

INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS OXIGENADOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE LAS GASOLINAS

Francisco Daniel Palencia Zapico*, M^a Belén Folgueras Díaz¹,
Félix Gómez Cuenca **²**
[*] Alumno; [**] Tutor
Uo189976@uniovi.es

¹Departamento de Energía. Universidad de Oviedo.
²Compañía Logística de Hidrocarburos (CLH).

RESUMEN

La adición de compuestos oxigenados, como el metil terc-butil éter (MTBE), a las gasolinas afecta en diferente medida, según el grado de concentración, a las propiedades de las mismas. Este trabajo se centra, principalmente, en el estudio del comportamiento de la adición de MTBE, en distinta proporción, a una gasolina base.

Las propiedades objeto de estudio han sido densidad, presión de vapor Reid (PVR), curva de destilación, número de octano research (RON), corrosión a la lámina de cobre y contenido en gomas actuales. Al añadir MTBE a la gasolina base en distintos porcentajes la densidad apenas se modifica. Sin embargo, la PVR experimenta un ligero descenso. En lo relativo a la curva de destilación, la fracción evaporada aumenta en el intervalo de temperaturas 60 -160°C para una mezcla gasolina – MTBE que contiene un 22% en volumen de aditivo. El RON para las mezclas gasolina – MTBE aumenta con el porcentaje de oxígeno en la mezcla. Finalmente, el empleo de este aditivo apenas influye sobre la corrosión a la lámina de cobre y el contenido en gomas actuales.

ABSTRACT

The addition of oxygenated additives, such as methyl tert-butyl ether (MTBE) to gasoline, has a different effect on its properties according to the degree of concentration. This work is mainly based on the study of the influence of MTBE addition to a base gasoline in different proportions.

The following properties have been studied: density, Reid vapor pressure (RVP), distillation curve, research octane number (RON), copper strip corrosion and gum content. When MTBE is added to the base gasoline in different percentages,

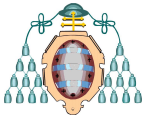
density is scarcely modified. However, RVP undergoes a slight decrease. With regard to distillation curve, the evaporated fraction increases in the temperature range 60 -160 °C for a gasoline base - MTBE blend that contains a percentage of additive of 22% by volume. RON for the gasoline base – MTBE blends increases with the percentage of oxygen in the blend. Finally, the use of this additive has a scarce influence on copper strip corrosion and gum content.

1. INTRODUCCIÓN

La gasolina es uno de los productos más importantes y rentables de la industria petrolífera. Está constituida por numerosos compuestos (hidrocarburos saturados, aromáticos y oleofinas). Estos compuestos y su grado de concentración, afectan de forma diferente al comportamiento de los motores de combustión interna [1].

Para mejorar su capacidad antidetonante y hacerlas menos corrosivas, las gasolinas contienen diferentes tipos de aditivos. El uso de los alcoholes comenzó en los años veinte cuando se descubrió su cualidad de elevar el número de octano de los carburantes entonces disponibles. Fue en los años setenta cuando se volvió a hablar de los alcoholes, caídos en desuso al disminuir el precio del petróleo. Actualmente, se siguen empleando los alcoholes junto con éteres y otros compuestos oxigenados.

Desde el punto de vista económico, los compuestos oxigenados han tenido un papel importante para estabilizar los precios del mercado del petróleo. Más recientemente los beneficios de los productos oxigenados, al reducir las emisiones contaminantes de monóxido de carbono y de hidrocarburos, ha



hecho que en muchos países se haga obligatorio añadir un mínimo de ellos a la gasolina [2].

La mayoría de los aditivos oxigenados son alcoholes y/o éteres y contienen de 1 a 6 átomos de carbono. Los más utilizados son: metanol, etanol, iso-propil alcohol, terc-butil alcohol e iso-butil alcohol. De los éteres, se utilizan aquellos que contengan 5 átomos de carbono o más por molécula, los más usados son: el metil terc-butil éter (MTBE), metil terc-amil éter (MTAE) y etil terc-butil éter (ETBE) [3].

