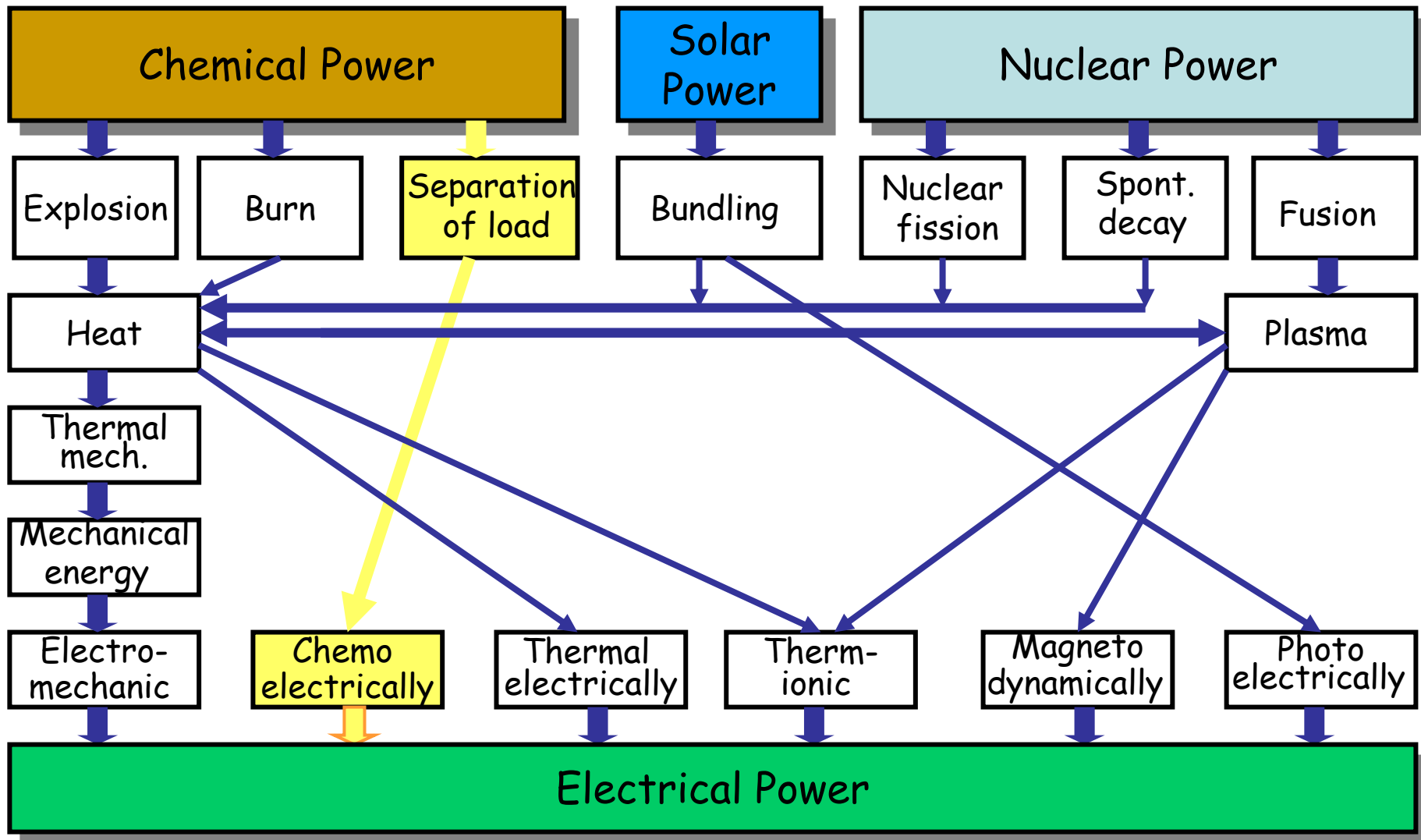
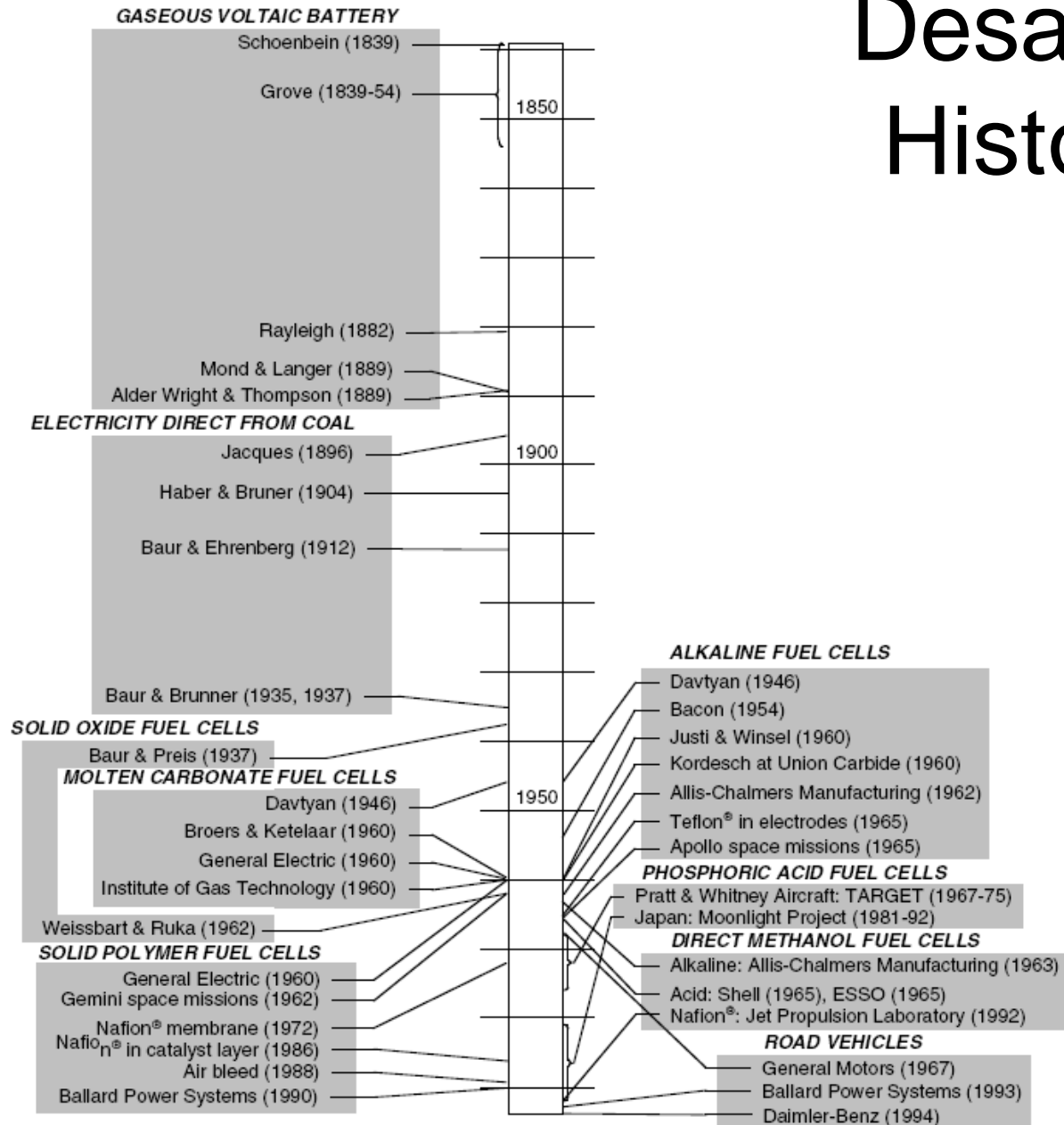


