

Combustibles alternativos y sistemas eléctricos

ME741 – Emisiones Vehiculares

Prof. Mauricio Osses

Primavera 2006

Combustibles alternativos

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

Metanol y Etanol

- Alcohol es un excelente combustible para motores de combustión interna, y es posible producirlo de muchas formas, incluyendo biomasa renovable.
- Ethyl alcohol o etanol se produce principalmente por fermentación de biomasa, principalmente maíz y caña de azúcar. Metanol es producido más económicamente a partir de gas natural, y también se obtiene de carbón o madera.
- Etanol es, en muchos sentidos, un combustible superior, sin embargo es más caro producirlo al compararlo con metano.

Cuadro comparativo

TABLE 4.3 Comparison of Methanol, Ethanol, and Gasoline

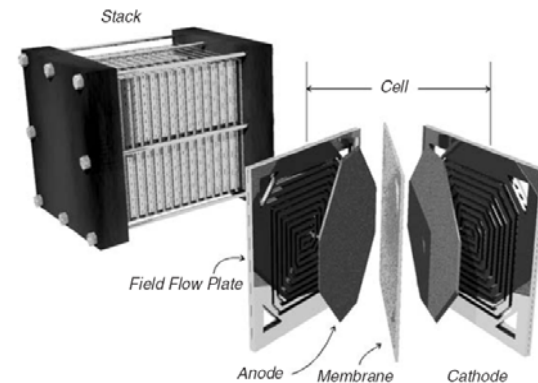
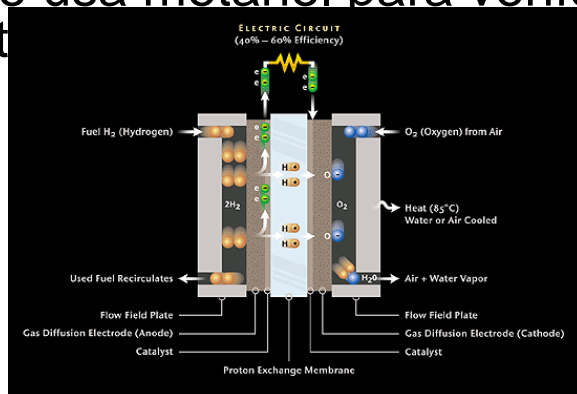
	Methanol	Ethanol	Gasoline
Oxygen Content, wt%	50.0	34.8	0
Boiling Point, K	338	351	308–483
Lower Heating Value, Mj/kg	19.9	26.8	42–44
Heat of Vaporization, Mj/kg	1.17	0.93	0.18
Stoichiometric Air-Fuel Mass Ratio	16.45:1	9.0:1	14.6:1
Specific Energy, Mj/kg per Air-Fuel Ratio	3.08	3.00	2.92
Research Octane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

Metanol (CH_3OH)

- Una de sus principales ventajas es que puede ser producido a partir de recursos abundantes tales como gas natural, carbón e incluso madera.
- Una mezcla de 85% metanol y 15% gasolina (M85) es un combustible con el cual los fabricantes de vehículos pueden adaptar sus motores con cambios menores.
- Flexible Fuel Vehicles (FFVs) pueden operar con gasolina o mezclas de gasolina/metanol. FFVs ofrecen a los usuarios un vehículo familiar, con combustible líquido, y un desempeño similar o incluso mejor que aquellos dedicados exclusivamente a gasolina.
- Sus principales desventajas son la baja densidad de energía (cercana a la mitad de la gasolina), llama invisible en M100, dificultades de partida en frío, mayores emisiones de formaldehídos, y la posibilidad que su producción se mantenga unida a los actuales países exportadores de petróleo.
- Además, metanol es tóxico y corrosivo. Su derramamiento puede producir daños a la ropa, calzado o pintura de automóviles y el contacto prolongado con la piel podría resultar en envenenamiento.

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 ventajas serían:



Emisiones asociadas



- En general, un motor de metanol produce menores emisiones nocivas de escape que un motor a gasolina comparable.
- Metanol tiene una baja temperatura de combustión de llama, produciendo menores emisiones de NOx (aprox. la mitad que gasolina)
- Es un combustible de baja volatibilidad (produciendo bajas emisiones evaporativas)
- Sus emisiones de COV tienen baja reactividad fotoquímica (tendencia a producir smog), ya que gran parte corresponden a metano (CH₄)

Emisiones asociadas

- Metanol casi no contiene azufre, por lo tanto genera bajas emisiones sulfurosas y no emite humo negro al operar en mezcla rica.
- Las emisiones de CO son similares que en gasolina, pero metanol permite incursiones más pobres de mezcla, bajando la tasa de formación de CO.
- La emisión de aldehídos es mayor que en motores a gasolina. Experimentos con mezclas metanol/gasolina indican que las emisiones de aldehídos aumentan en forma lineal con la cantidad de metanol en la mezcla. Formaldehído corresponde a cerca del 98% de las emisiones totales de aldehídos en un motor a metanol. Como comparación, solo un 31 a 54% de los aldehídos totales producidos por vehículos gasolineros son formaldehídos. Formaldehído es un constituyente del smog y es también responsable de la irritación ocular. Sistemas de tratamiento pueden reducir este compuesto con eficiencias de hasta 90%.
- Emisiones de benceno son menores que las asociadas a motores con gasolina.
- Comparado con diesel, metanol ofrece menores emisiones de NOx y partículas, mientras que las emisiones de NMOG, CO y formaldehído son mayores (pero pueden ser controladas con dispositivos de post-tratamiento).



