

ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Jaime Torres*¹, Daniel Molina², Carlos Pinto², Fernando Rueda²

¹Ecopetrol – Instituto Colombiano del Petróleo, A.A. 4185 Bucaramanga, Santander, Colombia.

²Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Bucaramanga, Santander, Colombia
e-mail: jatorres@ecopetrol.com.co

(Recibido 28 de Junio 2002; Aceptado 13 de Noviembre 2002)

El presente trabajo muestra los resultados de la evaluación de las mezclas de las gasolinas extra y regular producidas en la Refinería de Barrancabermeja, con 10% en volumen de etanol anhidro y concentraciones alrededor de este punto (5% y 15% en volumen), que permiten determinar con mayor precisión las características de la mezcla deseada. Se estudiaron principalmente las propiedades Presión de Vapor Reid (RVP) e Índice Antidetonante (IAD), con el fin de determinar la variación de estas propiedades cuando se le adiciona 5%, 10% y 15% en volumen de etanol anhidro a los combustibles base. Con base en estos resultados, se determinó el RVP e IAD de las gasolinas base para que al mezclarlas con 10% en volumen de etanol se logren las especificaciones de calidad que las gasolinas colombianas deberán cumplir a partir de año 2005.

Para el ajuste del RVP del combustible base, se diseñó y construyó una despojadora de vapores livianos por arrastre con nitrógeno, y para el ajuste del IAD del combustible base se realizaron mezclas con nafta virgen, para IAD más bajos, y con nafta craqueada y alquilato de alto octano, para IAD más altos. Después de determinar las especificaciones de los combustibles base, para que al mezclarlo con 10% en volumen de etanol se cumpla con las regulaciones de calidad de las gasolinas comerciales colombianas para el 2005, se realizaron pruebas de tolerancia de las mezclas al agua para el rango entre 273 K a 313 K.

Palabras Claves: Gasolina, etanol, mezclas, RVP, octano.

* A quien debe ser enviada la correspondencia

This study includes the assessment results for blends of premium and regular gasoline produced in Barrancabermeja's Refinery with 10vol% anhydrous ethanol and concentrations within this range (from 5vol% to 15vol%). The results may allow for a more precise definition of the characteristics for the desired blend. The survey basically focused on the Reid Vapor Pressure (RVP) and the antiknock index (RON+MON/2) properties, in order to determine the variations within these properties when 5vol%, 10vol%, and 15vol% anhydrous ethanol is added to the base fuels. Based on these results, the RVP and antiknock index were determined for the base fuels, blended with 10vol% ethanol, to comply with the quality standards required for Colombian fuels in year 2005.

For the adjustment of the base fuel's RVP, a light-vapors, nitrogen-dragging stripper was designed and built. As for the adjustment of the base fuel's antiknock index, blends with straight naphta were made for lower index values, while blends with cracked naphta and high octane alkylate were made for higher index values. Having determined the specifications for base fuels, as required to blend them with 10vol% ethanol and meet the quality standards for Colombian gasoline in year 2005, water tolerance for the blends was estimated at temperature ranges of 273 K to 313 K.

Keywords: *Gasoline, ethanol, blend, RVP, octane.*

INTRODUCCIÓN

Con el fin de sustituir parcialmente uno de los combustibles más valiosos en el mercado internacional, la gasolina motor, de buscar fuentes alterna de energía compatible con la tecnologías actuales de la industria automotriz y de promover la utilización de combustibles renovables más limpios, el etanol se ha convertido en uno de los principales componentes para reformular los combustibles del futuro y así poder cumplir con regulaciones ambientales cada vez más exigentes.

Una mirada retrospectiva a la historia del invento y desarrollo del motor de explosión interna, nos muestra cómo sus primeras versiones operaban con alcohol, y sólo el tremendo desarrollo de la industria petrolera y los muy bajos precios de los combustibles derivados de los hidrocarburos, permitieron a este recurso mantener una aplastante hegemonía como fuente energética primaria.

La utilización de etanol en mezclas con gasolina motor hasta en un 20% en volumen no exige modificaciones de los motores ciclo otto, y sólo en algunos casos requiere ajustes en carburación, debido a su efecto de empobrecimiento de mezcla. Para mezclas con mayor proporción de etanol, ó para su utilización puro, se requiere realizar modificaciones a los diseños de los motores.

La posibilidad de utilizar inmediata y adecuadamente la bioconversión de etanol a partir de biomásas, parece técnicamente viable para Colombia que recibe radiación solar abundante y al mismo tiempo, dispone de áreas extensas todavía no aprovechadas que, por sus características edafoclimáticas, pueden ser explotadas con plantas de alto contenido de hidratos de carbono ó almidones, técnicamente transformables en etanol (Pousen *et al.*, 1982).

Los principales beneficios de utilizar gasolina mezclada con etanol es la disminución del efecto invernadero causada por el aumento de contaminantes como el CO₂ en la atmósfera. Está comprobado, además, que la utilización de oxigenados reduce las emisiones de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos totales (THC) de los gases de escape de los vehículos (Al-dawood and Ganadhidasan, 2000), al tiempo que eleva el octanaje

del combustible lo cual permite reemplazar compuestos aromáticos y otras sustancias tóxicas de elevado octanaje (Martin, 1980).

