



# Reducción de las emisiones de CO<sup>2</sup> en vehículos de transporte: combustibles alternativos

**Miguel Ortiz Mateo**

Ingeniero Técnico de Minas y Dr. Ingeniero de Minas

*En el artículo se analizan los diversos combustibles alternativos a la gasolina y diesel, explicando sus ventajas e inconvenientes, viéndose la necesidad de fomentar su utilización por sus ventajas medioambientales y técnicas, para lo cual es necesario una adecuada política de precios y existencia de estos carburantes en las estaciones de servicio.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y en particular de CO<sub>2</sub> ha llevado al sector de vehículos de automoción al desarrollo de nuevas tecnologías, que en su mayor parte están en fase de investigación y desarrollo, así como a la utilización de combustibles alternativos a la gasolina y el diesel, que además tienen la ventaja de reducir la dependencia del petróleo, cuyos yacimientos en su mayor parte se encuentran en zonas conflictivas.

El objeto del presente artículo es dar a conocer las características de estos carburantes alternativos con sus ventajas e inconvenientes, no obstante se hará un breve repaso a los nuevos tipos de vehículos.

## 2. TECNOLOGÍA DE LOS VEHÍCULOS

### 2.1 Vehículos eléctricos

El uso de vehículos eléctricos representa una opción viable para la disminución de gases de efecto invernadero; sin embargo, al considerar el ciclo de vida en su totalidad, los posibles beneficios relacionados con la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> depende en gran medida de la forma como la energía eléctrica es generada. Actualmente tienen el inconveniente del tiempo de recarga y autonomía del vehículo.

### 2.2 Vehículos híbridos

Un vehículo eléctrico híbrido (VEH) es un vehículo en el que al menos una de las fuentes de energía, almacenamiento o conversión puede entregar energía eléctrica. Los VEH dan solución al compromiso del pro-



blema de contaminación medioambiental y al de capacidad de autonomía limitada de los actuales vehículos puramente eléctricos.

### 2.3. Vehículos con pilas de combustible.

Los vehículos de propulsión con base en celdas de combustible se están desarrollando rápidamente, dadas las mejoras significativas tanto del rendimiento de combustible como en la tecnología, es muy probable que se utilice en la flota vehicular de la próxima generación.

## 3. COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

### 3.1. Los biocombustibles

Con objeto de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, causantes del efecto invernadero, se ha comenzado a utilizar combustibles que llevan el prefijo bio, indica que tiene un origen vegetal por lo que no contribuyen a aumentar el efecto invernadero, ya que la planta ha retirado previamente de la atmósfera el CO<sub>2</sub> que posteriormente emitirá el vehículo por el tubo de escape. Realmente el balance no es exactamente cero pues la materia prima (caña de azúcar, remolacha, maíz, girasol o soja) ha de plantarse, recolectarse y someterse a un proceso que consume energía para obtener el combustible bio.

Los principales combustibles bio alternativos a los derivados del petróleo pasamos a estudiarlos a continuación.

### 3.2. Biodiesel

El biodiesel es un combustible que se obtiene por la reacción de transesterificación de un triglicérido obtenido de semillas oleaginosas (aceite de girasol, colza, soja...) con un alcohol en presencia de un catalizador (KOH) obteniéndose éster y glicerina.

El biodiesel es una mezcla de ésteres por lo que no existe una fórmula concreta del mismo. Como éster genérico podemos considerar el  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOCH}_3$ . La densidad a 15 °C oscila entre 0,860 – 0,900 kg/l.

Se utilizan notaciones abreviadas según el porcentaje en volumen de diesel normal y biodiesel, así el B100 contendría solamente biodiesel, la mezcla que se vende en las gasolineras compuesta del 80% en volumen de diesel normal y 20% de biodiesel sería B20.

