

Combustibles alternativos y sistemas eléctricos

ME742, Cátedra 4

Prof. Mauricio Osses

Otoño 2006

The Argument for Alternative Fuels

“Alternative Fuels, Transportation Fuels for Today and Tomorrow”

Richard L. Betchold, SAE T-100, 2002

The vitality and economic growth of the United States is linked to affordable transportation. In comparison to most countries, the United States is sparsely populated, and when development is pursued, it assumes access by highway vehicles. The interstate highway system made possible large-scale freight movement by truck and facilitated the ability of everyone to see the country by car. The decade of the 1960s was one of the most productive in U.S. history due in part to a thriving automotive industry and inexpensive petroleum fuel. The fragility of this fortuitous situation was exposed in 1974 when the Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC) dramatically raised the price of crude oil. At about the same time, there was a growing realization that transportation vehicles were a significant contributor to degraded air quality, and the Environmental Protection Agency was formed to provide remedies. Alternative transportation fuels were seen as a way to address both of these issues and provide economic benefits as well.

In his second week in office, President Bush established the National Energy Policy Development Group which released the National Energy Policy (NEP) in May 2001. The NEP took a critical look at our current energy supplies and demands, and made several recommendations to correct imbalances. One of the major imbalances is supply and demand for petroleum fuels. Our highway transportation system is entirely dependent on petroleum fuels (with the exception of about 2.5% oxygenates added to gasoline). While vehicles today are more efficient than they were 25 years ago, the average fuel economy of new vehicles has not changed over the past 10 years, in part due to the growth of light trucks (pickups, vans, and sport utility vehicles). The NEP recommended that consideration be given to

increasing the fuel economy of new vehicles and the use of domestic renewable fuels (alternative fuels) wherever economically viable. While the NEP states that increased domestic production of petroleum fuels is desirable in the near term to help solve our transportation energy problem, it recognizes that in the long term, more efficient vehicles and non-petroleum fuels are needed to be part of the solution.

In Europe, a similar need for alternative fuels has been recognized. The European Commission (EC) has proposed new legislation to promote the use of alternative fuels for transport, starting with the regulatory and fiscal promotion of biofuels, such as biodiesel and bioethanol. A regulatory package (COM 2001 547) was adopted in November 2001 which includes an action plan and two proposals for Directives that would establish minimum biofuel content in transportation fuels and allow reduced taxation rates for biofuels¹. The action plan outlines a strategy to achieve a 20% substitution of diesel and gasoline fuels by alternative fuels in the road transport sector by 2020. It concludes that only three options would have the potential to achieve individually more than 5% of total transport fuel consumption over the next 20 years: (1) biofuels that are already available, (2) natural gas in the medium term, and (3) hydrogen and fuel cells in the long term. The first proposed Directive would establish a minimum level of biofuels as a proportion of fuels sold from 2005, starting with 2% and reaching 5.75% of fuels sold in 2010. The second proposed Directive would give Member States the option of applying a reduced rate of excise duty to pure or blended biofuels, when used either as heating or motor fuel.

What Are Alternative Fuels?

The term “alternative fuel” has been used to describe any fuel suggested for use in transportation vehicles other than gasoline or diesel fuel. Alternative fuels are not a new concept—even Henry Ford envisioned many of today’s concerns about fuel availability and the environment by investigating the use of ethanol as a renewable, home-grown fuel whose production would benefit agriculture. Alternative transportation fuels today are generally conceded to

include ethanol, methanol, natural gas, propane, hydrogen, biodiesel, and electricity (electricity is included even though it is not a fuel). Liquids made from natural gas (primarily diesel fuels, but gasolines are possible as well) are being made in increasing quantities and may soon be marketed as alternative fuels in the United States.

In addition to reducing the demand for petroleum fuels, each alternative fuel has some characteristic that gives it an environmental advantage over petroleum fuels. Most are less damaging to the environment if spilled, and in general, the emissions from alternative fuels are less reactive and toxic. This results in reduced amounts of ozone being produced, with the benefit of improved air quality. With the advent of improved emission control technology, combined with cleaner petroleum fuels such as low-sulfur reformulated gasoline and ultra-low sulfur diesel fuel, petroleum-fueled vehicles have emission levels low enough to significantly depreciate most of the emissions benefits of alternative fuels. However, many alternative fuels also produce much lower levels of greenhouse gases, which petroleum fuels will never be able to match without some sort of remediation of carbon dioxide.

