

## DESEMPEÑO DE BIOCOMBUSTIBLES EN MOTORES DIESEL

**Manuel Laureano Núñez Isaza<sup>1</sup> & Laura Patricia Prada Villamizar<sup>2</sup>**

*1. Líder de proyectos del Instituto Colombiano del Petróleo - ECOPETROL*

*2. Ing. Química. Contratista del Instituto Colombiano del Petróleo – CTP Ltda.*

*Manuel.Nunez@ecopetrol.com.co*

*Recibido para evaluación: 11 de Septiembre de 2007*

*Aceptación: 6 de Noviembre de 2007*

*Entrega de versión final: 13 de Noviembre de 2007*

### Resumen

Este documento muestra los resultados preliminares del desarrollo de pruebas en planta piloto sobre un proceso conocido como hidrotratamiento catalítico de aceites, donde el aceite crudo de palma o mezclas de aceite crudo con diesel mineral se someten a una inyección de hidrógeno del 99% de pureza en un reactor de lecho fijo a altas presiones y temperaturas en presencia de un catalizador de Níquel-Molibdeno soportado en alúmina. El producto principal del proceso es un combustible (bio-diesel) con propiedades similares o superiores al diesel obtenido a partir de la refinación del petróleo. Se han hecho pruebas de desempeño de este bio-diesel en motores diesel, con muy buenos resultados en términos de potencia, torque y consumo de combustible, sin que sea necesario realizar modificaciones en la configuración del motor. Dentro de las características del bio-diesel obtenido por hidrotratamiento catalítico comparado con el diesel convencional, ambos tienen un rango de destilación parecido, sin embargo el bio-diesel tiene un mejor punto de inflamación, índice de cetano y mayor estabilidad térmica. Como subproductos del proceso se obtienen gases combustibles (metano, etano, propano) CO<sub>2</sub> y agua.

*Palabras Clave:* Hidrotratamiento Catalítico, Aceite de Palma, Bio-diesel, Diesel, Motores.

### Abstract

This paper shows the preliminary results of pilot plant tests developed in oil catalytic hydrotreating process, where the crude palm oil or a mixture of crude palm oil and mineral diesel is treated with an injection of 99% pure hydrogen flux, in a fixed bed reactor at high pressures and temperatures, in a presence of Nickel-Molybdenum catalyst supported on alumina bed. The main product of this process is a fuel (bio-diesel) which has the same or better properties than the diesel obtained by petroleum refining. It has been made some performance fuel tests in diesel engine; with good results in terms of power, torque and fuel consumption, without any changes in engine configuration. Considering the characteristics of the Catalytic hydrotreated bio-diesel compare to conventional diesel, both fuels have similar distillation range; however, bio-diesel has better flash point, cetane index and thermal stability. Gas fuels (methane, ethane, and propane) CO<sub>2</sub> and water are the secondary products of the process.

*Keywords:* Catalytic Hydrotreating, Palm Oil, Bio-diesel, Diesel, Engine.

## 1. INTRODUCCIÓN

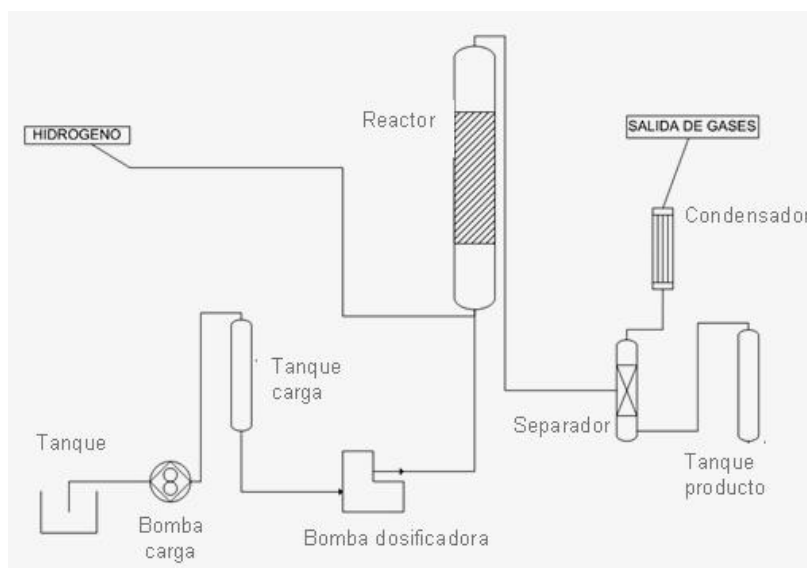
El diesel o aceite combustible para motores (ACPM), se obtiene mediante diferentes procesos de refinación del petróleo tales como destilación atmosférica. Este combustible trabaja en motores tipo diesel de automotores de trabajo medio y pesado, para generar energía mecánica y eléctrica, y en quemadores de hornos.

