

## Estimación de Viscosidad Cinemática en Gasoil

Rzeznik, Miguel.<sup>(1)</sup>; Galarza, Guillermo.<sup>(1)</sup>; Viviani, Yanina.<sup>(1)</sup>; Ceroni, Hernan.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>INTI-Química

### Introducción

La viscosidad cinemática en el Gasoil es una propiedad física que como parámetro de control no es crítico en la calidad del combustible, ya que queda acotada con otras propiedades que debe cumplir el combustible. Sin embargo es importante que la viscosidad no exceda ciertos límites ya que podría generar inconvenientes en el funcionamiento del sistema de inyección de los motores.

En nuestro País, la Secretaría de Energía de la Nación a través de la Resolución 1283/2006 establece para el gasoil un límite de viscosidad cinemática a 40 °C entre 2 a 4.5 cSt. Si bien la gran mayoría de éstos cumple este requerimiento, la tendencia al aumento en el contenido de hidrocarburos aromáticos y la incorporación de cortes más livianos hace que la viscosidad se aproxime al límite inferior. En un futuro la incorporación de biodiesel al gasoil revertirá esta tendencia.

Realizar los ensayos para la determinación de viscosidad cinemática, genera inconvenientes operativos y mayores costos. Es la intención del presente trabajo aportar una correlación matemática para estimar la viscosidad cinemática a 40°C y decidir rápidamente si es necesario realizar el ensayo bajo norma.

### Metodología / Descripción Experimental

En general para los hidrocarburos a medida que aumenta el peso molecular de las sustancias, aumenta la densidad, las temperaturas de ebullición de la curva de destilación y por ende su viscosidad. Existen sustancias de similar peso molecular que tienen densidades muy distintas ya que su conformación química es diferente. Es el caso de los hidrocarburos saturados comparados con los hidrocarburos de naturaleza aromática. Estos últimos se caracterizan por tener menor viscosidad y

mayor densidad que los compuestos saturados de igual números de carbonos en su molécula. Además como el peso molecular se relaciona de alguna manera con las temperaturas de ebullición de las sustancias que componen al gasoil, se han incluido también valores de la curva de destilación.

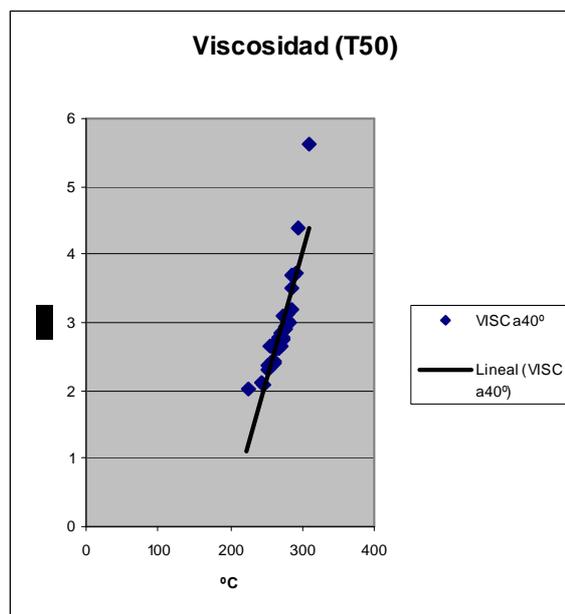


Fig. 1: Tendencia lineal de la viscosidad cinemática en función de la temperatura al 50% de volumen recuperado.

Se utilizaron datos experimentales de la curva de destilación (10%, 50% y 90% de volumen recuperado), índice de cetano, densidad y viscosidad cinemática. Esos datos se obtuvieron de los estudios de Interlaboratorios de ASTM e IRAM, para una importante cantidad y diversidad de muestras de gasoil. Cabe aclarar que el índice de cetano, es una propiedad también calculada a partir de las temperaturas ebullición de la curva de destilación y la densidad (ASTM D 976).

Para gasoil la relación entre la viscosidad cinemática y la temperatura al 50% del volumen recuperado en la destilación es lineal tal como se presenta en la figura 1. A mayor temperatura aumenta la viscosidad cinemática.

En este trabajo, se propone una correlación para estimar la viscosidad cinemática a 40° C de cortes de hidrocarburos tipo gasoil con distintas composiciones. La misma utiliza el modelo de regresión lineal múltiple aplicando las propiedades fisicoquímicas del gasoil.

El modelo de regresión lineal múltiple se plantea de la siguiente manera:

$$Y_i = a + \sum c_i * X_i + u_i$$

Donde

Y es la variable explicada o dependiente, es una variable aleatoria cuyo comportamiento nos interesa predecir.

X es la variable explicativa o independiente, cuyos valores son conocidos.

u es una variable aleatoria que reúne la incertidumbre sobre el valor de Y, se conoce como término de error.

a y  $c_i$  son los coeficientes del modelo lineal que explica el comportamiento de Y en función de los valores de X.

Los supuestos básicos del modelo son:

- Los  $u_i$  se distribuyen normalmente (Y tiene distribución normal).
- $E(u_i) = 0$ . No hay sesgo sistemático, es decir que la desviación respecto del modelo no es sistemática.