METODOLOGÍA

El estudio de las mezclas de gasolina con etanol anhidro industrial se realizó en las siguientes etapas:

- Obtención de los componentes de las mezclas.
- Caracterización de las gasolinas base (regular y extra de la Refinería de Barrancabermeja) y el etanol anhidro.
- Determinación de las curvas de RVP de las gasolinas base vs RVP de las mezclas (5%, 10% y 15% en volumen de etanol).
- Determinación de las curvas de IAD de las gasolinas base vs IAD de las mezclas (5%, 10% y 15% en volumen de etanol).
- Determinación del máximo contenido de agua permisible de las mezclas óptimas de gasolinas con 10% en volumen de etanol.
- Caracterización fisicoquímica de las mezclas óptimas de gasolinas con 10% en volumen de etanol anhidro.

Obtención de los componentes de la mezcla

Para este estudio se utilizaron gasolinas “regular” y “extra” obtenidas en la Refinería de Barrancabermeja. El etanol utilizado es de tipo anhidro industrial, desnaturalizado. Las gasolinas base “regular” y “extra” y el etanol anhidro fueron mantenidas a temperaturas inferiores a 273 K para evitar pérdida de volátiles por evaporación.

Caracterización de las gasolinas base y el etanol

Tanto a las gasolinas base como al etanol anhidro se les determinaron las siguientes propiedades fisicoquímicas: densidad y gravedad API en un densímetro AP-PARA DMA-48 de acuerdo con la norma ASTM D-4052, índice de refracción en un refractómetro Mettler Toledo RE-40 de acuerdo con la norma ASTM D-1218, contenido de agua en un equipo Karl Fisher KF-701

de acuerdo con la norma ASTM D-1744, contenido de etanol en un analizador de oxigenados Altamont Oxylab según la norma ASTM D-5845, presión de vapor en un medidor semiautomático de presión de vapor Herzog Lauda según la norma ASTM D-4953, porcentaje de azufre en un analizador de azufre HORIBA según la norma ASTM D-4294, corrosión en lámina de cobre en un baño termostataado Koehler según la norma ASTM D-130, número de octano método research y método motor en un motor CFR- Wakesha según las normas ASTM D-2699 y D-2700, herrumbre en un baño termostataado Fisher scientific según la norma ASTM D-665, poder calórico en una bomba calorimétrica PAAR 1261-99 según la norma ASTM D-650, destilación atmosférica en un destilador automático Herzog HDA-627 de acuerdo a la norma ASTM D-86 y un análisis cromatográfico (PIANO) en un cromatógrafo Hewlet Packard 6890, según la norma ASTM D-6623.

Determinación de las curvas de RVP de las gasolinas base vs RVP de las mezclas (5%, 10% y 15% en volumen de etanol)

Un diagrama de la despojadora diseñada y construida para la debutanización de las gasolinas base se aprecia en la Figura 1. Las condiciones de operación del equipo fueron las siguientes:

- Presión de burbujeo de nitrógeno: 20,68 kPa
- Volumen de muestra: 8 litros
- Temperatura de despojo: 298 K
- Temperatura del baño de enfriamiento: 273 K
- Temperatura de la trampa de volátiles: 213 K
- Temperatura de la muestra: 273 K
- Tiempos de burbujeo: 180 segundos

A la gasolina adicionada al tanque se le burbujeó nitrógeno (gas de arrastre) con el fin de debilitar las fuerzas intermoleculares y liberar las moléculas de menor peso molecular y menor punto de ebullición y así disminuir la presión de vapor (RVP) de la gasolina base. El despojo de livianos se realizó en períodos de tiempo de 180 segundos. Al final de cada período de burbujeo, se tomaban muestras de la gasolina enfriándola a 273 K, para posteriormente mezclarlas con etanol anhidro al 5%, 10% y 15% en volumen. La concentración de

etanol de las mezclas fue chequeada en un analizador infrarrojo diseñado para determinación de oxigenados y previamente calibrado para etanol.

Posteriormente se determinó la presión de vapor Reid de la gasolina base despojada y de sus mezclas con etanol anhidro y se elaboró una gráfica de RVP de las gasolinas base contra RVP de las gasolinas base mezcladas con 5%, 10% y 15% en volumen de etanol.

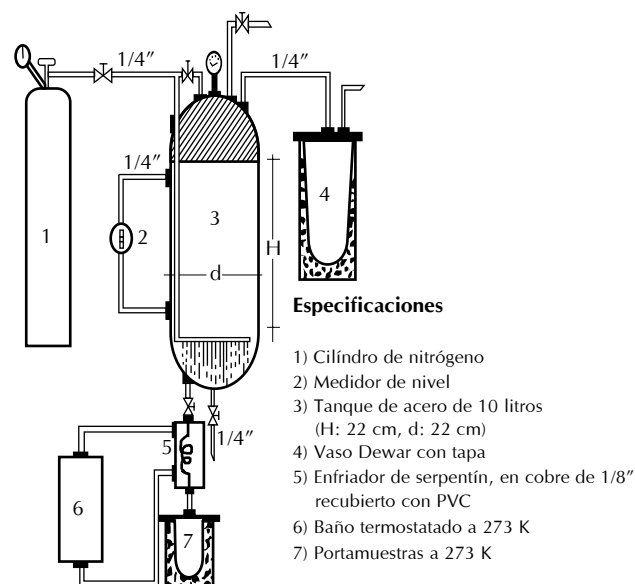


Figura 1. Despojadora de gasolinas

Determinación de las curvas de IAD de las gasolinas base vs IAD de las mezclas (5%, 10% y 15% de etanol)

