

HELIODORO CATALÁN
Dr. Ing. Agrónomo

ALTERNATIVAS AL MOTOR DE COMBUSTIÓN CONVENCIONAL EN LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES





Buscar un alternativa eficaz al petróleo y sus derivados como fuente de energía de referencia, sigue siendo una de las prioridades del sector de la automoción y el transporte. Hace unos años se perfiló la electricidad como la mejor alternativa, pero con el paso del tiempo parece ser el hidrógeno quien está cobrando un protagonismo creciente.

La principal fuente de energía actual, el petróleo y sus derivados, no son ilimitados. Además, existe el problema de la contaminación que producen y otro tipo de problemas de índole geopolítica como es su ubicación y dependencia.

Si el uso del petróleo es mayor en el sector de la automoción y el transporte, es lógico que sea este sector el encargado de encabezar las investigaciones para su sustitución.

Tras los primeros años de investigación, el sector automovilístico había llegado a la conclusión de que la electricidad sería la responsable de mover a los vehículos durante los años venideros. Sin embargo, el hidrógeno ha sustituido a esta energía como el combustible con mayor potencial y nivel ecológico. Los propulsores híbridos y la 'pila de combustible' son los candidatos a suceder a los vehículos alimentados exclusivamente por gasolina.

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Este tipo de propulsión existe desde el siglo XIX y convivió junto con los motores de gasolina hasta los años '20, época en la que finalmente sucumbió a consecuencia de la mayor autonomía de los motores de gasolina y la gran infraestructura de suministro que éstos generaron. En la década de los '90, la alarma medioambiental obligó a los fabricantes a mirar atrás para recuperar una energía tan barata como limpia. Sus mayores inconvenientes son, por un lado, su relativamente poca autonomía, y por otro, el contar con unas prestaciones todavía lejanas a las de los coches convencionales. Además, esta propuesta no es completamente ecológica, ya que la producción masiva de electricidad implica grandes emisiones de CO_2. La electricidad se sigue produciendo mediante combustibles fósiles por lo que el problema sólo se traslada de la ciudad y carretera hacia las plantas de energía.

Impedimentos aparte, las marcas se han dado cuenta de que esta energía es válida para pequeños coches urbanos.

Un poco más sobre híbridos

- El Honda Insight se vende en España por 21 800 euros e incorpora el sistema IMA *(Integrated Motor Assist);* se compone de un motor de gasolina con un pequeño propulsor eléctrico (situado entre el de gasolina y la caja de cambios). Durante la desaceleración 'captura' energía que de otra manera se desaprovecharía. Todo el proceso es automático y el conductor sólo tiene que conducir de igual forma a lo que está acostumbrado. En tráfico urbano, el dispositivo detiene el motor automáticamente cuando el coche se detiene lo arranca al acelerar. El consumo medio es un 30% menor que el convencional.
- Toyota comercializa ya el Prius por un precio de 25 000 euros. Lleva una caja de cambios automática y las prestaciones son equivalentes a las de un gasolina (aceleración de 0 a 100 en 11 seg). Se reducen las emisiones de gases contaminantes en un 43% respecto al motor de gasolina, cumpliendo la normativa Euro 4 que se pondrá en marcha en enero 2006. Además, Toyota da a su Prius una garantía de 8 años para los elementos del sistema eléctrico de propulsión y de cinco para el resto. Toyota estima que la duración de la batería será la misma que la del coche. Este fabricante tiene otros híbridos como el Alphard y el Lexus RX300. Toyota dispone en su web de interesantes animaciones y explicaciones sobre el funcionamiento del Prius (http://toyota.es/showroom/Prius)