La utilización de biodiesel (ésteres metílicos) en los motores de encendido por compresión presenta las siguientes propiedades:



- Ligera pérdida de potencia.
- Leve incremento en consumo debido a un poder calorífico menor.
- Limitaciones a bajas temperaturas. Necesidad de utilizar aditivos para mejorar el ensayo del punto de obturación del filtro en frío.
- Incompatibilidad con materiales. Los ésteres son más agresivos que el gasóleo y pueden atacar el caucho y a los tipos comunes de pinturas.
- Reducción de emisiones contaminantes. La combustión del biodiesel es en general, más eficaz que en el caso del gasóleo, debido a la presencia de oxígeno en las moléculas del éster metílico. Por tanto, las partículas y CO tienen tendencia a disminuir, mientras que los HC y NO<sub>x</sub> aumentan ligeramente.
- Menor estabilidad debido a los enlaces insaturados que llevan estas moléculas; puede existir una menor estabilidad de almacenamiento prolongado.
- Sin emisión de SO<sub>x</sub>, debido a que los ésteres presentan muy baja proporción de azufre en su composición química.
- Emisión de CO<sub>2</sub> recuperada por la planta y, por tanto, una disminución del efecto invernadero.

Todos los vehículos diesel de menos de 10 años pueden utilizar carburantes verdes sin necesidad de ajustes en el motor. Por eso, cada vez son más las gasolineras que ponen a disposición del usuario surtidores de biodiesel.

Actualmente existen en España 495 gasolineras que expenden biodiesel.



## Para poder utilizar etanol como combustible único se necesitan ciertas variaciones en el motor

### 3.3. Bioetanol

Alcohol de alta pureza producido mediante fermentación y posterior destilación a partir de cultivos ricos en azúcares o almidón como la remolacha, caña de azúcar, los cereales o maíz.

El bioetanol se adapta particularmente bien para sustituir a la gasolina en los motores de encendido provocado, tanto como combustible único, después de realizar ciertas modificaciones en el motor, o en mezclas con la gasolina que, en porcentajes de hasta el 20%, apenas necesitan cambios en el motor y actúan como activadores de la combustión.

Para poder utilizar etanol como combustible único se necesitan ciertas variaciones en el motor. Las principales características de este tipo de motores se describen a continuación:

- Relación de compresión mayor.
- Bujías mas resistentes para soportar las temperaturas mas elevadas dentro de la cámara de combustión.

- Dispositivo especial de arranque en frío debido al elevado calor latente de vaporización.
- Materiales resistentes a las propiedades corrosivas y disolventes del etanol.

Los alcoholes mezclados con las gasolinas presentan las siguientes ventajas:

- Aumentan el número de octano, lo que permite elevar la relación de compresión y mejorar así el rendimiento del motor.
- El elevado calor de vaporización reduce la temperatura de admisión elevando el rendimiento volumétrico.
- Disminuye las emisiones de HC y CO.

Como aspectos menos favorables se pueden citar los siguientes:

- Menor poder calorífico.
- Gran afinidad al agua, con lo que la mezcla de gasolina-alcohol se desestabiliza fácilmente.
- Gran poder corrosivo, afectando a las pinturas.
- Problemas de arranque en frío debido a su elevado calor de vaporización.
- A elevadas temperaturas provoca bolsas de combustible vaporizado dentro del sistema de alimentación.
- La presión de vapor es mayor que las gasolinas, por lo que las emisiones de evaporación aumentan.

En los últimos años hemos asistido a un cambio en la adquisición de vehículos por parte de los consumidores, pasándose de un parque automovilístico mayoritario de vehículos de gasolina, a un parque donde predominan los vehículos diesel, esto ha hecho que las refinerías de petróleo, que aún no han modificado su proceso productivo, sean excedentarias en gasolina y deficitarias en diesel que es necesario importar (14 millones de toneladas), por ello el biodiesel contribuye a paliar este déficit, el bioetanol contribuiría a aumentar el exceso de gasolina que es necesario exportar, esto explica el poco desarrollo del bioetanol en España. Existen en España 18 estaciones de servicio que expenden bioetanol.

