

ANEXO 1

COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

1.1 Introducción

Durante la última década el consumo del petróleo se ha mantenido prácticamente sin cambios, debido esencialmente a que la reducción progresiva del petróleo como fuente de energía para usos ajenos al transporte se ha visto compensada por el fuerte crecimiento del consumo para este fin.

En los próximos veinte o treinta años se espera que la producción comunitaria de petróleo disminuya pero sin disminuir su demanda.

Además de esta perspectiva de evolución hay que tener en cuenta la necesidad de reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero, y asumir los compromisos del tratado de Kyoto. Para ello los países industrializados deberán iniciar sus programas de reducción de la emisión de dióxido de carbono durante la próxima década.

Con todo esto se ha abierto una estrategia europea de seguridad y abastecimiento de energía, donde el objetivo primordial es la sustitución de estos combustibles fósiles por otros alternativos en el uso de transportes. Esto provocaría una disminución de los gases de efecto invernadero como el decremento de las importaciones de petróleo.

Cumpliendo tal objetivo también se reduciría la contaminación por plomo y azufre, elementos que forman parte de los combustibles actuales, y la mejora significativa de la eficiencia energética actual.

Hay que tener en cuenta que cuando se usa el petróleo como combustible para el transporte no se está valorizando, ya que el rendimiento que se obtiene es muy bajo.

Cualquier cambio radical que afecte al suministro de combustible o a la tecnología de los motores utilizados en el transporte por carretera se enfrenta a una serie de dificultades.

El grueso de la población se ha habituado a tener a su disposición un automóvil cuyo coste se ha abaratado enormemente con el paso del tiempo, como también lo ha hecho el del carburante, si se compara con la renta disponible.

En la actualidad sólo es necesario repostar cada 400-600 km, el combustible puede encontrarse en todas partes y la operación de repostar se realiza en pocos minutos.

El automóvil puede servir tanto para llevar a una sola persona en un recorrido de pocos kilómetros, como para llevar a toda una familia a la otra punta del continente.

Con esto se quiere decir que el uso del automóvil no está limitado ni optimizado.

Cada día laboral las personas toman un coche de forma individual y se trasladan a su trabajo, esto origina un atasco y hace insostenible el uso de las autopistas y carreteras,

produciendo así una gran contaminación y un mal humor generalizado consecuencias de las largas esperas provocadas por el explosivo crecimiento del uso del automóvil.

Además, no hay prácticamente ninguna restricción de seguridad que impida estacionar un automóvil, a pesar de que en su interior transporta una cantidad considerable de líquido altamente inflamable.

Pocas personas estarían dispuestas a enunciar cualquiera de las ventajas que ofrece un automóvil hoy día.

El transporte de mercancías no está incluido en el anterior análisis, ya que éste procura bienes y servicio. Al igual que el transporte de pasajeros.

El potencial de penetración de cualquier combustible alternativo para el futuro debe evaluarse en función de estos criterios. Cada opción requerirá tipos y niveles diferentes de inversiones en equipos e infraestructuras.

La sustitución de un porcentaje mínimo del gasóleo por biodiesel o etanol es la más sencilla, en la medida en que la creación de instalaciones de producción de dichos combustibles alternativos representa la única inversión a largo plazo.

Las pilas de combustible de hidrógeno son la opción más complicada ya que exigen una tecnología alternativa para los motores así como importantes inversiones en instalaciones de producción de hidrógeno y un sistema de distribución completamente nuevo.

La comodidad y el rendimiento de los automóviles, la seguridad del abastecimiento de combustible y el mantenimiento de un nivel bajo de impacto medioambiental y un elevado nivel de seguridad a un coste global reducido son requisitos que nunca será posible satisfacer por completo de manera simultánea.

La penetración de cualquier tecnología nueva en el sector del transporte depende del elevado nivel de disponibilidad del combustible de que se trate.

