

## Determinación de la velocidad de corrosión de hierro gris en biodiesel de girasol

DECTOR, Andrés\*†, MANRIQUEZ-REZA, Elizabeth', SOSA-DOMÍNGUEZ, Adrián'' y MARROQUIN, Ángel.

*Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Av. La Palma 125, Col. Vista Hermosa, San Juan del río, Qro., México.*

*' Universidad Politécnica de Querétaro, Carretera estatal 420 s/n, El Rosario, El Marqués, Qro., México.*

*'' Universidad Autónoma de Querétaro, C. U. Cerro de las Campanas s/n, Colonia Las Campanas, Qro., México*

Recibido Octubre 21, 2016; Aceptado Noviembre 25, 2016

### Resumen

Fue obtenida la velocidad de corrosión de piezas de hierro gris expuestas mediante pruebas de inmersión a diferentes mezclas de diésel / biodiesel (B0, B20, B50, B80 y B100) a temperatura ambiente y de 80 °C. Por otra parte, fue corroborado que la velocidad de corrosión se ve incrementada conforme aumenta el contenido de biodiesel en las mezclas. Adicionalmente, se determinó que la temperatura de 80 °C, que simula la temperatura alcanzada dentro de un motor de combustión, acelera la corrosión sobre las piezas de hierro gris en comparación a la velocidad de corrosión obtenidas en las pruebas a temperatura ambiente.

**Velocidad de corrosión, hierro gris, mezclas diésel / biodiesel**

### Abstract

The corrosion rate of grey iron pieces was obtained through immersion tests of the pieces in different diesel/biodiesel mixtures (B0, B20, B40, B60, B80 y B100) at room temperature and 80 °C. On the other hand, the increasing of corrosion rate according to the raising of biodiesel present in mixtures was corroborated. In addition, it was determined that the temperature of 80 °C, that simulates the temperature reached in the combustion engine, accelerates the corrosion of grey cast iron compared with test carried out to room temperature.

**Corrosion rate, gray iron, diésel / biodiesel blen**

**Citación:** DECTOR, Andrés, MANRIQUEZ-REZA, Elizabeth SOSA-DOMÍNGUEZ, Adrián y MARROQUIN, Ángel. Determinación de la velocidad de corrosión de hierro gris en biodiesel de girasol. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-6: 109-114

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: andres\_dector@live.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Recientemente alrededor del mundo el biodiésel ha sido considerado como un biocombustible en energías alternativas [1]. El biodiésel es una sustancia orgánica la cual puede ser producida a partir de aceite de fuente animal o vegetal [2].

El uso de Biodiésel como combustible en sistemas automotrices tiene considerables ventajas en comparación al diésel, tales como su biodegradabilidad, cero toxicidad y cero emisiones contaminantes al medio ambiente [3-5], además puede ser mezclado según las normas ASTM D6751-08, D975-08a y D7467-08 [6-8] de manera eficiente con el diésel en mezclas desde 5% y no mayores al 20% (20 % de biodiesel y 80% diésel) y emplearse en motores de combustión. Mezclas mayores de 20% no han sido empleadas debido a la incertidumbre del daño que éstas podrían causar al motor. Lo anterior debido a que el biodiésel es considerado químicamente estable en forma pura [9] pero suele volverse corrosivo durante su uso, mostrando inestabilidad térmica y absorción de agua [10, 11], causando una serie de problemas de corrosión a los diferentes materiales que conforman el motor [12, 13]; tales como el hierro gris que es encontrado en diversas partes del motor como en la camisa de cilindro, pistón, anillos, válvulas, engranes, ejes y cigüeñal [14].

Algunos relevantes trabajos han reportado la obtención de la velocidad de corrosión provocada por mezclas de biodiesel sobre hierro gris. Geller et al., [15] investigaron la corrosión del hierro gris empleando mezclas de biodiesel proveniente de grasa en mezclas de 20% y 80%. Ellos desarrollaron pruebas de inmersión durante 10 meses a 38 °C y encontraron grandes pérdidas de material para la mezcla B80.

