARROLLO RURAL • 545

ECONOMÍA • 507

ÚLTIMAS NOTICIAS

Epidemia urbana: los malparqueados en los andenes de Bogotá



¡Qué irrespeto con la Séptima!



Marzo 14, 2023

Marzo 18, 2023

La calle es nuestra



Marzo 08, 2023

ÚNASE A LOS SUPERAMIGOS

El periodismo independiente que hace La Silla Vacía se financia, en parte, con contribuciones de nuestros lectores. Conviértase en SuperAmigo de La Silla, para que podamos seguir escribiendo sobre cómo se mueve el poder en Colombia. [Adquiera su membresía aquí](#)

Compartir    ·

  0

 ¿Qué está buscando?

Conflicto Armado

Educación

Coronavirus

Justicia transicional

Desarrollo Rural

Medio Ambiente

Economía

Movimientos Sociales

Paute con nosotros

Preguntas frecuentes

Políticas de Uso de Datos

¿Qué es La Silla Llena?

La Silla  **Llena.**

Síguenos:    