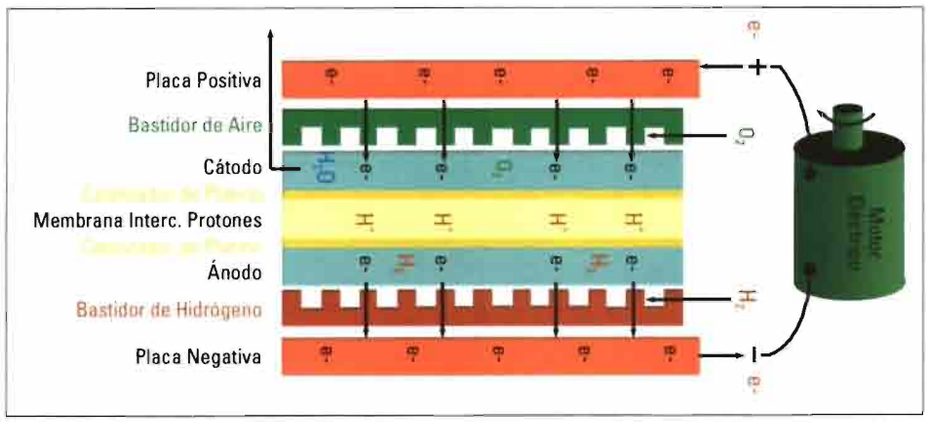


- El Efficient C de PSA adopta una tecnología híbrida que combina un motor diésel y otro eléctrico sobre un Citroën Berlingo Multispace. Se parte del famoso motor HDi de bajas emisiones y consumos. También se cuenta con generadores de corriente continua de alto rendimiento con función 'parada/arranque' del motor diésel, complemento de potencia a bajo régimen, sistema de generación de potencia eléctrica, recuperación de la energía en el frenado y tracción eléctrica a bajo régimen. Otras tecnologías al alcance son transmisiones con cambio secuencial, sistemas de control electrónico y baterías de níquel-litio.

Con un motor de combustión podemos obtener rendimientos de, cómo máximo, el 40%; con un motor eléctrico se puede llegar al 95% de aprovechamiento, así como un menor peso del motor en sí, y la posibilidad de aprovechar la energía de frenado mediante sistemas de generadores inversos. Es decir, tenemos un motor que aprovecha la energía al máximo para generar movimiento, y puede aprovechar este movimiento para recuperar una parte de la energía cuando frenamos.

La gran desventaja, aparte de las ya citadas, es la acumulación de la energía eléctrica. Las baterías a base de solución de sulfato y placas de plomo tienen un enorme peso y volumen que puede ser aceptable para camio-





nes o autobuses pero no para automóviles. Por ejemplo, la Empresa Municipal de Transportes de Madrid tiene en estos momentos 20 microbuses eléctricos haciendo el servicio habitual de autobús.

Nuevas generaciones de baterías, como la de sodio azufre, reducen un poco el problema, pero no del todo.

Aplicaciones en Transporte Público

En Madrid ya circulan autobuses con pila de hidrógeno. El vehículo, diseñado y fabricado por la empresa Irisbus (constructora de autobuses del grupo Iveco), forma parte del Programa *City-Cell* de la Unión Europea para la puesta en funcionamiento de este tipo de autobuses no contaminantes en las ciudades de Madrid, París, Berlín y Turín.

El autobús es un híbrido de propulsión eléctrica que utiliza como fuente de energía una pila de combustible (hidrógeno) que se recarga en una estación de servicio específica.

El hidrógeno que necesita la pila de combustible se obtiene a partir de gas natural, aunque los promotores de este proyecto han apuntado que el futuro 'ideal' sería obtener el combustible mediante un proceso de electrólisis del agua utilizando para ello energías renovables.

VEHÍCULOS HÍBRIDOS

La rápida evolución de los vehículos híbridos ha hecho posible que, de momento, constituyan la única realidad fehaciente en el terreno de los coches ecológicos. Estos automóviles utilizan dos motores, uno eléctrico y otro de gasolina, que actúan según las necesidades de conducción. Circulando por ciudad a bajas velocidades, el motor eléctrico es el que propulsa el coche, pero cuando éste necesita más potencia el de gasolina empieza a actuar. Las baterías que alimentan el motor eléctrico recogen la energía cinética que pierde el vehículo al producirse la deceleración, lo que los dota de una gran autonomía. Actualmente se comercializan dos modelos híbridos a gran escala, el Toyota Prius y el Honda Insight.

VEHÍCULOS QUE UTILIZAN HIDRÓGENO

Presentados como la gran alternativa a la combustión convencional, este tipo de energía está siendo la gran protagonista en los últimos tiempos. El propio presidente de Estados Unidos declaró en febrero de 2003 que su administración destinará en el año 2004 1 200 millones de dólares para el desarrollo de este tipo de vehículos.

