

# Estudio comparado entre el combustible Diesel y Biodiesel

En el presente trabajo de investigación se expone la información obtenida acerca de comparaciones realizadas entre Biodiesel vs. Diesel en cuanto a emisiones, calidad, y efecto en los motores. Es necesario destacar que el Diesel utilizado para este estudio es con bajo contenido de azufre, que por ejemplo se encuentra en el Eurodiesel, una marca de diesel que actualmente se comercializa en nuestro país como de calidad superior al gasoil normal. La información está basada en distintos estudios realizados por empresas automotrices y observaciones empíricas de los investigadores.

## INDICE

1. Efectos en el motor
2. Efectos en la bomba y los inyectores
3. Efectos en el aceite
4. Efectos en la durabilidad
5. Conclusiones

Los motores diesel requieren un combustible que sea limpio al quemarlo, además de permanecer estable bajo las distintas condiciones en las que opera. El biodiesel es el único combustible alternativo que puede usarse directamente en cualquier motor diesel, sin ser necesario ningún tipo de modificación excepto las mangueras de suministro de combustible y eso sólo en los automóviles viejos. Como sus propiedades son similares al combustible diesel de petróleo, se pueden mezclar ambos en cualquier proporción sin ningún problema. En Estados Unidos y en Europa, existen ya numerosas flotas de transporte público que utilizan biodiesel en sus distintas mezclas. Las bajas emisiones del biodiesel lo convierten en un combustible ideal para el uso en áreas marinas, parques nacionales, bosques pero sobretodo en las grandes ciudades.

## EFFECTOS EN EL MOTOR

Numerosas investigaciones fueron hechas sobre el rendimiento, potencia y emisiones de un motor que usa Biodiesel puro o mezclado, Con el fin de conocer los efectos del mismo en las características típicas del motor se ha analizado lo siguiente:

**TABLA 1: Emisiones medias del Biodiesel comparadas al Diesel convencional**

Tipo de emisión	B-100 (sin corte)	B-20 (corte al 20%)
Hidrocarburos totales sin quemar (HC)	-68	-14
Monóxido de carbono (CO)	-44	-9
Partículas en suspensión (PM)	-40	-8
Sulfatos	-100	-20
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)	-80	-13
Hidrocarburos aromáticos policíclicos nitrogenados (nPAH)	-90	-50
Potencial de destrucción de la capa de ozono	-50	-10
Óxidos de nitrógeno (NOx)	+6	+1

Fuente: <http://www.biodiesel.org>

**Datos de emisiones:** Testeos hechos con el Cummins 5.9L de 1991 con inyección directa, turbocargado (02/02/1994 y 01/05/1995) con 100% Biodiesel y 100% diesel con bajos niveles de azufre.

Variable	02/02/1994			01/05/1995		
	Diesel	BD100	%variación	Diesel	BD100	%variación
CO (%)	0.025	0.013	-47.2	0.029	0.020	-24.4
CO2 (%)	7.2	7.1	-0.8	7.8	7.8	0
HC (ppm)	6.6	5.4	-17.4	10.0	10.0	0
NOx (ppm)	639.7	768.6	1.2	967.0	106.3	9.9
O2 (%)	10.7	10.9	1.2	10.3	10.5	2
Opacidad (%)	3.3	1.4	-58.2	2.8	1.8	-35.8

Testeos hechos con el Cummins 5.9L de 1992 con inyección directa, enfriado, turbocargado (02/02/1994 y 01/05/1995) con 100% Biodiesel y 100% diesel con bajos niveles de azufre.

Variable	02/02/1994			01/10/1995		
	Diesel	BD100	%variación	Diesel	BD100	%variación
<b>CO (%)</b>	0.015	0.019	25.0	0.023	0.024	4.3
<b>CO2 (%)</b>	6.6	6.4	-4.1	7.4	6.9	-6.4
<b>HC (ppm)</b>	6.3	4.3	-31.0	10.0	10.0	0
<b>NOx (ppm)</b>	635.7	681.1	7.1	671.0	709.2	5.8
<b>O2 (%)</b>	11.3	11.8	5.0	11.9	11.0	-8.5
<b>Opacidad (%)</b>	1.9	2.4	27.2*	1.4	1.2	-15.4

\*Este valor esta considerado como un error de medida.

