

# Aditivos nitrogenados en el Diesel

Carlos Losada-Prieto, Neyda Om-Tapanes y Alberto Cavado\*

Recepción: abril 16 de 2001

Aceptación: noviembre 12 de 2001

\*Centro de Investigaciones del Petróleo, CEINPET.  
Washington 169, esq. Churruga, Cerro.  
La Habana, Cuba. Fax: (537) 66 60 21.  
Correo electrónico: losada@ceinpet.inf.cu,  
neyda@ceinpet.inf.cu y cavadoa@ceinpet.inf.cu

**Resumen.** Por lo general, los ensayos en bancos para motores de combustión interna se utilizan para determinar la eficiencia del motor, comprobar desgastes entre las piezas, medir parámetros efectivos, las emisiones de gases y otros indicadores generales; para ello se realizan las pruebas de desempeño, cargas parciales, multiparamétricas y otras más específicas.

En el presente trabajo se utilizan las pruebas anteriormente descritas, pero no para determinar la calidad tecnológica del motor, sino para verificar cómo los parámetros efectivos pueden ser mejorados a partir de la utilización de un aditivo orgánico nitrogenado, que se le incorpora al combustible Diesel, provocando un mejor aprovechamiento de la combustión, logrando mayor eficiencia en el consumo del combustible.

**Palabras clave:** aditivos nitrogenados, pruebas de banco, parámetros efectivos, Diesel.

## Nitrogen Additives for Diesel

**Abstract.** Normally, engine bench tests for internal combustion motors are used to check engine efficiency, crankcase wear, engine effective parameters, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO emissions, and other general indicators. Methods of measurement include performance tests, partial and multiparameters loads, and other specific tests.

This study used the previously mentioned tests, not to determine the technological quality of the motor, but to determine how engine effective parameters can be improved by adding an organic nitrogen additive to diesel fuel; thus improving the quality of combustion and resulting in a higher efficiency in diesel fuel consumption.

**Key words:** nitrogen additive, bench test, effective parameters, Diesel.

## Introducción

El motor es un órgano propulsor del vehículo, dicho de otra manera, proporciona la energía necesaria para su desplazamiento. Los motores empleados en los automóviles transforman el estado químico de ciertos líquidos, designados con el nombre de combustibles, en energía térmica y después en mecánica. La energía química del combustible no puede ser utilizada si no es inducida por una serie de factores termodinámicos que permiten que se desarrolle el proceso de combustión (Dhermy, 1962).

La combustión es un proceso físico-químico complejo; la mejor forma de analizarlo y conocer su efecto (transfor-

mación y desarrollo de la energía mecánica) es a través de pruebas de banco, donde se mide potencia efectiva, torque máximo, consumo horario, consumo efectivo de combustible y otros. Estos parámetros indican la eficiencia del motor y cómo se aprovecha la combustión.

Para aprovechar mejor la combustión se emplean aditivos orgánicos, los cuales permiten hacer más homogénea la mezcla de aire combustible, al convertir el oxígeno molecular en oxígeno atómico que es altamente reactivo, por lo que la combustión es más completa. Además, estos aditivos elevan el número de cetano, permitiendo un mejor aprovechamiento de la tercera etapa de combustión, mejorando con esto algunos parámetros efectivos del motor.

La adición de peróxidos orgánicos o de compuestos nítricos en el diesel, como es el caso del aditivo propuesto en este trabajo, estimula energéticamente las etapas iniciales de la oxidación, reduciendo por tanto el retraso de la inflamación en los motores. De forma general, las reacciones de oxidación tienen un carácter multietápico y se realizan en cadena, jugando un importante papel los productos intermedios (partículas con valencias libres no sustituidas, átomos y radicales). En vista del complejo carácter que tienen las reacciones en cadena que transcurren delante del frente de llama, resulta posible influir sobre las velocidades de desarrollo, introduciendo pequeñas cantidades de aditivos orgánicos y mezclándolos con el combustible (Jova, 1982; Fernández, 1989; Wuither, 1971).