Unlike other energy-using sectors, which have introduced substitute fuels and fuel switching flexibility since the oil shocks of the 1970s and 1980s, the transportation sector remains overwhelmingly dependent on petroleum-based fuels and on technologies that provide virtually no fuel flexibility. The transportation sector currently accounts for approximately two-thirds of all U.S. petroleum use and roughly one-fourth of total U.S. energy consumption. Highway transportation petroleum consumption has risen from 121 billion gallons per year in 1979 to 155 billion gallons per year in 1999 (28% over 20 years). The Energy Information Agency (EIA) of the Department of Energy projects U.S. dependence on imported petroleum will grow to 62% in 2020 from 53% in 2000². Dependence of U.S. autos and trucks on imported oil was one of the major driving forces behind Congressional passage of the Energy Policy Act of 1992, which promotes use of alternative fuels in light-duty highway vehicles.

Climate Change Pressures

The climatological and scientific community has warned that increasing concentrations of greenhouse gases in the atmosphere will cause global climate change. The single most numerous greenhouse gas is carbon dioxide, the primary combustion product of petroleum fuels. (The typical vehicle using 600 gallons of gasoline per year releases just over five metric tons per year of carbon dioxide.) According to the EIA, carbon dioxide emissions from energy use in the United States are projected to increase at an average annual rate of 1.5% between 2000 and 2020, largely due to the higher energy demand in the commercial and transportation sectors and increased electricity generation from coal. The United Nations has been instrumental in getting developed and emerging nations to agree to limit greenhouse gas emissions (i.e., the Kyoto Protocol). The United States has declined to be a signatory to the Kyoto Protocol because of the large negative effect it would have on our economy, given the policy options and technology available now to reduce greenhouse gases, even though the United States accounts for about 25% of world greenhouse gases. President Bush has indicated that he intends to develop U.S. alternatives to the Kyoto Protocol, including the National Climate Change Technology Initiative. Renewable alternative fuels such as ethanol and biodiesel have very low greenhouse gases, and other countries are implementing them as part of their plans to reduce greenhouse gases. For example, the European Union is proposing that ethanol and biodiesel account for 5.75% of fuels sold by 2010; Japan is considering introducing a policy of blending ethanol at a 10% ratio with gasoline to reduce transportation carbon dioxide emissions by 5.2% by 2012 to meet its Kyoto Protocol target. The European Union is also proposing that all petroleum fuels should have less than 10 ppm sulfur by 2005 to promote the use of more fuel efficient technologies such as diesel engines to reduce carbon dioxide emissions from transportation. Bills to reduce carbon dioxide emissions in the United States have recently been introduced. Alternative transportation fuels with very low greenhouse gases will no doubt become more in demand as pressures increase on the United States to reduce greenhouse gas emissions, especially from the transportation sector.

Combustibles alternativos

- Metanol
- Etanol
- Propano
- Gas natural
- Electricidad
- Biodiesel
- Hidrogeno

Metanol

- Metanol se utiliza generalmente en mezclas de 85% metanol y 15% gasolina, pero su uso es limitado.
- Existe la posibilidad de utilizar metanol como combustible en celdas de combustible, pero la industria automotriz parece estar optando por hidrogeno (producido a partir de gas natural) o gasolina.
- El eventual desarrollo de celdas de combustible que conviertan metanol directamente en electricidad podría hacer su uso una opción mas atractiva.
- La utilización de metanol para celdas tiene desventajas relacionadas con el establecimiento de una infraestructura para abastecimiento, combinado con preocupaciones de salud y seguridad.
- Si se usa metanol para vehículos con celdas de combustible, las ventas comerciales no ocurrirían antes del 2010.