Monóxido de carbono (**CO**), Óxidos de nitrógeno (**NOx**) y Hidrocarburos totales sin quemar (**HC**) para los motores Navistar 5.9L y 7.3L con B20.

Tipo de emisión	Motor	Diesel	BD20	% de Variación	
<b>CO (%)</b>	<b>Pretest</b>	<b>5.9L 0.03</b>	<b>0.02</b>	<b>-33.3</b>	
	Posttest	5.9L	0.03	0.0	
	Pretest	7.3L	0.29	-20.7	
	Posttest	7.3L	0.06	+33.3	
<b>NOx (ppm)</b>	<b>Pretest</b>	<b>5.9L 564.5</b>	<b>597.8</b>	<b>+5.9</b>	
	Posttest	5.9L	421.8	500.3	+18.6
	Pretest	7.3L	519.0	506.3	-2.4
	Posttest	7.3L	428.7	421.3	-1.7
<b>HC (ppm)</b>	<b>Pretest</b>	<b>5.9L 5.25</b>	<b>3.75</b>	<b>-28.6</b>	
	Posttest	5.9L	12.75	8.75	-31.4
	Pretest	7.3L	10.33	9.67	-6.4
	Posttest	7.3L	13.33	3.33	-75.0

**El potencial de destrucción de la capa de ozono del Biodiesel es menor** que lo del diesel: esta cifra es cercana de 50%, debido en gran parte a que **las emisiones de sulfatos y óxidos de azufre son eliminados con el Biodiesel puro**. Estos son componentes principales de la denominada lluvia ácida y se ligan a la formación de partículas principalmente por el contenido de azufre y el contenido de componentes aromáticos pesados.

**Las emisiones están reducidas con el uso del Biodiesel:** Ensayos muestran que el uso del Biodiesel en los motores diesel provoca una importante reducción de los hidrocarburos totales sin quemar, del monóxido de carbono y de las partículas en suspensión. Las emisiones de los óxidos de nitrógeno están similares o aumentan ligeramente.

**Monóxido de carbono:** Las emisiones del monóxido de carbono (gas venenoso) del Biodiesel son, en promedio, 44% más bajas que las generadas por el diesel.

**Partículas en suspensión:** Fue mostrado que respirar las partículas supone un riesgo para la salud (pueden ser cancerígenas). Las emisiones de las partículas en suspensión del Biodiesel son, en promedio, 40% más bajas que las generadas por el diesel.

**Hidrocarburos totales sin quemar:** Las emisiones de los hidrocarburos totales sin quemar (factor contribuyendo a la formación del “smog” y de la ozono) son, en promedio, 68% más bajas que las generadas por el diesel.

**Óxidos de nitrógeno:** Las emisiones de óxidos de nitrógeno (factor contribuyendo a la formación del “smog” y de la ozono) aumentan, en promedio, de 6% en comparación a las hechas por el diesel. En realidad esas cifras dependen mucho del diseño del motor (carros, buses, maquinas de obras públicas, etc), de la composición del combustible y de su utilización. En efecto, según el tipo del motor, su edad, su uso, los datos varían ligeramente pero en general, la tendencia sigue bien las cifras expuestas anteriormente.

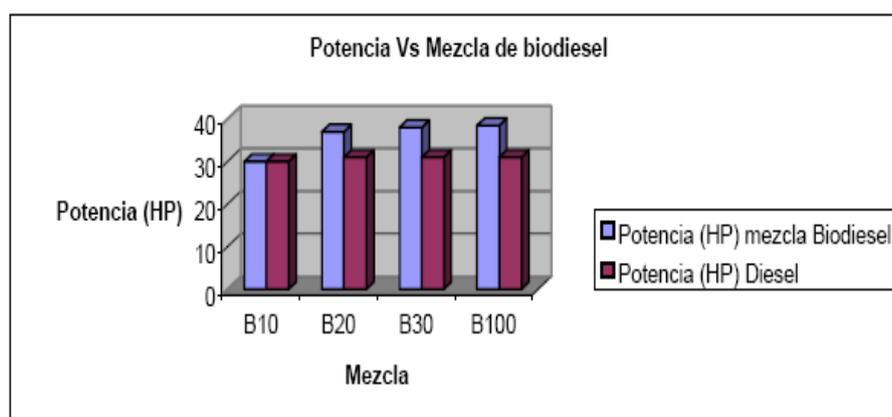
**Opacidad:** El humo negro visible al escape es menos importante en el momento del arranque con el Biodiesel.