Los vehículos automotores operan en condiciones variables de carga, velocidad y en tipo de carreteras, y siempre la potencia del motor deberá corresponder a aquella que sea necesaria para el movimiento del vehículo con la velocidad requerida, y asegurando las cualidades dinámicas dadas a elevados índices de economía del combustible. Por eso, en las pruebas de banco de motores es necesario conocer los ensayos de características externas de velocidad, test de desempeño, características de cargas parciales, multiparamétricas, de toxicidad y otros (Jova, 1982; Badger, 1974; Wuither, 1971).

Las razones anteriormente expuestas indican que es necesario realizar estos ensayos para comprobar la acción de los aditivos que mejoran la combustión. Habida cuenta de que los ensayos deben repetirse múltiples veces, no deben ajustarse éstos a modelos matemáticos, ya que durante el proceso de combustión inciden infinitas variables aleatorias, al ocurrir los procesos de segregación cualitativa y cuantitativa de la mezcla en cada ciclo de trabajo del motor.

Para realizar estas pruebas, debe tenerse en cuenta que en un motor de combustión interna ocurre un proceso termodinámico irreversible, en el cual la combustión produce un calor que se transforma continuamente en trabajo. Gran parte de este calor se pierde en mover las resistencias mecánicas, por transferencia térmica, en vencer la fuerza de fricción de los pares cinemáticos, aprovechándose sólo 37% aproximadamente de la energía desprendida en el proceso de combustión (Kirrillin, 1976).

Esta investigación tiene como objetivos el estudio de la influencia del aditivo en el número de cetano, la variación de los parámetros efectivos del motor Diesel al utilizar el aditivo orgánico, fundamentalmente el consumo efectivo de combustible y obtener una curva de tendencia de economía de combustible al utilizar el mencionado aditivo.

## I. Procedimiento experimental

Se sometió el combustible Diesel al ensayo de número de cetano para comprobar el efecto del aditivo por la norma ASTM D-613-95 "Ensayo de banco de motores CFR N° de cetano" (ASTM, 1995; Kirrillin, 1976).

Los ensayos físico-químicos y las pruebas de banco se realizaron para el Diesel patrón (DP) y para el mismo aditivado a 1000, 3000 y 5000 ppm (DP+1000 ppm; DP+3000 ppm y DP+5000 ppm).

Se realizaron ensayos de test de desempeño con la carga máxima para toda la gama de revoluciones por minuto (rpm) del motor. Con este resultado se seleccionaron las rpm de consumo de combustible mínimo y máximo: 1560 y 2600 rpm, respectivamente.

Se llevó a cabo el estudio de ahorro de combustible variando las cargas parciales (10-100%) para las rpm seleccionadas obteniendo una curva de tendencia de economía del combustible al utilizar el aditivo mencionado.

Por último, se efectuó un análisis de la influencia del aditivo en los parámetros efectivos del motor (torque y potencia).

Estas pruebas de banco cumplen con la norma NBR5487 "Ensayo en banco motores".

Las características del motor de ensayo son:

- Fabricante: MWM Motores Diesel Ltda
- 4 cilindros en línea
- Modelo 4.10 TCA L80
- Número de ciclos: 4 tiempos
- Diámetro del cilindro: 103 mm
- Curso del pistón: 129 mm
- Cilindrada (cm<sup>3</sup>): 4.300 L
- Relación de compresión: 15.8:1
- Marcha lenta (rpm): 760-800
- Velocidad angular intermedia (rpm): 1560
- Velocidad angular nominal (rpm): 2600
- Potencia efectiva (kW): 104 kW@2600 rpm
- Momento de fuerza máxima (Nm): 429.

Con un sistema de admisión de:

- Turbocompresor
- Sobrealimentador: fabricante: Garret, Modelo API. 709-1.

El sistema de combustible:

- Tipo de inyección: inyección directa
- Bomba inyectora: fabricante BOSCH, Modelo VE 4/12 F 1300 R 566
- Inyector: fabricante BOSCH, modelo DLLA 144 P443.