### 3.4. Bio-ETBE

Tras un proceso químico, el bioetanol se convierte en ETBE (Etil-Terbutil-Éter), un combustible que se puede mezclar con combustibles convencionales. En España, todas las gasolinas llevan un 1,5% de Bio-ETBE en su composición.



### 3.5. Hidrógeno

Como la electricidad, el hidrógeno es una forma secundaria de energía que se puede obtener de fuentes renovables y no renovables. La ventaja de su utilización es que su combustión en el interior del motor produce solamente agua (mas  $N_2$  y  $NO_x$  si se quema con aire), ya que no hay carbono en el combustible. El hidrógeno también se emplea en la pila de combustible en el proceso de generación de energía eléctrica.

Algunas desventajas son su baja densidad respecto al volumen de hidrógeno (2,53 kWh/l) que es cuatro veces menor que la de la gasolina (8,76 kWh/l). Aunque si se considera la cantidad de energía con relación al peso, entonces la del hidrógeno es más alta: 1 Kg. de  $H_2$  genera la misma energía que 2,1 kg de GN o 2,8 Kg. de gasolina.

	Hidrógeno	GN	Gasolina
Densidad energética (kJ/g)	120	50	45
Límites de inflamabilidad (%)	4,0 - 75	5,3 - 15	1,07 - 7,8
Mínima energía de actividad (mJ)	0,02	0,29	0,24
Temperatura de autoencendido (°C)	585	540	228 - 471
Emisiones (mg CO <sub>2</sub> /KJ)	0	55	Aprox. 80

**Cuadro I:** Propiedades que hacen del hidrógeno un buen combustible

Una comparativa frente a la densidad y poder calorífico inferior aparece en la tabla siguiente, en la que se puede observar que el hidrógeno es el combustible con mayor poder calorífico pero con la densidad más baja, lo que le dificulta como combustible para el vehículo automóvil.

Combustible	r (kg/m <sup>3</sup> )	PCI (kJ/kg)
Gasolina	720/785	43000
Gasóleo	840	42500
Biodiesel	870/890	39000
Metanol CH <sub>3</sub> OH	796	20050
Etanol C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	794	26950
Metano CH <sub>4</sub>	195	49770
Propano C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	510	46190
Hidrógeno H <sub>2</sub>	27	120000

**Cuadro II:** Características físico-químicas de combustibles

### 3.6. Biocombustibles y desarrollo rural

La Unión Europea cifra en entre un 4% y un 13% la tierra de cultivo que habrá que destinar a la producción de biocombustibles para sustituir el uso del petróleo por otros carburantes más limpios. Esto contribuirá de forma decisiva a la reconversión del sector agrícola dentro de la Política Agrícola Común (PAC). Por cada 1% de combustibles fósiles



que se reemplace se crearán entre 45.000 y 75.000 nuevos puestos de trabajo. Todos ellos en áreas rurales.

### 3.7. El biodiesel marca la pauta en Europa

A nivel europeo, el biodiesel represente el 72% del consumo de biocarburantes mientras que el bioetanol representa el 28%. A nivel español, por el contrario, el biodiesel se encuentra aún en fase inicial de expansión, con un 32% del porcentaje de consumo de biocarburantes en 2006. Alemania lidera la lista de mayores productores de biodiesel con 2.408.000 tep, seguida de Francia con 531.800 tep e Italia con 177.000 tep, España produjo 62.909 tep. En cuanto al bioetanol España es el principal productor con 240.000 tep, orientada esta producción a la obtención de etil-terbutil-eter aditivo que se utiliza para aumentar el índice de octanos de la gasolina.

La Ley 34/1998 del Sector de Hidrocarburos (LSH) establece que los carburantes (gasolinas y gasóleos) comercializados con fines de transporte deberán presentar un 5,83% de biocarburantes en 2010, por lo que España tendrá que realizar un gran esfuerzo para alcanzar este objetivo.