Los compuestos oxigenados se introdujeron en la gasolina para mejorar la combustión. Sin embargo, algunos de estos compuestos aumentan también el número de octano.

El objeto de este trabajo se fundamenta, principalmente, en el estudio de la influencia del MTBE sobre las propiedades de la gasolina. Este compuesto es un líquido volátil, inflamable, incoloro, de baja viscosidad, con olor característico y soluble en agua. También es de interés por sus costes de producción. Además, este producto se puede utilizar para aumentar el octanaje, mejorar la combustión y reducir las emisiones de monóxido de carbono. Por las razones expuestas, es importante estudiar los efectos de dicho compuesto al mezclarlo con una gasolina base en distintas proporciones.

El MTBE se obtiene en las refinerías a partir de alcohol etílico, producido en los complejos petroquímicos, y de las olefinas ligeras producidas en los procesos de craqueo catalítico en lecho fluido, con el beneficio adicional de reducir el contenido de éstas.

Dependiendo de la composición en hidrocarburos de la gasolina, un 10% en volumen de MTBE puede suponer una mejora en el octanaje de 1,5-3 puntos, además de permitir una reducción en el contenido de aromáticos [4].

2. MÉTODO DE TRABAJO

2.1 Productos

La gasolina base empleada está constituida por hidrocarburos saturados (más del 47% en volumen), olefinas (alrededor del 13% en volumen) e hidrocarburos aromáticos (alrededor del 40% en volumen).

El aditivo oxigenado utilizado fue el metil tert-butil éter (MTBE).

2.2. Procedimientos

El **RD 1088/2010** hace referencia a las especificaciones técnicas de gasolinas, gasóleos, utilización de biocombustibles y contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo. En dicho Real Decreto se especifican las características que deben cumplir las gasolinas para su uso en automoción, además de la reseña a las normas ISO correspondientes a cada método de ensayo para determinar las mismas.

Para la determinación de las propiedades de las gasolinas han de seguirse una serie de normas aprobadas por AENOR (Asociación Española de Normalización), en las que se especifica el método de ensayo, que hace referencia a la normativa española e internacional y son en las que se centrará este trabajo; paralelamente también se hará una reseña a las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), aunque éstas se encuentran implícitas en las normas ISO.

A continuación se hará referencia a la normativa con una breve descripción del método de ensayo según la característica estudiada. Este trabajo se centrará únicamente en algunas características, obtenidas experimentalmente, de las gasolinas y que son: densidad, curva de destilación, presión de vapor Reid, número de octano research, corrosión a la lámina de cobre y contenido de gomas actuales.

2.2.1 Densidad

La densidad se determinó de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 3675 (método del areómetro).

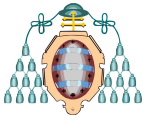
La norma UNE- EN ISO 3675 especifica un método para la determinación de la densidad a 15 °C utilizando un areómetro de vidrio. Esta norma, es apropiada para determinar la densidad de líquidos transparentes fluidos. El método de ensayo consiste en llevar a la muestra a la temperatura especificada y una parte de la misma se transvasa a la probeta de un areómetro que se ha puesto aproximadamente a la misma temperatura. El areómetro adecuado, cuya temperatura también se ha regulado, se introduce en la muestra y se deja que se estabilice. Una vez alcanzado el equilibrio térmico, se hace la lectura en la escala del areómetro, se toma la temperatura de la muestra y la lectura observada en el areómetro se convierte a 15 °C utilizando tablas estándar de medición. La probeta y su contenido se colocan en un baño a temperatura constante para evitar una variación excesiva de la temperatura durante el ensayo.

2.2.2 Destilación

La curva de destilación de la gasolina se obtuvo de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 3405 (Determinación de las características de destilación a presión atmosférica) y según la norma ASTM D86.

