

Análisis del uso de Bio-Diesel como combustible piloto en motores duales (Diesel-GNC).

Andrés Barbieri, David Samat, Oscar Flores, Roberto Bazan

*Instituto de Mecánica Aplicada – Universidad Nacional de San Juan.
Av. Libertador San Martín 1029 (o), San Juan, Argentina - e-mail: abarbieri@unsj.edu.ar.*

RESUMEN.

Con el presente trabajo se estudió el comportamiento y la factibilidad de utilizar al Biodiesel como combustible piloto en los motores diesel que funcionan en modo Dual (Diesel GNC).

En funcionamiento dual, el combustible líquido es utilizado como piloto para encender la mezcla aire-GNC, se logran reemplazos de diesel por GNC en proporciones de 85 a 90%, en régimen estacionario.

Este trabajo se realizó en dos etapas a saber:

Primera etapa.

Se adaptó un motor diesel John Deere, Potencia declarada 43 hp, para funcionamiento dual en un banco de ensayo de motores, a tal efecto y teniendo en cuenta las características del motor, se diseñó un sistema de dosado de gas- aire (tipo mixer venturi), un sistema de regulación para la inyección de diesel como piloto para el funcionamiento del sistema dual.

Se probaron las adaptaciones realizadas para funcionamiento dual hasta obtener un funcionamiento satisfactorio, es decir un reemplazo de Diesel por GNC del orden del 80%.

Segunda etapa.

Se ensayo el motor en funcionamiento normal es decir diesel, obteniéndose curvas de consumo y potencia del motor. Se tomaron como punto de referencia para todos los ensayos dos cuplas motoras a saber: una a media carga y una a alta carga (8 Kgm y 12 Kgm respectivamente).

Se realizaron ensayos en modo dual (Diesel – GNC) con las mismas condiciones de operación que en modo diesel.

Se reemplazo el Diesel por Biodiesel al 100% y se realizaron los ensayos en las mismas condiciones.

Resultados obtenidos.

Los ensayos realizados arrojan como resultado que el biodiesel utilizado como combustible piloto, ofrece mayor reemplazo de GNC por combustible líquido que el Diesel, con un funcionamiento más suave del motor.

Ante los resultados obtenidos es sumamente promisorio el uso del biodiesel como combustible piloto, en motores diesel funcionando en modo dual.

Palabras claves: Modo Dual, Piloto, Biodiesel, GNC.

1. INTRODUCCIÓN.

Un motor diesel de inyección directa, en funcionamiento dual, es un motor adaptado tanto para funcionar con diesel en forma normal, como con una mezcla gaseosa y combustible líquido diesel, este es utilizado en una pequeña proporción como elemento piloto para encender el combustible principal, que es la mezcla aire-gas aspirada en la carrera de admisión del motor. El promedio de sustitución de diesel (combustible líquido por gaseoso) está en el orden del 60 al 85 %, dependiendo del estado de carga y de las condiciones de operación del motor. En un MEC convertido a operación dual, se admite una mezcla aire-combustible gaseoso, denominado primario, el cual puede ser gas natural, metano, propano, biogás, gas licuado de petróleo (GLP), etc., al final de la carrera de compresión se inyecta una cantidad determinada de diesel denominado piloto, el cual, dadas las condiciones de alta presión y temperatura al interior del cilindro, se autoenciende e inicia el proceso de combustión de la mezcla aire-combustible primario-piloto-gases residuales.

El proceso de combustión del motor dual es un híbrido que combina características de los motores de encendido provocado (MEP) y de los MEC. De acuerdo con el tipo de combustible primario se pueden presentar aumentos importantes en las emisiones de ciertos contaminantes, como el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (THC) [1,2] y metano (CH₄) [3,4,5], sobre todo, a cargas parciales y mayores niveles de sustitución, donde su funcionamiento es más ineficiente respecto a su homólogo diesel.

Para el presente trabajo se ha considerado el funcionamiento del motor en estado estacionario (motor a combustión para grupo electrógeno por ejemplo), para estas prestaciones se consiguen reemplazos del orden del 80 la 85% con una combustión sin fallos.

El presente trabajo demuestra la factibilidad del uso del biodiesel como combustible piloto en un motor diesel de inyección directa en funcionamiento dual.

La metodología seguida ha sido la siguiente:

- Mediante revisión bibliográfica, aportar las ventajas y desventajas del uso del biocombustible, en particular, referidas a la aplicación propuesta.
- Descripción de los ensayos experimentales propuestos para el análisis.
- Resultados experimentales.

2. COMPARACIONES ENTRE BIODIESEL Y GASOIL.

2.1 Introduccion

El diesel es un combustible derivado del petróleo.