Etanol

- En la actualidad, el principal foco de la producción de etanol es en reemplazo de MTBE en gasolina reformulada y oxigenada.
- En EEUU, casi la mitad del uso de etanol como combustible (600 millones de barriles de un total de 1.3 billones) es como un mejorador de octanaje en mezclas de 10% con gasolina.
- Otro mercado potencial para etanol es usarlo como mezcla con diesel para reducir emisiones de material particulado. Se han propuesto mezclas de 10-15%.
- Etanol también puede ser usado como combustible para vehículos con celdas de combustible. DaimlerChrysler cree que un combustible líquido como etanol es la única opción para vehículos con celdas de combustible, otorgando una autonomía de 200 millas por carga.

Propano

- La mayor cantidad de los sistemas impulsados con propano en vehículos livianos han sido del tipo de control mecánico que mezcla propano en proporción a la cantidad de aire usado por el vehículo. Dada la complejidad de los sistemas actuales de alimentación de combustible y las exigentes regulaciones de emisión, es dudoso que los sistemas de conversión tengan mucho futuro.
- Conversiones de propano con inyección tienen mayor posibilidad de éxito, pero su mayor precio impide que se generen ventas masivas.
- Se ha propuesto usar propano como combustible para celdas, pero al compararlo con gasolina u otros combustibles líquidos similares, siempre sobresale el hidrogeno producido a partir de gas natural como la mejor opción para celdas de combustible.



Gas natural

- El gas natural ofrece varias ventajas como combustible alternativo, como precio competitivo, buenas características de emisión, y un gran apoyo de la industria de gas natural. Sin embargo, aun debe superar varios obstáculos.
- Los volúmenes de producción han sido insuficientes para generar reducciones de costos significativas debido a economías de escala.
- La infraestructura de distribución por vehículo es mas cara que combustibles líquidos convencionales, lo cual limita su penetración.
- Las ventajas de emisión están disminuyendo rápidamente, vehículos livianos de gasolina están cumpliendo con certificación SULEV, mientras que la reducción de azufre en el combustible permite a los motores diesel lograr limites de emisión similares a los de gas natural.
- Mirando al futuro, el gas natural parece ser el recurso preferido para producir hidrogeno, el cual seria utilizado en celdas de combustible.



Biodiesel

- En Europa se ofrecen incentivos a través de impuestos para permitir que los países miembros de la UE introduzcan biodiesel como combustible.
- Basados en LCA, se ha encontrado que el biodiesel produce 50% menos CO₂ que el diesel convencional.
- Una desventaja importante es que el biodiesel emite mas NO_x que el combustible diesel.
- Se espera que el biodiesel alcance 5-7% del mercado diesel en Europa en mediano plazo.