Motores alimentados con metanol



- Metanol es ideal para ser usado en motores de combustión interna de ciclo Otto.
- Entre los problemas asociados a la utilización de metanol en vehículos corrientes están:
 - Dificultades de partida en frío
 - Problemas de contaminación de aceite lubricante
 - Mayor desgaste de motor
 - Incompatibilidad de ciertos materiales debido a las características corrosivas del metanol

Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

- Como combustible, su densidad energética por unidad de volumen es un poco menor que $\frac{2}{3}$ de la que ofrece la gasolina. Esto implica que un tanque de etanol debe tener 1,5 veces el volumen de un tanque de gasolina para generar la misma autonomía.
- Esta desventaja es disminuida si el vehículo es diseñado y ajustado para aprovechar el mayor índice de octano de etanol puro (109 vs 90-100).
- Comparado con metanol, etanol ofrece mejor densidad energética, pero tiene mayores problemas de partida en frío.

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.

Producción y utilización



- La experiencia más extensa con motores de etanol se presenta en Brasil. En 1985, los vehículos impulsados con combustibles de base alcohol alcanzaron 92% de las ventas anuales. Sin embargo, la baja de precio de los derivados del petróleo y el alza del precio de azúcar hizo este negocio muy poco rentable. Las ventas de vehículos nuevos con base alcohol han bajado a solo un 1% en el 2002.
- No obstante, la gasolina de Brasil contienen 22% de bioetanol.
- Sin considerar la amplia disponibilidad de biomasa y territorio agrícola disponible en Brasil, este programa depende de un importante subsidio para su viabilidad, y no puede ser considerado como éxito en un sentido económico amplio.

Materias primas

Caña de azúcar



Girasol



Palma



Condiciones favorables en Brasil

- Abundantes lluvias
- Extensas áreas de cultivo
- Mano de obra barata



Soya

Estado actual:

Parque automotriz del motor Flex

- Comienzo de ventas del modelo Flex 2003
- Acelerado incremento de ventas

Año	2003	2004	2005
Ventas	80.000	370.000	905.000

- A finales del 2005 representa el 70% de las ventas totales de automóviles
- Sin embargo, los automóviles Flex representan una pequeña proporción del parque automotriz de Brasil

Fuente: <http://www.fas.usda.gov>

Modelo Crossfox. Año 2003

- Motor de 1.6 litros
- Mayor potencia
- Mayor torque



Vehículo a Etanol – 1925



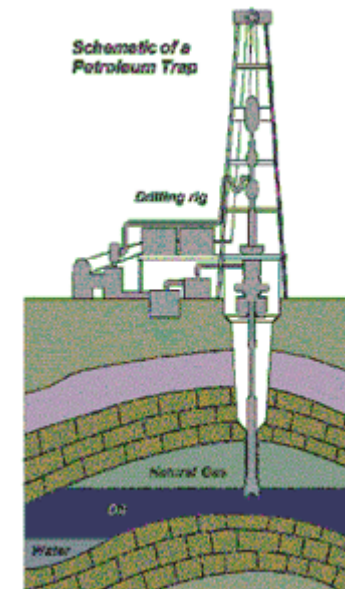
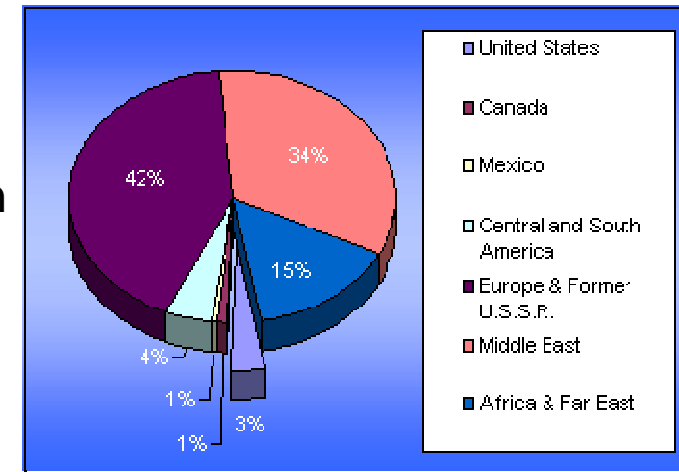
1er vehículo comercial a etanol (fiat 147) - 1979



Fuente: <http://www.volkswagen.br>

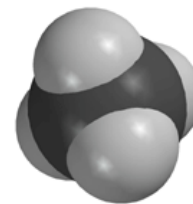
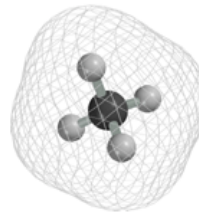
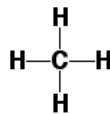
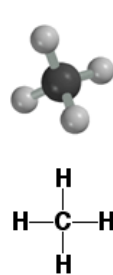
Gas Natural

- Gas natural (GN) es el combustible alternativo con mayor crecimiento en la década pasada en el sector transporte
- Esto se debe a que ofrece un precio competitivo, buenos niveles de emisión, un amplio apoyo de la industria de gas natural y es un recurso fósil abundante
- No obstante, aún enfrenta varios desafíos importantes para su implementación en gran escala (costos, volúmenes de producción limitados, almacenamiento/autonomía, distribución y llenado de tanques, y mejores niveles de emisión de combustibles convencionales)
- Mirando al futuro, gas natural parece ser el recurso preferido para producir el hidrógeno que sería utilizado por las celdas de combustible