### PRUEBA EN DINAMOMETRO

Para medir la eficiencia y potencia de un motor con fuerza motriz rotatoria generalmente se utiliza un dinamómetro. Este dispositivo mide el par de un motor transformando el par rotatorio existente en el cigüeñal del motor, en un momento de fuerza estacionario. Las pruebas se desarrollaron en el banco de pruebas de General Motors - Colmotores y del SENA, bajo diferentes condiciones de acuerdo a protocolos desarrollados para tal fin.

#### Resultados:

Potencia asociada con el uso de las mezclas biodiesel vs. Diesel. En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos de la prueba en dinamómetro para un “cambio en tercera”, de acuerdo al protocolo de General Motors Colmotores.



Potencia vs. mezcla de biodiesel - prueba en dinamómetro

Con el uso de las mezclas de Biodiesel se puede observar un incremento en la potencia del vehículo que en promedio es del 18%.

Fuente : General Motors Colmotores - CORPODIB - SENA, Julio de 2002.

### Conclusiones:

- En términos generales, las pruebas dinamométricas, permitieron corroborar el efecto benéfico desde el punto de vista ambiental del biodiesel empleado en forma pura y en mezcla con el diesel.
- Los resultados de las pruebas demuestran al comparar las mezclas Diesel- biodiesel vs diesel la opacidad disminuye apreciablemente alcanzando hasta un 17% de reducción con el uso del biodiesel puro.
- En cuanto al comportamiento dinámico del vehículo con el uso de Biodiesel y Diesel no se notó diferencia apreciable.

## EFFECTOS EN LA BOMBA Y LOS INYECTORES

### Lubricidad:

La lubricidad es un factor importante para la durabilidad de todo componente motor, en particular la bomba y los inyectores pues pueden estar lubricado solo por medio del combustible. Una lubricidad pequeña supondrá un desgaste prematuro, al contrario, una lubricidad grande reducirá el desgaste y aumentará el tiempo de vida de los componentes.

La utilización del Biodiesel **aumenta y mejora** la lubricidad del combustible, también con pequeños niveles. Los fabricantes de **FIE** (para sus iniciales en inglés, *Fuel Injection Equipment*) adoptaron el uso del HFFR (*High Frequency Reciprocating Rig*), ISO 12156-2:1998, y recomiendan que el límite máximo de todo diesel en el diámetro de la marca de desgaste **WSD** (*Wear Scar Diameter*) sea 460 mm. Por el **HFFR**, entre más pequeño sea el número, mejor es la lubricidad.

Resultados de la lubricidad del Biodiesel mezclado con dos diferentes Diesel, usando el método HFFR (Pruebas efectuadas por Stanadyne Automotive Corp.)		
Porcentaje de Biodiesel con Petrodiesel	HFFR Scar (mm)	
	Diesel #1 (Petrodiesel)	Diesel #2 (Diesel con bajo nivel de azufre)
0.0	671	536
0.4	649	481
1.0	500	321
2.0	355	322
20.0	318	316
100.0	315	314

Fuente: <http://www.mbm.net.au/b100/index2.html>"

Por el medio de un otro sistema, el BOCLE (*Ball On Cylinder Lubricity Evaluation*), la lubricidad fue medida y los resultados confirmaron los vistos arriba. Con ese sistema, la mayor lubricidad corresponde a un **BOCLE** mayor.

En estos cuadros, podemos ver que un porcentaje pequeño de Biodiesel (por ejemplo, 2%), mejora claramente la lubricidad del combustible.