Los combustibles alternativos que se podrían desarrollar hasta alcanzar un nivel igual o superior al 5% del mercado total de combustibles de automoción de aquí al año 2020 son los siguientes:

- Biocarburantes
- Gas natural
- Hidrógeno

También se debe tener en cuenta la tecnología de los vehículos híbridos en los que se combinan la combustión interna y la energía eléctrica. Esto permite unos niveles de ahorro de combustible similares a los que pueden ofrecer los combustibles alternativos.

1.2 Eficiencia energética de los vehículos a motor

Mejorando la eficiencia energética se consigue un ahorro de combustible y una reducción de los gases de efecto invernadero.

Se intenta reducir el consumo de combustible un 35% emitiendo así 120 g/km de CO₂. Esto significaría un consumo de 5,8 litros por cada 100 kilómetros recorridos en el caso de tratarse de gasolina y de 5,3 litros por cada 100 kilómetros en el caso del gasóleo. Para ello se deberán realizar cambios tecnológicos y las correspondientes evoluciones del mercado.

1.3 Biocarburantes

Desde que se produjo la primera crisis del petróleo en 1973 se ha considerado la biomasa como una fuente de energía alternativa al combustible fósil, cuyo uso se ha fomentado en algunos casos.

Existen algunos materiales biológicos que pueden usarse como combustible para el transporte por carreteras son los siguientes:

- Los aceites vegetales (colza, soja, girasol...) pueden transformarse en un sustituto del gasóleo denominado biodiesel que pueden mezclarse con el gasóleo convencional o utilizarse en estado puro.
- La remolacha azucarera, los cereales y otros cultivos producen por fermentación un alcohol, bioetanol, que además de poder ser adicionados directamente a la gasolina o ser utilizados como combustible de automoción en estado puro, también puede incorporarse a la gasolina tras haber sido transformado en ETBE mediante su síntesis con el isobutileno (subproducto de la destilación del petróleo). Por otra parte existen suficientes indicios que permiten pensar que el futuro se podrá producir bioetanol de una forma económicamente competitiva a partir de la madera o de la paja.
- Los residuos orgánicos pueden ser transformados en energía utilizable como combustible de automoción. Los aceites usados (aceites de fritura) se pueden convertir en biodiesel, mientras que el estiércol y los residuos orgánicos de origen doméstico permiten producir biogás. Los residuos vegetales suelen ser transformables en bioetanol. Se ha de tener en cuenta que existen muchas limitaciones respecto al rendimiento global de tales procesos pero también hay que considerar que tales materias primas son gratuitas, y no solo esto, sino que su uso evita su acumulación y da solución a la gestión de tales residuos.
- En un futuro se piensa que a través del tratamiento termoquímico de la biomasa se podrían conseguir otros carburantes líquidos como el biodimetiléter, el biometanol, los bioaceites y el hidrógeno.

En principio, los biocarburantes proporcionan una alternativa ideal ya que su contenido de carbono procede de la atmósfera, por ello resultan neutros desde el punto de vista de emisión de dióxido de carbono.

Por otro lado tienen la gran desventaja de que son costosos y requieren un consumo de energía directo para el cultivo de las cosechas y la producción de los combustibles. Este inconveniente se puede reducir si se usan los propios residuos de los cultivos como combustible de los procesos, es decir, como energía.

1.4 Gas natural

El gas natural está compuesto fundamentalmente de metano y se puede usar como combustible en un motor convencional de gasolina. Sin embargo requiere un equipo especial de almacenamiento e inyección. Por ello para su uso a gran escala sería aconsejable utilizar automóviles especialmente fabricados que el acondicionamiento de los vehículos de gasolina ya existentes.

Para permitir que los medios de transporte lleven el combustible necesario para gozar de una autonomía suficiente (más de 400 kilómetros), la conservación del gas debería hacerse a altas presiones (200 bar) o en forma licuada a $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. Desde el punto de vista técnico el uso de altas presiones es el más recomendable.