Equipamiento utilizado en los ensayos de:

- Vaso de admisión: fabricante MERIAM, de tipo presión di-

ferencial de flujo laminar, modelo 50MC2-4f

- Consumo de combustible: medidor de flujo de combustible, fabricante FLOTTRON, del tipo Puente de Wheaststone de placa de orificios, modelo 10-10EG1
- Temperaturas del aire de admisión, del combustible, del bulbo húmedo y seco, del agua a la salida del motor y de los gases de escape diluidos: termómetros de resistencia tipo RTD
- Presión barométrica: barómetro electrónico SETRA, modelo 350-1.
- Presión de los gases de escape y restricción del aire de admisión: medidor de presión TRANSMITEL, modelo B115143128303.
- Torque: células de carga ALFA y WAGEZELLE-tipo "strain gage", dinamómetro de motor POSITRON y SCHENCK, tipo corriente de Foucault
- Rotación: sensor magnético ALFA.

Sistemas de control y precisión automáticos, fabricante AVL, compuesto por:

- Unidades de procesamiento TA5, digital, microprocesadora controlada por una CPU 6840 con capacidad de control, adquisición, almacenamiento, conversión y monitoreo de las variables del proceso
- Panel de control
- Microcomputadora PC
- Interface de operación modelo PUMA-5
- Controlador Microprocesador Zollner, de carga de dinamómetro, modelo PRE-5.

Los ensayos realizados al combustible Diesel se muestran en la tabla 1.

## II. Resultados y discusión

La determinación del número de cetano a las muestras de Diesel patrón (DP) y Diesel patrón aditivado a diferentes concentraciones arrojaron los resultados mostrados en la gráfica 1, observándose un crecimiento de este parámetro a medida que aumentaba la concentración del aditivo.

En la característica exterior de velocidad o test de desempeño se obtiene un mejor aprovechamiento de la combustión para el Diesel aditivado, observándose mejoras en la economía del combustible. Aunque es preciso añadir que lograr grandes economías de combustible en este ensayo es imposible, puesto que el régimen de trabajo del motor a plena

**Tabla 1.** Ensayos realizados al combustible Diesel.

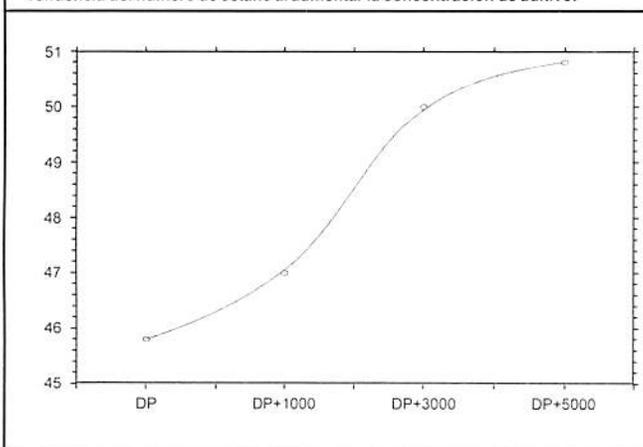
Propiedades físico-químicas	Métodos	Valor
Aspecto	Visual	PASSA
COR ASTM	ASTM D1500	11.5
Turbidez a 25°C	Texaco SP423	3
Cenizas	ASTM D 482	0.001
Índice de cetano calculado	ASTM D 4737	51.2
RCR 10% destilación final	ASTM D 524	0.14
Azufre total	ASTM D 2622	0.50
Corrosión lám de cobre, 3h 50°C	ASTM D130	1
Agua y sedimentos	ASTM D1796	0
Punto de enturbiamiento	IP 309	0
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D 445	3.591
Destilación ASTM	ASTM D 86	
PIE	ASTM D 86	178.1
5%	ASTM D 86	213.3
50%	ASTM D 86	285.7
90%	ASTM D 86	368.9
PFE	ASTM D 86	388.5
Densidad a 20°C	ASTM D 4052	0.8452
Punto de inflamación	ASTM D 93	65

**Tabla 2.** Test de desempeño carga máxima (Toda la gama de rpm del motor).

Rpm	Consumo de combustible g/kw-h	
	DP	DP + 1000 ppm
1200	224.5	221.4
1560	216.2	213.8
2000	221.1	217.5
2301	230.5	226.2
2600	248.7	246.4