Esta norma especifica un método de laboratorio para la determinación de las características de destilación de los destilados ligeros y medios derivados del petróleo, cuyo punto inicial de destilación sea superior a 0 °C y su punto final inferior a unos 400 °C.

Se destila una muestra de 100 ml, y se llevan a cabo observaciones sistemáticas de las lecturas del termómetro y de los volúmenes de condensados recuperados. Se determina el volumen de residuo en el matraz y se anotan las pérdidas por destilación. Las lecturas del termómetro se corrigen con la presión barométrica, y los resultados se utilizan para los cálculos correspondientes a la naturaleza de la muestra y los requisitos de la especificación.



2.2.3 Presión de vapor Reid (PVR)

La característica PVR viene definida según la norma UNE-EN ISO 3405-1 (Determinación de la presión de vapor saturado en aire (ASVP) y la presión de vapor seco equivalente calculada (DVPE)) y según la ASTM D5191.

Las condiciones empleadas en el método de ensayo descrito en esta norma corresponden a una relación vapor-líquido de 4:1 y a una temperatura de ensayo de 37,8 °C.

En el transcurso del ensayo el equipo no está en contacto con el agua, por lo tanto el método es aplicable a muestras con o sin oxigenados. El agua disuelta en la muestra no se tiene en cuenta.

Este método de ensayo resulta adecuado para muestras saturadas de aire que ejerzan una presión de vapor saturado en aire entre 9,0 kPa y 150,0 kPa a 37,8 °C; siendo aplicable a combustibles que contengan compuestos oxigenados dentro de los límites establecidos.

2.2.4 Número de octano research (RON)

La determinación del RON de una gasolina se recoge en la norma UNE-EN ISO 5164 (Determinación de las características antidetonantes de combustibles para automoción y aviación) y en la norma ASTM D2699.

Esta norma establece la clasificación de combustibles líquidos para motores de ignición por chispa en términos de una escala arbitraria de números de octano usando un motor normalizado monocilíndrico de cuatro tiempos (CFR), con una relación de compresión variable, con carburador y con el motor CFR operando a una velocidad constante. El RON proporciona una medida de las características antidetonantes de los combustibles para motores de encendido provocado en condiciones poco severas de operación, aplicable en una gama de índices de octano comprendida entre 0 RON y 120 RON y también es de uso para combustibles oxigenados que contengan un máximo de 4,0% (m/m) de oxígeno.

En el ensayo se empleó una muestra de combustible en un motor CFR con una relación aire-combustible que maximiza su detonación. Los resultados se compararon con los de una mezcla de referencia compuesta por iso-octano y normal-heptano, de forma que cuando se opera con una relación combustible-aire que maximiza la detonación, produce la misma intensidad de detonación para la misma relación de compresión. El porcentaje en volumen de iso-octano en la mezcla del combustible de referencia define el número de octano del combustible.

2.2.5 Corrosión a la lámina cobre

El procedimiento para la determinación de la corrosión a la lámina de cobre se establece en la norma UNE-EN ISO 2160 (Acción corrosiva sobre el cobre, ensayo de la lámina de cobre) y en la correspondiente ATSM D130.

En la norma se detalla el método para la determinación de la acción corrosiva sobre el cobre de los productos petrolíferos

líquidos, y de ciertos disolventes. Se incluyen los productos volátiles que tengan una presión de vapor no mayor de 124 kPa a 37,8 °C.

Los productos volátiles con una presión de vapor superior a 124 kPa a 37,8 °C se deben ensayar según la Norma ISO 6251.

El ensayo consistió en sumergir una lámina de cobre pulida en una cantidad determinada de muestra y se calentó en unas condiciones de temperatura y tiempo específicas para la clase de producto a ensayar. Finalizado el intervalo de tiempo, se retiró la lámina de cobre, se lavó y se comparó con los patrones de corrosión.

2.2.6 Contenido de gomas actuales

La determinación de las gomas actuales se realizó de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 6246 (Contenido de gomas de los destilados ligeros y medios Métodos de evaporación al chorro) y la ASTM D381.