Después de determinar el RVP requerido de la gasolina base para que al mezclarla con 10% en volumen de etanol anhidro se obtuviera una gasolina con las especificaciones de RVP deseadas, se prepararon mezclas de las gasolinas base con nafta virgen, nafta craqueada y alquilato de alto octano, en diferentes proporciones, con el fin de obtener gasolinas con diferentes valores de IAD. Los estimativos del IAD de las mezclas se realizaron utilizando la tabla de RBN's (Research Blending Number) de las gasolinas y la sensibilidad tanto de las gasolinas base como de las corrientes de alto y bajo octano utilizadas.

Los RBN se obtienen de las tablas estandarizadas con base en el RON de cada uno de los componentes de la mezcla (Tabla 1). La sensibilidad de la mezcla se

ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO

Tabla 1. RNB's y sensibilidad de las gasolinas y las corrientes de alto y bajo octano empleadas en el ajuste del IAD

Muestra	RON	MON	IAD	Sensibilidad	RBN
Regular	84,80	78,00	81,40	6,80	59,50
Extra	93,40	82,00	87,70	11,40	64,30
Nafta virgen	66,40	66,40	66,40	0,00	53,40
Nafta craqueada	88,60	80,70	84,65	7,90	61,30
Alquilato	94,60	92,00	93,30	2,60	65,20

Tabla 2. Mezclas de gasolina regular y corrientes de alto y bajo octano para ajustes de IAD

IAD	RON estimado	RBN	Gasolina (% v/v)	Nafta virgen (% v/v)	Nafta craqueada (% v/v)	Alquilato (% v/v)
75,00	78,00	56,80	56,00	44,00		
77,00	80,00	57,50	67,00	33,00		
81,40	84,80	59,50	100,00	0,00	0,00	0,00
83,00	87,00	60,50	44,00		56,00	0,00
85,00	89,00	61,50	65,00			35,00
87,00	89,50	61,80	60,00			40,00

Tabla 3. Mezclas de gasolina extra y corrientes de alto y bajo octano para ajustes de IAD

IAD	RON estimado	RBN	Gasolina (% v/v)	Nafta virgen (% v/v)	Nafta craqueada (% v/v)	Alquilato (% v/v)
82,00	86,50	60,30	63,00	37,00		
84,00	89,00	61,50	74,00	26,00	0,00	
87,70	93,40	64,30	100,00	0,00	0,00	0,00
89,00	94,00	64,70	56,00			44,00
90,00	94,50	65,10	11,00			89,00

estima con base en la sensibilidad de las gasolinas base y las corrientes utilizadas. A partir del IAD deseado y la sensibilidad de la mezcla total, se calculan el RON y el MON estimado. Con base en esta información se calculan los porcentajes en volumen de la gasolina base y la corriente utilizada, necesarios para obtener el IAD deseado de la mezcla. Los resultados se reportan en las Tablas 2 y 3.

Después de preparadas las mezclas de las gasolinas base con las diferentes corrientes (nafta virgen, nafta craqueada y alquilato de alto octano), para ajuste de los respectivos IAD, se despojaron las mezclas por burbujeo con nitrógeno, hasta obtener la presión de vapor requerida para que al mezclarlas con 5%, 10% y 15% en volumen de etanol no excediera el RVP especificado en los estándares de calidad colombianos, la cual fue

calculada con los resultados obtenidos previamente. A cada una de estas mezclas se le determinó el RON y MON y se elaboró una gráfica del IAD de las mezclas contra el IAD de las mezclas con 5%, 10% y 15% en volumen de etanol anhidro.

Determinación del máximo contenido de agua permisible de las mezclas óptimas de gasolinas con 10% en volumen de etanol anhidro

Obtenidos los valores requeridos de RVP e IAD de las gasolinas base, se procedió a determinar la máxima tolerancia de agua en las mezclas gasolina-etanol, para el rango de temperaturas comprendido entre 273 K y 313 K. Esto se realizó tomando 0,05 litros de la mezcla en un erlenmeyer con agitación magnética, al cual se le adaptó un termómetro que permitía la lectura permanente de la temperatura de la mezcla.

El control de la temperatura de la mezcla se hizo manualmente. Para temperaturas entre 273 K a 283 K se realizó utilizando un baño de enfriamiento (hielo con cloruro de sodio) y para temperaturas entre 283 K y 313 K, mediante una manta de calentamiento. Realizando adiciones progresivas de pequeñas cantidades de agua se observaba la temperatura a la cual se producía la separación de fases (turbidez); a dicha temperatura se

tomaban 0,002 litros de la mezcla y se le medía su contenido de agua, utilizando un equipo Kart Fisher Titrimo KF-701, de acuerdo a la norma ASTM D-1744.