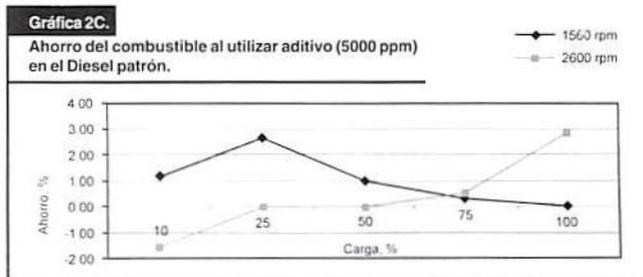
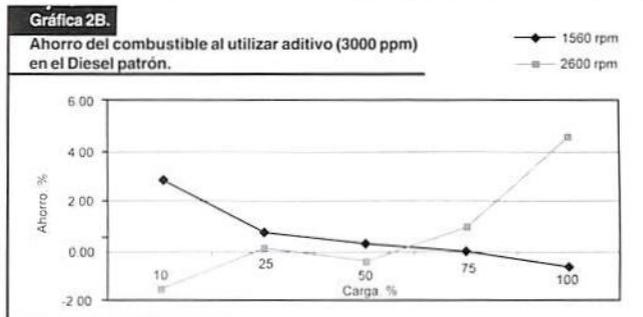
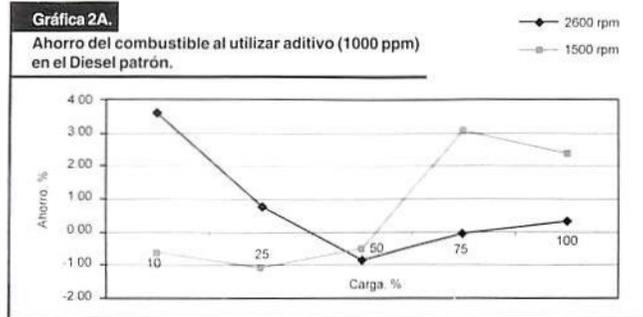
**Gráfica1.**

Tendencia del número de cetano al aumentar la concentración de aditivo.



**Tabla 3.** Consumo de combustible a rpm constante variando las cargas parciales.

Rpm	Carga, %	Consumo de combustible, g/kw-h			
		DP	DP + 1000 ppm	DP + 3000 ppm	DP + 5000 ppm
1560	10	439.7	423.9	427.1	434.4
1560	25	280	277.8	277.9	272.7
1560	50	231.5	233.5	230.8	229.1
1560	75	217.9	218	218.0	217.2
1560	100	213.3	214.6	214.7	213.3
2600	10	243.9	245.4	247.6	247.5
2600	25	253.1	255.9	252.9	253.0
2600	50	280.0	281.4	281.2	279.8
2600	75	378.7	367	375.1	376.5
2600	100	687.8	671.4	656.6	668.6



**Tabla 4.** Parámetros efectivos del motor a plena carga en toda la gama de rpm.

Rpm	Torque, Nm			
	DP	DP+1000	DP+3000	DP+5000
1200	351.4	352	346.3	353.5
1560	440.3	441.6	432.9	441.8
2000	459.1	457.0	451.9	453.5
2300	438.4	442.3	434.3	439.5
2600	375.5	379.8	369.1	378.9

Rpm	Potencia, kW			
	DP	DP+1000	DP+3000	DP+5000
1200	44.15	44.21	44.38	44.43
1560	71.85	72.07	71.95	72.12
2000	96.06	95.88	95.67	94.97
2300	105.74	106.45	106.14	105.81
2600	102.48	103.53	103.72	103.33