Celdas de Combustible

Tipos de Energía / Formas de Transformación



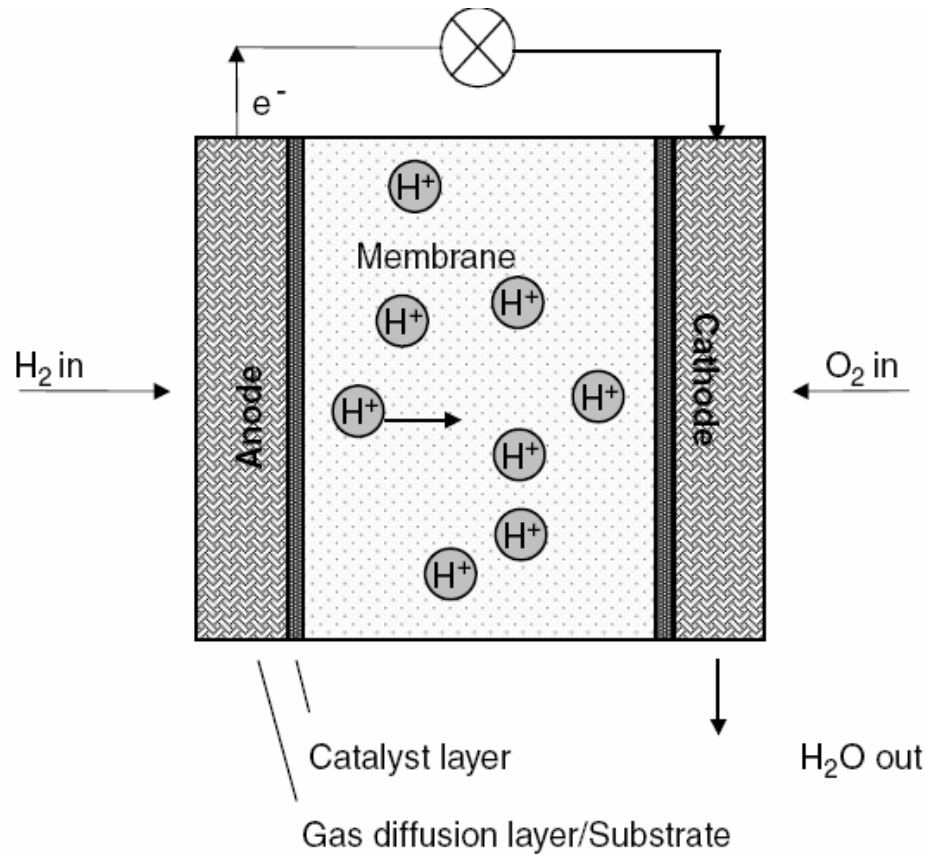
Desarrollo Histórico



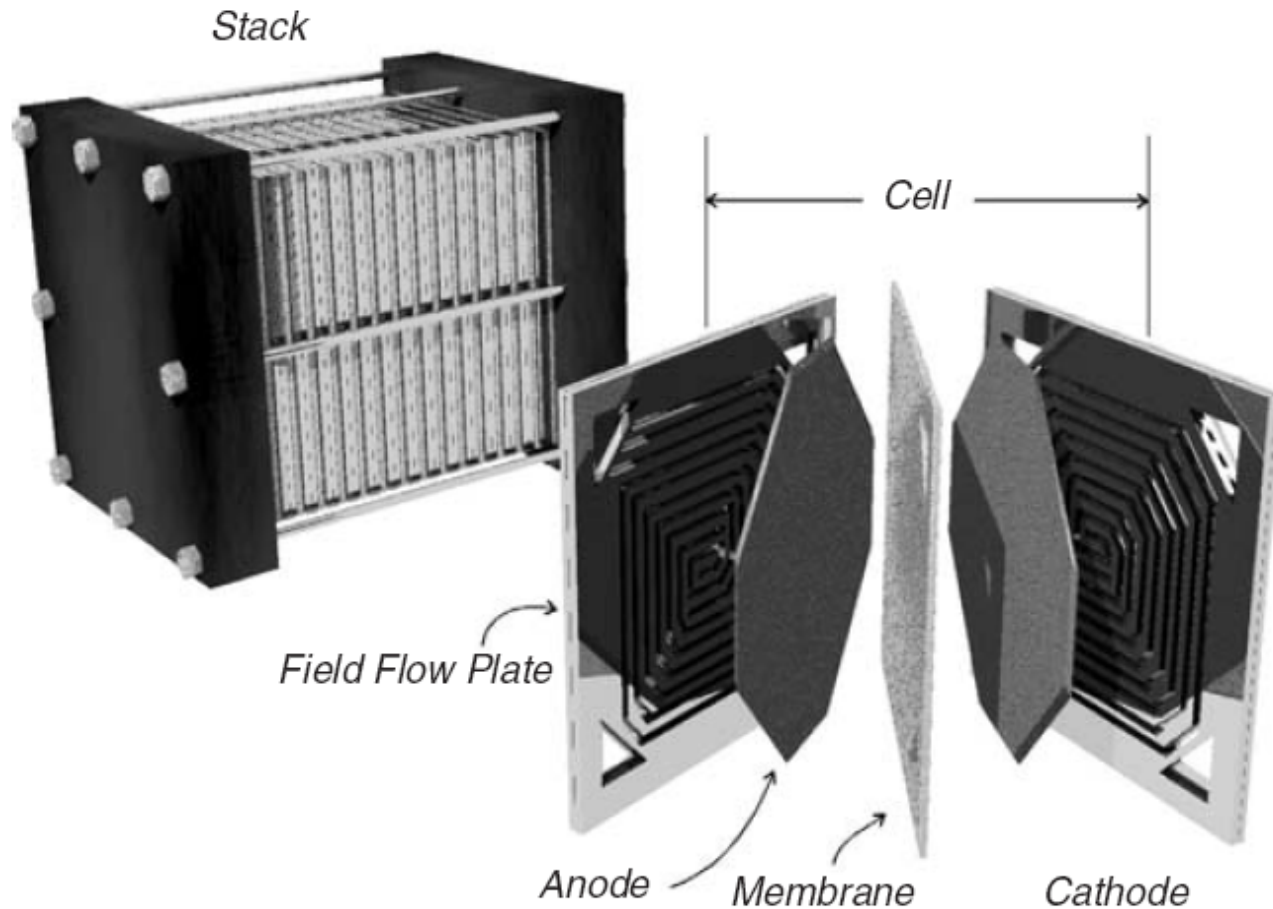
Familias de Celdas

- **Acido Fosfórico (PAFC):** Es la única que se ofrece en el mercado para capacidades superiores a los 100 kW. Existen en el mundo 12 organizaciones que comercializan o desarrollan PAFC. Se utilizan en centros comerciales y tienen rendimientos de 40% y pueden llegar al 85% con reutilización del vapor.
- **Carbonato Fundido (MCFC):** Su utilización se centra en la generación a gran escala, existiendo módulos de hasta 5 MW en el mercado.
- **Oxido sólido (SOFC):** También funcionan a elevadas temperaturas, las que necesita para transformar internamente los combustibles. Pueden tener grandes capacidades instaladas
- **Intercambio de protones (PEM):** Estas FC han presentado una baja considerable de sus costos y se han encontrado electrolitos más resistentes a la degradación a causa de contaminantes producto de las transformaciones. Una de las ventajas de esta FC es su rápida toma de carga, lo que la hace atractiva para el mercado de los automóviles eléctricos.