La norma especifica el método para la determinación de las gomas actuales, en el momento del ensayo, en los combustibles de aviación y el contenido de gomas en las gasolinas de automoción o en otros destilados volátiles empleados en su fabricación.

En el ensayo, se tomó una porción determinada de la muestra de producto. Esta se evaporó en condiciones controladas de temperatura y corriente de aire. Posteriormente, se pesó el residuo obtenido.

Esta característica mide la tendencia del combustible a generar depósitos, fundamentalmente en los sistemas de alimentación de los vehículos.

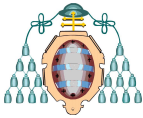
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para estudiar el efecto de la adición de MTBE sobre las propiedades de la gasolina, se obtuvieron datos de: curva de destilación, presión de vapor Reid (PVR), número de octano research (RON), corrosión al cobre, gomas actuales y densidad.

Los resultados obtenidos se indican a continuación.

3.1 Densidad

La densidad ayuda a definir la calidad de la gasolina. Cuando su valor es bajo, la gasolina contiene hidrocarburos de bajo peso molecular que representan moléculas de cuatro a siete átomos de carbono. Si el valor de la densidad es alto, la gasolina es pesada y contiene hidrocarburos con ocho y hasta doce átomos de carbono en la molécula. Su valor es importante porque contribuye a definir el comportamiento en el motor y es un indicativo de la volatilidad. Una gasolina ligera tiene una densidad entre 735 kg/m³ y 740 kg/m³; la gasolina pesada alcanza hasta 770 kg/m³ y normalmente refleja una alta concentración de hidrocarburos aromáticos [2].



La densidad del MTBE es 741 kg/m^3 y la de la gasolina base utilizada 748 kg/m^3 . El RD 1088/2010 indica que las gasolinas deben tener un valor de la densidad comprendida entre los valores 720 y 775 kg/m^3 . Por tanto, desde el punto de vista de esta propiedad, sería posible añadir el MTBE en cualquier proporción, ya que apenas afecta a la densidad de la gasolina base. Así, su adición no modificará mucho la densidad de la gasolina, como ocurre con otros compuestos oxigenados como el etanol (789 kg/m^3). Cuanto más alta es la proporción de etanol, normalmente mayor es la densidad de la mezcla, ya que éste presenta una densidad de 789 kg/m^3 y la gasolina posee valores promedio de 750 kg/m^3 [5].

3.2 Curva de destilación

La gasolina es una mezcla de varios hidrocarburos con diferentes puntos de ebullición. La curva de destilación es la curva temperatura/porcentaje evaporado obtenida en condiciones estandarizadas. En la Figura 1 se muestran las curvas de destilación obtenidas para la gasolina base y la gasolina con un porcentaje en volumen de MTBE del 22%.

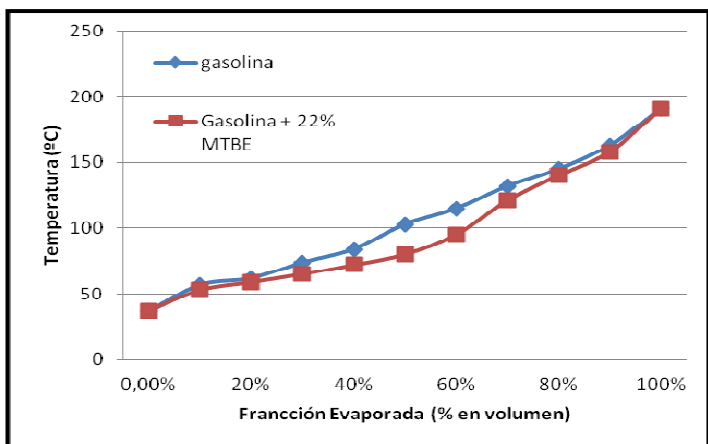


Fig. 1. Curva de destilación gasolina – gasolina + 22% MTBE

Como puede observarse en la Figura 1, la curva de destilación de la gasolina base se modificó como resultado de la adición del MTBE. Dicha modificación se observa fundamentalmente en el intervalo de porcentajes de destilado comprendido entre el 30 y el 70% (vol.). En el citado intervalo, para una determinada temperatura, el porcentaje de destilado es más alto para la mezcla aditivada que para la gasolina base.