### 3.8. Coches de combustible flexible

Aunque bastante desconocidos en España, los coches de combustibles flexible están de moda en muchas partes del mundo. La principal ventaja de estos vehículos es que admiten mezclas de bioetanol de hasta el 85% y además, consumen menos.

### 3.9. Situación mundial

En Estados Unidos circulan actualmente más de un millón y medio de estos coches, mientras que en Brasil copan el 70% de las ventas.



Una razón importante del incremento en la utilización de gas natural en vehículos durante los últimos años ha sido su beneficio medioambiental.

#### 4. OTROS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

##### 4.1. Gases licuados del petróleo (GLP)

El gas licuado del petróleo consiste en una mezcla cuyos principales componentes son el propano (60%) y el butano (40%) recuperados del gas natural (60%) y del refinado del petróleo (40%). Se utiliza ampliamente en motores de combustión interna en lugares en donde deben minimizarse las emisiones de contaminantes.

Las principales ventajas del GLP son:

- No contiene plomo ni azufre.
- Por su condición de gas, facilita una combustión más completa y limpia, que se refleja en la reducción del 90% de emisión de partículas y menor emisión de contaminantes en comparación con las gasolinas tradicionales y diesel.
- Tiene mayor resistencia al autoencendido que la mejor gasolina, por tener 103 octanos.
- Sus gases de escape son limpios, por tanto reduce la contaminación ambiental.
- Un menor consumo de aceite, al prolongar las características lubricantes de este.
- Un aumento de la suavidad de funcionamiento del motor y una apreciable reducción del nivel de ruido (hasta un 50% menos), sea cual sea la velocidad del vehículo.

El Gas Licuado del Petróleo, que tiene un coste competitivo con el de la gasolina, es un combustible que ya utilizan 11 millones de vehículos en el mundo, seis de ellos en Europa. Su uso está extendido en países como

Australia, Bélgica, Francia, Japón, Holanda, Estados Unidos e Inglaterra. En España ha sido muy utilizado por los taxistas.

##### 4.2. Gas natural

La formación de gas natural se debe a procesos similares a los de formación del petróleo, se encuentra junto con el petróleo en casi todos los campos de explotación (gas asociado), pero al mismo tiempo, existen campos de gas donde hay muy poco o no hay petróleo (gas seco o no asociado).

Químicamente, el GN es una mezcla de hidrocarburos de bajo punto de ebullición. El metano es el componente que presenta mayor concentración, con pequeñas cantidades de etano y propano. El azufre, el nitrógeno y el dióxido de carbono son elementos que pueden estar incluidos en el GN, según la procedencia de éste. Su composición global depende del lugar de extracción. Como el número de octano del gas natural es de 130, la relación de compresión se puede elevar a 15, por lo que el rendimiento del motor térmico mejora notablemente. La combustión del gas natural es bastante limpia con bajas emisiones de componentes volátiles.

Una razón importante del incremento en la utilización de gas natural en vehículos durante los últimos años ha sido su beneficio medioambiental. Comparándolo con los vehículos que funcionan con gasolina o gasóleo, tienden a emitir menos emisiones de carácter local y menos gases de efecto invernadero. Las emisiones de los motores actuales de gas natural están enmarcadas dentro de lo



que se denomina vehículos ecológicamente mejorados (VEM), cumpliendo ya los futuros límites de emisiones contaminantes marcadas para el año 2012.

El gas natural utilizado en camiones y autobuses ofrece ventajas muy significativas, respecto a la utilización de gasóleo:

- Emisiones de HC, CO y NO<sub>x</sub> menores.
- Emisión de partículas despreciable.
- Emisión de SO<sub>2</sub> despreciable.
- Nivel de ruido inferior.
- Menores emisiones de CO<sub>2</sub>.