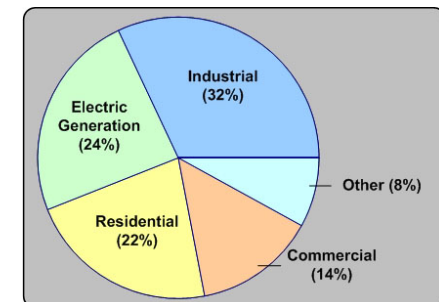
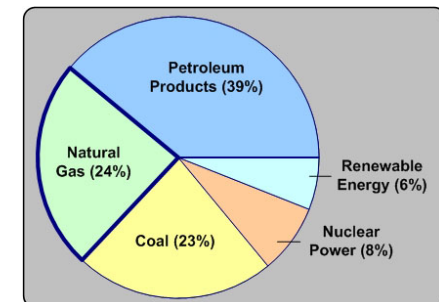
Gas natural: metano (CH_4)

- Metano es el principal constituyente del gas natural. Este sencillo gas se quema en forma limpia y es un excelente combustible alternativo
- Metano se mezcla fácilmente con aire y tiene un alto índice de octano, lo que lo hace un buen combustible para motores de encendido por chispa
- Tiene una alta temperatura de encendido lo que lo hace poco apropiado para motores de compresión, pero también es posible su uso en estos casos
- Metano no participa en la formación de ozono troposférico, pero si contribuye al calentamiento global
- La combustión de metano produce menos CO_2 que la gasolina o diesel (10%)



GN como combustible vehicular

- El uso de GN en aplicaciones vehiculares se remonta al año 1930
- A nivel mundial, existen cerca de un millón de vehículos que utilizan gas natural (otras fuentes indican 2,5 millones, www.naturalgas.org)
- Aproximadamente 130.000 vehículos en EEUU, 36.000 en Canadá, 300.000 en Italia, 400.000 en Argentina y 5.117 en Chile (www.gnv.cl)
- Aproximadamente el 3% del GN consumido en EEUU se usa en el sector transporte. La participación total del GN como combustible en EEUU es de un 24%
- El método preferido de utilización es gas natural comprimido (CNG), con lo cual se mejora la autonomía, acercándose a los combustibles líquidos convencionales en el caso de vehículos livianos
- En vehículos pesados se considera el uso de gas natural licuado (LNG) como alternativa al CNG
- También existe un método de almacenamiento por adsorción (ANG), por asimilación de metano a baja presión en materiales como carbón activado.



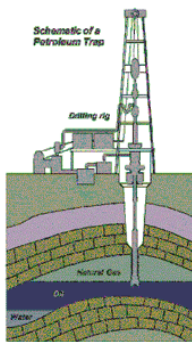
Cuadro comparativo

Table 5-3. Methane Properties Compared to Those of Gasoline and Diesel Fuel

Fuel Property	Natural Gas (Methane) ^c	Gasoline ^a	No. 2 Diesel Fuel ^a
Formula	CH ₄	C ₄ to C ₁₂	C ₈ to C ₂₅
Molecular Weight	16	100-105	200 (approx.)
Composition, Weight %			
Carbon	75	85-88	84-87
Hydrogen	25	12-15	13-16
Oxygen (oxygenated or reformulated gasolines only)	0	0-4	0
Lower Heating Value, 1000 kJ/L (1000 Btu/gal)	see Table 4	30-33 (109-119)	35-37 (126-131)
Flash Point, °C (°F)	-188 ^d (-306)	-43 (-45)	74 (165)
Autoignition Temperature, °C (°F)	540 ^e (1004)	257 (495)	316 (600)
Flammability Limits, Vol%			
Lower	5 ^d	1.4	1.0
Higher	15	7.6	6.0
Stoichiometric Air-Fuel Ratio, Weight	17.2	14.7	14.7
Flame Visibility	Visible in all conditions ^b	Visible in all conditions ^b	Visible in all conditions ^b
Octane Number			
Research	120 (estimated)	88-100	-
Motor	120 (estimated)	80-90	-

Tecnología de producción

- El GN se encuentra en forma natural en la Tierra y se obtiene de pozos, estando su explotación asociada a la extracción de petróleo
- La composición del GN varía según su origen, siendo en gran parte metano, dióxido de carbono, nitrógeno, y pequeñas cantidades de hidrógeno y helio
- Existe una amplia red de infraestructura para la extracción, transporte, almacenamiento y distribución del GN, la cual está incluso siendo subutilizada





