

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y DESTILACIÓN SIMULADA DE PETRÓLEOS CRUDOS

Darío Burbano, Luis Calle
dariojvr@hotmail.com; lcalles@iuce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería Química. Casilla 17-01-3972

Recibido: 8 agosto 2012

Aceptado: 21 noviembre 2012

RESUMEN

Destilación simulada y propiedades fisicoquímicas de crudos ecuatorianos, para evaluar el rendimiento de las fracciones características del petróleo crudo.

Se recolectaron muestras de pozos ubicados en varias locaciones de la Amazonía ecuatoriana, como: Auca, Cononaco, Drago, Paracayacu, Shuara, Yuca, Yulebra y del crudo de carga de la Refinería Estatal de Esmeraldas. Se determinaron las principales propiedades fisicoquímicas mediante procedimientos normalizados, se obtuvieron las curvas de los puntos de ebullición utilizando técnicas cromatográficas. En el simulador de procesos Hysys se determinaron la composición de las fracciones predominantes.

Los crudos estudiados presentan un factor de caracterización Kuop que oscila entre 10,7-11,7, es decir, son de base nafténica.

PALABRAS CLAVES: Destilación simulada; análisis cromatográfico; petróleo crudo; fracciones del petróleo; propiedades fisicoquímicas; caracterización fisicoquímica; Simulador Hysys.

ABSTRACT

Simulated distillation and physicochemical properties of Ecuadorian crude oils were done to evaluate yields of crude oil fractions.

Samples of Wells situated in multiple locations of the Ecuadorian Amazon like: Auca, Cononaco, Drago, Paracayacu, Shuara, Yuca, Yulebra and Esmeraldas' Refinery crude oil input were collected. The principal physicochemical properties were determined by standardized procedures. The boiling point curves were obtained by chromatographic techniques. The predominant fractions compositions were determined with Hysys Processes Simulator.

The crude oils has a characterization factor Kuop that oscillates between 11-11.8, in other words, these crudes have a naphthenic base.

KEYWORDS: Simulated distillation; chromatographic analysis; crude oil; petroleum fractions; physicochemical properties; physicochemical characterization; Hysys simulator.

1. INTRODUCCIÓN

Los ensayos de caracterización fisicoquímica de petróleo crudo, tales como: destilación ASTM, curvas de destilación TBP, análisis FIA, factor Kuop, entre otros, permiten definir el funcionamiento de torres de destilación atmosférica y de vacío. Ensayos como los de la determinación de los puntos de ebullición verdaderos TBP, indican el porcentaje de las fracciones del petróleo y permiten ajustar las condiciones de operación para la obtención de los diferentes cortes.

La cromatografía gaseosa ha sustituido satisfactoriamente al ensayo de puntos de ebullición verdaderos, ya que permite un análisis en menor tiempo, con una cantidad de muestra mínima y con un porcentaje de recuperación del 100% lo que no ocurre con la destilación TBP en la que se limita el fraccionamiento.

En este trabajo se analizaron crudos de diferentes campos ecuatorianos, como: Auca, Cononaco, Drago, Paracayacu, Shuara, Yuca, Yulebra y del crudo de carga de la Refinería Esmeraldas, con el fin de determinar las características y composiciones de cada uno de ellos.

De los resultados obtenidos, las curvas de ebullición para los crudos livianos tienen una pendiente inicial menor por lo que cuentan con puntos de ebullición bajos y las fracciones ligeras se encuentran en mayor cantidad; en cambio para los crudos pesados se tiene puntos de ebullición más altos, la pendiente inicial es elevada y la pendiente de los cortes pesados disminuye al final.

2. DESTILACIÓN SIMULADA POR CROMATOGRAFÍA DE GASES

El método de destilación simulada consiste en utilizar la cromatografía en fase gaseosa con una columna apolar; es decir, una columna en

la cual la elución de los productos se realiza en función de su punto de ebullición. La temperatura de la columna se incrementa a una velocidad controlada (programación de temperatura) y el cromatograma es registrado en función de los tiempos de elución.