Debido a la alta demanda de este combustible en el país y por las nuevas regulaciones ambientales cada vez más exigentes, Colombia requiere la importación de diesel de alta calidad para mezclarlo con el producido en el país, el cual se debe comprar en el mercado externo a precios internacionales en donde la escasez en el suministro mundial de crudos está presionando los precios a niveles nunca antes vistos.

Colombia tiene la ventaja estratégica de poseer grandes extensiones de tierras útiles para el cultivo de palma africana y otras fuentes de aceites vegetales razón por la cual es oportuno emprender investigaciones en el

campo del procesamiento de estos aceites buscando mejor calidad en los productos a precios más competitivos. En el presente estudio se escogió el aceite de palma teniendo en cuenta que para el 2008 en la región habrá una alta producción que alcanzará las 720.000 toneladas anuales<sup>1</sup>.

La experimentación se realizó a nivel de planta piloto en las instalaciones del ICP - Ecopetrol en las plantas del proceso conocido como hidrotratamiento catalítico (ver Figura 1) donde el aceite crudo de palma o mezclas de aceite crudo con diesel mineral se mezclan con hidrógeno industrial (elemento reactivo del proceso) y entran a través de un reactor con un catalizador (previamente sulfurizado para activar sus fases activas) de lecho fijo de Níquel-Molibdeno soportado en alúmina. Este proceso se trabaja a condiciones dadas de temperatura y presión generando un producto que sale por la parte superior del reactor a un tanque de separación donde se obtienen tres fases; una fase gaseosa, una fase intermedia que corresponde al producto principal o combustible diesel y un fondo constituido principalmente por agua.



**Figura 1.** Esquema de la planta piloto empleada

El hidrotratamiento permite saturar olefinas y aromáticos<sup>2</sup>, remover oxígeno, azufre, nitrógeno y metales que en el caso del aceite pueden ser sodio, potasio, magnesio y calcio, también ayuda a mejorar

otras características en los productos como la estabilidad, viscosidad, color e índice de cetano.

## 2. METODOLOGIA

En la planta piloto se obtuvieron productos hidrotratados a partir de Aceite Crudo de Palma (AC)

<sup>1</sup>[http://www.fedepalma.org/documentos/2007/Presentacion\\_Fedepalma.pdf](http://www.fedepalma.org/documentos/2007/Presentacion_Fedepalma.pdf)

que es el aceite extraído directamente del fruto de la palma africana sin ningún procesamiento posterior. En este artículo el producto obtenido se denomina Aceite Crudo de Palma Hidrotratado (AC HDT) ó bio-diesel.

Este combustible (bio-diesel) se utilizó en mezclas al 20 % y al 30 % con Diesel Extra (DE) para hacer pruebas de rendimiento en motores, las cuales se identifican como Mz 20% AC-DE y Mz 30% AC-DE respectivamente.

Para observar el comportamiento del aceite en motores diesel se hicieron pruebas en el laboratorio de motores del ICP (ver Tabla 1) en un motor cummins 160, a una presión de 900mbar, una humedad relativa promedio del 60% y una temperatura promedio de 32°C del aire de admisión.

**Tabla 1.** Pruebas en laboratorio de motores

Mezcla	Prueba
Mz 20% AC-DE	Potencia, Torque y Consumo de combustible
Mz 20% AC-DE	Índices de Emisiones y material particulado
Mz 30% AC-DE	Potencia, Torque y Consumo de combustible

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Hidrotratamiento del aceite

Como se explicó antes al hidrotratar el aceite crudo de palma se obtienen dos fases líquidas de las cuales el

90-93% es bio-diesel y el 7-10% es agua. En la Figura 2 se observa el cambio físico que sufre el aceite antes (izquierda) y después (derecha) del hidrotratamiento.



**Figura 2.** Aceite Crudo de palma antes y después del hidrotratamiento

En la Tabla 2 se comparan algunas de las propiedades calculadas del AC, el AC HDT y el DE, como referencia se tiene las especificaciones del DE de la resolución colombiana 1180 como requisito de calidad para mezclas de diesel con biocombustibles.

Con el hidrotratamiento del aceite crudo de palma se observa una mejora en el color, la acidez, la viscosidad y la densidad (disminuyeron).