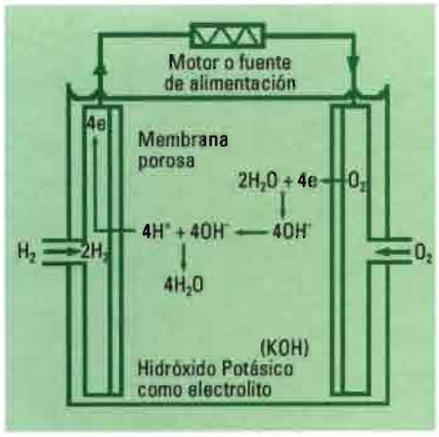
Los vehículos con motor de H_2 se consideran vehículos de emisión cero (Z.E.V.), aunque otra cuestión es la consecución del propio hidrógeno.

Existen básicamente dos tecnologías en la aplicación del hidrógeno.

Las células de combustión

Combina las ventajas del motor eléctrico, su grado de eficacia, aceleración y de par motor, así como la posibilidad de recuperar parte de la energía de frenado, con la limpieza de la 'combustión' del hidrógeno. Se trata de un sistema de combustión 'fría' en una célula con un electrolito y los electrodos dentro de unas membranas porosas, tal y como se muestra en el esquema de la página siguiente. La reacción está controlada, no es explosiva como la combustión habitual del hidrógeno. Se liberan electrones que crean la corriente eléctrica que aprovecha el motor.







De la energía inicial presente en el hidrógeno se puede traducir en movimiento un 75%, que se aprovecha con motor eléctrico. Rendimiento muy superior al motor convencional. El aprovechamiento puede llegar al 80% con sistemas de recuperación de la energía de frenado.

¿Cuál es el consumo medio de un automóvil basado en célula de combustión fría? Si partimos de que se debe sustituir a un coche de consumo equivalente a 3.5 litros de gasolina o gasóleo cada 100 kilómetros, con hidrógeno sería preciso un aporte de 14 m^3 en los mismos 100 kilómetros.

En un país como el nuestro, con un parque cifrado en torno a los 14 millones de automóviles, y suponiendo un recorrido anual medio de 15 000 km, sería preciso un aporte de 2 100 m^3 por año y coche, es decir, 30 000 millones de m^3 de hidrógeno en total.

Un m^3 de hidrógeno tiene un valor energético de 11 750 kJ, y se precisa para su producción un aporte energético un 20% superior (14 100 kJ), es decir para el total se precisa 420 millones de Gigajulios (10^9 Julios). Si se pretende producir esta energía desde energías limpias, por ejemplo fotovoltáica, de la cual se precisa 1 m^2 para producir 110 W, y con el supuesto de suministro de sol durante 6 horas/día durante 300 días al año, supone 712 800 kJ/año, es decir que se precisan 589 millones de paneles, es decir de 58 900 ha de superficie cubierta. Esta superficie es el uno por mil de la superficie española, superficie muy inferior a la que ocupan los edificios, sobre los cuales se podrían instalar estos paneles.

Si, desde el punto de vista de superficie, el problema puede resolverse, desde criterios económicos es claramente negativa. Considerando el precio actual del kW/h producido mediante energía solar, nos resultaría un coste energético entre 2.66 y 5.32 euros (sin considerar impuestos de ningún tipo), que es el triple a séxtuple de lo que se paga por litro de combustible (gasolina) con sus correspondientes impuestos.

El motor de combustión con hidrógeno

Se puede usar el hidrógeno en motor convencional de 4T (ciclo Otto) o bien en motor Wankel. En cualquier caso, se puede conseguir un rendimiento energético mayor que el equivalente de gasolina y totalmente ecológico con unas prestaciones similares al convencional.

En realidad, los coches de hidrógeno funcionan con sistemas mixtos: capaces de rendir con gasolina como con hidrógeno.

A la atmósfera sólo se expulsa, como resultado de la combustión, vapor de agua como consecuencia de la reacción exotérmica:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2 + O + \text{Energía}$$

El inconveniente en cualquier caso es el almacenamiento, ya que como líquido, el hidrógeno debe estar guardado a -252ºC, por lo que se requieren sofisticados tanques criogénicos. Su uso en estado gaseoso permite más opciones y entonces debe mantenerse a alta presión en un depósito.■

¿Qué dicen los investigadores?

Un reciente estudio del prestigioso MIT afirma que, por el momento, los motores de hidrógeno son más contaminantes que los motores híbridos (que combinan electricidad con gasolina).

Según esta investigación, convertir gas natural o gasolina en hidrógeno para su utilización en estos vehículos es una fuente de contaminación mayor y constituye un mayor consumo de energía que las que se derivan del combustible tradicional utilizado por los híbridos.