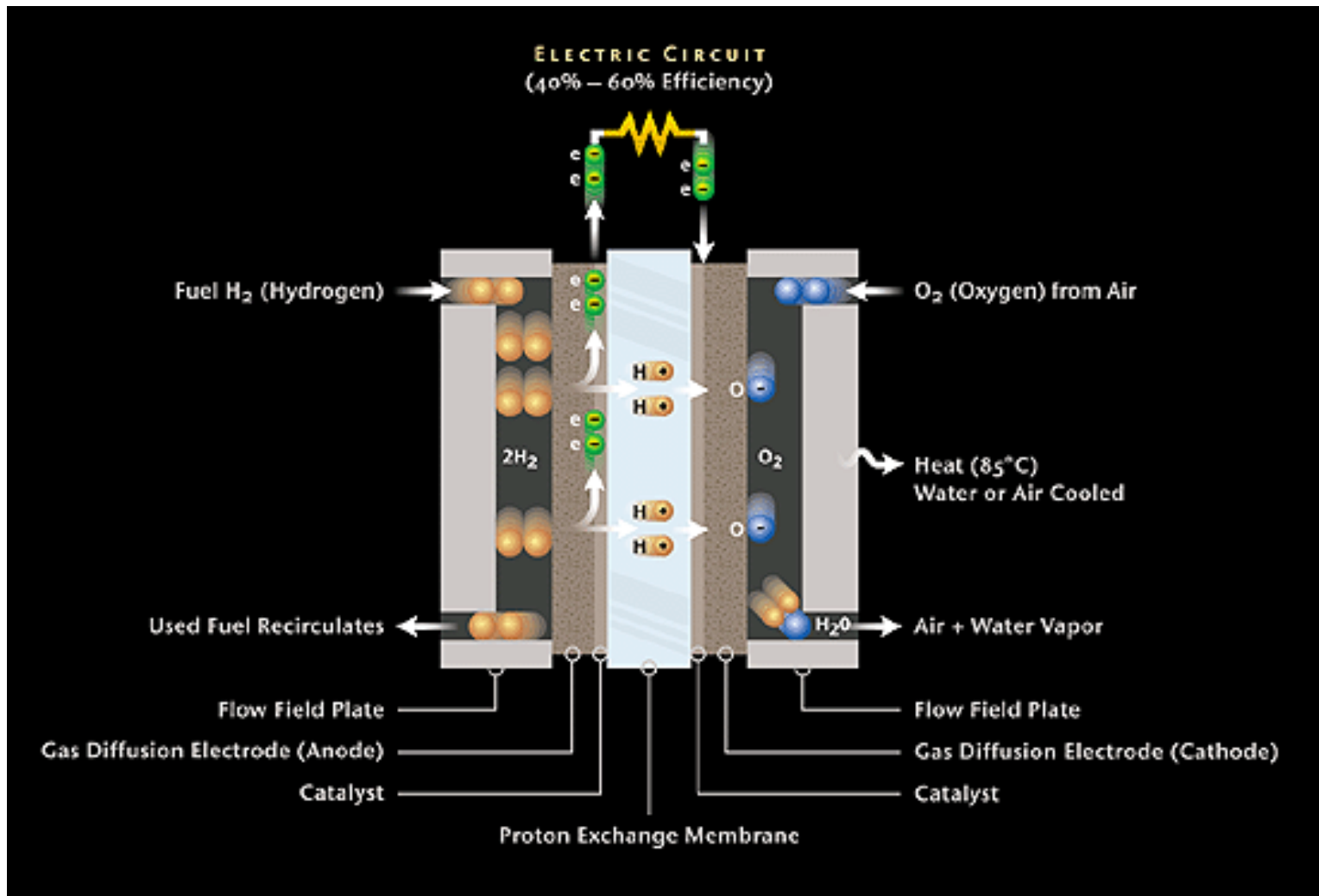
Componentes



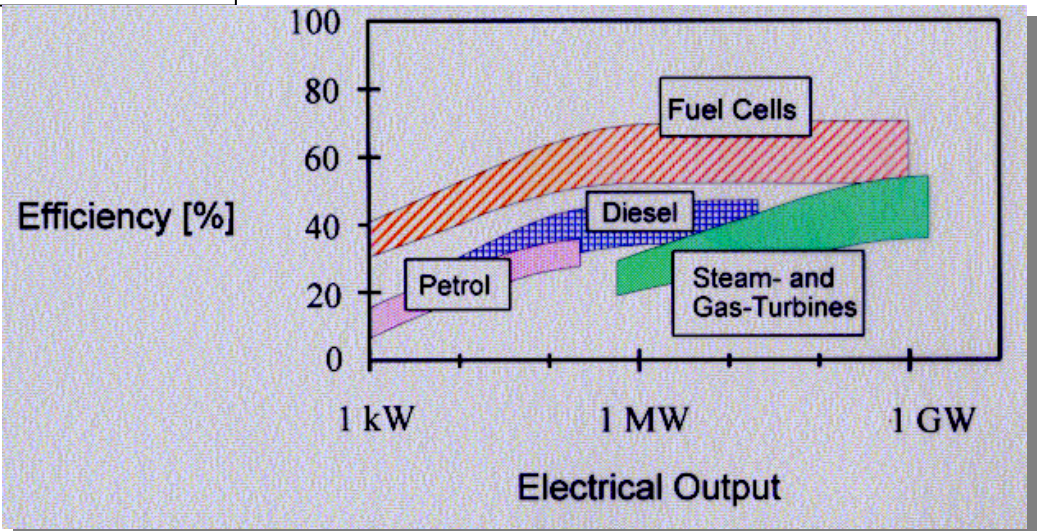
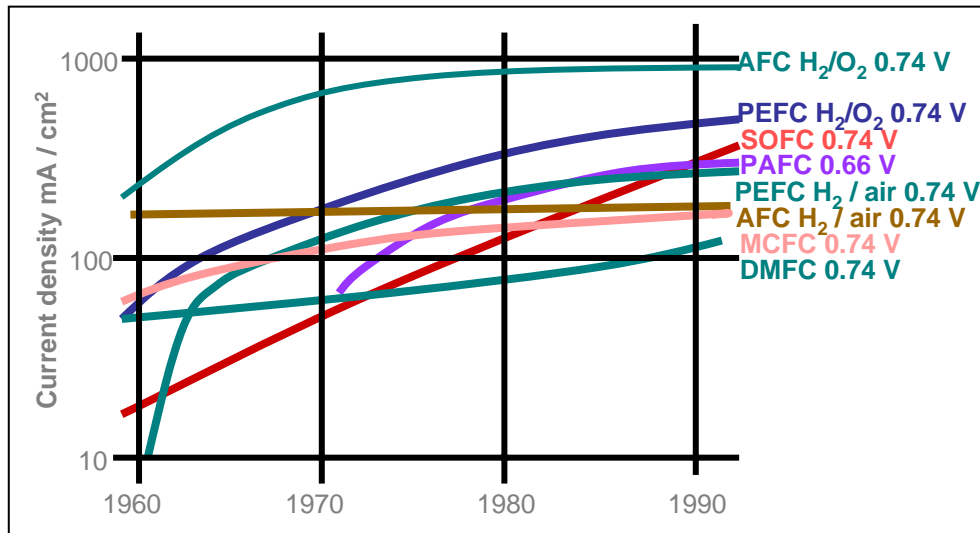
Componentes



PEM



Desempeño



Características Generales

Tipo Celda	T [°C]	Electrolito	Combustible	Oxidante	Eficiencia	Utilización
Alcalina	80	(KOH)	Hidrógeno	Oxígeno (Aire)	63 %	Transporte
Membrana de Intercambio Protónico	80	Polímero Sólido	Hidrógeno	Oxígeno (Aire)	60 %	Transporte
Ácido Fosfórico	200	Ácido Fosfórico	Gas Natural	Aire	36-46 %	Generación: Ciclo combinado y residencial
Carbonatos Fundidos	650	carbonato de Litio + Potasio	Gas Natural	Aire	48-56 %	Generación: Ciclo combinado y residencial
Oxido Sólido	1000	Oxido de zirconio sólido + itria	Gas Natural	Aire	55-65 %	Generación

Aplicaciones

- Generación estacionaria de Potencia
- Aplicaciones Portátiles
- Automóviles
- Transporte público
- Otras