El índice de cetano del AC HDT es casi el doble del índice de cetano del DE, esto significa que el AC HDT tiene mejor rendimiento en el motor.

**Tabla 2.** Propiedades de AC, AC HDT, DE y mezclas

PRUEBA	Resol. 1180	AC	AC HDT	DE	Mz 20% AC-DE	Mz 30% AC-DE
Índice cetano	min. 45	--	95.7	50.3	57.6	62.9
Densidad (g/mL)	-----	0.91	0.78	0.85	0.834	0.828
Punto inflamación (°C)	min. 52	275	96	66	62	74
Punto de nube (°C)	-----	23	26	-2	-1	2
Punto fluidez (°C)	máx. 3	12	+18	-6	-3	0
Corrosión en Cu	máx. 2	1a	1a	1a	1a	1a
Color	máx. 2	6	0.1	muy bajo	0.1	0.4
Acidez (mgKOH/g)	máx. 0.8	7.4	0.001			0.06
Estabilidad térmica	min. 70		99	96.9		57

2. Monnier, J., Ikura, M., Tourigny. (2007). Production of high Cetane -Diesel Fuel from low quality biomass derived feedstocks. Patent Pub No.US2007/0068848 A1. Canada

El punto de fluidez y nube del AC HDT es muy alto lo que lo hace difícil de emplear puro en climas con bajas temperaturas.

El DE y el ACP HDT son muy estables térmicamente.

En la Tabla 2 también se comparan algunas de las propiedades que se calcularon al mezclar aceite crudo hidrotratado con diesel extra.

Dentro de las propiedades que se mejoraron con estas mezclas están el punto de nube y fluidez, pero también bajaron el índice de cetano, el punto de inflamación y la estabilidad térmica.

### Gases

En la Tabla 3 se observa el análisis de los gases producidos al hidrotratar aceite crudo de palma y diesel, se destaca la presencia de monóxido y dióxido de carbono, propano, etano y metano en el aceite, pero también se observa un alto consumo de hidrógeno en el hidrotratamiento del aceite comparado con el hidrotratamiento del diesel.

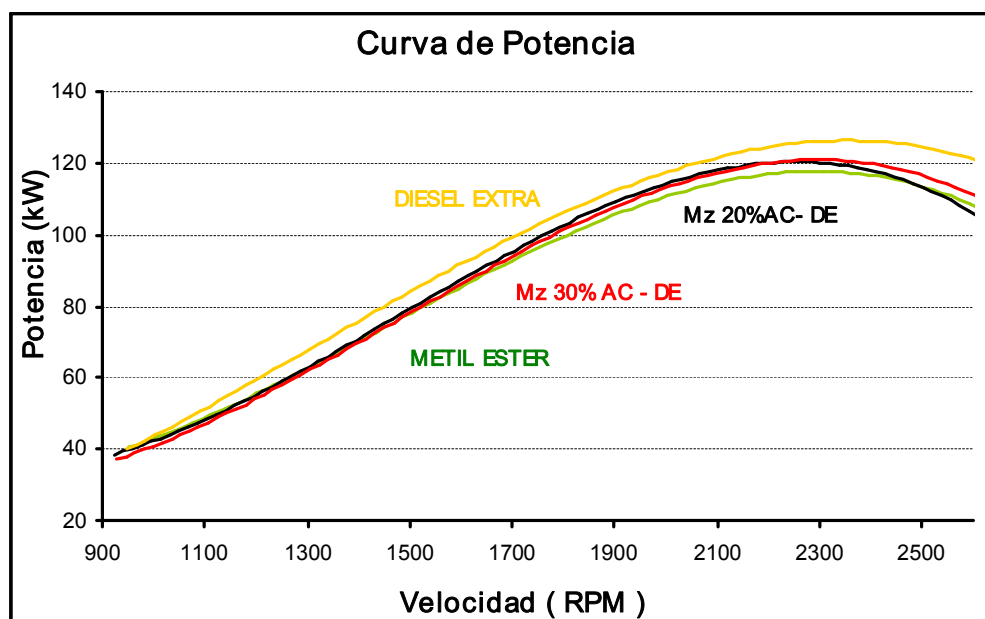
**Tabla 3** Prueba de Gases

Gases	AC HDT % peso	Diesel % peso
Hidrogeno	42,86	92,66
CO <sub>2</sub>	21,00	
Propano	21,92	0,12
H <sub>2</sub> S		0,90
Etano	1,56	0,08
Metano	6,80	0,07
CO	3,49	0,08
	<b>98</b>	<b>94</b>

### 3.2. Pruebas en Motores

En el laboratorio de motores del ICP se hicieron pruebas para observar el comportamiento de la mezcla de aceite hidrotratado con diesel en un motor diesel y comparar este comportamiento con el diesel y el metil ester (ME) más conocido como biodiesel que es el resultado de procesar los aceites vegetales por transesterificación.