El biodiesel es un éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables es decir proveniente de la biomasa, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales.

Se presenta en estado líquido y se obtiene a partir de recursos renovables como aceites

vegetales de soja, colza/canola, girasol, palma y otros, como así también de grasas animales, a través de un proceso denominado Transesterificación.

La Transesterificación básicamente consiste en el mezclado del aceite vegetal o grasas con un alcohol (generalmente Metanol) y un álcali (soda cáustica). Al cabo de un tiempo de reposo, se separa por decantación el BIODIESEL de su subproducto Glicerol

Todos los combustibles fósiles son contaminantes del medio ambiente a través de los gases que salen del escape. El gasoil mineral, no escapa a esta regla.

Hay que decir que no se puede hacer una comparación absoluta de si es mejor o peor el biodiesel del diesel convencional. En líneas generales se puede decir que es similar, a veces mejor otras no tanto. Depende de que biodiesel se use para realizar la comparación y con que gasoil se compare.

La calidad del biodiesel depende de dos factores importantes.

- Tipo de aceite de origen
- Calidad de fabricación

2.2 Descripción técnica

Los aceites y grasas, desde el punto de vista químico, están formados mayoritariamente por triglicéridos, es decir, ésteres con tres cadenas moleculares de ácidos grasos unidas a una molécula de glicerol. Cuando el glicerol se substituye por metanol obtenemos tres moléculas de metiléster y una molécula de glicerina. esto es lo que ocurre en las reacciones de transesterificación, una molécula de triglicérido reacciona con tres moléculas de monoéster y una de glicerina

Reacción que tiene lugar:

Aceite vegetal usado + Metanol \longrightarrow Ester Metílico de Ácidos Grasos + Glicerina

2.3 Tipos de Biodiesel

Según el tipo de materia prima usada, tenemos los siguientes tipos de Biodiesel (términos identificativos en inglés)

- RME... Rape Methyl Ester (Ester Metílico de Aceite de Colza)
- SME... Soya/sunflower Methyl Ester (Ester Metílico de Aceite de Soja o Girasol)
- PME... Pal Methyl Ester (Ester Metílico de Aceite de Palma)
- FAME... Fatty Acid Methyl Ester (Ester Metílico de Ácidos Grasos = Otros tipos de Aceites y/o grasas vegetales y/o animales y/o sus mezclas).

Los Esteres Metílicos o Biodiesel, sea cual sea la materia prima empleada para su fabricación, tienen que cumplir unas normas de Calidad.

En Europa hasta la fecha dicha calidad viene regulada por la Norma Alemana DIN-V 51606, y actualmente la Comunidad Europea está en proceso de crear su propia norma de calidad, la Norma prEN14214 (provisional)

2.4 Impacto en las emisiones de escape del Bio-Diesel

Para Bio-Diesel basado en poroto de soja, con concentraciones de 20% en volumen de Bio-Diesel y un 80% en volumen Diesel Convencional el impacto en las emisiones es mostrado en el siguiente cuadro de valores.

NOx	+ 2.0 %	HC	- 21.1 %
PM	- 10.1 %	CO	-11.0 %

El impacto del bio diesel en las emisiones de escape dependen del tipo de biodiesel usado, dependiendo si proviene de poroto de soja, semillas, y el tipo de diesel convencional agregado al biodiesel usado.

2.5 Propiedades físicas del Gasoil, Biodiesel, GNC.

La tabla 1 muestra las propiedades físicas de los combustibles utilizados en el presente trabajo,

Tabla 1 Propiedades físicas del Gasoil, Biodiesel, GNC.

Propiedades	GNC	Gasoil	Biodiesel (100%)
Numero de cetanos	Bajo	> 45	> 50
Tonalidad térmica	0,750Cal/litro	0,67	-----
Poder calorífico inferior (Cal/Kg.)	11900	10450	8474.5

2.6 Energía, Combustible, Potencia y Torque.

El biodiesel contiene aproximadamente 12% menos energía que el diesel común; tiene cerca de 37 megajoules de energía por kg, mientras el combustible diesel sujeta alrededor de 42 megajoules por kg. La reducción de energía en biodiesel es parcialmente compensada por un 7% de aumento promedio en la eficiencia de la combustión. Su uso resulta en una disminución de el 5% en torque, potencia, y eficiencia de combustible. Sin embargo, la diferencia en el desempeño de la mayoría de los vehículos que usan biodiesel no es notable.