En Italia esta tecnología está totalmente desarrollada y comprobada. Existe una red de puntos que aprovisionan este tipo de combustible.

Por un lado se podría pensar que el metano es un combustible alternativo ideal, ya que es barato, de alto octanaje y emite menos cantidad de gases de efecto invernadero. Además permite generar una cantidad de energía equivalente a la gasolina con una reducción de las emisiones de dióxido de carbono del 20 al 25%.

Se ha de tener en cuenta que no ofrece ventajas considerables sobre el rendimiento de los motores de gasóleo más desarrollados tecnológicamente.

El uso del gas natural en los autobuses hace posible una reducción del ruido que resulta sumamente interesante en las áreas urbanas.

Respecto al objetivo marcado de conseguir mayor seguridad y abastecimiento del combustible del futuro, la mayor parte del metano sería importado del exterior de Europa, así que desde este punto de vista no ofrece ninguna ventaja respecto a la gasolina. Aunque sí se podría pensar que con el aumento de la demanda del gas natural haría que todo el mercado no dependiese sólo del petróleo. La distribución del gas natural a escala mundial es más uniforme que la de los recursos petrolíferos, su explotación y distribución es más dificultosa.

El metano es un gas que produce un importante efecto invernadero. La ventaja teórica sobre la gasolina desde el punto de vista de las emisiones de dióxido de carbono se desvanecería sólo si se produjese alguna pérdida mínima durante su distribución y almacenamiento o incluso al repostar combustible.

En la práctica se ha comprobado que la ventaja real en cuanto a las emisiones de anhídrido carbónico va desde un 15 a un 20%.

Si se ampliara el uso del metano a gran escala se debería contemplar tales pérdidas y minimizarlas. Además si se sustituyese el gasóleo por gas natural tales ventajas serían aún menores porque el rendimiento de los motores diesel es más elevado.

La energía utilizada para comprimir el gas natural a 200 bar representa una pérdida adicional del 4% de energía.

El transporte de gas natural requiere unas medidas de seguridad adecuadas. El hecho de que el metano sea más ligero que el aire y se caracterice por su reducido intervalo de inflamabilidad y elevada temperatura de ignición espontánea lo hace menos peligroso que la gasolina y el GLP. Esto indica que el uso de gas natural como combustibles no limitaría el acceso a todos los lugares, actualmente permitidos, a los automóviles que lo utilizaran.

Los costes de tales infraestructuras para el suministro de este combustible alternativo serían moderados.

1.5 Hidrógeno

Durante los últimos años, el uso de hidrógeno como combustible potencial para vehículos de motor ha sido objeto de un esfuerzo intensivo de investigación. Las pilas de combustible de hidrógeno dan como único producto de combustión el agua. Así que la emisión de gases de efecto invernadero es nula.

Usar el hidrógeno como combustible de automoción no se limita a las pilas de combustibles sino que tal gas es un combustible perfecto para los motores de gasolina convencionales. De hecho al ser el coste de los motores de combustión mucho menor que el de las pilas de combustión se prefiere utilizar el gas como combustible, por lo menos, hasta que se reduzcan tales costes de manera significativa y se mejore el rendimiento de conversión de las pilas.

El inconveniente principal de usar hidrógeno como combustible para los coches es la generación de gases de NO_x . Aunque su descomposición es casi total y no debería plantear problemas, ya que es el único contaminante producido.

Es preciso recalcar que el hidrógeno no es una fuente de energía sino un portador de ella. Suele decirse que el hidrógeno se puede sacar del agua pero esto no es así desde un punto de vista estrictamente químico. Cualquier procedimiento de generación de hidrógeno requiere el uso de fuentes de energía, como ocurre con el otro portador de energía, la electricidad.