Gas Licuado de Petróleo

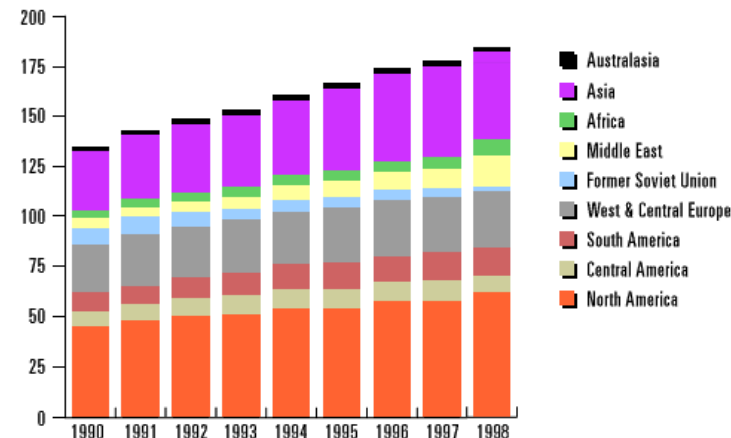
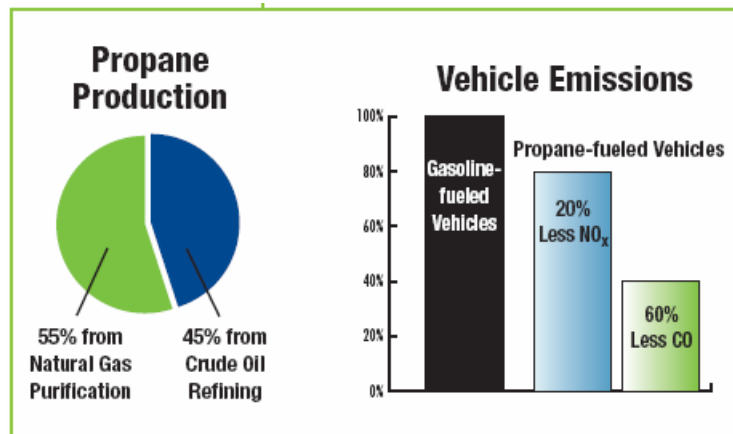
- Gas licuado de petróleo (GLP ó LPG) consiste de varios compuestos químicos, principalmente butano (C_4H_{10}) y propano (C_3H_8)
- Otros hidrocarburos como el Propeno (C_3H_6), el isobutano (metilpropano) , butenos (C_4H_8) y en menor cantidad etano (C_2H_6), también son encontrados en el GLP
- GLP es un gas a temperatura ambiente pero cambia a estado líquido al ser comprimido a 200 psi
- GLP es ampliamente utilizado para uso doméstico, residencial e industrial, y en menor medida como combustible vehicular
- En motores de ciclo Otto es preferible usar gas propano debido a su menor punto de ebullición y mayor índice de octano
- Ambos compuestos tienen bajo contenido de azufre y aromáticos, generando bajas emisiones
- GLP es ampliamente utilizado en Japón y Europa (Italia y Holanda). EN EEUU hay más de 350.000 vehículos que utilizan este combustible y se estima que existen sobre 4 millones a nivel mundial

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.

Producción y emisiones

- El GLP se obtiene principalmente del proceso de depuración del GN y también durante la refinación de crudo
- Sus emisiones dependen fuertemente de la formulación del gas, las condiciones de utilización, y el sistema vehicular
- Bajo óptimas condiciones se obtienen ventajas ambientales en CO, HC, NOx y MP. Sin embargo, la aplicación más general es con vehículos convertidos donde las ventajas disminuyen
- El consumo actual de GLP en el mundo, para diferentes usos, supera las 180 millones de toneladas año, concentrándose la producción en Norteamérica, Medio Oriente y Europa Occidental



GLP en aplicaciones vehiculares

- Alrededor del 5% del total de GLP producido en el mundo es utilizado por el sector transporte. Más de 10 millones de toneladas fueron consumidas para uso automotriz durante 1998 en un parque mundial estimado en 4.677.580 vehículos
- La tabla muestra el consumo, número de vehículos y número de estaciones surtidoras de GLP (estadísticas año 1998) en los principales países donde se utiliza este combustible para uso automotriz

PAIS	CONSUMO [ton]	VEHICULOS	ESTACIONES
S. Corea	1759000	493000	557
Japón	1670000	296300	1932
Australia	1358000	530000	3500
Italia	1316000	1210000	1650
USA	1286000	270000	4000
Holanda	725000	325000	2000
Canadá	465000	121000	3000
México	404000	300000	1000
Ex Unión Soviética	343000	80000	320
Polonia	300000	350000	800
Otros			
Total	10636000	4677580	23073



Biodiesel

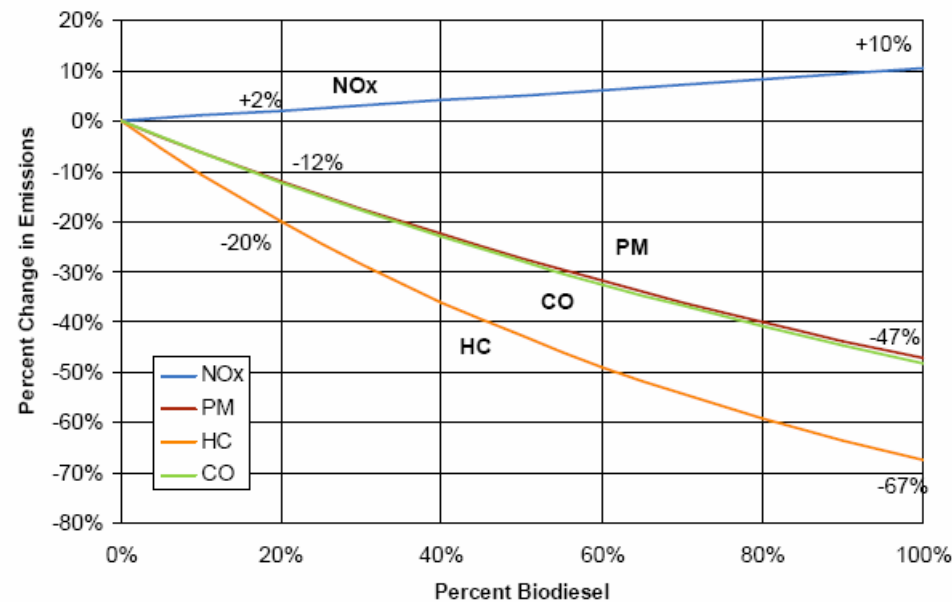
- En Europa se ofrecen incentivos a través de impuestos para permitir que los países miembros de la UE introduzcan biodiesel como combustible.
- Basados en LCA, se ha encontrado que el biodiesel produce 50% menos CO₂ que el diesel convencional.
- Una desventaja importante es que el biodiesel emite mas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