Si bien diversos trabajos [1,2,3,4,5] con validación experimental demuestran la menor potencia desarrollada por el motor al utilizar biodiesel, debido principalmente al menor poder calorífico de éste, manteniéndose esta condición para relaciones de mezclas pobres a ricas, en el presente trabajo, en la parte experimental, se buscó mezclas gaseosas pobres y mínimo consumo de combustible piloto para una combustión sin fallos, para todas las condiciones de torque y rpm ensayadas, tal como se describe abajo.

3 ACTIVIDADES DE LABORATORIO.

Las actividades de laboratorio involucradas en el presente trabajo fueron las siguientes:

Se monto sobre banco de ensayos un motor diesel de inyección directa John Deree de tres cilindros de 2695cc, con una potencia nominal de 43HP, relación de compresión: 17:1

Inyección directa - Aspiración natural - r.p.m máximas: 2250.

Se le adaptó al motor un sistema mixer venturi regulable para variar la relación aire-GNC, para distintas condiciones de carga y regímenes del motor.

Adaptación de un sistema de medición y regulación de combustible piloto líquido para las operaciones duales.

La Figura 1 muestra el motor montado en banco de ensayo con sus correspondientes adaptaciones.



Figura 1 Motor John Deere montado y adaptado para funcionamiento dual en banco de ensayos.

3.1 Descripción de los ensayos realizados en el proyecto.

3.1.1 Ensayos con diesel

Para estos ensayos se midió el consumo de combustible líquido a través de un sistema de medición y regulación.

Con el objeto de hacer comparaciones en funcionamiento del motor con distintos combustibles primero se realizaron ensayos en dinamómetro con combustible Diesel para utilizarlo como referencia y se determinó potencia y consumo específico para torques constantes en el rango de revoluciones comprendido entre 1250 y 2250 r.p.m. La figura 2 muestra torque constante del motor en el rango de revoluciones antes mencionada.

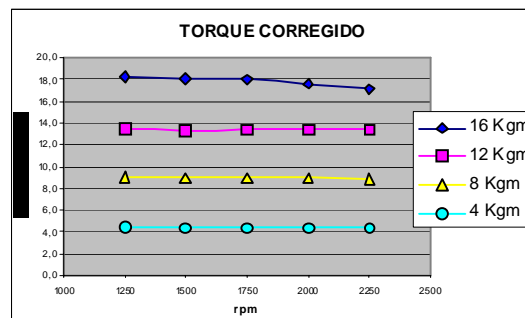


Figura 2. Torque constante para rpm ensayadas.

La expresión utilizada para la obtención de la potencia corregida teniendo en cuenta las condiciones del lugar de ensayo se describe abajo y muestran en la Figura 3.

$$M = \text{Lectura balanza} \times f \quad (1)$$

$$\text{Factor de corrección } f = \frac{760}{P_b} \sqrt{\frac{273 + t_{bs}}{293}} \quad (2)$$

T_{bs} temperatura de ensayo

P_b Presión atmosférica de ensayo

$$\text{Potencia corregida } N = \frac{M \times n}{716.2} \text{ cv} \quad (3)$$

n numero de revoluciones rpm.

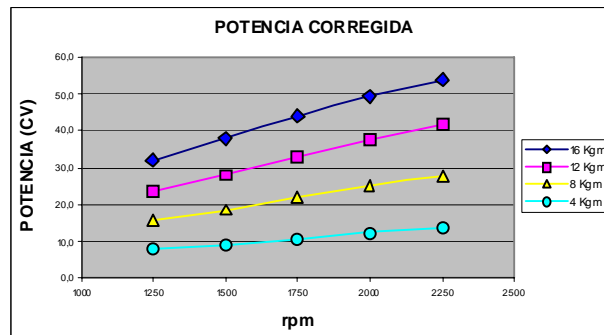


Figura 3. Potencia corregida para distintos torques ensayados.

El consumo específico obtenido en los ensayos para funcionamiento del motor en modo Diesel queda determinado por la expresión siguiente:

$$\text{Consumo específico} \left[\frac{\text{gr}}{\text{cv} \cdot \text{h}} \right] = \frac{\text{consumo} [\text{cm}^3] \times 830 \times 3.6}{N [\text{cv}] \times \text{tiempo} [\text{seg}]} \quad (4)$$

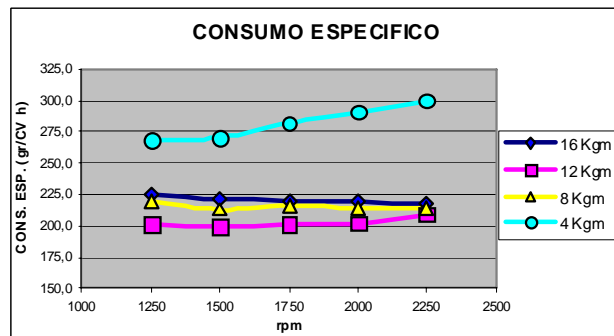


Figura 4. Consumo específico motor funcionando con Diesel.