Como en el caso de la electricidad, las ventajas que puedan derivarse del uso del hidrógeno como combustible, desde el punto de vista de seguridad del abastecimiento y de las emisiones de gases de efecto invernadero, dependen de la fuente de energía que se tome para generarlo.

Si se usa una fuente de energía fósil como el carbón, la seguridad del abastecimiento se incrementa pero se generan mayores cantidades de dióxido de carbono, además del azufre.

Si la producción de hidrógeno se hace empleando alguna fuente de energía renovable o nuclear se incrementa la seguridad del abastecimiento y además se reducen las emisiones de dióxido de carbono, pero hay que tener en cuenta que este proceso tendrá sentido si esta energía es adicional a los recursos necesarios para la generación de electricidad.

El uso de hidrógeno con futuro portador de energía a gran escala presenta la ventaja de permitir la generación a partir de cualquier fuente imaginable de energía, a la que se añade la característica, que no comparte la electricidad, de almacenaje de largos periodos de tiempo.

De todas formas hay que tener presente que el hidrógeno tendría que competir con la generación de electricidad a partir de fuentes alternativas de bajo consumo de carbono, como el metano, o usando la energía nuclear, sin emisión de dióxido de carbono.

Esto indica que sólo sería ventajoso su uso si su producción se basa en recursos energéticos adicionales sin carbono o en un suministro adicional de gas natural. Este último caso se debería estudiar si es más conveniente utilizar el metano como

combustible de forma directa o de forma indirecta a través de la conversión de hidrógeno para un uso posterior como pila de combustible.

La producción de hidrógeno a gran escala por electrólisis utilizando la energía del gas natural o de la electricidad constituye un proceso industrial completamente desarrollado y con poco margen para las innovaciones tecnológicas con las consecuentes reducciones económicas.

La ventaja fundamental que presenta el hidrógeno como portador de energía es que ofrece una gran capacidad de almacenamiento temporal con un mercado energético descentralizado basado en combustibles no fósiles.

La distribución del hidrógeno se basa en canalizaciones ya estudiadas y comprobadas, su comercialización a través de una red global depende de la existencia de una demanda suficientemente numerosa. Hasta ese momento la distribución mediante contenedores es más viable que la de las estaciones de servicio.

Uno de los grandes inconvenientes que se ha encontrado es el almacenamiento de una cantidad suficiente de combustible en los vehículos, ya que a volúmenes iguales de hidrógeno y metano, el primero sólo posee un 30% del contenido energético del segundo. Por ello los depósitos para el hidrógeno serían demasiados grandes y pesados si se quiere almacenar una cantidad suficiente de éste en los medios de transporte.

Se están estudiando diversas técnicas para su almacenaje en los automóviles pero ninguna de ella es comparable a la de los depósitos de alta presión, 350 bar.

Esta alternativa sería la mejor de todas, sería ideal pero sólo si se llega a un nivel alto de tecnología que haga abaratar de una forma muy considerable los costes de producción y distribución del hidrógeno, además de nuevas innovaciones en lo que respecta almacenamiento del combustible y de las pilas.

1.6 Otros combustibles y tecnologías

Automóviles eléctricos

Los automóviles eléctricos se vienen comercializando desde hace varios años pero no han conseguido suscitar gran interés en los consumidores.

La relación entre el tamaño y coste de las baterías y la energía que contienen no permite fabricar un automóvil de tamaño, potencia y autonomía a un precio competitivo. Además tiene la gran desventaja de la lenta recarga de las baterías.

En estos últimos años parece haberse perdido la esperanza de encontrar nuevas tecnologías que hagan a tales coches más eficientes.

El uso más correcto para tales vehículos es para recorrer distancias cortas ya que no producen ruidos y además no contaminan.

Automóviles híbridos

Aunque no representan un combustible alternativo, los automóviles híbridos son una de las posibles alternativas para un futuro cercano.