La correspondencia entre los tiempos de retención y las temperaturas de ebullición se establece a través de una calibración realizada con una mezcla conocida de hidrocarburos, generalmente normal parafinas cuyos puntos de ebullición están definidos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de los petróleos crudos provenientes de los pozos Auca, Cononaco, Drago, Paracayacu, Shuara, Yuca, Yulebra y el crudo de carga de la Refinería Estatal de Esmeraldas, se hizo mediante una caracterización fisicoquímica utilizando procedimientos normalizados de la ASTM e INEN. Entre los ensayos realizados se encuentran:

- Determinación de agua y sedimentos, (BSW), en petróleo crudo por el método de la centrifuga. Norma ASTM D 4007.
- Densidad API de petróleo crudo y productos del petróleo por el método del hidrómetro. Norma ASTM D 287.
- Viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos. Norma ASTM D 445.
- La destilación simulada de los diferentes crudos se realizó utilizando los procedimientos de las normas ASTM D 5134 y ASTM D 7169.

4. RESULTADOS

A continuación se detalla los resultados obtenidos:

Tabla 1. Resultados de los porcentajes de BSW en el crudo de los diferentes pozos

Pozo	% BSW Inicial	% BSW Final
Auca Sur 6	10,0	4,0
Cononaco 13	2,0	0,5
Cononaco 27	24,0	1,5
Cononaco 34	54,0	0,0
Cononaco 9	26,0	1,5
CrudoCarga	0,5	0,5
Drago 1	44,0	8,0
Drago Este 1	48,0	10,0
Drago Este 9D	10,0	0,5
Drago Norte 1D	4,0	0,6
Parcayacu 6	40,0	3,0
Shuara 25	72,0	0,5
Yuca 25D	60,0	34,0
Yulebra 15D	0,5	0,6

Tabla 2. Resultados del grado API a 60°F de los crudos de los diferentes pozos

Pozo	API ^{60F/60F}	API ^{60F/60F} SECO
Auca Sur 6	16,2	16,5
Cononaco 13	14,5	14,5
Cononaco 27	16,1	16,2
Cononaco 34	10,2	10,2
Cononaco 9	15,9	16
CrudoCarga	24,7	24,7
Drago 1	20,5	21,5
Drago Este 1	21,1	22,4
Drago Este 9D	30	30,1
Drago Norte 1D	25,4	25,5
Parcayacu 6	14,5	14,6
Shuara 25	25,7	25,8
Yuca 25D	11,6	12,4
Yulebra 15D	19	19

Tabla 3. Resultados del factor de caracterización Kuop obtenido mediante la ecuación de Nelson-Watson

Pozo	Kuop	Base del petróleo crudo u origen del material
Auca Sur 6	11,1	Nafténica
Cononaco 13	10,9	Naf-Arom
Cononaco 27	11,1	Nafténica
Cononaco 34	10,8	Naf-Arom
Cononaco 9	11,0	Nafténica
CrudoCarga	11,4	Nafténica
Drago 1	11,3	Nafténica
Drago Este 1	11,5	Nafténica
Drago Este 9D	11,7	Nafténica
Drago Norte 1D	11,5	Nafténica
Parcayacu 6	10,9	Naf-Arom
Shuara 25	11,5	Nafténica
Yuca 25D	10,7	Naf-Arom
Yulebra 15D	11,1	Nafténica

Tabla 4. Resultados del factor de caracterización Kuop (μ vs ρ) de los crudos de los diferentes pozos

Pozo	Kuop (μ vs ρ)	Base del petróleo
Auca Sur 6	11,5	Nafténica
Cononaco 13	11,6	Nafténica
Cononaco 27	11,5	Nafténica
Cononaco 34	---	---
Cononaco 9	11,5	Nafténica
CrudoCarga	11,7	Nafténica
Drago 1	11,5	Nafténica
Drago Este 1	11,5	Nafténica
Drago Este 9D	11,7	Nafténica
Drago Norte 1D	11,6	Nafténica
Parcayacu 6	11,4	Nafténica
Shuara 25	11,6	Nafténica
Yuca 25D	---	---
Yulebra 15D	11,5	Nafténica