De hecho, aunque la investigación se dedique de forma agresiva al perfeccionamiento de los motores de hidrógeno, no es probable que superen a los híbridos en materia de eficiencia energética y reducción de emisiones hasta 2020.

Los analistas consideran que, en el futuro, el hidrógeno ya no provendrá del gas natural, sino del agua, a través de su separación del hidrógeno mediante el uso de energías limpias como la eólica o la solar. Por el momento, sin embargo, la 'fabricación verde' del hidrógeno es demasiado cara.

La posición de los fabricantes

(Ejemplos destacables de las diferentes iniciativas encaminadasa la reducción del impacto ambiental)

Tipo	Motor, Consumo. Potencia	Observaciones
COCHES CONVENCIONALES		
AUDI A2 3L (2001)	Gasoleo. Motor 1191 cm^3 2,99 litros /100 km. 61 CV	Producción
PILA DE HIDRÓGENO		
AC COBRA 427 HYDROGEN (1965 / 2000)	300 CV. 195 km/h	El ingeniero californiano James Heffel construyó este prototipo y ha logrado el récord de velocidad en un vehículo alimentado exclusivamente por H_2. Su aceleración es espectacular. No produce emisiones, pero su motor ruge tanto como el de antaño.
HONDA FCXV3 (2001)	58 l de H2/100 km 80.6 CV; 130 km/h	Prototipo con carrocería de Accord. La tecnología ha sido desarrollada en colaboración con Ballard y mejora, respecto a sus predecesores, la rapidez de repostaje (5 minutos) y sus cifras de aceleración.
HYUNDAI SANTA FE FCEV (2001)	97, 5 CV; 124 km/h	Prototipo del primer todo terreno con pila de combustible. Pesa 1620 kg y presenta un consumo equivalente en gasolina a 4,5 l/100 km.
DAIMLERCHRYSLER NECAR	98 CV. 145 km/h Autonomía de 200 km	Este coche, carrocería clase A, está en situación de preserie, rodando por las carreteras de California y Singapur
GENERAL MOTORS HYDROGEN 1	109 CV. 140 km/h Autonomía de 400 km De 0 a 100 en 16 s	Sobre carrocería del Zafira. Pila de combustible De 0 a 100 en 16 s. Consistente en 200 celdas en serie tan compacto como un motor convencional (590*270*500 mm)
HÍBRIDOS		
HONDA INSIGHT 2002	Gasolina y electricidad 243 CV con gasolina 204 CV con Hidrógeno	Por 3º año consecutivo nombrado coche más económico y limpio en EEUU. Es un coupé de 2 plazas que no necesita ser recargado, pues su motor eléctrico actúa como generador que recarga las baterías en las desaceleraciones.
HIDRÓGENO		
BMW 750 hL	Gasolina 98 e Hidrógeno 243 CV con gasolina 204 CV con Hidrógeno	Solo difiere del convencional en el conducto de admisión, ya que cuenta con válvulas adicionales para el hidrógeno. Es el primero del mundo en ser fabricado en serie.
ELÉCTRICOS		
FORD THINK CITY	Autonomía de 85 km. 36 CV; 90 km/h. Recarga en 4 h	Modelo de 2 plazas. Carrocería fabricada en termoplásticos y chasis de aluminio. Es reciclable en un 95%
NISSAN HYPERMINI	Autonomía de 130 km. 26 CV; 100 km/h	Modelo de 2 plazas, pensado para uso urbano y muy versatil.
NISSAN ALTRA EV	Autonomía de 160 km 83 CV; 120 km/h	Lleva baterías de litio. Es un coche con aerodinámica optimizada y mínimo peso.
BIOCOMBUSTIBLES		
VOLKSWAGEN JETTA (Bora)	Biocombustible LoNox (cía. American Biofuels)	Consume un 15 % menos que un Jetta convencional y tiene 50 % menos de emisiones de CO_2
GAS NATURAL		
HONDA CIVIC GX	Gas natural comprimido 100 CV. Autonomía de 320 km. 1.7 l SOCH de 4 cilindros	Ha sido galardonado como coche de combustión interna más limpio del mundo. Rebaja en un 98 % las emisiones de los coches convencionales. Según Honda "el aire de las ciudades es menos puro que el que desprende su coche"