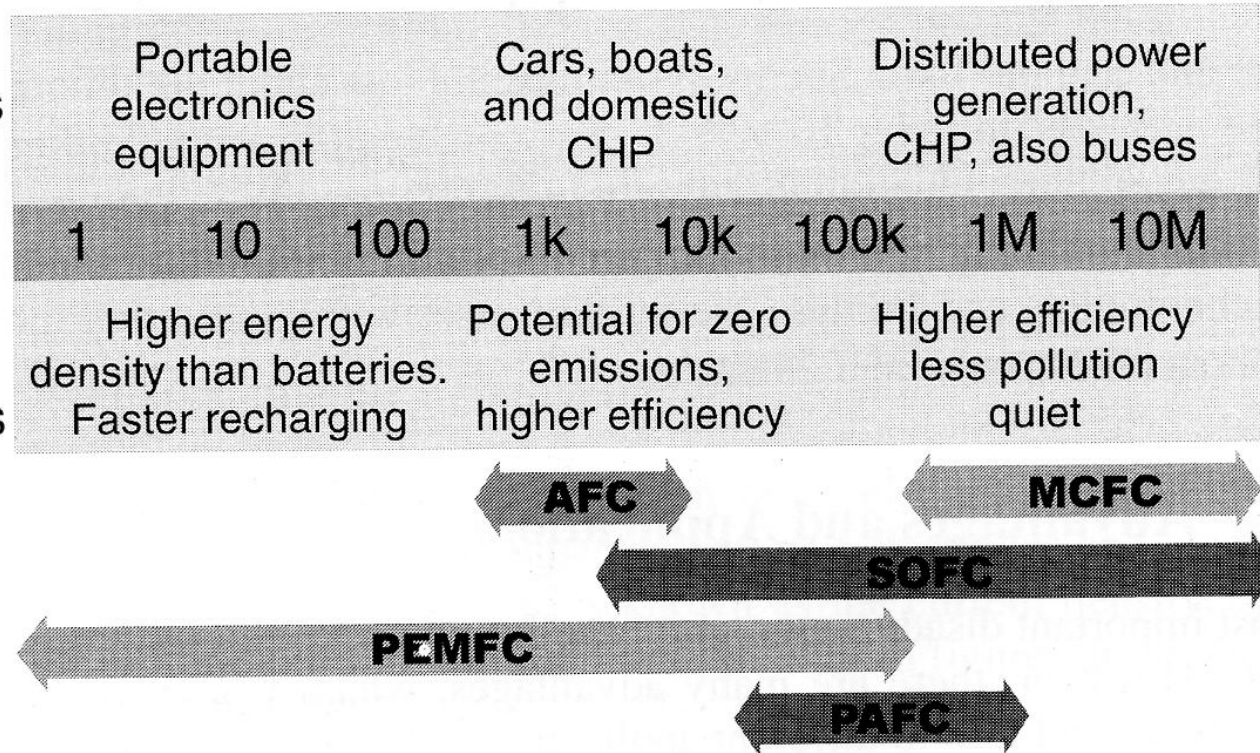
Aplicaciones

Typical applications

**POWER
in Watts**

Main advantages

Range of application of