En la Figura 3 se graficó la curva de potencia la cual es de mayor a menor en el siguiente orden: Mz 20% AC-DE > DE > Mz 30% AC-DE > ME.



**Figura 3.** Curva de Potencia

En la Figura 4 se observa el torque de mayor a menor: Mz 20% AC-DE > Mz 30% AC-DE > DE > ME.

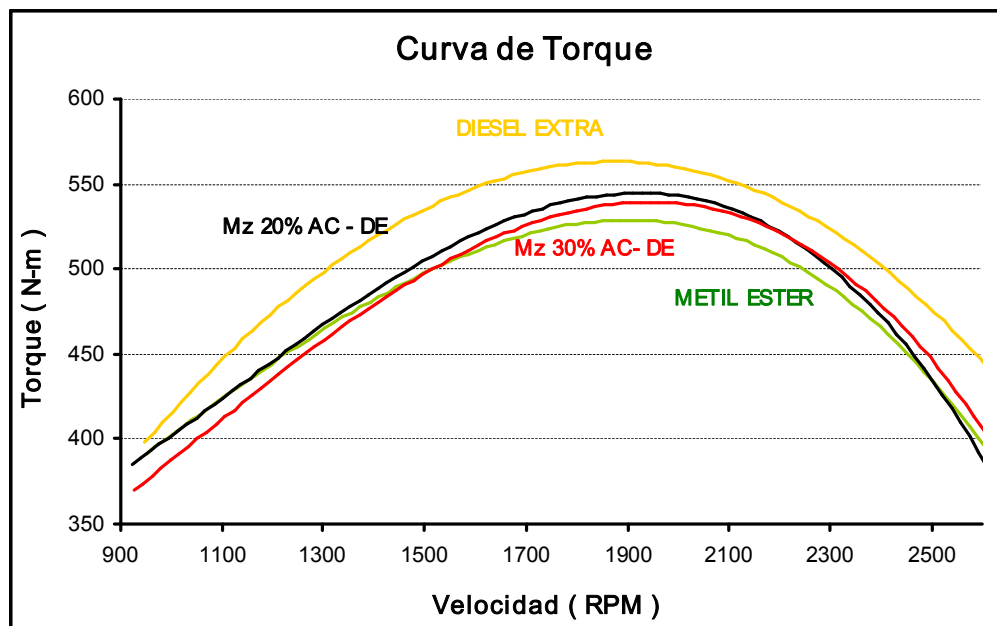


Figura 4. Curva de torque

En la Figura 5 se observa el consumo de combustible siendo el orden de consumo de mayor a menor: ME > Mz 20% AC-DE > DE > Mz 30% AC-DE.