El diseño de los automóviles híbridos permite aprovechar los aspectos más positivos de los motores de gasolina o gasóleo y de los vehículos eléctricos, evitando así las desventajas respectivas de cada uno por separado.

Gracias a la recarga semicontinua que se produce durante la conducción, las baterías pueden ser mucho más pequeñas y consecuentemente más baratas que en un vehículo enteramente eléctrico.

Aunque el coste se ve incrementado así como su peso a causa de algunas sofisticaciones tales como el frenado regenerativo.

Estos automóviles son eficientes si se usan en ciudad, cuando las aceleraciones y las paradas son frecuentes. Para largos recorridos donde se mantenga una velocidad alta y uniforme, estos vehículos no ofrecen ninguna ventaja con los existentes actualmente.

Metanol y dimetiléter (DME)

Tales combustibles se obtienen del gas natural. El metanol se puede usar en motores de gasolina y el DME es un sustituto del gasóleo.

El metanol ofrece pocas ventajas sobre el gas natural. Su almacenamiento en los vehículos es más fácil ya que se encuentra en estado líquido.

En comparación con el uso directo del gas como combustible, cabe señalar que la pérdida de energía que se registra en la transformación de metano en metanol reduce la eficiencia de conjunto e incrementa las emisiones globales de dióxido.

La alta toxicidad del metanol lo hace poco atractivo como combustible de automoción.

El DME posee unas propiedades físicas similares a las del GPL, es gaseoso a temperatura ambiente, pero se licua al ser sometido a varias atmósferas de presión. Al ser un combustible adecuado para motores diesel ofrece una eficacia mayor y hace compensar la energía invertida en el proceso de transformación de gas natural en DME.

El uso del DME como combustible de automoción de motores diesel es equiparable al gas natural en motores de gasolina en lo que respecta a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Además tiene otras ventajas, como su gran facilidad para licuarse. Su combustión es más limpia que la del gasóleo, plantea menos problemas en los equipos de control de emisiones. Estos beneficios han suscitado el interés de los fabricantes de camiones y autobuses.

Combustible diesel producido a partir del gas natural

Mediante la síntesis Fischer Tropsch se obtiene este tipo de combustibles. Es un complemento extraordinario para el gasóleo convencional. Sobre todo si no se tiene cerca un lugar de producción de gas natural.

La transformación del gas natural en combustible diesel sigue una serie de etapas que requiere un consumo de energía significativo y en las cuales se genera unas emisiones de dióxido carbónico considerables.

Ofrece ventajas respecto a la seguridad del abastecimiento ya que amplía las posibilidades de suministro de combustible de automoción y además se consigue una buena mezcla de gran índice de cetano.

Gas licuado de petróleo (GLP)

Este combustible se ha utilizado durante décadas. Se obtiene mediante la destilación del petróleo o a través de condensado de gas natural, la fracción que se separa del metano durante la producción de tal gas. Las cantidades resultantes dependen del tipo de petróleo crudo, de la clase y grado de refinamiento y de la especificidad de cada yacimiento.

El GLP es barato y respetuoso con el medioambiente, pero a medida que avanzan los tiempos, la gasolina y el gasóleo van adquiriendo el mismo grado de limpieza.

El GLP es usado como materia prima en la industria química y para otros usos específicos. La gasolina convencional también contiene butano, que es uno de los componentes del GLP, pero la producción de GLP a partir de fracciones más pesadas del petróleo carece de sentido respecto al objetivo de conseguir mayor seguridad del abastecimiento y también respecto a la reducción de emisión de dióxido de carbono. Por ello se debe limitar su uso para el transporte y sólo a través del GLP disponible de forma natural.