De la grafica de consumos específicos (Figura 4), se observo que el motor tiene el menor consumo para la curva de 12kgm de torque.

También se observo que para 4kgm y 16kgm los valores de consumo eran elevados y no correspondían a un buen rendimiento del motor. Debido a esto se decidió hacer los ensayos en funcionamiento dual para lecturas de balanza de 8kgm (aproximadamente 75% de la carga) y

para 12kgm (aproximadamente plena carga) con el fin de hacer comparación de consumos de combustible líquido en funcionamiento dual con respecto al Diesel.

3.1.2 Ensayos en funcionamiento dual (Diesel-GNC).

Realizados los ensayos se obtuvieron valores de consumo específico de Diesel como combustible piloto en funcionamiento dual. Dichos valores se muestran en la Figura 5. También se determinó que porcentaje de Diesel se utilizó como combustible piloto en funcionamiento dual con respecto al diesel como se observa en la Figura 6.

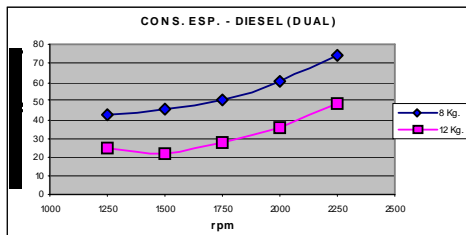


Figura 5. Consumo específico de Diesel

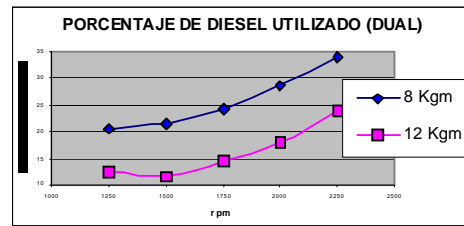


Figura 6. Porcentaje de Diesel como Piloto

3.1.3 Ensayos en funcionamiento dual (Biodiesel-GNC)

Con el mismo equipo utilizado para la medición del consumo específico de Diesel, se midió también, el consumo de biodiesel para funcionamiento dual (Biodiesel-GNC). Esto nos permitió obtener valores de consumo específico de Biodiesel en funcionamiento dual como se observa en Figura 7.

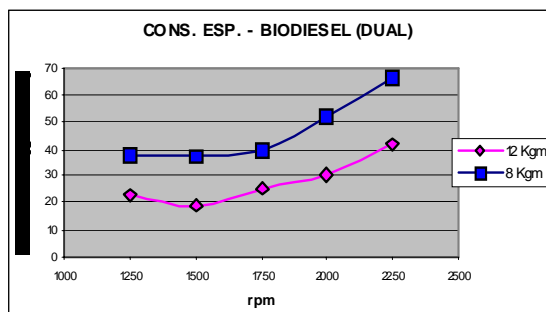


Figura 7. Consumo específico de Biodiesel

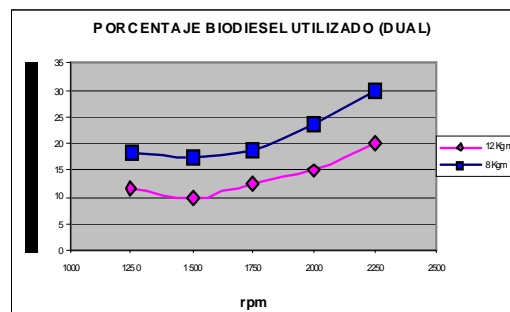


Figura 8. Porcentaje de Biodiesel como Piloto

También se determinó que porcentaje de Biodiesel se utilizó en funcionamiento dual con respecto al Diesel utilizado para el funcionamiento del motor en las mismas condiciones de ensayo Figura 8.

En el siguiente gráfico (Figura 9), se resume el consumo de combustible piloto Diesel y Biodiesel en funcionamiento dual con GNC.