the different types of fuel cell



Aplicaciones



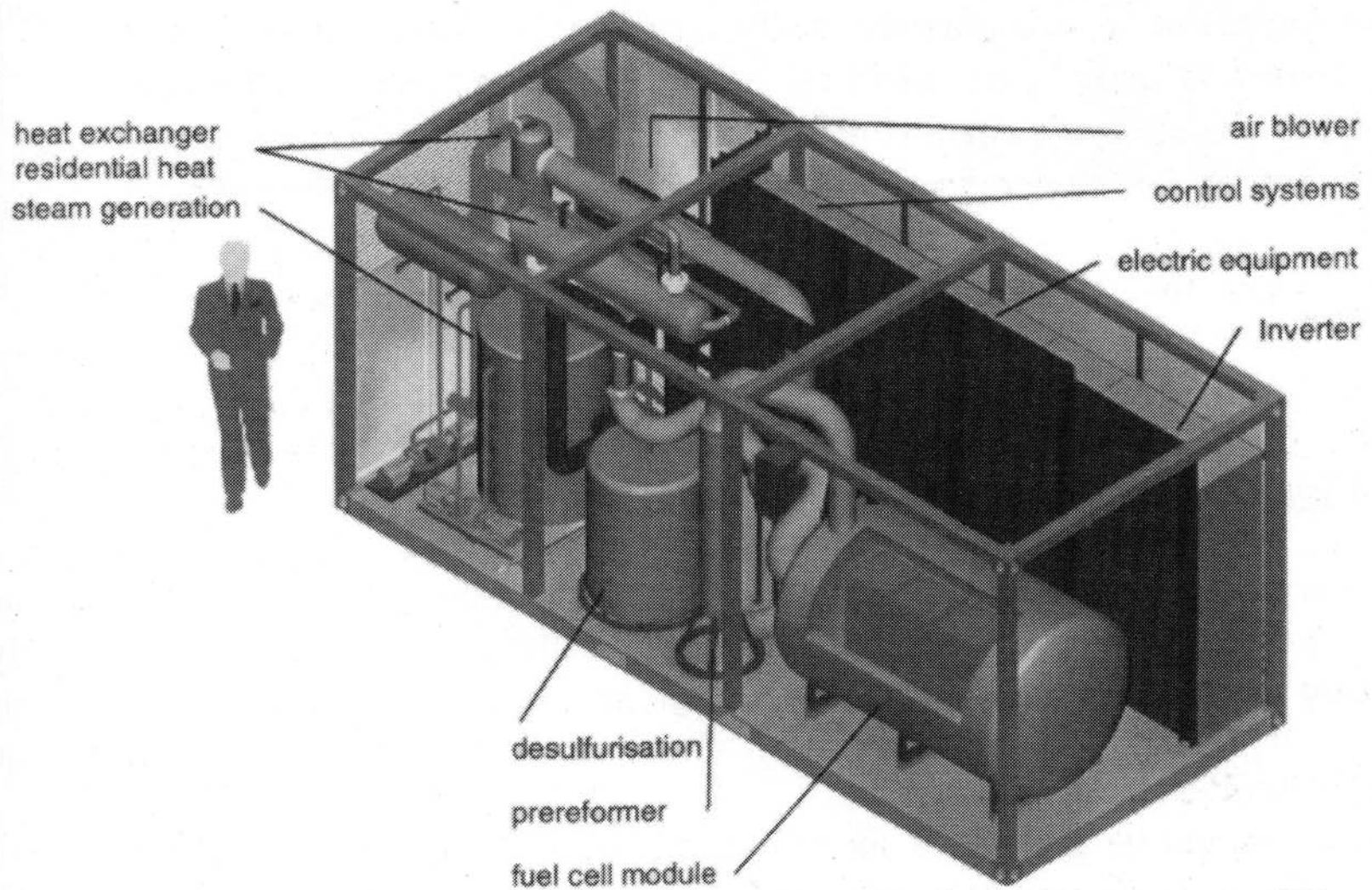
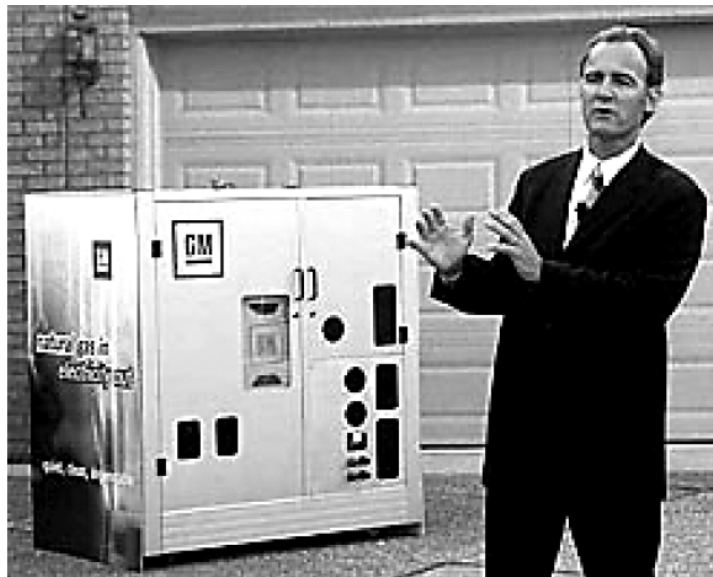