Figure ES-A
Average emission impacts of biodiesel for heavy-duty highway engines

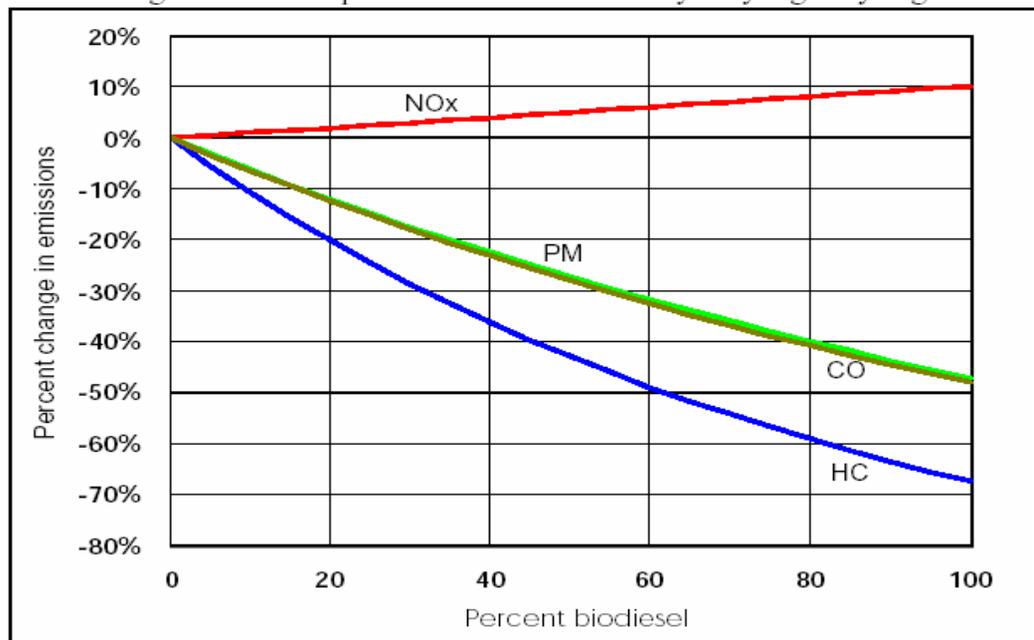


TABLE 4.1 Advantages and Disadvantages of Alternative Fuels

Fuel Type	Advantages	Disadvantages
Methanol	<ul style="list-style-type: none">• Familiar liquid fuel• Vehicle development relatively advanced• Organic emissions (ozone precursors) will have lower reactivity than gasoline• Lower emissions of toxic pollutants, except formaldehyde• Engine efficiency should be greater• Abundant natural gas feedstock• Less flammable than gasoline• Can be made from coal or wood (as can gasoline), though at higher cost• Flexfuel “transition” vehicle available	<ul style="list-style-type: none">• Range as much as half less, or larger fuel tanks• Would likely be imported from overseas• Formaldehyde emissions a potential problem, especially at higher mileage; requires improved controls• More toxic than gasoline• M100 has nonvisible flame, explosive in enclosed tanks• Costs likely somewhat higher than gasoline, especially during transition period• Cold-starts a problem for M100• Greenhouse problem if made from coal <p style="text-align: right;"><i>(continued)</i></p>

TABLE 4.1 (continued)

Fuel Type	Advantages	Disadvantages
Ethanol	<ul style="list-style-type: none"> • Familiar liquid fuel • Organic emissions will have lower reactivity than gasoline emissions (but higher than methanol) • Lower emissions of toxic pollutants • Engine efficiency should be greater • Produced from domestic sources • Flexfuel "transition" vehicle available • Lower CO with gasohol (10 percent ethanol blend) • Enzyme-based production from wood being developed 	<ul style="list-style-type: none"> • Much higher cost than gasoline • Food/fuel competition at high production levels • Supply is limited, especially if made from corn • Range as much as one-third less, or larger fuel tanks • Cold-starts a problem for E100
Natural Gas	<ul style="list-style-type: none"> • Though imported, likely North American source for moderate supply (1 mmbd or more gasoline displaced) • Excellent emission characteristics, except for potential of somewhat higher NO_x emissions • Gas is abundant worldwide • Can be made from coal 	<ul style="list-style-type: none"> • Dedicated vehicles have remaining development needs • Retail fuel distribution system must be built • Range quite limited; need large fuel tanks with added costs, reduced space (LNG range not as limited, comparable to methanol) • Dual-fuel "transition" vehicle has moderate performance, space penalties • Slower refueling • Greenhouse problems if made from coal

(continued)

TABLE 4.1 (continued)

Fuel Type	Advantages	Disadvantages
Electric	<ul style="list-style-type: none"> • Fuel is domestically produced and widely available • Minimal vehicular emissions • Fuel capacity available (for nighttime recharging) • Big greenhouse advantage if powered by nuclear or solar • Wide variety of feedstocks in regular commercial use 	<ul style="list-style-type: none"> • Range, power very limited • Much battery development required • Slow refueling • Batteries are heavy, bulky, have high replacement costs • Vehicle space conditioning difficult • Potential battery disposal problem • Emissions for power generation can be significant
Hydrogen	<ul style="list-style-type: none"> • Excellent emission characteristics: minimal hydrocarbons • Would be domestically produced • Big greenhouse advantage if derived from photovoltaic energy • Possible fuel-cell use 	<ul style="list-style-type: none"> • Range very limited, need heavy, bulky fuel storage • Vehicle and total costs high • Extensive research and development effort required • Needs new infrastructure
Reformulated Gasoline	<ul style="list-style-type: none"> • No infrastructure change except refineries • Probable small to moderate emission reduction • Engine modifications not required • May be available for use by entire fleet, not just new vehicles 	<ul style="list-style-type: none"> • Emission benefits remain highly uncertain • Costs uncertain, but will be significant • No energy security or greenhouse advantage