**Resultados de la lubricidad del Biodiesel mezclado con dos diferentes Diesel, usando el método BOCLE (Pruebas efectuadas por Engineering Testing Services)**

<b>% de Biodiesel con Petrodiesel</b>	<b>Diesel #1 BOCLE (gramos)</b>	<b>Diesel # 2( con bajo nivel de azufre) BOCLE (gramos)</b>
0.00%	2200	4250
0.10%	2750	5000
0.20%	3450	5000
0.30%	3200	5550
0.40%	3500	5500
1.00%	3200	5700
10.0%	6000	6000
20.0%	6000	6000
100%	6000	6000

Fuente: <http://www.mbm.net.au/b100/index2.html>

## EFECTOS EN EL ACEITE

---

El aceite permite de lubricar las piezas en movimiento con el fin de limitar el desgaste de estas y de una manera general del motor. Entonces, es importante que la calidad del aceite sea siempre óptima a pesar de la utilización de diferentes combustibles en el motor. En cualquier motor diesel, una pequeña cantidad de combustible pasa los anillos del pistón al aceite del motor. Típicamente, se experimenta una mayor dilución del aceite en motores diesel con inyección directa que en motores con inyección indirecta. La dilución del aceite en motores es importante desde dos puntos de vista:

**Primero:** el combustible diesel es considerablemente más liviano que el aceite y tiene menor poder lubricante, por cual reduce la habilidad del aceite para lubricar el motor.

**Segundo:** después de un periodo de tiempo, los antioxidantes en el aceite del motor son utilizados por el combustible que filtro y el mismo comienza a polimerizar, causando espesamiento. Obviamente, el excesivo espesamiento del aceite dificulta el libre movimiento del mismo a través del motor resultando una pobre lubricación y mayor desgaste del motor.

Volkswagen condujo pruebas de durabilidad a principio de los 80's analizando el motor diesel usando su motor IDI y encontró que el uso de un 100 % de biodiesel no afectaría adversamente el desempeño del motor. Cuando se realizaron las pruebas de durabilidad de 100 % biodiesel en los motores DI, Volkswagen encontró que la dilución del aceite del motor por el biodiesel puro era inaceptablemente alto. De todas formas, esta dilución no aparenta tener efectos sobre la capacidad de lubricación del aceite del motor hasta llegar al punto donde el antioxidante del aceite es totalmente utilizado y se produce el espesamiento del aceite.

Este espesamiento se produce más rápido que con el petrodiesel <sup>1</sup> debido a la fracción no saturada de la cadena de ácidos grasos que se encuentran en el biodiesel. Algunos suponen que en la medida que la cadena de ácidos grasos que se encuentran en varios de los aceites vegetales que sirven de base al biodiesel son más insaturados, los problemas potenciales producidos por mezclas con niveles mayores de biodiesel deberían ser mayores. Un análisis de la literatura sobre este tema no respalda esta teoría e indica que las diferencias entre aceites vegetales son muy pequeñas.

En esa época, a principios de los 80, Volkswagen recomendaba el uso de mezclas con menos del 30 % de biodiesel para asegurar que no se produjeran problemas por la dilución del aceite. Desde entonces, las tolerancias de los motores y la dilución del aceite por efecto del combustible, se han reducido dramáticamente. Esto ha disminuido los problemas por espesamiento del aceite, que podría potencialmente causar la utilización de mezclas con alto contenido de biodiesel en los motores modernos.

De todas maneras, los análisis de aceite del motor cuando se utiliza biodiesel o mezclas del biodiesel son alentadores. A la alta lubricidad del biodiesel se le atribuye la reducción de partículas de metal y carbón en el aceite del motor. Informes de pruebas que están ahora disponibles indican que debido a este factor se incrementa la vida útil del motor.

Pruebas realizadas por investigadores canadienses, como también en la Universidad de Missouri, han comprobado importantísimas reducciones de partículas de metal en el aceite, con una variedad de mezclas de biodiesel. En el caso canadiense, se visualizo una reducción del 30 % de limaduras, con una mezcla de solo 10 % de biodiesel. Los

---

<sup>1</sup> En lo sucesivo se utilizará el término diesel, petrodiesel o gas-oil indistintamente.

ingenieros de Cummins, creen que la reducción de partículas de carbón es la causante del extraordinario estado en que se encontraba el motor Cummins 5,9L de inyección directa, que estuvo funcionando durante 160 000 km con biodiesel puro en la prueba realizada por la Univ. de Missouri.