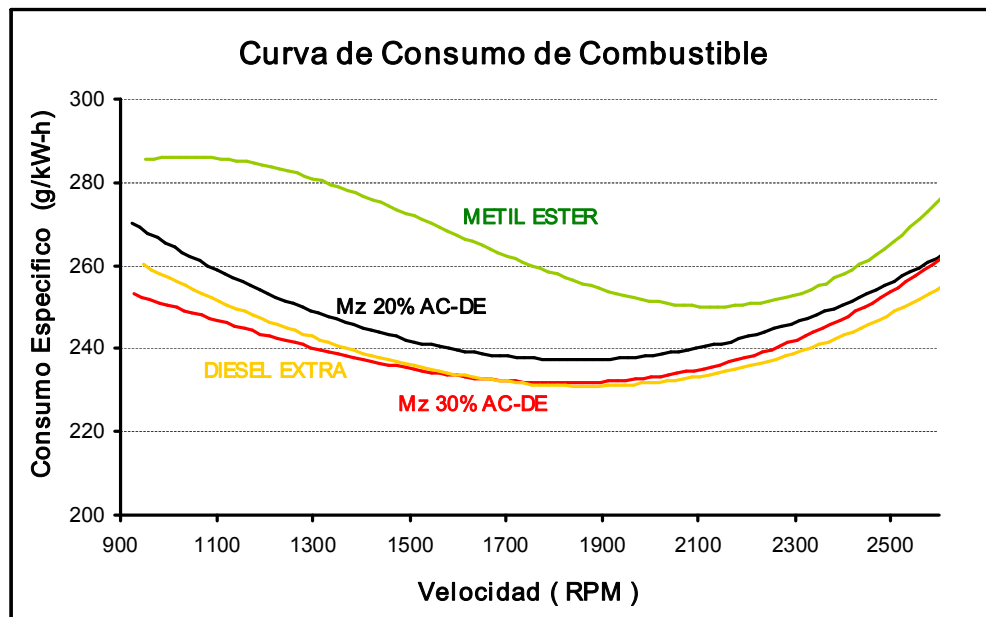


Figura 5. Curva de consumo de combustible

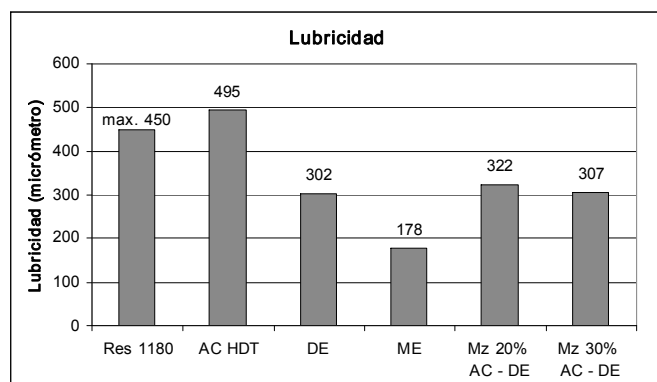
Estos resultados muestran que la mezcla de aceite crudo hidrotratado con Diesel presenta un mejor comportamiento durante su uso en motores diesel.

**Tabla 4.** Índices de emisión del motor

Emisión	DE	ME	Mz 20% AC - DE
CO	0.34	0.28	0.27
CO <sub>2</sub>	214.8	306.6	39.5
THC	0.09	0.08	0.05
Material particulado	0.396	---	0.402

En el laboratorio de motores también se realizó la prueba de Índice de emisiones del motor (CO, CO<sub>2</sub>, hidrocarburos totales sin quemar o parcialmente quemados: THC) y material particulado, como dato preliminar se tiene la Tabla 4, donde hay menores emisiones en la mezcla con aceite de palma comparado con el diesel y el metil ester, excepto por el material particulado.

En la prueba de lubricidad se reporta el tamaño de la huella que deja un metal que hace fricción con otro metal sumergidos en la muestra a analizar, esta huella se da en micrómetros y a mayor tamaño menor lubricidad. En la Figura 5 se observa como el aceite hidrotratado tiene una mala lubricidad, para mejorar esta propiedad se puede utilizar un aditivo que la corrija, sin embargo la lubricidad de la mezcla de aceite hidrotratado con diesel es buena y similar a la del DE, en el ME hay una muy buena lubricidad.


**Figura 5.** Lubricidad

#### 4. CONCLUSIONES

Se puede obtener un combustible bio-diesel a partir del aceite de palma por hidrotratamiento catalítico. Las pruebas experimentales realizadas en los motores muestran mayor potencia y torque en el motor diesel y menor consumo de combustible cuando se utiliza

mezclas de combustible diesel con aceite hidrotratado comparado con el diesel extra puro.

Se encontraron menores emisiones de THC, CO, CO<sub>2</sub> en la mezcla de aceite hidrotratado con diesel comparado con el diesel y el metil ester, excepto por el material particulado.

El aceite hidrotratado tiene una mala lubricidad, sin embargo la lubricidad de la mezcla de aceite hidrotratado con diesel es buena y similar a la del diesel.

#### REFERENCIAS

- [1]Gomez, R. 2006. Vegetable Oil Hydroconversion Process. Patent Pub No.US2006/0186020 A1. Brasil.
- [2]Monnier, J.; Ikura, M. y Tourigny. 2007. Production of high Cetane -Diesel Fuel from low quality biomass derived feedstocks. Patent Pub No.US2007/0068848 A1. Canada.
- [3]Resolución No. 1180 de Junio de 2006 del Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial y Ministerio de minas y energía. Colombia
- [4]Guzman, A. 2007. Pruebas en planta piloto de hidrotratamiento de aceite de palma I: Efecto de la velocidad espacial. Instituto Colombiano del Petróleo. Colombia.
- [5]Dishington, J. 2007. Biodiesel de palma, una realidad en Colombia. Biofuels Ameritas Conference & Expo III. Colombia. [http://www.fedepalma.org/document/2007/Presentacion\\_Fedepalma.pdf](http://www.fedepalma.org/document/2007/Presentacion_Fedepalma.pdf)