Antecedentes generales

- Es un combustible de producción doméstica, que puede ser producido a partir de aceites vegetales, grasas animales y reciclados de cosechas tales como soya, canola (raps), maíz y girasoles (conocidas como oleaginosas)
- Biodiesel es un combustible seguro en su utilización, biodegradable, y reduce contaminantes ambientales tales como material particulado, CO, HC y compuestos tóxicos
- Mezclas de 20% biodiesel con 80% petróleo diesel (B20) pueden ser usadas en motores diesel sin modificaciones. Sin embargo, los usuarios deberían consultar a sus OEM y fabricantes de motores por los alcances de la garantía
- Biodiesel también puede ser usado en forma pura (B100), pero en este caso se requieren modificaciones al motor para evitar problemas de mantención y desempeño, así como puede ser no apropiado para condiciones de bajas temperaturas

Emisiones

- El uso de biodiesel en motores diesel convencionales reduce substancialmente las emisiones de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, sulfatos, compuestos aromáticos policíclicos y nitratos y material particulado
- Estas reducciones aumentan al aumentar la cantidad de biodiesel en la mezcla. Los mejores resultados de emisión son con B100



Emisiones

- El uso de biodiesel disminuye la fracción sólida de carbono del material particulado (el oxígeno presente en el biodiesel facilita una combustión más completa en CO_2) y reduce la fracción de sulfatos (biodiesel contiene menos de 15 ppmS), mientras que la fracción soluble asociada a compuestos orgánicos volátiles permanece igual o crece. Por este motivo, biodiesel se complementa bien con tecnologías de control de emisiones tales como catalíticos de oxidación, los cuales reducen la fracción soluble del material particulado pero no su fracción de carbón sólida.
- Las emisiones de óxidos de nitrógeno aumentan con la concentración de biodiesel en el combustible, llegando aproximadamente a 2% para B20. Algunos tipos de biodiesel producen más óxido de nitrógeno que otros, donde algunos aditivos han mostrado resultados promisorios para aminorar este problema. No obstante, es necesario dedicar más esfuerzos de I&D para resolver este tema.

Ventajas

- No contiene azufre.
- No contiene aromáticos.
- Aumento del índice de cetano, alrededor de 55.
- Biodegradable.
- No altera el equipo de mantenimiento.
- No es necesario convertir ni cambiar motores.
- No requiere nueva infraestructura ni adiestramiento.
- Rendimiento similar al del diesel.
- No altera el torque.
- No altera considerablemente el consumo.
- No altera el tiempo de recarga de combustible.
- Complementa las nuevas tecnologías diesel para reducción de contaminantes.
- Mejora la lubricación en el circuito y bomba de inyección.
- La mezcla es estable y no se separa en fases.
- Reduce las emisiones de MP, CO y HC gracias a su composición.

Ventajas

- El biodiesel puro tiene toxicidad acuática baja y es totalmente biodegradable en cerca de 30 días. Esta característica reduce substancialmente el impacto de derramamientos accidentales y lo hace ideal para el uso en áreas ambientalmente sensibles, incluyendo los canales. Cuando el biodiesel se mezcla con el combustible diesel regular, la biodegradación se acelera a cerca de tres veces el índice normal del combustible diesel.
- Una ventaja secundaria de la producción del biodiesel es que crea más empleo pues es tres a seis veces más trabajo intensivo por la unidad de producción que los combustibles fósiles.
- Europa, los Estados Unidos, Nueva Zelandia y Canadá han conducido extensas pruebas de biodiesel en autos, locomotoras, autobuses, tractores y barcos pequeños. La prueba ha incluido el uso de biodiesel puro y de varias mezclas con diesel convencional. Los resultados indican desgaste reducido del motor mientras que el funcionamiento sigue siendo virtualmente sin cambios. Muchas pruebas han concluido que los mejores resultados totales están obtenidos con una mezcla de 20 por ciento de biodiesel y de 80 por ciento de diesel convencional (B20).

Desventajas

- Al utilizarse como combustible puro genera problemas de corrosión.
- Es una tecnología nueva con riesgos de implementación a escala masiva.
- Aumenta las emisiones de NOx.
- La desventaja principal del biodiesel es el alto costo de producción, es decir, el valor de mercado del biodiesel se eleva demasiado si no se subsidia la producción y se libera de los impuestos específicos de los combustibles fósiles, para de esta forma poder competir con el precio del diesel convencional.
- Una preocupación adicional son las consecuencias para el medio ambiente del uso creciente del fertilizante y del pesticida en la producción del biodiesel, en el proceso de siembra y cosecha de la oleaginosa (canola, soja, girasol, etc.)

Futuro

- Se predice que el biodiesel alcanzaría entre 5-7% del mercado de combustible diesel en Europa, basándose en las plantas de producción existentes y planeadas.
- Lo anterior implica que más de un millón de toneladas de biodiesel serán producidas en la Unión Europea, más 40 mil toneladas adicionales en la República Checa.
- Estimaciones en Europa indican que el mercado de biodiesel crecerá de U\$504 millones el 2000 a U\$2,4 billones el 2007, con una tasa anual de crecimiento de 25% en el período de análisis.
- Como parte del Protocolo de Kyoto, la Unión Europea se ha comprometido a reducir sus emisiones de CO₂ en un 8% entre 2008 y 2012. Basándose en LCA, se ha encontrado que el biodiesel produce 50% menos CO₂ que el diesel convencional, apuntando a una promoción de gran escala para el mercado de este producto.
- En Europa, los países que utilizan biodiesel son: Alemania, Austria, España, Suiza y Francia, principalmente.