Source: U.S. Office of Technology Assessment

TABLE 4.2 Energy Density Comparison of Select Alternative Fuels

Energy Storage Medium (MJ/kg)	Energy Density*
Gasoline	48.24
Diesel	45.72
Methanol	22.68
Ethanol	29.52
Hydrogen (liquid) ₁	41.84
Hydrogen (gas) ₂	2.34
LPG Propane	46.3
LPG Butane	45.6
Methane	5.44
Pb/Acid Battery	0.19
Regen. Fuel Cell (H ₂ /Cl ₂)**	0.44

*Based on higher heating value of fuels

**Includes weight of magnesium-based hydride storage

TABLE 4.3 Comparison of Methanol, Ethanol, and Gasoline

	Methanol	Ethanol	Gasoline
Oxygen Content, wt%	50.0	34.8	0
Boiling Point, K	338	351	308–483
Lower Heating Value, Mj/kg	19.9	26.8	42–44
Heat of Vaporization, Mj/kg	1.17	0.93	0.18
Stoichiometric Air-Fuel Mass Ratio	16.45:1	9.0:1	14.6:1
Specific Energy, Mj/kg per Air-Fuel Ratio	3.08	3.00	2.92
Research Octane Number	109	109	90–100

Electricidad

- El futuro inmediato de los vehículos eléctricos depende de las exigencias impuestas por los gobiernos ya que sus costos y restringidos rangos de operación los limitan a un pequeño grupo de consumidores.
- California ha exigido la venta de ZEVs a partir de 2003 y aumentando en 2008, junto con New York y Massachusetts. Sin embargo, estos tres estados han anunciado recientemente su intento de reducir los porcentajes de vehículos eléctricos.
- El futuro de vehículos eléctricos parece incierto al analizarlo a través de la reciente crisis energética de California. CARB ha indicado que los vehículos eléctricos solo representarán un 0.012% de la demanda de energía para 2003.

Autos eléctricos

Son una interesante forma de vehículos de combustible alterno, aunque su rendimiento y viabilidad los deja a la zaga en esta carrera en la que los híbridos y los de celdas son punteros.

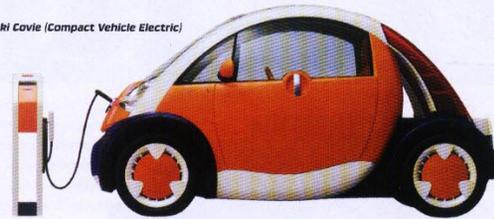
Los autos eléctricos son una forma conveniente de transporte para la ciudad, ya que su autonomía no es de más de 150 km en la mayoría de los casos y su tiempo de recarga es de alrededor de cinco horas. Sus motores son muy eficientes y afectan poco al medio ambiente. La potencia proviene de un controlador que a su vez la toma de un conjunto de baterías recargables. Si te asomas por debajo del auto, podrás ver que no existen muchas tuberías y que en su lugar hay una gran cantidad de cables. Han desaparecido el moñe, el convertidor catalítico, el tanque de gasolina y el ensamble del

clutch. La transmisión se mantiene en una sola velocidad —para trabajar sólo hacia delante y en reversa— y está conectada directamente a un motor eléctrico de corriente alterna que tiene un controlador. Las baterías se encuentran en el piso del carro y cuentan con un cargador. Algunos tienen sistemas de 120 o 240 voltios para su recarga. Las piezas básicas son el motor, el controlador y los acumuladores. El controlador regula la cantidad de energía que va de las baterías al motor y tiene como pareja inseparable al potenciómetro, el cual se encarga de transmitirle la información del pedal del acelerador.

El motor normalmente es de corriente alterna y trabaja a 240 voltios con una batería de más de 300 voltios. Éstas son normalmente de NiMH y de iones de litio, con una vida útil de alrededor de diez años. Además, en muchos modelos se mantiene un acumulador convencional de 12 voltios que sirve para alimentar accesorios como faros, computadora de viaje, estéreo y elevadores de ventanas.