Caracterización fisicoquímica de las mezclas óptimas de gasolinas con 10% en volumen de etanol anhidro

Con el fin de comparar las propiedades fisicoquímicas de las mezclas óptimas de las gasolinas con 10% en volumen de etanol, con las propiedades de las gasolinas regular y extra que se habían caracterizado anteriormente, se hizo una caracterización de las mezclas gasolina-etanol. Las propiedades determinadas en esta caracterización, son las mismas de las de la gasolina regular y extra, utilizando las mismas técnicas y métodos instrumentales.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Determinación de las curvas de RVP de las gasolinas base vs RVP de las mezclas (5%, 10% y 15% en volumen de etanol)

Como puede observarse en las Figuras 2 y 3, la presión de vapor de la gasolina base se incrementa con la adición de etanol; estadísticamente este incremento es

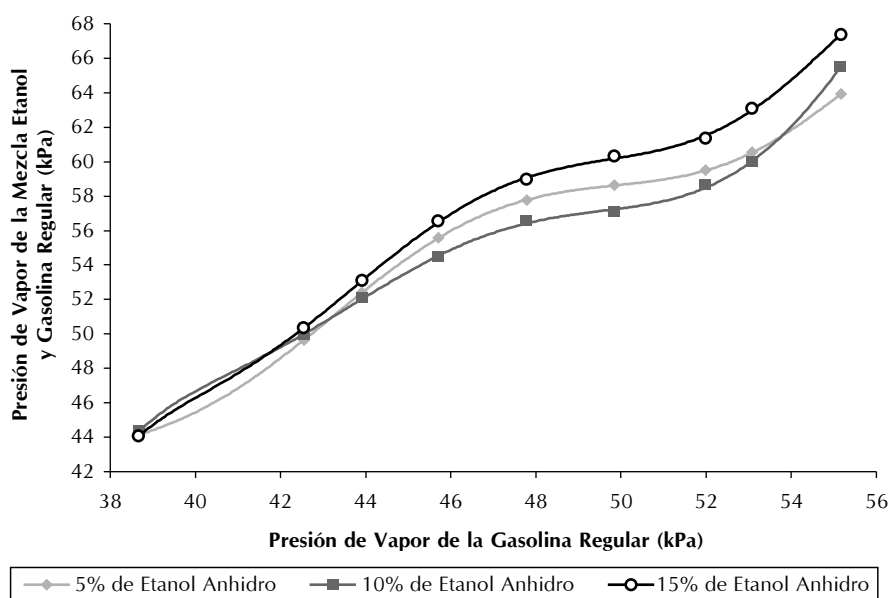


Figura 2. Dependencia de la presión de vapor de la gasolina regular con la adición de 5%, 10% y 15% en volumen de etanol anhidro

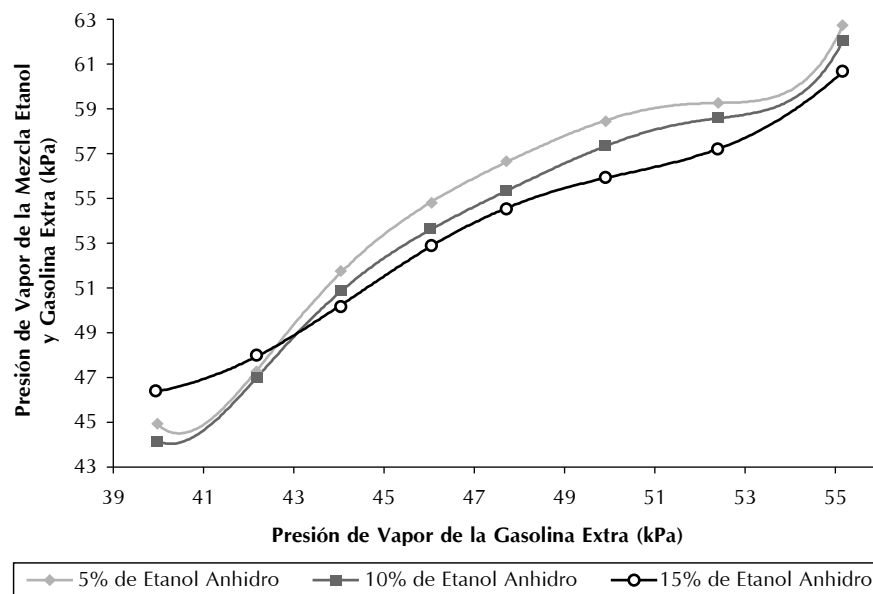


Figura 3. Dependencia de la presión de vapor de la gasolina extra con la adición de 5%, 10% y 15% en volumen de etanol anhidro

de alrededor de 7,58 kPa, para las tres mezclas y tiene un comportamiento polinomial de grado 6. Los valores de la presión de vapor de las tres mezclas en cada punto, presentan generalmente diferencias inferiores a los de la repetibilidad del método (2,13 kPa), por lo que no es posible definir con exactitud con cuál concentración de etanol se tiene un mayor incremento del RVP.

Estudios realizados por American Petroleum Institute en 1988, muestran que los valores de RVP para concentraciones de 5%, 10% y 15% en volumen de etanol son muy similares; difieren entre sí en 1,37 kPa aproximadamente, lo que refuerza los resultados obtenidos en este estudio. Al variar la concentración de etanol en el rango de 0-10% en la mezcla, se produce un mayor incremento de la presión de vapor Reid y al ir aumentando la concentración entre 10-50% en volumen éste decrece lentamente. Para concentraciones comprendidas entre 50-100% en volumen de etanol la presión de vapor decrece rápidamente (Furey and Perry, 1987).