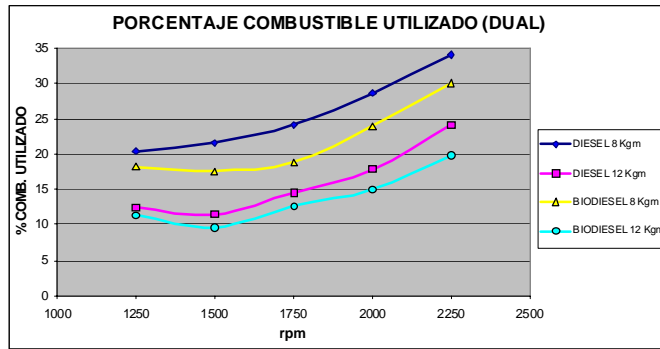


Figura 9. Porcentaje de combustible piloto utilizado con Diesel y Biodiesel

4. CONCLUSIONES.

De la figura 9 se puede observar que el porcentaje de combustible líquido utilizado como piloto en funcionamiento dual con ambos combustibles Diesel-GNC o Biodiesel-GNC tiene las siguientes características:

Para un determinado número de rpm, cuanto mayor es la carga, menor es el porcentaje de combustible líquido.

Para un determinado torque, cuanto menor es el número de rpm, menor es dicho porcentaje.

Para distintos estados de carga y en todo el régimen de rpm del motor, siempre el porcentaje de Biodiesel es menor que el de Diesel en las mismas condiciones de ensayo.

Esto nos permite inferir que un motor adaptado a funcionamiento dual en estado estacionario puede tener las mismas prestaciones trabajando con Biodiesel como combustible piloto que con Diesel como piloto, con un consumo menor de Biodiesel frente al Diesel lo que es un aporte a la reducción de emisiones contaminantes.

5. REFERENCIAS.

- [1] Karim Ghazi. "A review of combustion processes in the dual fuel engine -The gas diesel engine". Progress in Energy and Combustion Science. Vol. 6. 1980. pp. 277-285.
- [2] Mohamed Y.E. Selima, M.S. Radwan, H.E. Saleh "Improving the performance of dual fuel engines running on natural gas/LPG by using pilot fuel derived from jojoba seeds". Renewable Energy 2007. Elsevier.
- [3] SCHÄFER, ANSGAR, «The use of biofuel in modern diesel engines». Proceedings of PORIM BIOFUEL '95. PORIM International Biofuel Conference, 1995, p. 61.
- [4] Bilcan. O. Le Corre. A. Delebarre. "Thermal efficiency and environmental performances of a biogasdiesel stationary engine". Environmental Technology. Vol. 24. 2003. pp. 1165-1173.
- [5] PISCHINGER, G., SIEKMAN, R., FALCON, A., FERNÁNDEZ, F., «Methylesters of plant oils as diesel fuels, either straight or in blends». «Vegetable oil fuels». Proceedings of the International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels. August, 1982, Holiday Inn Fargo, North Dakota. American Society of Agricultural Engineers (ASAE publication 4-82). p198-208.

- [6] R. G. Papagiannakis. D.T. Hountalas. "Combustion and exhaust emission characteristics of a dual fuel compression ignition engine operated with pilot diesel fuel and natural gas". Energy Conversion and Management. Vol. 45. 2004. pp. 2971-2987.
- [7] L. Gettel. G. Perry. "Natural gas conversion system for heavy duty truck engines". SAE Paper 911663. 1991.
- [8] V. Balasubramanian. K. Sridhara. "Performance Evaluation of a Small Agricultural Engine Operated on Dual Fuel (Diesel + Natural Gas) System". SAE Paper 951777. 1995.
- [9] G. H. Abd Alla. H. A. Soliman. O.A. Badr. M.F. Abd Rabbo. "Effect of pilot fuel quantity on the performance of a dual fuel engine". Energy Conversion and Management. Vol. 41. 2000. pp. 559-572.
- [10] Biocycle Energy, 2003, " Biosolids and Biodiesel Team up for Sustainable Economics", May 2003, pp. 55-57.
- [11] El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay / IICA. --Asunción: IICA, 2007. 83 p. ; 28 cm ISBN13: 978-92-9039-793-9
- [12] G. A. Karim. Z. Liu. W. Jones. "Exhaust emissions from dual fuel engines at lighth load". SAE Paper 932822.
- [13] ASTM, 2003, "D 6751-02: Standard Specification for Biodiesel Fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels," West Conshohocken, Pa.: ASTM.
- [14] Ziejewski, M. Z., K. R. Kaufman, and G. L. Pratt. "Alternative fuels for direct injection diesel engines." Vegetable oil as a diesel fuel, seminar III, ARM-NC-28, Peoria. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC, 1993.
- [15] Nicolas B. C. Ahouissoussi, and Michael E. Wetzstein. A Comparative Cost Analysis of Biodiesel, Compressed Natural Gas, Methanol, and Diesel for Transit Bus Systems.
- [16] Assessment and Standards Division Office of Transportation and Air Quality U.S. Environmental Protection Agency. A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions. October 2002 EPA420-P-02-001.