

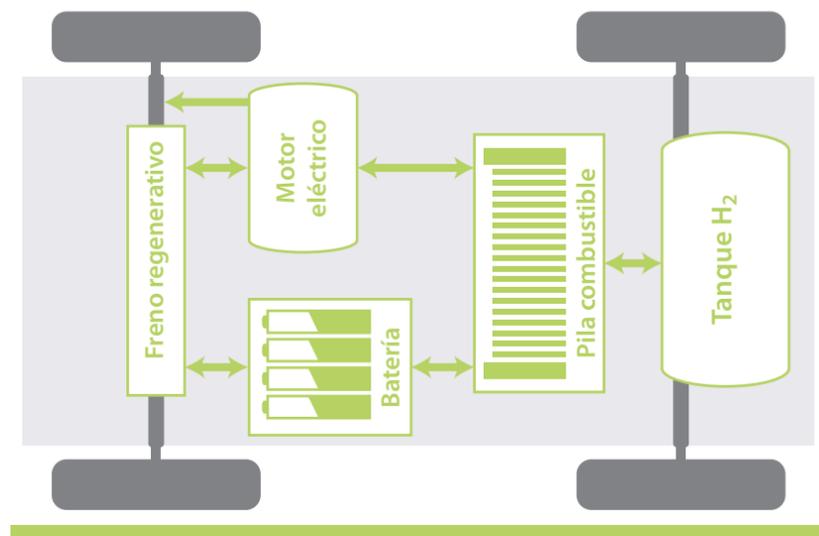
Vehículos eléctricos ¿con baterías de litio o con celda de hidrógeno?

Ing. Ricardo Berizzo
Cátedra Movilidad Eléctrica
UTN Regional Rosario
rberizzo@gmail.com

Si hay un tema que despierta profundas pasiones y enconadas discusiones en cualquier foro de aficionados a la movilidad eléctrica es sin duda la competición entre los diferentes combustibles, y muy especialmente entre baterías de litio y pilas de hidrógeno. Para muchos, la pila de combustible de hidrógeno es el "santo grial" de la propulsión sostenible. En esta oportunidad vamos a enfocar este tema teniendo en cuenta exclusivamente la eficiencia energética, ya que toda discusión es estéril si no se fundamenta en los cálculos pertinentes.

No cabe dudas que hoy en día el sistema más eficiente en términos de consumo de energía es el coche eléctrico. Veamos qué cantidad de energía aprovecha un coche eléctrico en comparación con el motor de combustión (MCI) y la pila de hidrógeno. Los costos y ventajas de cada sistema ya son tema para otro estudio, por lo que no vamos a entrar en detalle.

En general, se acepta que la eficiencia de un motor térmico suele establecerse alrededor del 25% (la eficiencia máxima en un motor naftero que se podría alcanzar está entre 25-30% y un motor diésel, entre 35-45%). Vamos a considerar una de las cifras más aceptadas y asumir ese 30% de eficiencia para todo motor de combustión.



En motores eléctricos hay un gran rango de eficiencias pero en general los usados en automoción rondan entre el 85 y el 95%, por lo que asumir un 95% es un compromiso aceptable, ya que además disponen de frenado regenerativo lo que aumenta la eficiencia. El cargador de baterías suele tener una eficiencia del 95% y la batería de litio, otro 90%. El controlador alcanza el 97% de eficiencia. (Datos de la tecnología del *Chevrolet Bolt* (GM) y baterías LG)

La cadena completa resultante cargador-baterías-controlador-motor eléctrico tiene una eficiencia total del 78,78%, pero tomando datos de distintas fuentes relativas al gasto de coches eléctricos donde muchos usuarios dan por buena una eficiencia general del proceso del 70 al 85% en función de varias condiciones.

En la actualidad los grandes volúmenes de hidrógeno que se utilizan son generados a partir de el metano, recurso no renovable.

Para el coche de hidrógeno consideramos también las eficiencias del controlador y motor mencionadas ya que un coche a pila de hidrógeno utiliza una motorización similar.