El comportamiento no ideal de las mezclas gasolina-etanol, está relacionado con los puentes de hidrógeno formados entre moléculas de etanol, los cuales hacen que esta molécula tenga una presión de vapor

relativamente baja. Cuando el etanol es mezclado con solventes no polares como la gasolina, los puentes de hidrógeno son debilitados restándoles fuerza. El etanol se comporta como una molécula de bajo peso molecular, más volátil, dando como resultado un incremento en la presión de vapor. La volatilidad del combustible es también incrementada porque el etanol forma azeótropos de bajo punto de ebullición con ciertos hidrocarburos alifáticos (Horsley, 1973; Pumphrey *et al.*, 2000).

Determinación de las curvas de IAD de las gasolinas base vs IAD de las mezclas (5%, 10% y 15% en volumen de etanol)

Por ser el etanol un componente con un IAD más alto que el de las gasolinas comerciales, la mezcla de gasolinas con etanol debe generar un aumento en esta propiedad. Para nuestro caso, los resultados para el IAD del etanol fueron de 108, contra un IAD de 81,4 para la gasolina regular y 87,7 para la gasolina extra (Tabla 4). El aumento en el IAD de la mezcla depende de la cantidad de etanol adicionado a la mezcla y del IAD de la gasolina base. Como se puede observar en las Figuras 4 y 5 el incremento del IAD observado para las gasolinas base con la adición de 5% en volumen de

etanol, se encuentra entre una y tres unidades; para 10% en volumen de etanol está entre dos y cinco unidades y para 15% en volumen de etanol entre tres y nueve unidades. Estas gráficas nos permiten determinar el IAD de la gasolina base para que al mezclarlo con 5%, 10% ó 15% en volumen de etanol se logre un combustible con una determinada especificación.

Determinación del máximo contenido de agua permisible de la mezcla óptima de gasolinas con 10% en volumen de etanol anhidro

La gasolina y el agua son generalmente considerados inmiscibles, sin embargo la composición de las gasolinas es bastante variable y puede contener de grandes a pequeñas concentraciones de aromáticos,

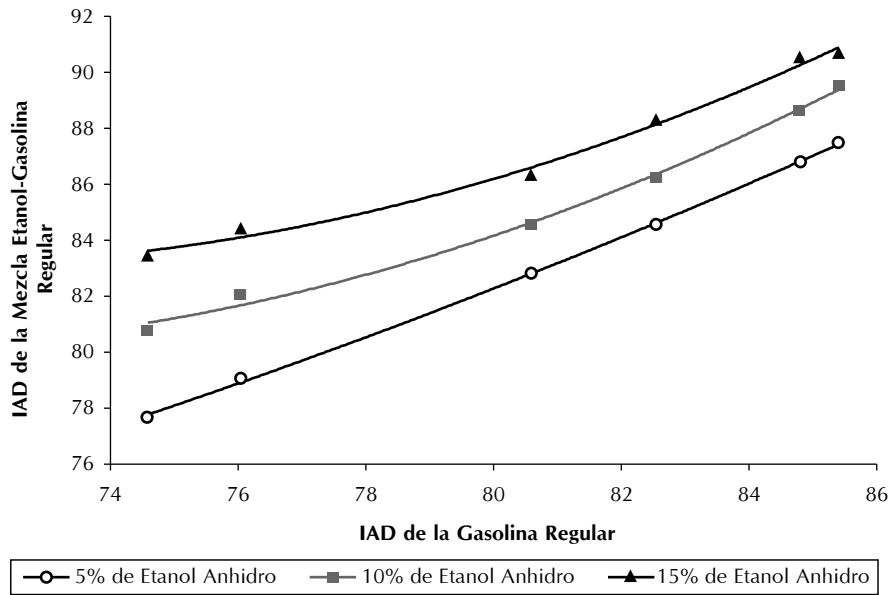


Figura 4. Dependencia del IAD de la gasolina regular (GCB) con la adición de 5%, 10% y 15% en volumen de etanol anhidro