Una experimentación similar fue desarrollada por M. A. Fazal [16] quien investigo el efecto de la inhibición de la corrosión sobre el hierro empleando inhibidores como la etilendiamina, n-butilamina y t-butilamina en biodiesel al 100% a temperatura ambiente por 50 días. Aunque el estudio de la corrosión para el hierro ha sido investigado, aún hacen falta datos acerca de la velocidad de corrosión que proporcionen valores en mezclas mayores de 20% y a temperaturas reales de un motor con el objetivo de estudiar el comportamiento de la corrosión sobre el hierro.

El objetivo de este trabajo fue obtener la velocidad de corrosión y compararla para diferentes mezclas de diésel / biodiesel (B0, B20, B50, B80 y B100) provocadas por la corrosión de éstas sobre el hierro gris a temperatura ambiente de 27 °C y de 80 °C.

## Metodología

### Síntesis de biodiésel

El aceite vegetal seleccionado para la síntesis de biodiesel fue el aceite de girasol (Cristal, Aceites grasas y derivados S. A), esto debido a alta producción a nivel industrial.

La densidad y el pH del aceite vegetal del girasol fue determinada empleando un densímetro Ludwig Schneider tiras de papel pH, respectivamente.

Por otra parte, se realizó una reacción de transesterificación al hacer reaccionar el aceite vegetal con metanol (J. T. Baker 99.98% ACS) en presencia de hidróxido de sodio (J. T. Baker ACS) como catalizador. Esta reacción se llevó a cabo en un sistema de destilación a reflujo. La relación de las materias primas utilizadas fueron 5/1 aceite vegetal / metanol con el 0.035% de catalizador.

Posteriormente, la solución obtenida se dejó reposar 8 horas en un embudo de separación y se separó en las fases de **biodiesel y glicerol mediante lavados** del biodiesel. Estos últimos, consistieron en mezclar el biodiesel con agua en una relación 1/1 para eliminar los residuos de hidróxido de sodio. Posteriormente, la mezcla se dejó reposar por 8 horas en un embudo de separación. Finalmente, las fases fueron separadas y la operación fue repetida dos veces más.

### Mezclas de diésel / biodiesel

La velocidad de corrosión para el hierro gris fue investigada sobre diferentes mezclas de diésel/biodiesel basándose en la norma ASTM D6751, D975-08a y D7467-08 para mezclas de 5% a 20% de biodiesel y sobrepasandolas cómo se muestra en la Tabla 1.

Nombre de muestra	% de diésel	% de biodiesel
B0	100	0
B20	80	20
B50	50	50
B80	20	80
B100	0	100

**Tabla 1** Mezclas de diésel/biodiesel empleadas en la determinación de la velocidad de corrosión sobre el hierro gris

### Preparación de probetas

Las probetas de hierro gris con dimensiones de 1.5 x 1.5 x 0.5 cm fueron pulidas, lijadas, limpiadas con agua y acetona (Sigma Aldrich).

Las pruebas de inmersión fueron hechas en 600 mL de la mezcla diésel/biodiesel correspondiente. Fueron desarrolladas dos pruebas con replica por cada mezcla mostrada en la tabla 1, una a temperatura ambiente y otra a 80 °C, en tiempos de 30 días.

### Velocidad de corrosión

Para la obtención de la velocidad de corrosión fue empleada la siguiente ecuación:

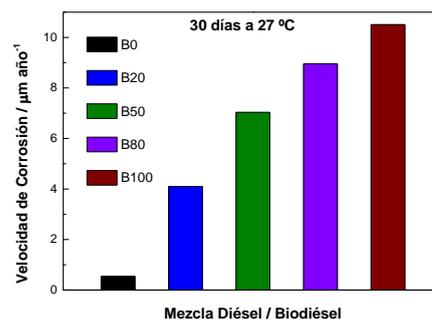
$$velocidad\ de\ corrosión = \frac{(m_2 - m_1) \times 24 \times 365}{\rho t A \times 1000} = 8.76 \times \frac{\Delta m}{\rho t A} \quad (1)$$

Donde la velocidad de corrosión es calculada en milímetros por año (para este trabajo en  $\mu\text{m año}^{-1}$ ),  $m_1$  es el peso antes de la corrosión (g),  $m_2$  es el peso después de la corrosión (g),  $\rho$  es la densidad del metal ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $t$  es el tiempo de exposición y  $A$  el área expuesta ( $\text{m}^2$ ).