1.7 Conclusiones

De toda la amplia gama de combustibles alternativos y tecnologías posibles, las tres opciones que se indican a continuación muestran un potencial de gran envergadura, superior, en cada caso, al 5% del consumo total de combustibles de transporte) para los próximos veinte años:

- Biocarburantes
- Gas natural
- Hidrógeno/pilas de combustible

1.8 Reparto actual de diversos tipos de combustibles en la UE y potencial para el uso de biocarburantes

Tipos de combustibles existentes en el mercado

Los biocarburantes para transporte podrían comercializarse en estado puro para vehículos especialmente adaptados o en forma de mezcla con otros combustibles en una proporción que no afecte al rendimiento de los motores. Entre los biocarburantes disponibles cabe destacar el biodiesel, el bioetanol y el ETBE (etil ter-butil éter) producido este último a partir del bioetanol.

Otros posibles biocarburantes son el biogás, el biometanol, el biodimetiléter y los bioaceites. Aunque en para éstos sirva el motor convencional para gasolina o diesel, se ha de tener en cuenta la posible necesidad de recipientes especiales para su transporte.

El bioetanol puede utilizarse como combustible de automoción por si solo o en una mezcla con los carburantes convencionales. Técnicamente, la mayor parte de los vehículos matriculados en la UE pueden funcionar con una mezcla de combustible que presente una proporción de bioetanol de hasta el 15%.

El biodiesel se utiliza en estado puro o mezclado con gasóleo convencional. En la actualidad, Alemania, Austria y Suecia utilizan biodiesel al 100% en vehículos especialmente adaptados.

En Francia el biodiesel se mezcla al 30% y al 5% con gasóleo normal. En Italia se mezcla al 5% con gasóleo normal.

El ETBE se obtiene por síntesis del bioetanol y puede utilizarse como aditivo a la gasolina en proporciones de hasta el 15%.

El biogás producido por fermentación anaerobia de la biomasa o de la fracción biodegradable de los residuos puede refinarse hasta alcanzar la calidad del gas natural, lo cual permite su uso en motores de gas utilizados para el transporte.

El biometanol producido a partir de la biomasa o de la fracción biodegradable de los residuos es equivalente al metanol fósil, por lo que puede utilizarse como combustible para el transporte en las mismas condiciones que éste.

El biodimetiléter es un combustible de calidad similar a la del gasóleo, producido a partir de la biomasa o de la fracción biodegradable de los residuos para su uso como biocarburante.

El bioaceite es un carburante que se obtiene por pirólisis de la biomasa y que puede usarse como combustible diesel normal.

Situación actual en Europa

La situación de los biocarburantes dentro de Europa varía de forma muy considerable de un lugar a otro. Austria y Francia son los países más activos en este ámbito.

Francia, donde el sector de las plantas oleaginosas y proteaginosas estaba en decremento, ha hecho un esfuerzo por alzar tales mercados mediante el uso de nuevos combustibles como el aceite de colza, el biodiesel. Se han realizado estudios experimentales con los ésteres de colza y de girasoles.

Austria fue uno de los primeros países en los que se puso en marcha un programa de bioenergía. La primera planta de producción industrial de biodiesel en el mundo se hizo en este país.

En la actualidad Alemania es el segundo productor de biodiesel. Produce unas 130 kT que representa el 15% del consumo total de biocarburantes de la UE.

En Suecia se espera que durante los próximos 30 años el combustible consumido de biocarburantes se encuentre entre el 25 y el 50%. Y éstos se obtendrían a partir de los residuos forestales y agrícolas.

En el año 2000, la producción sueca de biocarburantes fue de 50 kT. Con los rendimientos actuales sería posible producir 500.000 m³ de bioetanol a partir de los excedentes de trigo con que cuenta el país.

El gobierno de este país invierte en la investigación para obtener bioetanol a través de la celulosa de la paja.

En Italia se registró una producción de 96 kT en el año 1999.

En el año 200, la producción de España se situó en unas 50 kT. Los biocarburante líquidos están incluidos en el plan nacional, donde se reconoce el valor de éstos desde el punto de vista del desarrollo rural y de la creación de empleo.



Fig.25 Surtidor de biocarburantes