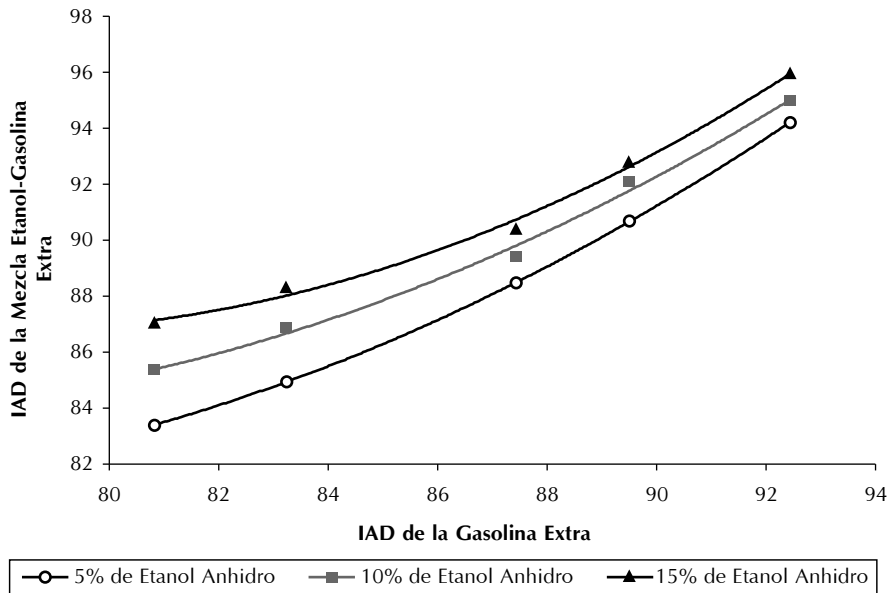


Figura 5. Dependencia del IAD de la gasolina extra (GCB) con la adición de 5%, 10% y 15% en volumen de etanol anhidro

olefinas y especies heteroatómicas que facilitan que se solubilice una pequeña cantidad de agua (Timpe and Wu, 1995).

El etanol tiene una menor solubilidad en hidrocarburos parafínicos que en hidrocarburos aromáticos, es decir, las concentraciones de hidrocarburos parafínicos e hidrocarburos aromáticos en las gasolinas son por consiguiente factores importantes en la tolerancia de agua de las mezclas gasolina etanol (American Petroleum Institute, 1988; Kampen, 1980).

La solubilidad del etanol en la gasolina está limitada por la presencia del agua. Cuando se adicionan pequeñas cantidades de agua a la mezcla gasolina etanol, a una determinada temperatura, los puentes de hidrógeno formados entre el agua y las moléculas de etanol separan la mezcla en dos fases. Los hidrocarburos parafínicos predominan en la parte superior, mientras la fase inferior más densa, consiste principalmente en etanol, agua y pequeñas cantidades de hidrocarburos aromáticos. Sin embargo el etanol puede distribuirse entre la gasolina y la fase acuosa. Este efecto de separación es mucho

menos pronunciado para alcoholes con alto número de carbonos, aumentando su afinidad con la fase parafínica (American Petroleum Institute, 1988).

Como se observa en las Figuras 6 y 7 la tolerancia de agua para una determinada concentración de etanol en la mezcla, se incrementa con la temperatura, puesto que, la energía de interacción entre las moléculas de la gasolina, el etanol y el agua aumenta, produciendo mayor contacto entre éstas y por ende, elevando el grado de solubilidad. La tolerancia de agua en la mezcla etanol-gasolina a una determinada temperatura, aumenta con la concentración de etanol, ya que éste actúa como un cosolvente envolviendo y reteniendo las moléculas de agua, incrementando la solubilidad del agua en la mezcla. Otro factor que incrementa la solubilidad del agua (Figuras 6 y 7), es el aumento de la concentración de aromáticos en la mezcla etanol-gasolina; es por esto que la gasolina extra con mayor concentración de estos compuestos, tolera mas agua que la gasolina regular para una determinada temperatura y porcentaje de etanol; esto se debe a la afinidad de estos compuestos con el agua.

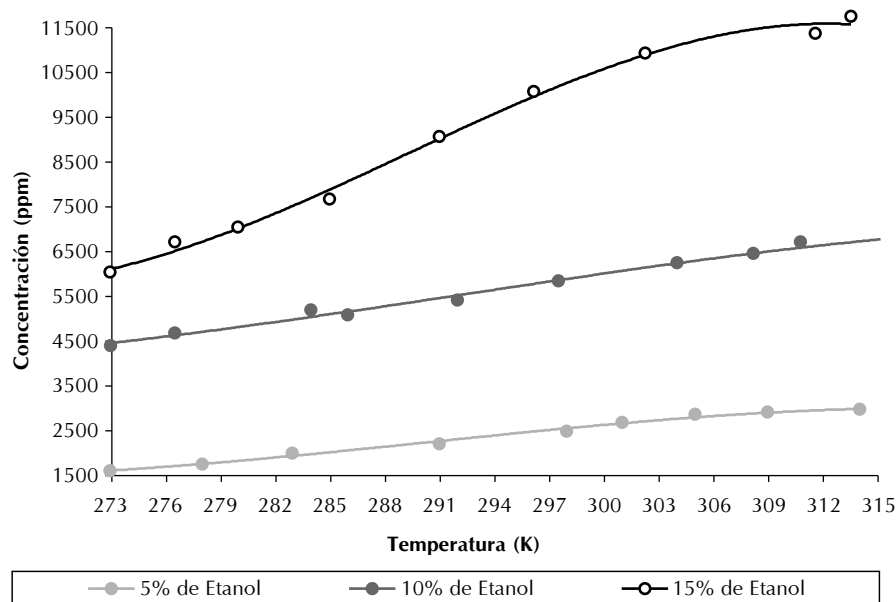


Figura 6. Solubilidad del agua en la mezcla etanol-gasolina regular con la temperatura