La temperatura de ebullición del MTBE es de $55,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Esto tiene como consecuencia directa el incremento de la volatilidad de la mezcla gasolina – MTBE en el intervalo de temperaturas $60 - 160^\circ\text{C}$ (Figura 1).

3.3 Presión de vapor Reid

La PVR proporciona una buena indicación de la volatilidad de la gasolina y sirve para evaluar su tendencia a la evaporación, de manera que cuanto mayor es la presión de vapor, se evapora con mayor facilidad [1].

Como se aprecia en la Figura 2 la adición de MTBE en un 22 % en volumen, casi no modifica las propiedades de evaporación. Es a niveles más altos de concentración cuando se ve afectada esta propiedad de forma más notable.

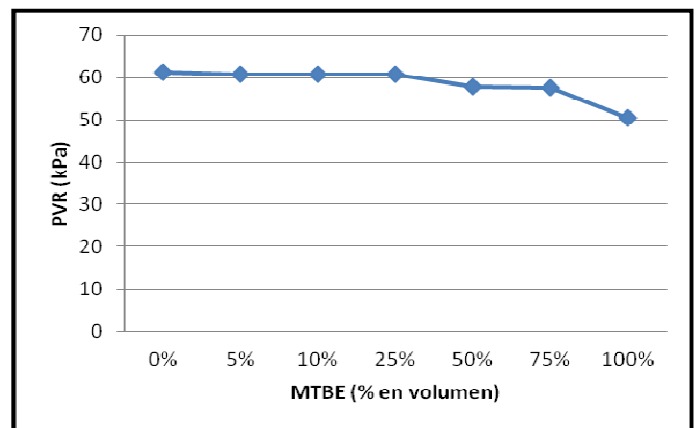


Fig.2 Curva PVR según porcentaje de aditivo

Otros compuestos oxigenados hacen variar en mayor grado esta propiedad, por ejemplo la adición de alcoholes aumenta la curva PVR en mayor medida como se observa en la Figura 3 [6].

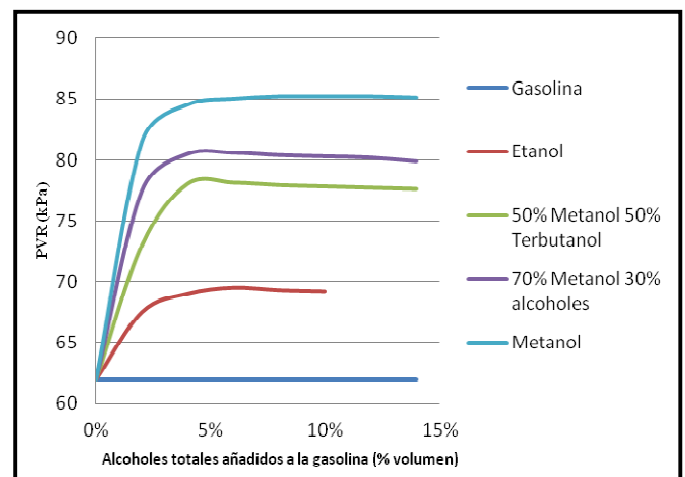
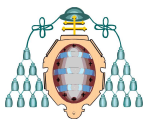


Fig.3 Incremento de PVR de la gasolina debido a la mezcla de alcoholes [4]

En la Figura 3 se observa que la mayor parte del aumento de PVR derivado de la mezcla de alcoholes con la gasolina se



produce con la adición del primer 3% en volumen. A partir de dicho valor, la curva es relativamente plana, es decir hasta el 3% de aditivo la mezcla aumentaría su volatilidad y a partir de este punto su volatilidad apenas varía. El incremento de la volatilidad de la mezcla está relacionado con la temperatura de ebullición de los aditivos. De los aditivos que se muestran en la Figura 3, el metanol el que presenta el menor punto de ebullición (64,7°C), mientras que el más alto corresponde al etanol (78,37°C).