**Tabla 5.** Parámetros efectivos del motor variando la carga a rpm constante.

Rpm	Carga, %	DP		DP + 1000 ppm		DP + 3000 ppm		DP + 5000 ppm	
		Torque	Pot.	Torque	Pot.	Torque	Pot.	Torque	Pot.
1560	10	42.8	6.99	43.5	7.11	44.5	7.26	43.9	7.18
	25	108.9	17.79	110.0	18.14	112.0	18.30	111.2	18.17
	50	219.1	35.80	223.1	36.44	224.8	36.72	224.0	36.60
	75	328.9	53.73	335.1	54.75	337.6	55.15	336.0	54.89
	100	444.2	72.50	445.3	72.68	446.9	72.96	446.7	72.92
2600	10	36.5	9.94	37.1	10.10	38.7	10.54	38.3	10.43
	25	94.2	25.65	94.8	25.80	97.2	26.48	97.3	26.49
	50	188.7	51.37	190.8	51.94	194.6	52.99	195.1	53.13
	75	283.8	77.25	286.6	78.04	292.5	79.63	293.4	79.89
	100	382.0	104.40	382.2	104.22	379.9	103.80	382.1	104.06

carga (en toda la gama de rpm) demanda gran cantidad de Diesel.

En la tabla 2, los puntos de menor y mayor consumo de combustible del motor son a 1560 rpm y 2600 rpm, respectivamente, observándose una disminución del consumo efectivo de combustible al mezclar el DP con 1000 ppm del aditivo (A). En la tabla 3 aparecen tabulados los resultados de consumo de combustible, variando la carga a rpm constante, observándose una mejor economía del combustible por el efecto del aditivo en la mayoría de las cargas.

Durante la prueba fue necesario realizar varios ensayos, ya que las oscilaciones de las medidas tomadas no son constantes obteniéndose una curva de tendencia al ahorro (ver gráfica 2). Esto ocurre porque la mezcla nunca es del todo homogénea conforme a la temperatura y la reacción aire-combustible, por lo que las reacciones que tienen lugar delante del frente de la llama se desarrollan de manera distinta en diferentes partes de la mezcla, y además el poder detergente del aditivo influye indirectamente en no alcanzar mayores ahorros de combustibles.

No obstante, los valores obtenidos permiten conocer que con el aditivo A se aprovecha mejor la tercera fase de la combustión y se mejoran los parámetros efectivos de torque y potencia para todos los casos. Estos últimos resultados se muestran en las tablas 4 y 5.

Sobre los resultados obtenidos en las pruebas de banco influyen múltiples factores: uno de ellos es que el surgimiento, desarrollo y plenitud de la combustión quedan definidos por las particularidades y las velocidades de las reacciones químicas; además, con las condiciones de transferencia de calor y masa en la zona de la llama, así como por el traspaso de calor de las paredes. La velocidad de los procesos de oxidación y combustión puede evaluarse a partir de la velocidad con que se consumen las sustancias iniciales (Diesel y oxígeno) o bien por la velocidad de elevación de la temperatura o presión, lo que resulta más cómodo para fines prácticos. Estos factores varían por diferentes causas y en un periodo de tiempo corto.

Durante las pruebas de campo se pudo comprobar que el porcentaje de ahorro de combustible es del orden de 3-7%. Estas pruebas demuestran en la práctica los valores de ahorro de combustible reales, ya que se desarrollan en las condiciones de explotación del motor instalado sobre un vehículo (Shell, 1996; Shilling, 1986).

**Conclusiones**

- El aditivo A aumenta el número de cetano, aumentando con esto el poder combustible de la mezcla, aprovechándose mejor la tercera fase de la combustión.
- Para toda la gama de rpm del motor a carga máxima se logra mejorar los parámetros efectivos del motor con la aditivación.
- En los puntos de menor y mayor consumo del motor, 1,560 y 2,600 rpm para diferentes cargas del motor, se observa una tendencia al ahorro de combustible orden de 0 a 4.53, cuando se utiliza el aditivo A, y 1,000 ppm la mejor concentración por consideraciones técnico-económicas.

- No se puede comprobar mayores ahorros de combustibles en pruebas de banco por la influencia indirecta del efecto detergente del aditivo.

**Recomendaciones**

- Estudiar el aditivo en motores que no sean turboalimentados
- Comprobar el ahorro indirecto que puede dar el aditivo producto de su acción detergente.
- Conocer la influencia indirecta que puede tener el aditivo sobre los índices de calidad del aceite del motor.