Figure 1.13 Design of a 100 kW fuel cell based combined heat and power system. (Diagram reproduced by kind permission of Siemens Power Generation)

Generación de potencia / CHP



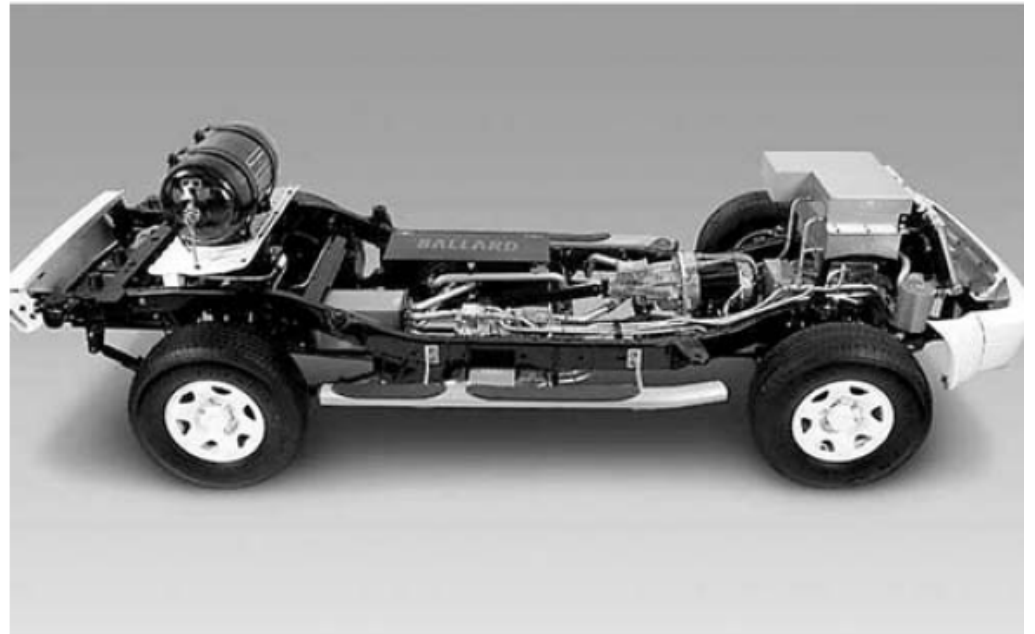
Aplicaciones automotrices

- General Motors / Opel / Suzuki
- Toyota / Daihatsu
- Ballard Power Systems, Daimler Chrysler, Ford, Mazda
- Honda
- Hyundai
- UTC Fuel Cells, Shell Hydrogen
- Otros

Combustibles utilizado

- Combustible utilizado
 - Hidrógeno
 - Metanol → reformado
 - Gasolina → reformado