ANÁLISIS DE VARIANZA		
	Grados de libertad	Suma de cuadrados
Regresión	5	15,8783606
Residuos	31	0,29235107
Total	36	16,1707117
Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
3,17567212	336,738417	4,8677E-26
0,00943068		

- $E(u_i^2) = \sigma^2$ . Todos los términos de error tienen la misma varianza finita. Se refiere a la homocedasticidad
- $E(u_i \cdot u_j) = 0$  para  $i \neq j$ . La covarianza entre los distintos términos de error es cero, se elimina la posibilidad de autocorrelación entre los términos de error.

- X (variable explicativa e independiente) es no estocástica con lo cual los valores son fijos, controlables o predecibles.
- Número de observaciones > Número de parámetros estimados.
- Variabilidad en los valores de X.
- U y X incorrelacionados.
- No hay multicolinealidad perfecta entre los valores de X, son linealmente independientes.

Para nuestro caso se plantea la ecuación:

$$V = a + c1 * D + c2 * IC + c3 * T10 + c4 * T50 + c5 * T90$$

Donde

V es la viscosidad cinemática a 40° C variable a predecir (referida a ASTM D 445).

T10, T50 y T90 son las temperaturas según curva de destilación método ASTM D86, al 10%, 50% y 90% de volumen recuperado respectivamente.

D es la densidad según método ASTM D 1298.

IC es el índice de cetano, según método ASTM D 976.

El laboratorio de Combustibles de INTI-QUIMICA ha participado en ensayos de interlaboratorios a nivel nacional (IRAM) e internacional (ASTM). De esa participación se utilizaron 37 datos experimentales. Como herramienta de cálculo se utilizó Microsoft Excel.

### Resultados

Los valores obtenidos de Excel son:

Resumen	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99091925
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,98192095
R <sup>2</sup> ajustado	0,97900498
Error típico	0,09711169
Observaciones	37

	Coeficientes	Estadístico t
Intercepción(a)	61,2797263	5,66481371
Variable X 1(D)	-85,32353	-6,50782053
Variable X 2 (IC)	-0,2548499	-6,58161703
Variable X 3(T10)	0,01912634	10,7516929

Variable X 4(T50)	0,06796036	6,34852928
Variable X 5(T90)	0,01159322	5,42789883

Para la ecuación planteada:

$$V = a + c_1 \cdot D + c_2 \cdot IC + c_3 \cdot T_{10} + c_4 \cdot T_{50} + c_5 \cdot T_{90}$$

Los coeficientes son:

$$a = 61,2797263$$

$$C_1 = -85,3235303$$

$$C_2 = -0,25484994$$

$$C_3 = 0,01912634$$

$$C_4 = 0,06796036$$

$$C_5 = 0,01159322$$

Además

- Coeficiente de determinación  $R^2 = 0,981921$  y Coeficiente ajustado  $R^2 = 0,97900498$  donde el valor ideal es que se aproxima a 1.
- Valores altos del estadístico t representan que cada coeficiente respectivo tiene poder explicativo. En nuestro caso son mayores que 5, por lo que resulta óptima la elección.
- Valores altos del estadístico f representan que las variables son significativas globalmente.

El error típico calculado de acuerdo a los resultados al estudio se encuentra cercano al 0,097 cSt. Comparativamente se han encontrado diferencias cercanas al error típico entre el valor medido y el valor calculado, con discrepancias máximas del orden de 0,2 cSt.

Por otro lado, se confirma que al aumentar las temperaturas de ebullición de los componentes, aumenta la viscosidad cinemática; dado que los coeficientes respectivos a las variables de temperaturas involucradas son positivos. El coeficiente obtenido para la variable densidad es negativo, lo cual nos indica que al aumentar la densidad disminuye la viscosidad. Esto se debe a que la densidad aumenta rápidamente por la presencia de hidrocarburos aromáticos, que por el aumento del peso molecular de las sustancias que componen al gasoil. La aplicación del Índice de Cetano como variable, mejora notablemente la correlación. Dado que dicha variable relaciona logarítmicamente la densidad y temperatura al 50 % de volumen recuperado, da un mejor ajuste a la ecuación propuesta.

## Conclusiones

La correlación propuesta fue altamente satisfactoria para las muestras en estudio. Se la propone para la determinación de viscosidad

cinemática en gasoil. Es una herramienta relativamente sencilla para correlacionar parámetros característicos de este tipo de combustible.

De esta manera y considerando que la viscosidad cinemática no es un parámetro crítico de control para la mayoría de los gasoils que se comercializan. Esta propuesta permite obtener un valor aproximado para considerar si es importante realizar el ensayo según norma, pudiendo evitar gastos y tiempos de análisis.

## Referencias

- [1] TEORÍA DEL ERROR: TEORÍA DE LOS ERRORES DE MEDICIONES, FELIX CERNUSCHI - FRANCISCO GRECO EUDEBA, BUENOS AIRES, 1968.
- [2] Datos de Committee D-2 ASTM Interlaboratory Crosscheck Program.
- [3] Datos de Interlaboratorio del Subcomite de Combustibles IRAM.
- [4] Standard Test Method ASTM D 445 Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids.
- [5] Standard Test Method ASTM D 86 Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure.
- [6] Standard Test Method ASTM D 1298 Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method.
- [7] Standard Test Method ASTM D 976 Calculated Cetane Index of Distillate Fuels.

Para mayor información contactarse con:  
Miguel Rzeznik – [mrzeznik@inti.gov.ar](mailto:mrzeznik@inti.gov.ar)