EEUU, experiencia con soya



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.

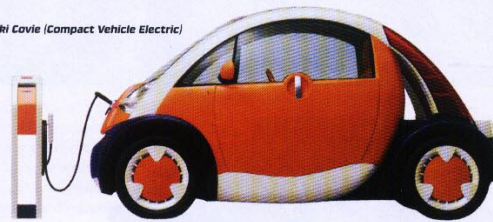
Los autos eléctricos son una forma conveniente de transporte para la ciudad, ya que su autonomía no es de más de 150 km en la mayoría de los casos y su tiempo de recarga es de alrededor de cinco horas. Sus motores son muy eficientes y afectan poco al medio ambiente. La potencia proviene de un controlador 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 mofle, 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.

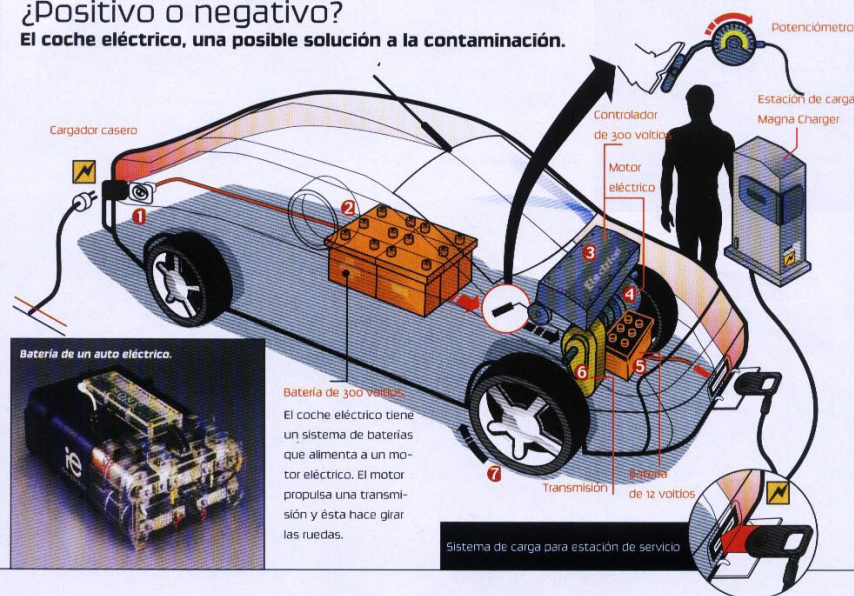
El sistema de carga puede ser de dos tipos: uno se conecta a una toma de corriente común por medio de un cable para uso industrial. Éste consume durante cinco horas aproximadamente lo mismo que 25 focos de 60 watts. Pero el uso generalizado gira en torno al Magna Charge, el cual consiste en una estación 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.

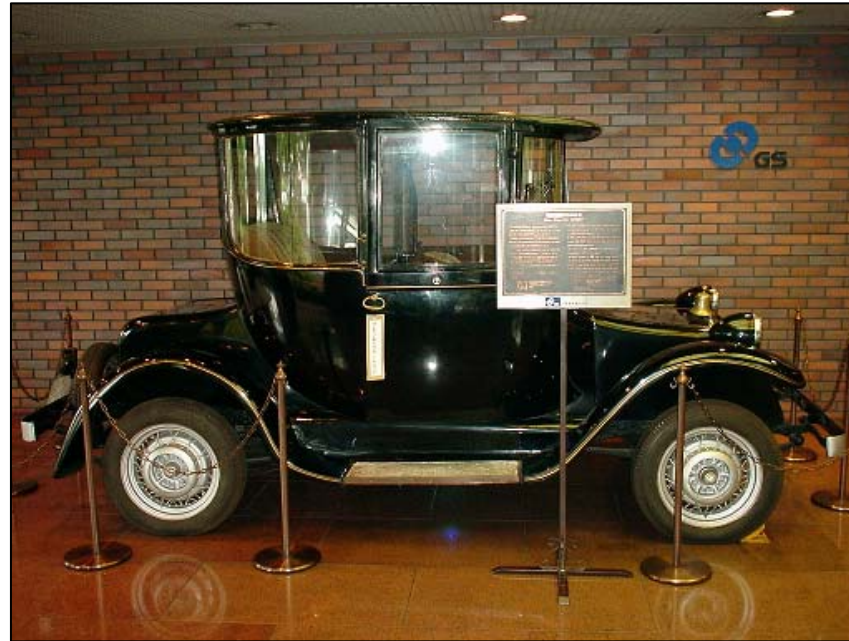
Suzuki Covie (Compact Vehicle Electric)