Ejemplos



Transporte Publico

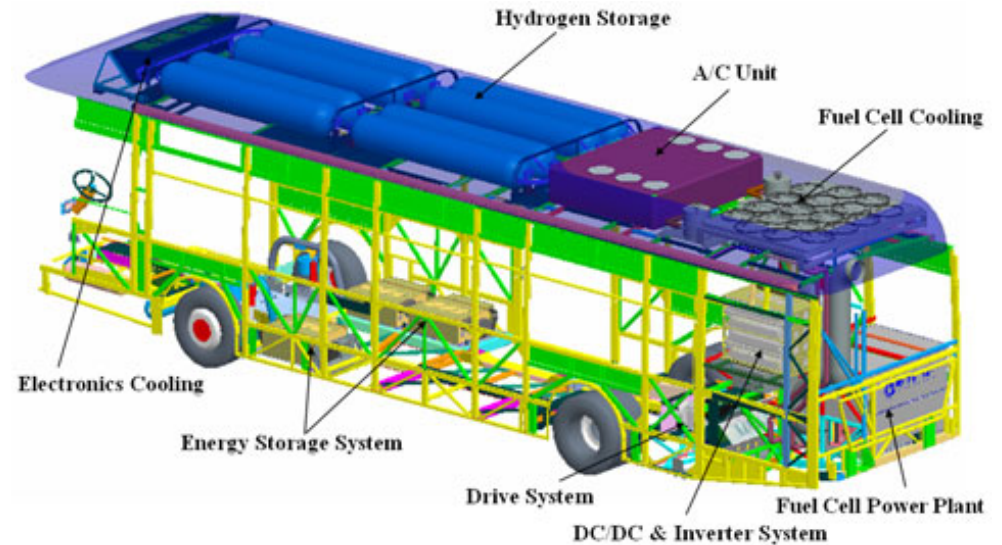


TABLE 10.32 Summary of Current Fuel Cell Bus Developments (Not Complete)

Developer	Fuel Cell	Fuel Storage	Energy Storage	Motor	Maximum Speed (km/h)	Drive Range (km)	Year
Neoplan (Germany); Midi bus N 8008 FC; www.neoplan.de	DeNora 3 × 40 kW	Linde 4 × 147 l CH ₂ tanks; 25 MPa	14 module NiMH battery, 21 kWh, 100 kW	2× 45-kW asynchr. motor driving rear axle	50	600	1999
Irisbus; www.irisbus.com	UTC 60 kW	9 × 140 l CH ₂ tanks	Battery 50 Ah	160 kW	60	—	2001
DaimlerChrysler; Low-floor Citaro; www.daimlerchrysler.de ; www.lbst.de	Ballard 250 kW; roof mounted	8 × CH ₂	?	?	80	300	2001
Proton Motor, Neoplan (Germany)	Proton Motor 80 kW	4 × 150 l CH ₂ ; 120 m ³ H ₂	100 kW fly-wheel by magnet motor	4× 70-kW wheel motors	80	—	2000
Georgetown University (U.S.)	Ballard 100 kW	Methanol plus reformer	Lead acid battery	185.5-kW AC induction motor	105	560	2000
L-B-Systemtechnik; MAN (Germany); www.fuelcellbus.com ; www.hydrogen.org	Siemens 4× 30-kW	9 cylinders; 1548 liters CH ₂ ; 25 MPa	?	2× 75-kW asynchronous motors (Siemens)	80	>250	2000
MAN low floor; www.euweb.de/fuel-cell-bus	De Nora 3× 40-kW	2× 350-liter cryogenic vessel on roof	—	2× 75-kW (Siemens)	75	300	2001?
Scania, Air Liquide	De Nora 2× 30-kW	2 × 500 l pressure vessel (Air Liquide)	155-kW system peak power	—	—	250	2001?
Evobus Citaro; Xcellsis	Ballard Mark 900	cH ₂	—	250 kW	80	300	—
Toyota, Hino	Toyota 90 kW	cH ₂ at 25 MPa	—	2× 80-kW	>80	>300	2001
Thor	UTC	—	—	—	—	—	2001

Sources: L-B-Systemtechnik fuel cell car listing, 2002; Hydrogen & Fuel Cell Letter, November 2001; DaimlerChrysler, press release, 2002; and listed Web links.

Medioambiente

- Se caracterizan por no tener emisiones de gases contaminantes en el proceso de transformación o generación de energía.
- Producen vapor de agua (en misiones espaciales donde los astronautas incluso toman el agua que desechan las FC).
- Contaminación puede producirse en la generación del hidrógeno a partir de un combustible (reformación, gasificación)

Combustibles

- Combustible Principal es el Hidrógeno
- Hidrógeno no se encuentra en forma natural → hay que producirlo a partir de otras fuentes
- Tecnologías de conversión química de combustibles fósiles
- Electrólisis de agua
- Subproducto de algún proceso

Combustibles Posibles

- Combustibles Fósiles
 - Petróleo
 - Carbón (sólido/gas)
 - Gas Natural
- Bio Diesel

Impurezas permitidas

TABLE 8.1 Tolerable Impurity Levels for Different Fuel Cells

Fuel Impurity	PEMFC		PAFC		MCFC		SOFC	
	Effect	Level	Effect	Level	Effect	Level	Effect	Level
CO	Catalyst poison	10 ppm ^a	Catalyst poison	1% ^b	Fuel	—	Fuel	—
CO ₂	Catalyst poison	25% and above ^a	Diluent	—	Diluent (essential at cathode)	18.4% in air, 67% in O ₂ ^c	Diluent	—
H ₂ S	Catalyst poison	?	Catalyst poison	20 ppm ^c	Poison	<1 ppm ^c	Poison	<1 ppm ^c
COS	Catalyst poison	?	Catalyst poison	50 ppm (total sulfur) ^c	Poison	<1 ppm ^c		
NH ₃	Poison (probably membrane)	?	Electrolyte poison	0.2% (NH ₄)H ₂ PO ₄ in electrolyte ^c	Relatively harmless	1% ^c	Relatively harmless	0.5% ^c
HCl, other halides	Poison	?	?	?	Poison	0.1 ppm ^c	Poison	0.1 ppm ^c
Si	Catalyst poison	?	Catalyst poison	?	Probably poison	?	Anode poison ^c	? ^c
Other	—	—	—	—	Poison ^c	0.2 ppm H ₂ Se 0.1 ppm As		

^a From Hoogers, G. and Thompsett, D., *Cattech*, 3, 103, 2000.

^b From Dhar H.P. et al., *J. Electrochem. Soc.*, 133, 1574, 1986.