3.4 Número de octano research

El RON es un indicativo importante de la calidad de la gasolina. Éste está relacionado con la eficiencia del motor, con lo que a un mayor número de octano, la gasolina resistirá en mayor grado la detonación y el motor tendrá un funcionamiento más suave [1].

En la Figura 4 se muestra como varía el RON de las mezclas gasolina base – MTBE en función del porcentaje en masa de oxígeno en la mezcla. En dicha figura, se observa que añadiendo MTBE aumenta el octanaje de la gasolina, aumentando el poder antidetonante de la misma, con todas las ventajas que ello conlleva.

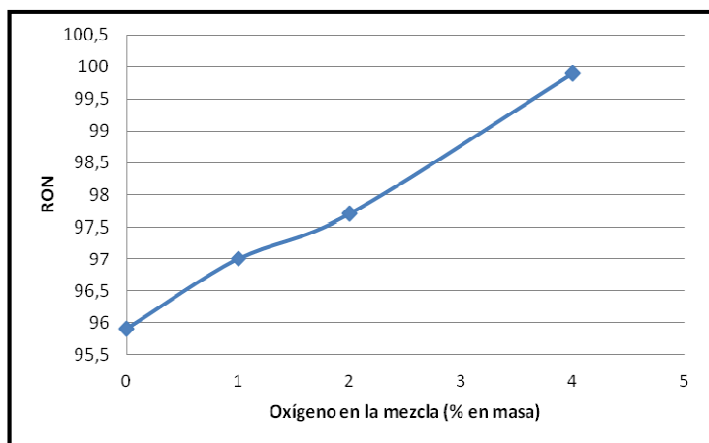


Fig. 4 Aumento del RON según % de oxígeno en las mezclas gasolina - MTBE

Babazadeh y col.[7] estudiaron el efecto sobre el RON de la adición de diversos alcoholes (metanol, tertbutil-alcohol (TBA) y tert-amyl alcohol (TAA)) y MTBE a una gasolina base con RON 85. Los tres tipos de aditivos aumentan el número de octano de la gasolina base apreciablemente. Los mayores aumentos se consiguieron con TBA y TAA, con lo que el mayor aumento del RON se produce con los compuestos oxigenados a base de alcoholes, en comparación con los compuestos oxigenados a base de éter, como puede ser el MTBE. Éstos valores suelen variar en función del valor del número de octano de la gasolina base [7].

3.5 Corrosión a la lámina cobre

Uno de los problemas más significativos en compatibilidad de materiales con mezclas oxigenadas es la corrosión del latón y el cobre, ya que algunos de los componentes fabricados a partir de estos materiales normalmente constituyen parte del sistema eléctrico del vehículo. Se han evidenciado conexiones eléctricas muy deterioradas mostrando de manera significativa aumento de corrosión al entrar en contacto con una mezcla gasolina – etanol del 20% (E20). La corrosión en estos materiales afecta al buen desempeño eléctrico de los componentes, ya que puede causar cambios en la resistencia eléctrica en las bombas de gasolina que se encuentran sumergidas en los tanques de combustible de los vehículos [8].

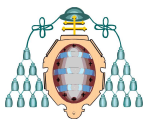
Oxígeno en la mezcla (%m/m)	4%
Corrosión a la lámina de cobre	1A

Tabla 1. Corrosión a la lámina cobre

En el ensayo para la determinación de la corrosión a la lámina de cobre se empleó una mezcla gasolina – MTBE con un 4% de oxígeno, lo que equivale a una mezcla con un 22% en volumen de MTBE. El resultado obtenido (Tabla 1) indica que la corrosión fue ligera, ya que se remite a un resultado de 1A según los patrones de corrosión, lo que supone una ligera pérdida de brillo, obteniéndose un color naranja pálido, casi igual al de la lámina recién pulida (Tabla 2). Además, dicho resultado cumple las especificaciones de las gasolinas de acuerdo con el RD 1088/2010.