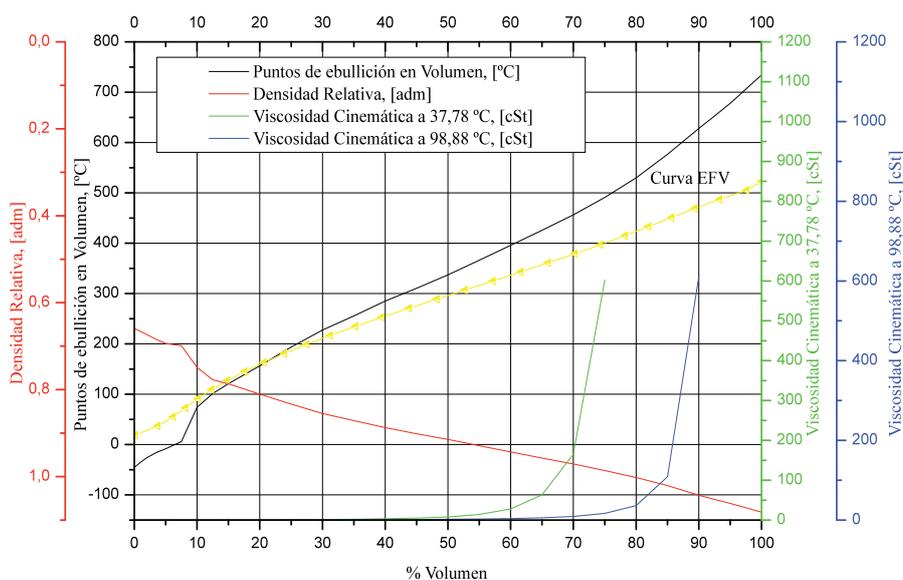


Figura 1. Curvas de puntos de ebullición en función del destilado en % volumen para el petróleo que ingresa a la Refinería Estatal de Esmeraldas.

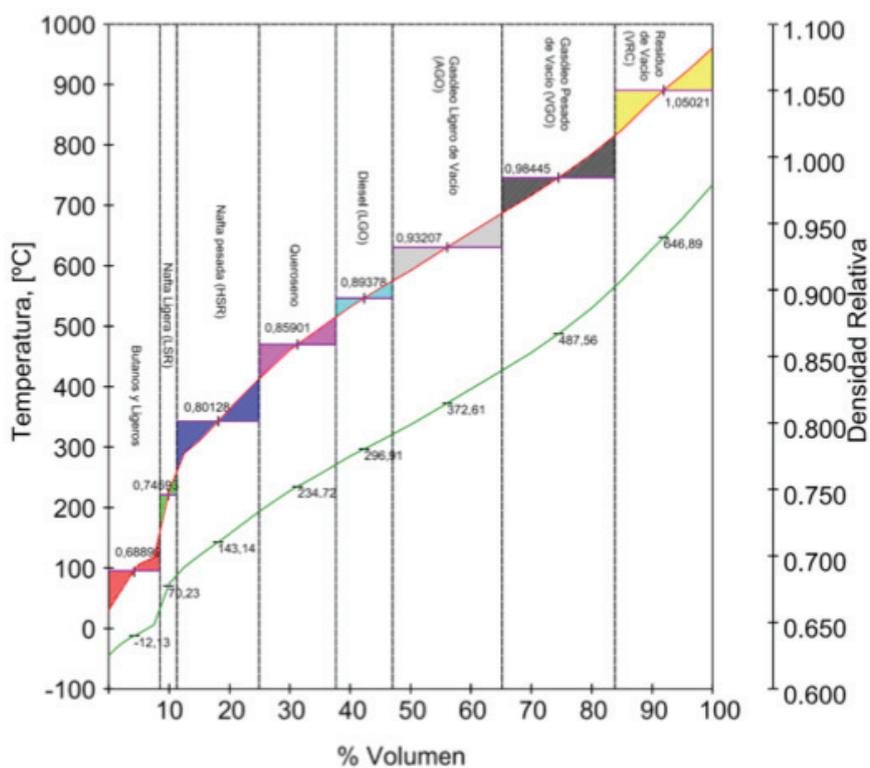


Figura 2. Temperatura media y densidad relativa media para los cortes de las fracciones del petróleo de carga de la Refinería Estatal de Esmeraldas.