^c From EG&G Services, Parsons Inc., *Fuel Cell Handbook*, 5th ed., U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy, 2000 (cited from multiple references).

Almacenamiento

- Gas comprimido
 - Almacenamiento como gas a presión en cilindros
- Líquido criogénico
 - Temperatura crítica 33 K
 - Temperatura de ebullición 20.39 K
 - Gasto de energía
- Metal hydride
 - Adsorción del Hidrógeno en un metal o aleación
 - Hidrógeno se aloja en los espacios de la red cristalina
 - Reacción altamente reversible
- Fibras de Carbono

Comparación

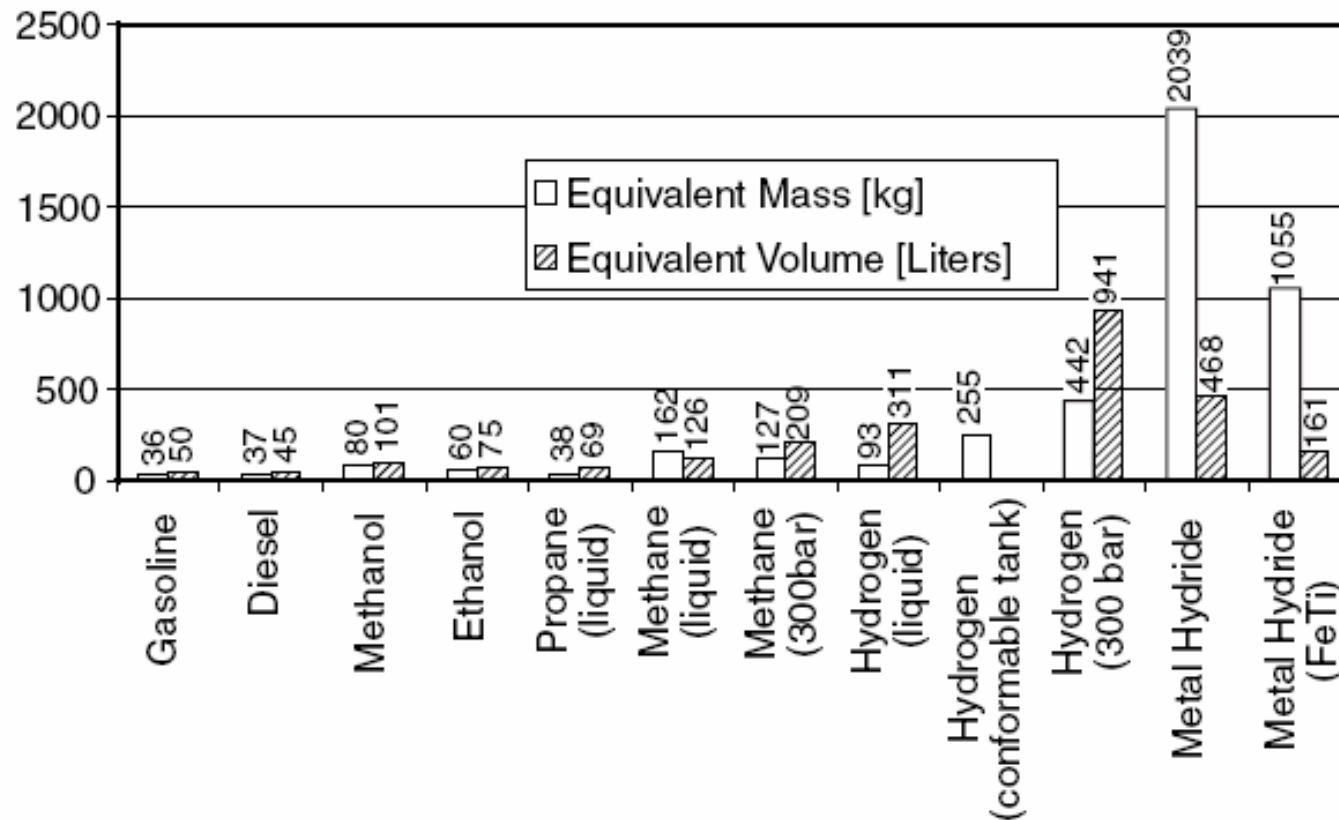


FIGURE 5.5 Comparison of various fuel storage options by weight and by volume. The comparison is based on the energy (LHV) content of 50 liters of gasoline (13 U.S. gal./11 Imp. gal., equivalent for 1590 MJ).

Híbridos / Comparación

Vehículos híbridos

HYBRID SCORECARD

MAKE & MODEL	BASE PRICE	MILEAGE (CITY / HWY)	ENGINE & HP / TORQUE	0-60 TIME (IN SECONDS)	INTRODUCED	2004 UNITS SOLD	RATING (0-5)
Ford Escape Hybrid	\$26,380	36 / 31	2.3L I-4, 155 / 129	8.9	2004	2,993	4
Honda Accord Hybrid	\$29,990	30 / 37	3.0L V-6, 255 / 232	6.7	2004	1,061	4
Lexus RX 400h	\$49,000 (est)	30 / 26	3.3L V-6, 268 / (n/a)	7.3	2005	Not yet on market	4
Toyota Prius	\$20,875	60 / 51	1.5L I-4, 110 / (n/a)	10.0	1997 (Japan)	53,991	3.5
Honda Civic Hybrid	\$19,800	46 / 51	1.3L I-4, 93 / 116	10.9	2001 (Japan)	25,575	3
Honda Insight	\$19,330	60 / 66	1.0L I-3, 73 / 79	10.6	1999	585	2.5
Chevrolet Silverado Hybrid	\$30,345	18 / 21	5.3L V-8, 295 / 335	8.2	2004	1,500	2
Toyota Highlander Hybrid	\$33,680 (est)	32 / 27	3.3L V-6, 268 / (n/a)	7.3	2005	Not yet on market	(n/a)

Specifications provided by car manufacturers; 0-60 times for Chevy, Ford, and Honda from *Car and Driver* magazine.