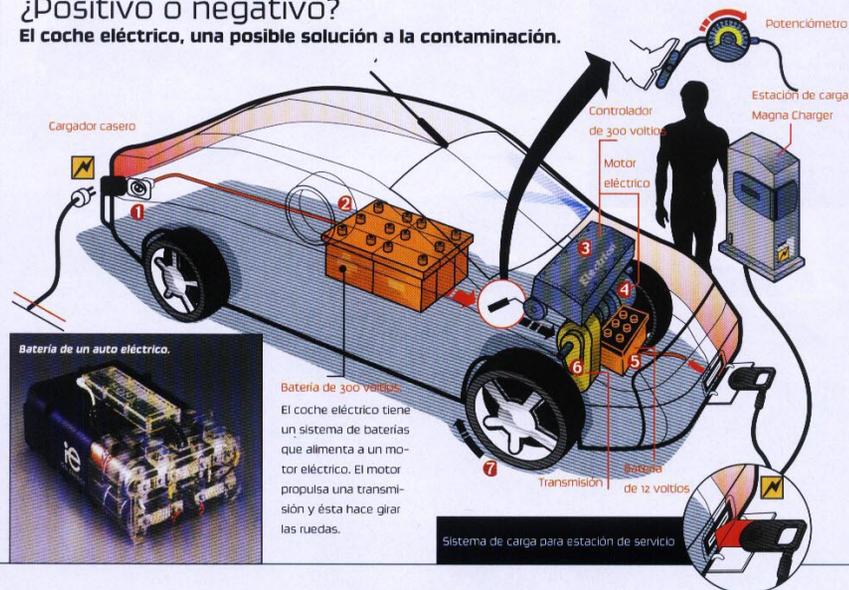
El sistema de carga puede ser de dos tipos: uno se conecta a una toma de corriente común por medio de un cable para uso industrial. Éste consume durante cinco horas aproximadamente lo mismo que 25 focos de 60 watts. Pero el uso generalizado gira en torno al Magna Charge, el cual consiste en una estación de 240 voltios instalada en la pared de la casa, con un circuito de 40 amperes; usa un 'paleta inductora' que se conecta a un ranura que se puede encontrar en el cofre o escondida en el espacio para la matrícula. La paleta y la ranura hacen las funciones de un transformador que trabaja cuando la paleta se inserta.

Suzuki Covie (Compact Vehicle Electric)

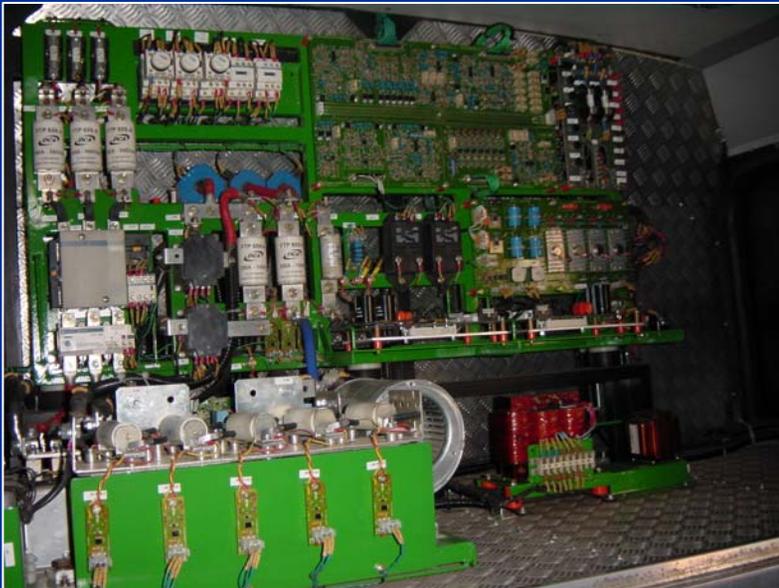


¿Positivo o negativo?

El coche eléctrico, una posible solución a la contaminación.