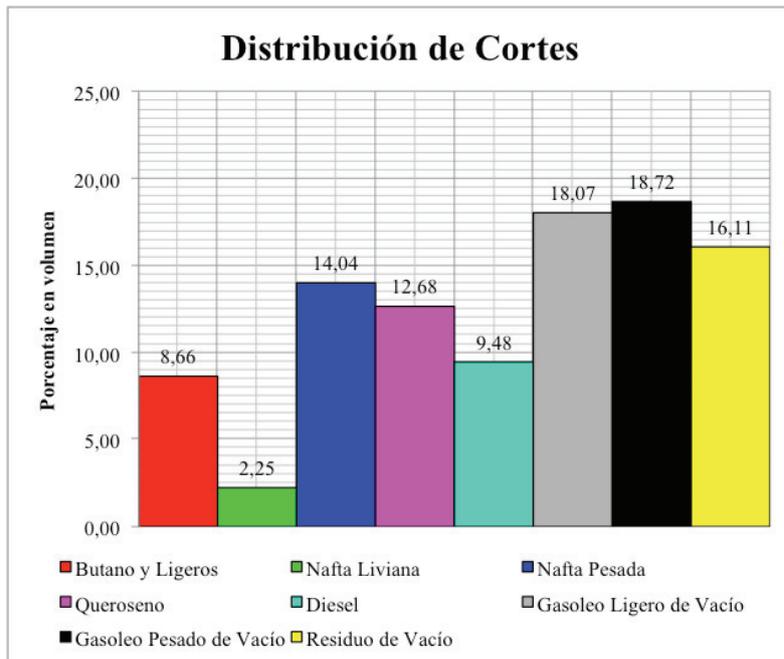


Figura 3. Comparación de los cortes en porcentaje en volumen del crudo de carga a la Refinería Estatal de Esmeraldas

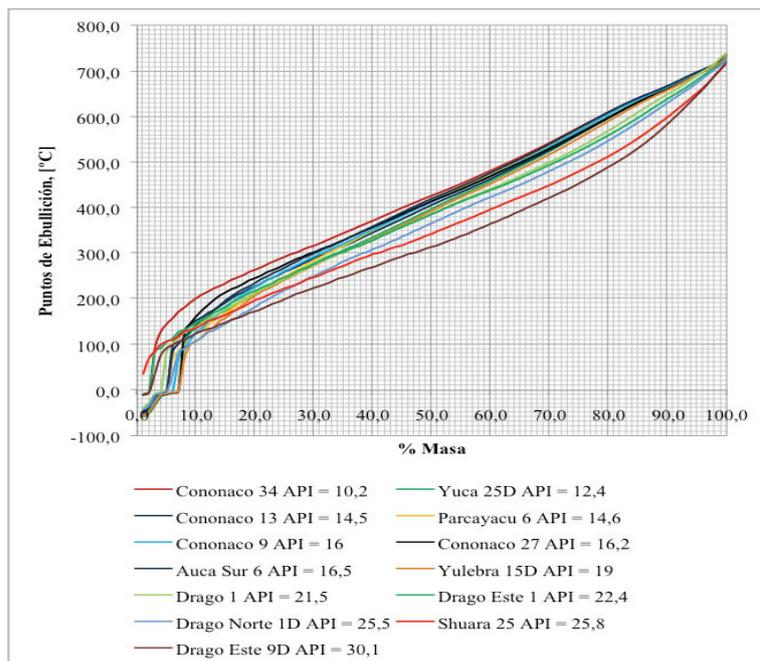


Figura 4. Comparación crudos de distinto grado API de las curvas de destilación de petróleos

5. DISCUSIÓN

- El factor de caracterización Kuop se obtuvo mediante dos métodos, 1) gráfico viscosidad en función de densidad y 2) utilizando la ecuación

de Nelson-Watson. El uso de la ecuación es un método más confiable debido a que los datos se obtuvieron mediante cromatografía gaseosa, la cual es una técnica reconocida y moderna; en cambio, el método gráfico conle-

va a errores de apreciación en la lectura.