En resumen, las pruebas realizadas utilizando B20 en motores diesel, sean estos nuevos o usados, con inyección directa o indirecta, demuestran que ningún hecho negativo puede ocurrirles y que posiblemente aumente la vida útil de los mismos. El uso de mezclas de biodiesel mayores que B20 en motores con IDI, viejos o nuevos, debería producir resultados iguales o mejores, mientras que el uso de mezclas mayores a B20 puede producir en algunos motores antiguos con DI un espesamiento en el aceite.

Unos análisis fueron hechos con el fin de conocer la concentración de diferentes metales contenidos en el aceite pues refleja, con una buena imagen, el desgaste del motor por los diferentes componentes del motor:

- **Hierro:** desgaste de las paredes de los cilindros, del árbol de levas, de las marchas;
- **Aluminio:** desgaste de los pistones;
- **Cobre y plomo:** desgaste de los cojinetes;
- **Cromo:** desgaste de los anillos de los pistones;
- **Silicio:** desgaste del material que mueve a través del filtro de combustible y del motor. Casi todos los análisis muestran que el Biodiesel no tiene impacto en el desgaste del motor y que las comparaciones hechas entre el aceite de un motor funcionando con biodiesel y de uno funcionando con diesel N°2 son similares.

## EFFECTO EN LA DURABILIDAD

La duración de los motores que utilizan biodiesel ha sido específicamente estudiada en Brasil por Volkswagen, utilizando biodiesel puro y mezclas. En EE.UU, se han comprobado más de 30.000.000 de km. recorridos sin ningún tipo de problema. Toda la información indica que la durabilidad de los motores es comparable cuando se usa biodiesel o diesel derivado del petróleo.

### Prueba de durabilidad hecha por Volkswagen:

El objetivo de la prueba fue investigar el comportamiento del biodiesel en motores diesel existentes, utilizando vehículos y motores de producción en línea. Las pruebas fueron realizadas con biodiesel puro en motores diesel Volkswagen 1,6L. con mecanismos de inyección indirecta (IDI), ya sea en banco de pruebas o instalada en un sedán de pasajeros VW Passat o en una unidad de transporte de carga liviana VW Tipo II. Los detalles del motor son los siguientes:

Características del motor Volkswagen 1.6L, inyección indirecta	
Nº de cilindros	4 en línea
Proceso de combustión 1	Cámara de torbellino
Cilindrada	1.588 cm <sup>3</sup>
Diámetro/carrera	76.5 mm/86.4 mm
Relación de compresión	23
Bomba de inyección	Rotativa

Volkswagen realizó rigurosas pruebas, utilizando su programa de pruebas de durabilidad para motores diesel en vehículos comerciales livianos, por más de 1.400 horas con biodiesel puro a los efectos de comprobar el cambio máximo con respecto al combustible diesel existente. El ciclo de la prueba contempló 1.000 horas de operaciones a máximo poder y 300 a torque máximo.

Después de esta prueba el motor fue desarmado para examinar y medir desgastes. Más de 19 muestras de aceite lubricante fueron extraídas y analizadas. Los análisis de las muestras mostraron niveles aceptables de sólidos y alcalinidad para este tipo de prueba. El desgaste de cojinetes, anillos de pistón, camisas de cilindros y asientos de válvulas permanecieron dentro de las especificaciones de Volkswagen y por lo tanto, son consideradas como correspondientes a un desgaste en condiciones normales.

Similares resultados se obtuvieron en las pruebas de durabilidad a campo realizadas por Volkswagen con motores de inyección directa, con la excepción de la comprobación de una ligeramente mayor dilución del aceite al utilizar el biodiesel puro. En ese momento Volkswagen recomendaba reducir la mezcla de biodiesel a utilizar en motores de inyección directa a niveles menores a 30 % para evitar problemas de dilución.

A lo largo de estos años, las tolerancias en los motores fueron reducidas ante la necesidad de controlar emisiones contaminantes y esto resultó en una menor dilución del aceite de los motores ya sea utilizando petrodiesel o biodiesel. Esto está

demostrado por la garantía total dada por Volkswagen si se utiliza biodiesel en sus nuevos modelos TDI.