Hidrogeno

- El futuro del hidrógeno como combustible alternativo para vehículos depende del desarrollo de celdas de combustible.
- Cuando el hidrogeno es oxidado en las celdas de combustible la única emisión es vapor de agua.
- No obstante, el hidrogeno debe antes superar dos dificultades: costo y desarrollo de infraestructura de distribución.
- Si se descubre un método renovable para producir hidrogeno, ello mejoraría notablemente las posibilidades de usar hidrogeno a escala masiva.
- El hidrogeno presenta dificultades de almacenamiento y baja densidad energética (4/12.5 veces comparado con gasolina).

Hidrógeno puro

Las celdas funcionan con hidrógeno para obtener electricidad, pero también existen los motores de combustión interna que simplemente utilizan hidrógeno para generar poder.

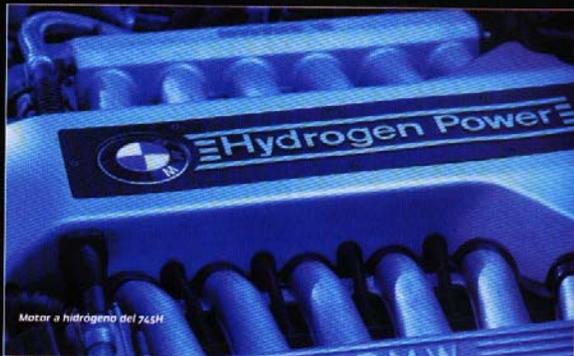
El hidrógeno es una fuente de energía que garantiza la eliminación de contaminantes y tiene la ventaja de que se puede producir en cualquier lugar con electricidad y agua. Además, es el elemento más abundante en el universo.

BMW fue la primera compañía en investigar sobre esta tecnología desde la década de los setenta, pero ahora la apuesta es con el 745H, un auto diseñado para funcionar con gasolina o hidrógeno indistintamente. Su motor V8 de 4.4 litros genera 184 hp cuando funciona con H₂; su producción ya es extensiva. Por su parte, el Mini Cooper prototipo utiliza hidrógeno criogénico.

Lo que se necesita para que estos vehículos se popularicen es el desarrollo de tecnologías más prácticas para el manejo del hidrógeno, ya que se requieren depósitos que estén cerca de los -253° C. En el 745H, el tanque de combustible tiene 70 capas de aluminio y fibra de vidrio para conservar una baja temperatura.

La seguridad es un punto a su favor, ya que en caso de rotura en el tanque de combustible, el hidrógeno se volatiliza sin provocar ningún incendio. A decir de Klaus Pehr, encargado de prototipos de BMW, la emisión de CO₂ a la atmósfera es un problema y agrega: "En ciudades grandes como México, Atenas y Los Ángeles, podremos solucionar el problema de la contaminación con el uso de esta nueva energía."

Por ejemplo, en Islandia, donde se pretende que el transporte público sea a hidrógeno, ya se instaló la primera estación pública para reabastecimiento de este combustible. Es un buen comienzo.