- Los resultados experimentales fueron alimentados al programa de simulación HYSYS, para obtener información adicional de propiedades fisicoquímicas del crudo a diferentes cortes de destilado, como: temperatura y presión crítica, factor acéntrico, densidad relativa, viscosidad cinemática y curva de vaporización EFV.

6. CONCLUSIONES

- Para el crudo de carga a la Refinería Estatal de Esmeraldas se observa que los cortes que están en mayor cantidad son aquellos que en la curva de destilación tienen una menor pendiente con respecto al eje de la fracción de recuperado. En cambio se puede observar que el porcentaje de compuestos que se pueden separar mediante destilación atmosférica es del 47,11 % resultando un residuo del 52,89 % considerado un valor alto por lo que esta carga deberá ser sometida a destilación al vacío.
- El crudo de carga a la Refinería Estatal de Esmeraldas se puede apreciar que la fracción en menor cantidad es la de la nafta liviana con un 2,25 % y la de mayor cantidad es el gasóleo pesado de vacío con un 18,72%. Las fracciones más importantes como nafta pesada, queroseno y el diesel tienen un porcentaje 36,20%, el residuo tiene un porcentaje de 52,89 lo cual nos lleva a concluir que el crudo de carga tiene mayor cantidad de compuestos pesados que se procesarán en una unidad de destilación al vacío.
- Se observa que en la mayoría de petróleos crudos el factor de caracterización Kuop oscila entre 10,7-11,7 indicando que la base del petróleo es nafténica, el crudo de carga a la Refinería Estatal de Esmeraldas presenta también esta familia hidrocarbúrfica como predominante.
- Para los crudos Cononaco 13 y Parcayacu 6 se observa que el comportamiento de la curva no es igual a pesar que tienen la misma densidad, permitiendo conocer que no siempre la densi-

dad puede ser considerada como una propiedad para la caracterización de un crudo ya que no proporciona una idea clara de la composición de esta mezcla de hidrocarburos.

- Para las curvas de grado API en función de las fracciones del crudo se observa que para la nafta ligera, nafta pesada, queroseno, diesel, gasóleo ligero de vacío al aumentar la densidad API aumenta la cantidad de dichas fracciones, en cambio para el gasóleo pesado de vacío y residuo de vacío la cantidad de la fracción disminuye conforme el crudo es más liviano.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan sus agradecimientos a Petroecuador, en la persona del Ing. David Flor, por la ayuda brindada para realizar el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- AGILENT Technologies Inc. *ABC Instrumentación Analítica: Cromatógrafo de Gases 7890A*. México, D.F. 2009. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.abcia.com.mx/7890.html>.
- AGILENT Technologies Inc. *Guía de selección de columnas Agilent J&W para GC* [en línea]. U.S.A., 2010. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.chem.agilent.com/Library/selectionguide/Public/5990-5488ES.pdf>.
- AMERICAN Petroleum Institute. *Technical Data Boo: Petroleum Refining*. Fifth Edition, Washington, D.C. 1992.
- GARY, James. *Petroleum Refining Technology and Economics*. Fourth edition. New York: Marcel Dekker, Inc, 2001.
- MAXWELL, J. *Data Book on Hydrocarbons*. Eighth Printing. Toronto-New York-London: D. Vanstrand Company, Inc., 1950.
- NELSON, W. L. *Refinación de Petróleos*. Cuarta edición. Barcelona-Buenos Aires-México: Editorial Reverté S.A., 1958.
- WAUQUIER, J. *El Refino del Petróleo*. París: Imprenta Díaz de Santos, 1994.
- WHUITIER, Pierre. *Le Pétrole, Raffinage et Génie Chimique Tome I*. Segunda Edición. París: Editorial Technip, 1972. 939 p.