Dado que el hidrógeno no existe libre en la naturaleza, hay que generarlo. En el caso de la generación de hidrógeno hay dos posibilidades básicas. Se puede crear a partir del reformado de gas natural (metano CH₄), petróleo o mediante gasificación de carbón y otros residuos, siendo el 96% de la producción de H₂ mundial a partir de estos procesos; o si no, a partir de la electrólisis del agua. En la actualidad los grandes volúmenes de hidrógeno que se utilizan son generados a partir de el metano, recurso no renovable.

Escogemos la electrólisis por ser el único proceso que no genera dióxido de carbono ni residuos y es el único sostenible a muy largo plazo al no depender de combustibles fósiles.

(Hay que señalar el hecho de que el hidrógeno producido hoy por electrólisis es del orden de

4.9 - 5.6 kW-h por cada m³ de hidrógeno producido, lo que resulta al menos dos veces más caro que el hidrógeno obtenido del gas natural CH₄)

No tenemos en cuenta las pérdidas en la conversión corriente alterna/continua para la electrólisis que suelen ser del 10% como en el cargador del coche eléctrico. Además en la electrólisis actualmente se suele llegar a eficiencias del 55 o 60%; tomamos ese 60% como válido. Luego hay que comprimir el hidrógeno a 350 bares para que se pueda usar en los tanques del coche mediante un compresor, lo que conlleva un gasto de alrededor del 25% de la energía contenida en el gas. Consideramos 75% de eficiencia en el proceso de compresión.

En el caso de una pila de hidrógeno, los principales fabricantes como Honda (primera marca en introducir un modelo de hidrógeno en el mercado: *FCX Clarity* en 2008) no dan cifras precisas sobre el rendimiento de sus pilas pero vamos a estimarlo en un 60% de eficiencia de acuerdo a literatura especializada.





La electrólisis es el único proceso [de extracción de hidrógeno] que no genera dióxido de carbono ni residuos, y es el único sostenible a muy largo plazo por no depender de combustibles fósiles.

Esperamos que la generación eléctrica sea en un futuro libre de combustibles fósiles con un 100% de energías renovables, tanto para el coche eléctrico a baterías como para la generación de hidrógeno. Asumiremos las pérdidas técnicas en transporte y distribución del 10% en la red eléctrica e incluso a ignoramos el 5% (estimado) de pérdidas en la distribución de combustible, tanto para derivados del petróleo como para el hidrógeno que son valores bastante aceptados por la diversa literatura al respecto.

Tomando en cuenta todas estas consideraciones podemos establecer la eficiencia general y simplificada de los tres sistemas:

- » Eficiencia coche de motor térmico: $100\% \times 0,30 = 30\%$
- » Eficiencia coche eléctrico a baterías: $100\% \times \text{cargador} \times \text{batería} \times \text{controlador motor} \times \text{motor}$
 $100\% \times 0,95 \times 0,95 \times 0,97 \times 0,95 = 78,78\%$

- » Eficiencia coche de hidrógeno: $100\% \times \text{electrólisis} \times \text{compresión} \times \text{celda} \times \text{batería} \times \text{controlador motor} \times \text{motor}$
 $100\% \times 0,60 \times 0,75 \times 0,60 \times 0,97 \times 0,97 \times 0,95 = 24,13\%$

Es decir, con la energía primaria necesaria para mover un coche de hidrógeno se podría suministrar energía al menos a tres coches eléctricos a baterías. Si bien los valores pueden diferir en función de las eficiencias de los elementos constitutivos de la cadena de energía que se consideren, igualmente la diferencia es muy acentuada como para que se igualen.

Con la energía primaria necesaria para mover un coche de hidrógeno se podría suministrar energía al menos a tres coches eléctricos a baterías.

Cabría preguntarse las razones de la insistencia, por parte de algunas prestigiosas automotrices y algunas voces aisladas, en la utilización del hidrógeno como combustible ya que desde el punto de vista de la eficiencia energética queda demostrado su relativa eficiencia. Arriesgo varias opciones, pueden ser algunas, todas o ninguna: interés en el negocio de generación del hidrógeno masivo (petroleras), falta de conocimiento específico, importantes estudios secundarios que se desprenden de su aplicación y la que más se hace hincapié "velocidad de recarga igual a la de los combustibles líquidos". Por favor, saquen ustedes sus conclusiones. ■

Nota del autor. Para la realización de este artículo, colaboró el ingeniero Juan Fernández, de UTN Regional Santa Fe