### Resultados

#### Velocidad de corrosión a 27 °C

El gráfico 1 muestra el valor de la velocidad de corrosión para el hierro gris en mezclas B0, B20, B50, B80 y B100 a temperatura ambiente. Es observado el incremento de la velocidad de corrosión conforme es aumentada la cantidad de biodiesel en la mezcla.



**Gráfico 1** Velocidad de corrosión sobre el hierro gris en mezclas de diésel / biodiesel a temperatura ambiente

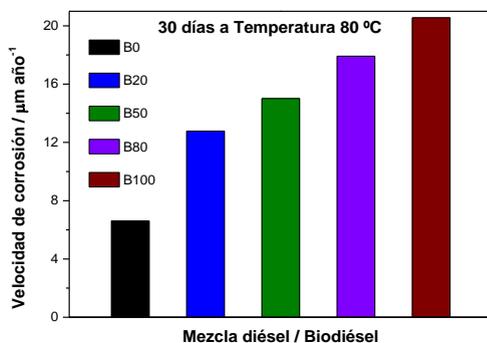
Es interesante resaltar el bajo valor de la velocidad de corrosión para el diésel al 100% (B0) de  $0.55 \mu\text{m año}^{-1}$  y el aumento de la velocidad de corrosión casi 7.5 veces más para la mezcla con contenido de 20% Biodiesel (B20).

Del mismo modo, un aumento casi constante en la velocidad de corrosión conforme se aumenta la cantidad de biodiesel (de la mezcla B20 hasta la B100) es apreciado.

Las observaciones anteriores sobre el aumento de la velocidad de corrosión se deben al contenido de agua, metanol, glicerol y ácidos grasos libres que pudieran haber permanecido como remanentes después de la preparación del propio biodiesel.

### Velocidad de corrosión a 80 °C.

Por otra parte, el gráfico 2 muestra los valores de la velocidad de corrosión para el hierro gris en mezclas B0, B20, B50, B80 y B100, cuando las pruebas de inmersión se llevan a cabo a 80 °C. Esta temperatura empleada es en relación a la temperatura alcanzada en un motor de combustión antes de que el sistema de enfriamiento lleve a cabo su función.

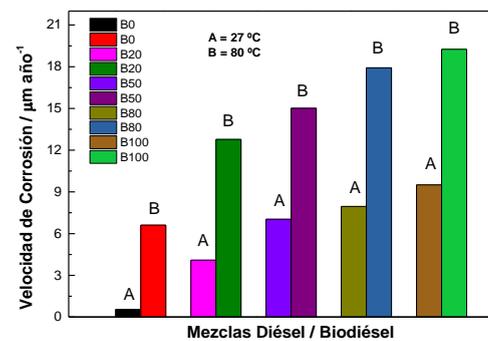


**Gráfico 2** Velocidad de corrosión sobre el hierro gris en mezclas de diésel / biodiesel a temperatura de 80 °C

El valor de velocidad de corrosión obtenido para la prueba de diésel al 100% (B0) es aumentado al doble para la mezcla con 20% contenido de biodiesel. Mientras que un aumento casi constante es observado de la mezcla B20 hasta la mezcla B100.

### Comparación de la velocidad de corrosión

Finalmente el gráfico 3 muestra una comparación de la velocidad de corrosión para las pruebas realizadas a 27 °C y 80 °C.



**Gráfico 3** Comparación de la velocidad de corrosión sobre el hierro gris en mezclas de diésel / biodiesel a temperatura de 27° y 80 °C

La tendencia observada en el incremento de la velocidad de corrosión es notoria para ambos casos donde la temperatura es distinta. Sin embargo valores mayores a una temperatura de 80° son observados para cada caso.

Los valores obtenidos para la velocidad de corrosión en B100 (0.0095 y 0.020 mm año<sup>-1</sup> a 27 y 80 °C, respectivamente), son encontrados dentro de un rango menor a la unidad pero un poco menores a los reportados en la literatura (Fazal), aunque es importante destacar la naturaleza del biodiesel empleado para las pruebas.

Aunque es de esperar que exista un velocidad de corrosión considerable para las mezclas con contenido de Biodiésel, debe observarse el incremento tan alto cuando 100% de diésel es empleado a 80 °C, siendo casi del mismo valor que cuando es empleado 100 % biodiesel a temperatura ambiente.