Clasificación	Denominación	Descripción
Lámina recién pulida	-	-
1	Ligera pérdida de brillo	a Naranja pálido, casi igual al de la lámina recién pulida b Naranja oscuro
2	Moderada pérdida de brillo	a Rojo clarete b azul lavanda c Multicolor con azul lavanda y/o rojo clarete d plateado c Latón o dorado
3	Acusada pérdida de brillo	a Magenta (carmesi) superpuesto al color latón b Multicolor con irisaciones de rojo y verde (pavo real) pero no gris
4	Corrosión	a Negro transparente, gris oscuro o marrón con irisaciones verdes apenas perceptibles b Negro grafito o mate c Negro brillante o azabache

Tabla 2. Clasificación de los patrones de corrosión [9]



3.6 Contenido de gomas actuales

Está comprobado que un alto contenido de gomas puede causar depósitos en el sistema de alimentación e incrustaciones en las válvulas de admisión, y en muchas ocasiones puede asumirse que un contenido bajo de gomas, asegurará la ausencia de dificultades en el sistema de alimentación [10, 11].

El dato procedente del ensayo (Tabla 3) se encuentra por debajo del límite superior que especifica el RD 1088/2010, ya que este establece un valor de 5 mg / 100 ml.

Oxígeno en la mezcla (%m/m)	4%
Gomas actuales	1 mg / 100 ml

Tabla 3. Contenido gomas actuales

La adición de compuestos oxigenados como el etanol reduce el contenido en gomas actuales, ya que se comprobó que el alcohol no produce deposición de goma, debido a que es un disolvente de la goma procedente de la gasolina. Cuando se emplea una mezcla con un 10% de etanol y 90% de gasolina, la goma presente en el gasohol proviene sólo del 90% de masa del derivado petroquímico, y se diluye por el 10% 'inerte' del etanol [12].

4. CONCLUSIONES

La adición de compuestos oxigenados como el MTBE influye en las propiedades de las gasolinas según el grado de concentración de la mezcla.

Una propiedad importante para la industria automovilística, ya que mejora la calidad antidetonante de la gasolina, es el número de octano, observándose un aumento del RON al aumentar la concentración de MTBE.

Otra propiedad que se ve afectada es la curva de destilación, que con la adición de MTBE experimenta un aumento en el porcentaje de destilado para el intervalo comprendido entre el 30% y el 70%. Ligado estrechamente con esta propiedad se presenta la presión de vapor Reid, ya que es un buen indicativo de la volatilidad de la gasolina. La adición de MTBE hasta un 22% en volumen casi no modifica la PVR. Sin embargo, en proporciones más elevadas, esta experimenta una disminución. Una propiedad que apenas se ve afectada por la adición de MTBE es la densidad, ya que tanto la gasolina base como el aditivo tienen densidades similares (alrededor de 745 kg/m³). En el ensayo de la corrosión a la lámina de cobre, para la mezcla gasolina base – MTBE con un 22% en volumen de aditivo, se obtuvo un resultado de 1A, que según los patrones supone una corrosión ligera. En cuanto a la cantidad de gomas de actuales, se concluye que en la mezcla gasolina base –

MTBE con un 22% en volumen de aditivo la concentración de estas es baja (1 mg/100 ml). Este valor es inferior al límite superior que se impone para las especificaciones de las gasolinas.

Por tanto, la adición de MTBE hasta un 22% en volumen mejora las características de la gasolina base estudiada.