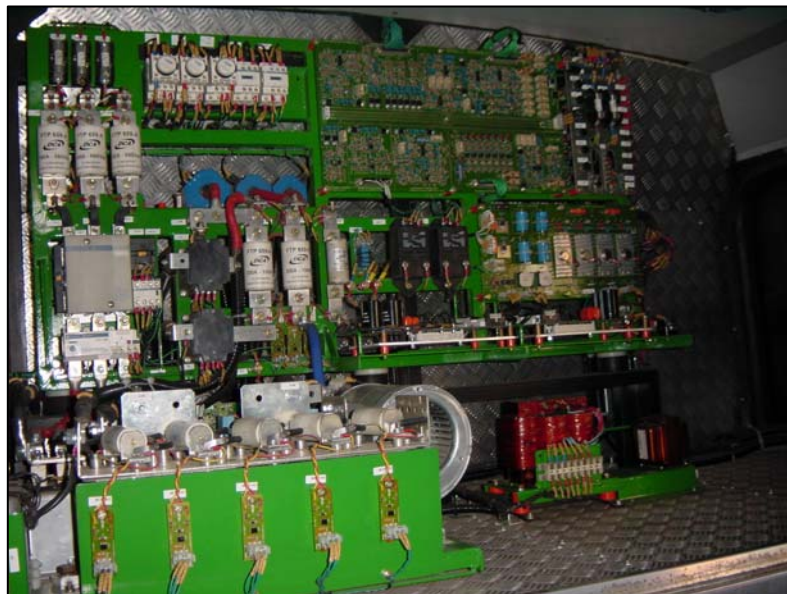


¿Positivo o negativo?

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).

Celdas de combustible

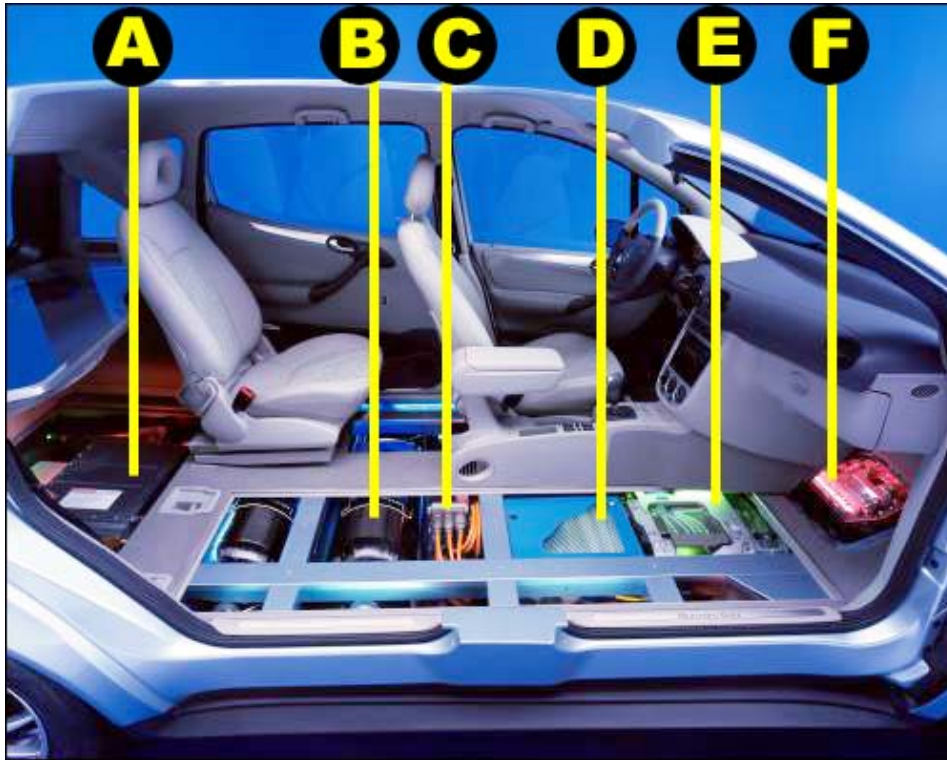
- ¿Qué es una celda de combustible?
 - Artefacto electroquímico
 - El combustible reacciona con un oxidante para producir electricidad de forma directa
 - Pueden funcionar con una variedad de combustibles
 - Hidrógeno (abundancia y nulas emisiones contaminantes)
 - Metanol
 - Combustible como “contenedor” de hidrógeno => reformación
 - Altamente eficientes



Tipos de celda de combustible

Tipo de celda	Temp. Op.	Pros Con
Polymer Electrolyte Membrane (PEM)	80°C	<ul style="list-style-type: none">•Bajo costo potencial, partidas rápidas•Catalizadores caros (platino), sensibilidad al CO y otros venenos.
Alkaline (AFC)	100°C	<ul style="list-style-type: none">•Alto desempeño, catalizadores bajo costo•Alta sensibilidad al CO₂
Phosphoric Acid (PAFC)	200°C	<ul style="list-style-type: none">•Tolerancia a impurezas•Catalizadores caros, baja densidad de potencia, partidas lentas
Molten Carbonate (MCFC)	600+°C	<ul style="list-style-type: none">•Alta eficiencia, bajo costo catalizadores, reformación de gas natural en la celda•Corrosión, durabilidad, partidas lentas
Solid Oxide (SOFC)	600+°C	

Celdas de combustible en automóviles



Componentes principales

A.- Batería.

B.- Tanques de hidrógeno.

C.- Unidad de control.

D.- Módulo de las celdas de combustible.

E.- Módulo del sistema.

F.- Motor Eléctrico.

No aparecen el compresor de aire ni el intercambiador de calor

¿Pueden suceder los suficientes avances?

¿Cuánto tiempo falta que vehículos con celdas de combustibles puedan ser producidos en masa?