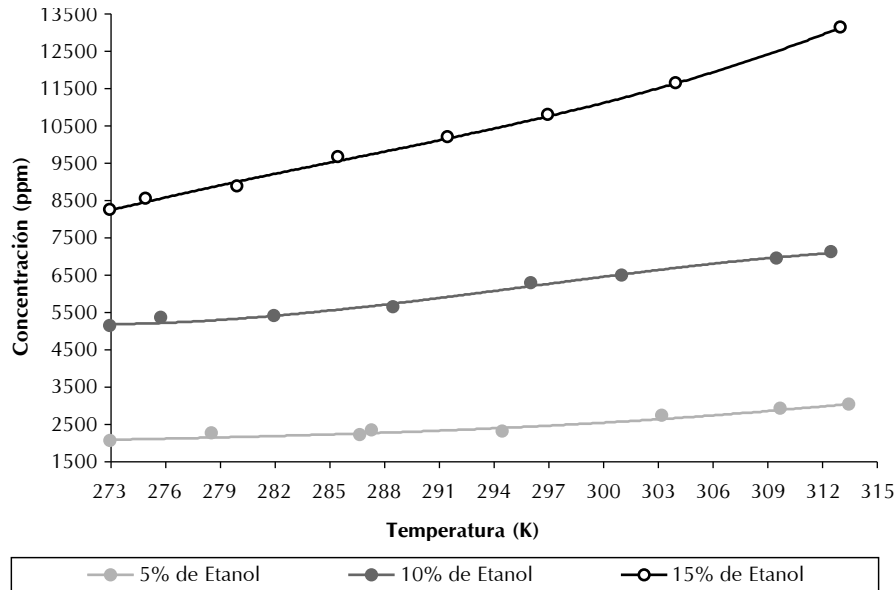


Figura 7. Solubilidad del agua en la mezcla etanol-gasolina extra con la temperatura

Caracterización fisicoquímica de la mezcla óptima de gasolina con 10% de etanol anhidro

En la Tabla 4, se pueden apreciar los resultados de los análisis físico-químicos que se realizaron para la caracterización del etanol anhidro, los combustibles base y las mezclas de gasolina etanol a las cuales se les ha ajustado el RVP e IAD, con base en los resultados obtenidos en este estudio, para que cumplan con los estándares de calidad exigidos a las gasolinas colombianas en el 2005.

En esta tabla podemos apreciar cómo la calidad del combustible mejora por la adición del 10% en volumen de etanol, ajustando el RVP y el IAD final. Por efecto de dilución y de adición de corrientes con más bajos contenidos de azufre (nafta virgen y alquilato), se logra una reducción apreciable del contenido de azufre de 0,07 % a 0,03 % en peso. Además los contenidos de aromáticos también se reducen de 22% y 30% en volumen, para las gasolinas regular y extra respectivamente, a 16% y 22% en volumen. En el contenido de olefinas se tiene un efecto de reducción similar al de los aromáticos, se reducen de 18% y 22% en volumen a 11% y 15% en volumen.

Las curvas de destilación también se ven afectadas, reduciéndose hasta en 15 K las temperaturas de destilación de las diferentes fracciones. En la mezcla

etanol-gasolina se forman azeotropos con hidrocarburos tipo C5 y mayores, disminuyendo las temperaturas de ebullición de estos hidrocarburos individuales. El efecto más pronunciado para este fenómeno se puede observar entre el 20% y el 50% de la curva de destilación. Esto hace que se incremente el índice de cierre de vapor, pero sin salirse del valor máximo recomendado: 120.

El contenido de agua en las gasolinas base es menor al de las mezclas etanol-gasolina al 10% en volumen, ya que el etanol contiene 4083,60 ppm de agua, y puede haber absorbido otro porcentaje adicional del medio ambiente durante su preparación. En cualquier circunstancia, de acuerdo con lo observado en las Figuras 6 y 7, el contenido de agua, en la mezcla reformulada etanol-gasolina al 10% en volumen se debe controlar en valores máximos de 1500 a 2000 ppm para que no se vayan a presentar problemas de separación de fases.

Las mezclas formuladas de gasolina con 10% en volumen de etanol reportan una corrosión en lámina de cobre 1_a (igual a las gasolinas base), es decir, que las mezclas no presentarán efecto corrosivo sobre las líneas de transporte, válvulas y tanques de almacenamiento. Igualmente la Herrumbre pasa de valores R5 a R1, lo cual indica que se tendrá una disminución al ataque de

ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO

Tabla 4. Caracterización de las gasolinas base, el etanol y las mezclas óptimas de gasolina con 10% en volumen de etanol