Otra ventaja importante es la realización de un menor mantenimiento al vehículo, debido a que su combustión no produce depósitos de carbono en las partes internas del motor, contribuyendo a prolongar la vida útil del aceite lubricante. Los vehículos de gas natural comprimido están siendo utilizados ampliamente en el mundo, así destaca Argentina donde más de 1.650.000 de vehículos circulan satisfactoriamente por sus carreteras. En España ha comenzado a utilizarse en el transporte público, autobuses y taxis.

Combustible	Índice de octano	Nº de cetano
Gasolina	91-98	
GLP	93-125	
GN	130	
Hidrógeno	60	
Bioetanol	106	
Gasóleo		50
Biodiesel		50-56

**Cuadro III:** Cuadro comparativo de combustibles (índice de octano y número de cetano)

Gas Natural	Gas Licuado de Petróleo
Es un hidrocarburo gaseoso compuesto en su mayoría por metano (90%) y etano (10%).	Es un hidrocarburo compuesto mayormente de propano (60%) y butano (40%)
Mayormente se obtiene del gas natural.	Se puede obtener del procesamiento del gas natural o del refinado del petróleo.
Es más ligero que el aire por lo que en caso de fuga éste se disipa fácilmente en la atmósfera. Sin embargo, para su almacenamiento se requiere una presión alta (200 bar).	Es más pesado que el aire por lo que en caso de fuga éste permanece sobre la superficie, disipándose solamente con la circulación de aire. El GLP se encuentra en estado gaseoso y puede cambiar a estado líquido para su almacenamiento con una presión relativamente baja (7 bar).
Se usa principalmente en flotas de autobuses urbanos e interurbanos, vehículos de carga, flotas de servicios públicos, taxis y vehículos particulares	Se emplea tanto para uso doméstico, industrial y vehículos (camiones, autobuses, taxis, turismos)

**Cuadro IV:** Resumen (GN Y GLP)

## BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Izquierdo, Fco. et al. 2008. *Ingeniería del Transporte*. Cie Inversiones Editoriales Dossat 2000. Madrid, 486 pp.
- Canseco Medel, A. 1968. *Tecnología de Combustibles*, Departamento de Apuntes y Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros de Minas, Madrid, 273 pp.
- Lapuerta Amigo y Hernández Adrover, ed. 1998. *Tecnologías de la combustión*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, 382 pp.
- Ramos Carpio, M. A. 1997. *Refino de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica*. Fundación Fomento Innovación Industrial. Madrid, 761 pp.

En los vehículos se pueden instalar equipos que pueden operar tanto con gasolinas tradicionales como con uno de los dos gases, GN o GLP. Así, después de la instalación del equipo de conversión, el vehículo incrementa su autonomía debido a que mantiene su tanque original y puede operar con las gasolinas tradicionales o con cualquiera de estos gases. Cabe señalar que un vehículo convertido para el uso de GN no puede funcionar con GLP, y viceversa. Esto se debe a que las distintas presiones en las que se almacenan estos gases (200 bar y 7 bar, respectivamente) no coincidirían con la presión dispuesta para el funcionamiento de los equipos.

## 5. CONCLUSIONES

Los combustibles analizados son una alternativa para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como para la disminución del grado de dependencia del petróleo.

Para fomentar su utilización debe aumentarse la disponibilidad de estos combustibles en las estaciones de servicio, así como que el consumidor sea consciente de las ventajas técnicas y sobre todo haciendo competitivo el precio de estos carburantes respecto a los tradicionales.

La utilización del gas natural comprimido debe incrementarse, por ser un combustible abundante, tener una mayor diversificación geográfica de los yacimientos, lo que supone una ventaja en caso de conflicto, la excelente situación de España que recibe gas natural tanto por mar, buques metaneros, así como por gasoductos procedentes del Magreb y de Europa, la red interior de gasoductos y ser un combustible limpio y barato, no requiere refinado, debiendo pasar a utilizarse no solo por el transporte público sino ampliamente por el privado. ■