**Otras pruebas de durabilidad:**

La Universidad de Missouri ha completado una prueba operando por 160.000 km. un motor de camión liviano Cummins de 5,9L. El desarme de este motor por Cummins demostró el bajo desgaste y la excelente durabilidad del mismo siendo posiblemente menor que con combustible diesel convencional. La mayoría de la información dada es utilizando biodiesel puro que representa, desde el punto de vista de los fabricantes de motores, la mayor diferencia con respecto al diesel de petróleo.

Estos resultados positivos de las pruebas de durabilidad con biodiesel puro, los resultados de la utilización de B 20 en USA en más de 30.000.000 de km. recorridos, combinado con el hecho de que virtualmente todos los fabricantes de motores diesel mantienen sus garantías sobre los mismos cuando se utiliza B20, implican suficiente evidencia de que el uso de B 20 en motores diesel existentes permite una durabilidad similar a la del diesel de petróleo y puede a lo largo de los años mejorar la durabilidad debido a una combustión más limpia y a la naturalmente elevada lubricidad del biodiesel.

Biodiesel B-20 comparado con el diesel-gasoil	
Beneficio en emisiones	Reduce partículas en suspensión, monóxido de carbono e hidrocarburos totales
Conversión motores	No necesaria
Ajuste y regulación motores	No necesaria
Torque	Similar
Potencia	Similar
Consumo	Similar
Lubricidad	Mayor
Condiciones invernales	Similar
Seguridad	Sin peligro de explosión por emanaciones
Punto de ignición	Mayor
Almacenaje	Similar
Emanaciones	Menos agresivas

Fuente: <http://www.oilfox.com.ar>

## CONCLUSIONES

---

Según experiencias propias y de clientes que han utilizado el biodiesel, podemos consignar que no han existido diferencias en el uso del biodiesel en comparación con el diesel tradicional, salvo en lo referido a las emisiones de humo. Nuestro problema siempre radicaba en conocer resultados de durabilidad y problemas generados en motores, ya que carecemos de los equipos para probar tales cosas.

Entonces recurrimos los estudios citados anteriormente, en donde empresas de la talla de General Motors y Volkswagen han realizados esos estudios observándose distintas opiniones al respecto. Sin embargo, contrastando esas opiniones con las nuestras, podemos afirmar de que no sólo no existen diferencias (al menos notables) en cuanto al rendimiento del combustible y durabilidad del motor, sino que existen aspectos en los cuales el uso de biodiesel mejora ciertos aspectos tales como lubricidad, potencia en el uso y disminución de la contaminación por sus emisiones, al menos en comparación con el gasoil común.

En cuanto a contaminación, ya se conocen diversos estudios sobre las ventajas del biodiesel en comparación con respecto al diesel; **los aspectos más importantes son las reducciones de compuestos de azufre en las emisiones (reducción total) y de los gases (venenosos) de monóxido de carbono.** En cuanto al dióxido de carbono, la ventaja principal es que la cantidad liberada de estos gases en la combustión del biodiesel, es equivalente a la cantidad que necesita la planta oleaginosa para generar la cantidad de aceite con la que luego se utilizó para comida, y finalmente para el combustible; o sea que estamos hablando de un circuito cerrado que generan los gases de dióxido de carbono en este proceso. Cerrando el tema de la contaminación, finalizamos diciendo que **el biodiesel reduce en un 50 % el potencial de destrucción de la capa de ozono en comparación a lo que genera el diesel convencional.**

Por lo antedicho es posible colegir que de realizarse un estudio del gasoil común - disponible en la gran mayoría de las expendedoras de combustible-, y no sobre el EuroDiesel de calidad superior como el utilizado para este estudio, los resultados a favor del Biodiesel serían aún mayores pues muy pocas marcas cumplen con los parámetros establecidos para el gasoil- diesel.

Finalmente nos resta decir que a pesar de que el parque automotor que conocemos hoy en día fue pensado para funcionar con gasoil, los automóviles no necesitan ningún tipo de modificación para funcionar con biodiesel a ningún corte en especial, siendo esto un factor muy importante con miras a una futura implementación de este biocombustible en un sistema de transporte como el que ya cuenta nuestro país.