Parámetros	Unidad	ASTM	Etanol	Gasolinas		Gasolinas+ 10% EtOH	
				Regular	Extra	Regular	Extra
Densidad (15°C)	kg/l	D-4052	0,79	0,75	0,74	0,74	0,75
Gravedad API (15,6°C)		D-4052	46,55	57,51	58,1	58,20	55,60
Índice de refracción (20°C)		D-1218	1,3577	1,4282	1,4402	1,4114	1,423
Contenido de agua	ppm	D-1744	4083,60	201,00	320,00	518,00	565,00
% v/v de etanol	%	D-5845	99,96	0	0	10,28	10,16
Presión de vapor reid (37,8°C)	kPa	D-323	18,33	55,14	55,14	54,38	56,24
% p/p de azufre	%	D-4294	0	0,07	0,07	0,02	0,03
Corrosión en lámina de cobre (50°C)	clasificación	D-130	1 _o	1 _o	1 _o	1 _o	1 _o
RON		D-2699	120	84,80	93,40	84,30	93,30
MON		D-2700	96	78,00	82,00	77,80	80,80
Índice antidetonante (RON+MON)/2			108	81,40	87,80	81,05	87,05
Índice de cierre de vapor ICV (*)	kPa			77,65	75,83	98,58	102,81
Herrumbre	clasificación	D-665	R1	R5	R5	R1	R1
Poder calorífico	MJ/kg	D-240	29,62	46,10	46,55	44,61	44,20
Destilación		D-86					
Punto inicial de ebullición	K			313,30	315,20	317,60	313,40
10%	K			333,40	335,40	330,00	327,60
50%	K			381,60	387,90	371,20	371,80
90%	K			450,50	461,10	432,20	444,80
Punto final de ebullición	K			493,20	505,90	480,10	494,20
% v/v a 70°C	%			19,90	18,30	39,10	41,20
% v/v a 100°C	%			44,00	41,60	51,10	50,50
% v/v a 190°C	%			93,60	90,50	96,50	93,90
Pérdidas	ml			0,70	1,00	1,00	1,00
Residuo	ml			0,70	1,00	1,00	0,80
Cromatografía % v/v	%	D-6623					
Parafinas			0	12,37	5,86	15,82	10,61
Isoparafinas			0	30,90	26,12	29,09	25,85
Aromáticos			0	22,07	30,66	16,24	22,76
Benceno			0	0,66	0,66	0,75	0,70
Naftenos			0,02	10,54	7,52	12,90	9,61
Olefinas			0,01	18,19	22,15	11,83	15,93
Oxigenados			99,97	0,37	0,52	10,41	10,82
No identificados			0	1,74	1,61	1,38	1,16
C12+			0	3,78	5,57	1,92	3,27

(*)ICV= Presión de vapor reid (kPa) + (1,13 * % vol, Evaporado a 70°C)

los materiales ferrosos. El calor de combustión de las mezclas de gasolina con 10% de etanol disminuyó en aproximadamente 2 MJ/kg (4%), esto es debido a que el etanol posee un poder calórico más bajo que el de las gasolinas base.

CONCLUSIONES

- La presión de vapor óptima de las gasolinas base debe estar en el rango entre 46,18 a 47,56 kPa, para que al mezclarlo con 10% en volumen de etanol anhidro se obtenga un combustible con un RVP de 55 kPa que es la especificación de las gasolinas colombianas para el año 2005.
- El índice antidetonante óptimo de los combustibles base debe estar en el rango de 75 a 76 para gasolina regular y de 84 a 85 para gasolina extra, para que al mezclarlo con 10% de etanol anhidro se obtenga una mezcla con un IAD de 81 para gasolina regular y de 87 para gasolina extra, que es la especificación de las gasolinas colombianas para el año 2005.
- La tolerancia de agua en la mezcla etanol-gasolina a una determinada temperatura, aumenta con la concentración de etanol, ya que éste actúa como un cosolvente. Esta también se ve incrementada con el aumento de compuestos aromáticos en la gasolina, debido a afinidades existentes entre estos compuestos y el agua.
- El máximo contenido de agua recomendado para el transporte y almacenamiento de la mezclas gasolina etanol es de 2000 ppm, para evitar que se puedan presentar problemas de separación de fases.
- La adición de 10% en volumen de etanol a las gasolinas genera una mejora en la calidad de los combustibles, no sólo por la presencia de oxígeno dentro la mezcla lo cual ayuda a mejorar la combustión, sino porque se tienen reducciones de los contenidos de azufre, aromáticos y olefinas, básicamente por el efecto de dilución que se presenta con el etanol.

BIBLIOGRAFÍA

- American Petroleum Institute, 1988. “*Alcohols and ethers*”. Washington, D. C., API Publication 4261, July, 1-14.
- Al-dawood, A. M. and Gandhidasan, P., 2000. “Effects of blending crude ethanol with unleaded gasoline on exhaust emissions of SI engine”. In: *Society of Automotive Engineers*, October 16 - 19, 1-13.
- Furey, R. L. and Perry, K. L., 1987. “Vapor pressure of mixtures of gasolines and gasoline-alcohol blends”. In: *Society of Automotive Engineers Inc.*, 1-12.
- Horsley, L. H., 1973. “Azeotropic data III E”. *American Chemical Society*, No. 16, 1-8.
- Kampen, W. H., 1980. “Engines run well on alcohols”. *Hydrocarbon Processing*, February, 72-75.
- Martín, S., 1980. “Estudio sobre las gasolinas alcohólicas, su desarrollo, ventajas e inconvenientes”. *Ingeniería Química*, (12): 87-95.
- Poulsen, P. B., Hansen, S. H. y Jenser, K. J., 1982. “La viabilidad de la producción de etanol para carburante en España”. *Ingeniería Química*, (14): 25-30.
- Pumphrey, J. A, Brand, J. I and Sheller, W. A., 2000. “Vapour pressure measurements and predictions for alcohol-gasoline blends”. *Fuel*, (79): 1-7.
- Timpe, R. C. and Wu, L., 1995. “Vapor pressure response to denaturant and water in E10 blends”. *Journal of the Air & Waste Management Association*, (45): 46-51.