Motor a hidrógeno del 745H



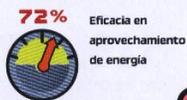
Prototipo de hidrógeno del Mini Cooper



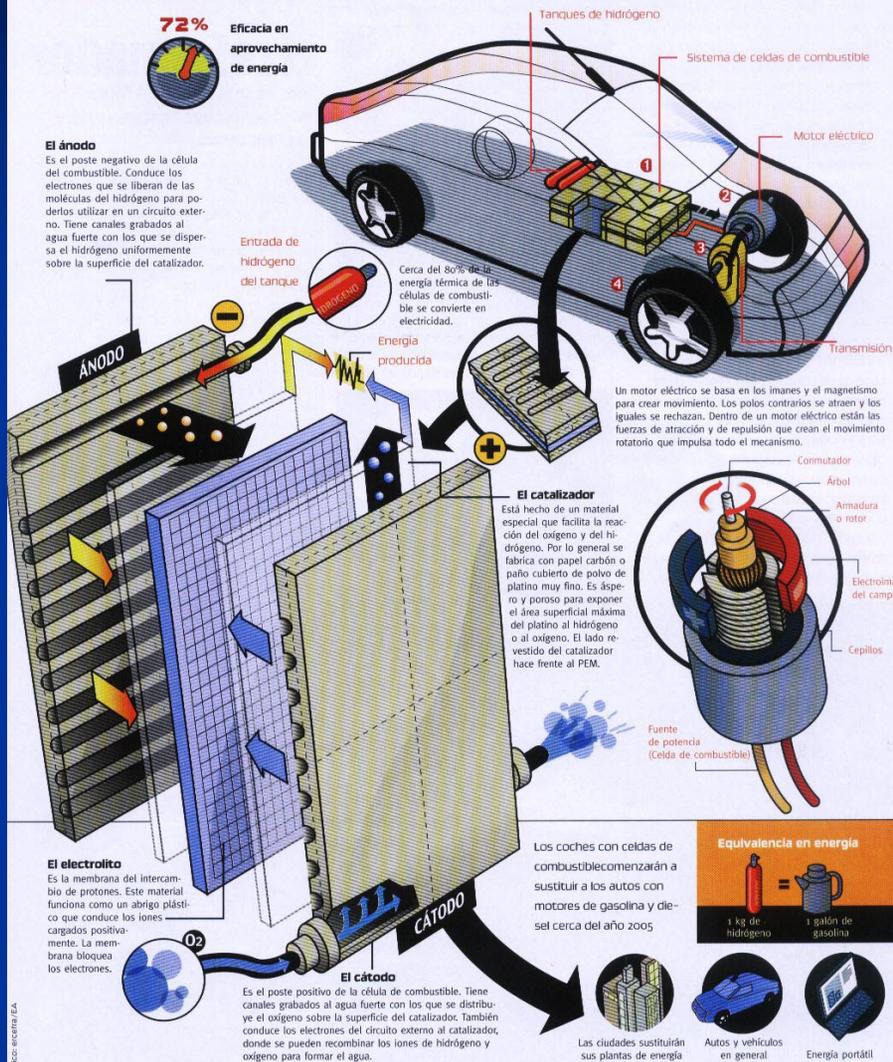
El gran inconveniente del hidrógeno: su manejo

Oxígeno+hidrógeno=electricidad

La electrólisis es el proceso por el cual el agua se descompone por medio de electricidad. Con un proceso inverso las celdas de combustible utilizan oxígeno e hidrógeno para generar energía. Ésta se almacena en baterías para alimentar el motor.



El ánodo
Es el poste negativo de la célula del combustible. Conduce los electrones que se liberan de las moléculas del hidrógeno para poderlos utilizar en un circuito externo. Tiene canales grabados al agua fuerte con los que se dispersa el hidrógeno uniformemente sobre la superficie del catalizador.



Entrada de hidrógeno del tanque

Cerca del 80% de la energía térmica de las células de combustible se convierte en electricidad.

Energía producida

Un motor eléctrico se basa en los imanes y el magnetismo para crear movimiento. Los polos contrarios se atraen y los iguales se rechazan. Dentro de un motor eléctrico están las fuerzas de atracción y de repulsión que crean el movimiento rotatorio que impulsa todo el mecanismo.

El catalizador

Está hecho de un material especial que facilita la reacción del oxígeno y del hidrógeno. Por lo general se fabrica con papel carbón o paño cubierto de polvo de platino muy fino. Es áspero y poroso para exponer el área superficial máxima del platino al hidrógeno o al oxígeno. El lado revestido del catalizador hace frente al PEM.

El electrolito

Es la membrana del intercambio de protones. Este material funciona como un abrigo plástico que conduce los iones cargados positivamente. La membrana bloquea los electrones.

El cátodo

Es el poste positivo de la célula de combustible. Tiene canales grabados al agua fuerte con los que se distribuye el oxígeno sobre la superficie del catalizador. También conduce los electrones del circuito externo al catalizador, donde se pueden recombinar los iones de hidrógeno y oxígeno para formar el agua.

Los coches con celdas de combustible comenzarán a sustituir a los autos con motores de gasolina y diesel cerca del año 2005

Equivalencia en energía



Las ciudades sustituirán sus plantas de energía



Autos y vehículos en general



Energía portátil