El considerable aumento de la velocidad de corrosión sobre las piezas a 80 °C puede ser atribuido al movimiento de las partículas de agua, metanol, glicerol y ácidos grasos libres sobre el metal, por el calentamiento de las mismas [16].

### Conclusiones

El hierro gris es susceptible a sufrir corrosión en presencia de diesel, biodiesel y mezclas de ambos. Aumentando la velocidad de corrosión sobre éste conforme aumenta el contenido de biodiesel en la mezcla.

Un factor importante es que con la simulación de una temperatura de motor de 80 °C para la realización de las pruebas, la velocidad de corrosión aumenta debido al movimiento de las partículas de agua, metanol, glicerol y ácidos grasos libres presentes como contaminantes en el biodiesel sobre las piezas de hierro.

Estudios fisicoquímicos sobre las mezclas para determinar su acidez, contenido de agua, etc., y sobre las piezas para determinar el tipo de oxidación y los elementos formados por ésta; podrían aportar más datos significativos a este estudio.

### Referencias

Lapuerta, M., Armas, O., Ballesteros, R., & Fernandez, J. (2005). Diesel emissions from biofuels derived from Spanish potential vegetable oils. *Fuel*, 84(6), 773-780.

Apostolakou, A., Kookos, I., Marazioti, C., & Angelopoulos, K. (2009). Techno-economic analysis of a biodiesel production process from vegetable oils. *Fuel Processing Technology*, 90(7-8), 1023-1031.

Knothe, G. (2008). "Designer" Biodiesel: Optimizing Fatty Ester Composition to Improve Fuel Properties †. *Energy & Fuels*, 22(2), 1358-1364.

Fazal, M., Haseeb, A., & Masjuki, H. (2011). Biodiesel feasibility study: An evaluation of material compatibility; performance; emission and engine durability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2), 1314-1324.

Agarwal, A. K. (2007). Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 33(3), 233-271.

ASTM D6751-08, Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008 <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D6751>. DOI: 10.1520/D6751-08

ASTM D975-08a, Standard Specification for Diesel Fuel Oils, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008. <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D975> DOI: 10.1520/D0975-08A

ASTM D7467-08, Standard Specification for Diesel Fuel Oil, Biodiesel Blend (B6 to B20), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008.

Melero, J. A., Calleja, G., Garcia, A., Clavero, M., Hernandez, E. A., Miravalles, R., & Galindo, T. (2010). Storage stability and corrosion studies of renewable raw materials and petrol mixtures: A key issue for their co-processing in refinery units. *Fuel*, 89(3), 554-562.

Tao, Y. (1995) Operation of Cummins N14 Diesel on Biodiesel: Performance, Emissions and Durability, Report No. 95-E11-B004524 to National Biodiesel Board, submitted by Ortech Corporation

Monyem, A., & Gerpen, J. H. (2001). The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. *Biomass and Bioenergy*, 20(4), 317-325. doi:10.1016/s0961-9534(00)00095-7

Terry, B., McCormick, R. L., & Natarajan, M. (2006). Impact of Biodiesel Blends on Fuel System Component Durability. *SAE Technical Paper Series*. doi:10.4271/2006-01-3279

Haseeb, A., Fazal, M., Jahirul, M., & Masjuki, H. (2011). Compatibility of automotive materials in biodiesel: A review. *Fuel*, 90(3), 922-931. doi:10.1016/j.fuel.2010.10.042

Geller, D. P., Adams, T. T., Goodrum, J. W., & Pendergrass, J. (2008). Storage stability of poultry fat and diesel fuel mixtures: Specific gravity and viscosity. *Fuel*, 87(1), 92-102. doi:10.1016/j.fuel.2007.03.043

Fazal, M., Haseeb, A., & Masjuki, H. (2011). Effect of different corrosion inhibitors on the corrosion of cast iron in palm biodiesel. *Fuel Processing Technology*, 92(11), 2154-2159. doi:10.1016/j.fuproc.2011.06.012

Fazal, M., Haseeb, A., & Masjuki, H. (2010). Comparative corrosive characteristics of petroleum diesel and palm biodiesel for automotive materials. *Fuel Processing Technology*, 91(10), 1308-1315.