5. NOMENCLATURA

AENOR: Asociación Española Normalización
 ASTM: American Society for Testing and Materials
 ASVP: Presión de vapor saturado en aire
 CFR: Motor monocilíndrico
 DVPE: Presión de vapor seco equivalente
 ETBE: etil terc-butíl éter
 ISO: International Organization for Standardization
 MTAE: metil terc-amil éter
 MTBE: metil terc-butíl éter
 PVR: Presión vapor Reid
 RON: Número octano research
 TAA: terc-amíl alcohol
 TBA: terc-butíl alcohol

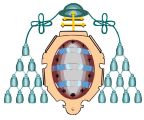
6. AGRADECIMIENTOS

A mi familia y novia por todo el apoyo que me brindan y me brindaron en los momentos difíciles.

A mis tutores Félix Gómez Cuenca y M^a Belén Folgueras Díaz por su paciencia en la corrección y su buen asesoramiento para la finalización de este trabajo.

7. REFERENCIAS

- [1] Dabbagh H.A., Ghobadi F., Ehsani M.R., Moradmand M. The influence of ester additives on the properties of gasoline. Fuel 104 (2013) 216–223.
- [2] Rivas Meza V.A., Santini Ichikawa B.E., Evaluación Técnica sobre la Incorporación de Nuevos Compuestos Oxigenados en la Preparación de Gasolina Comercial. Tesis doctoral Universidad México D.F., Diciembre 2006.
- [3] CGEE Centro de Gestión y Estudios Estratégicos. Ciencia, Tecnología e Innovación. Bioetanol-02 Espanhol.indd. Noviembre 2008. http://www.cgee.org.br/arquivos/bioetanol_esp.pdf?idProducto=4809 [Acceso el 13.07.2014]
- [4] Sanchez-Migallón Bermejo A. Obtención catalítica del MTBE. Memoria para Doctorado en Ciencias Químicas. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Químicas, 1993.
- [5] Naciones Unidas, Comisión económica para América Latina. Especificaciones del Etanol Carburante y del Gasohol (mezcla de gasolina y etanol) y Normas Técnicas para la Infraestructura. LC/MEX/L.741/Rev.1. 12 de Septiembre de 2006.



- [6] Methanol Institute. Combustible Alternativo para los Automóviles Actuales y Octanaje de Combustión más Limpia para las Refinerías de Petróleo Actuales. Mezclas de Gasolina y Metanol. Boletín Técnico de Producto de Mezclas de Metanol. [http://methanol.org/getdoc/0ae2dc90-c11f-43ea-8d2e-6998c857e35e/Blenders-Product-Bulletin-\(SP\).aspx](http://methanol.org/getdoc/0ae2dc90-c11f-43ea-8d2e-6998c857e35e/Blenders-Product-Bulletin-(SP).aspx) [acceso el 13.07.2014].
- [7] Babazadeh Shayan S., Seyedpour S. M., Ommi F. Effect of Oxygenates Blending with Gasoline to Improve Fuel Properties. Chinese Journal of Mechanical Engineering. 2012
- [8] Jaimes Silva M.P., Peña Ballesteros D.Y., Tristancho Reyes J.L., Estupiñan Duran H. A. Evaluación de la corrosión de un cobre comercialmente puro en mezclas de bioetanol - gasolina, mediante gravimetría y electroquímica. Scientia et Technica Vol. 18, No 1. Universidad Tecnológica de Pereira Abril de 2013.
- [9] UNE- EN ISO 2160 Productos petrolíferos Acción corrosiva sobre el cobre Ensayo de la lámina de cobre. ISO 2160:1998; Junio 1999
- [10] American Society for Testing and Materials D381-12. Standard test method for gum content in fuels by jet evaporation. West Conshohocken, PA, USA; 1998
- [11] UNE-EN ISO 6246 Productos petrolíferos, Contenido de gomas de los destilados ligeros y medios, Métodos de evaporación al chorro. (ISO 6246:1995); Julio 1999
- [12] Pereira Rita C.C., Pasa Ványa M.D. Effect of mono-olefins and diolefins on the stability of automotive gasoline. Fuel 85 (2006) 1860 – 1865.