El Hidrógeno

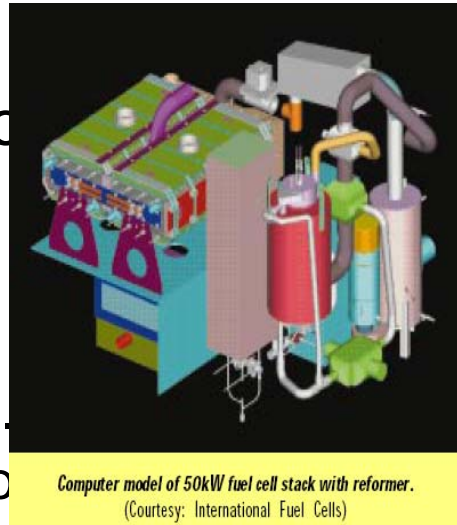
- Ventajas
 - No produce Emisiones de CO₂.
 - Alta Densidad Energética E/m.
 - No Toxico.
 - Alto Límite inferior de Inflamabilidad.
 - Alta Temperatura de Combustión Instantánea.
 - Muy Seguro en Espacios abiertos.

El Hidrógeno

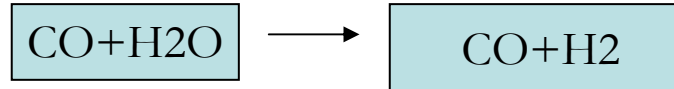
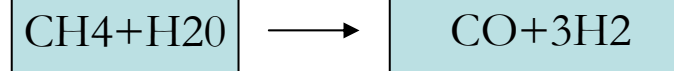
- Desventajas
 - Baja Densidad Energética E/V.
 - Baja Temperatura de Licuefacción.
 - Baja Energía de Activación.
 - Extremadamente Volátil.
 - Menos Seguro en Espacios Confinados

Producción de Hidrógeno

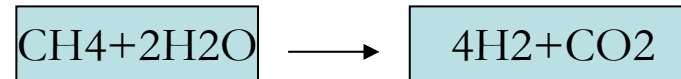
- Usando Hidrocarburos
 - Gasolina.
 - Metano.
 - Etano.
 - Gas Natural.
 - Gas Licuado.



Ejemplo: Producción de Hidrogeno, usando Metano (CH₄)



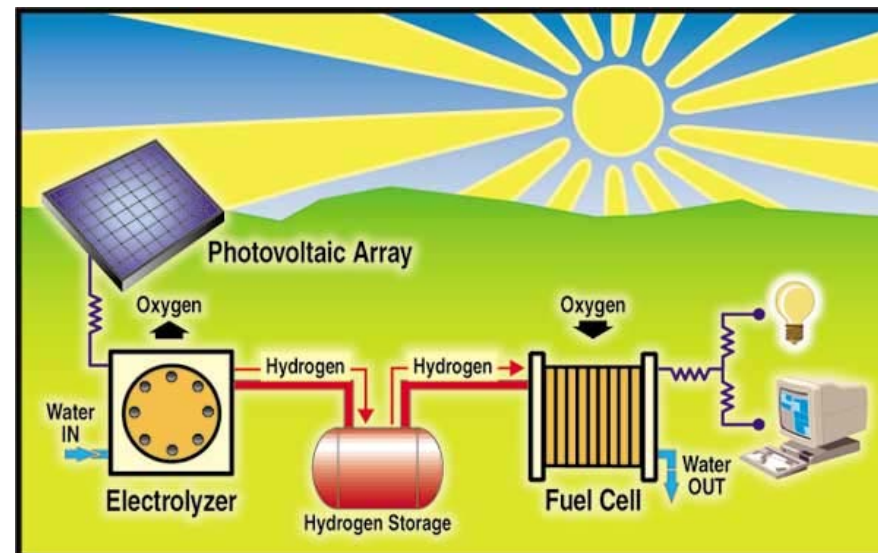
Reacción Completa



- Usando Energías Renovables.
 - Eólica.
 - Solar.
 - Biomasa.

Ejemplo

- Producción Fotobiológica (U de Chile)



Vehículos concepto



Toyota FINE-S



GM Sequel



DaimlerChrysler B-Class F-Cell



General Motors Hy-Wire



NECAR 5



Audi A2 Fuel Cell Hybrid



Ford's THINK P2000



Jeep Commander 2

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.

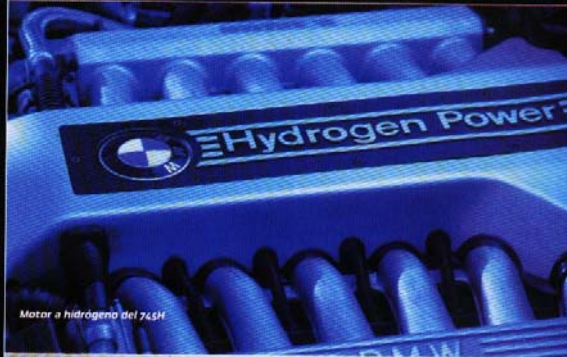
El hidrógeno es una fuente de energía que garantiza la eliminación de contaminantes y tiene la ventaja de que se puede producir en cualquier lugar con electricidad y agua. Además, es el elemento más abundante en el universo.

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 Peht, 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.



72%
Eficacia en
aprovechamiento
de energía

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 combusti-
ble se convierte en
electricidad.

Energía
producida

Tanques de hidrógeno

Sistema de celdas de combustible

Motor eléctrico

Transmisión

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.

O₂

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.

Commutador

Árbol

Armadura o rotor

Electroimán del campo

Cepillos

Fuente de potencia
(Celda de combustible)

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

1 kg de hidrógeno = 1 galón de gasolina



Las ciudades sustituirán sus plantas de energía



Autos y vehículos en general



Energía portátil

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