OBJE

**Bibliografía**

Annual Book of ASTM Standard (1995). "Ensayo de Banco CFR N° de Cetano", *Petroleum Products, Lubricants and Fossil Fuels, ASTM D613-95*, USA.

Badger y Banchemo (1974). *Introducción a la ingeniería química*, ediciones El Castillo S.A.

Dhermy, Y. (1962). *Tecnología del automóvil*, ediciones Técnicas Marcombo S.A., Barcelona, España.

Fernández, E. (1989). *Influencia de los combustibles en el funcionamiento de los MCI*, editorial Pueblo y Revolución, Cuba.

Jova, M.S. (1982). *Motores de automóvil*, editorial MIR, Moscú.

Kirillín, V.A.; V.V., Sichev, Sheindlin, A.E. (1976). *Termodinámica térmica*, editorial MIR, Moscú.

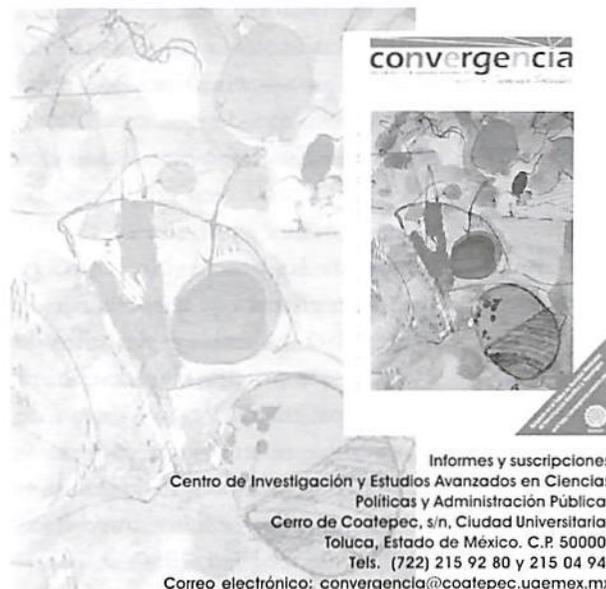
Norma NBR5487. "Ensayo en banco de motores"

Shell Additives (1996). *Seminario Cubalub*, Cuba.

Shilling, A. (1968). *Los aceites para motores y lubricación de los motores*. Tomo I.

Wuither, P. (1971). *El Petróleo refinado y tratamiento químico*, ediciones CEPESA S.A., Instituto Francés del Petróleo, Francia.

**convergencia**  
REVISTA DE Ciencias Sociales



Informes y suscripciones  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Ciencias Políticas y Administración Pública,  
Cerro de Coatepec, s/n, Ciudad Universitaria,  
Toluca, Estado de México. C.P. 50000.  
Tels. (722) 215 92 80 y 215 04 94.  
Correo electrónico: [convergencia@coatepec.uaemex.mx](mailto:convergencia@coatepec.uaemex.mx)

**Número 26**

**ESTUDIOS CULTURALES Y CAMBIO SOCIAL**

**Los Estudios Culturales en la Era del Ciberespacio**  
Emilia Bermúdez y Gildardo Martínez

**Cambio Social y Movimientos de Población en la Región Fronteriza de Chiapas**  
Jorge Luis Cruz Burguete y Gabriela Patricia Robledo Hernández

**As Interseções entre Cultura e Aprendizagem Organizacional**  
Narbal Silva

**TRADICIÓN Y GLOBALIZACIÓN**

**La Negación del otro en la Tradición Liberal.**  
Guillermo D'abbraccio Kreutzer

**Los Retos del Nacionalismo en el Mundo de la Globalización**  
Franco Savarino

**¿Es Posible Combinar lo Tradicional y lo Moderno?**  
Hugo Celso Felipe Mansilla

**CONVERGENCIAS**

**La Mariposa Monarca: Un Análisis a la Luz de las Teorías Sociales del Riesgo**  
Héctor Raúl Pacheco-Vega y Obdulia Vega-López

**A Compreensao da Ciencia e da Tecnologia pelo Movimento Sindical Brasileiro**  
William Higa

**RESEÑAS**

**Ética, Política y Cultura hacia una Propuesta Pluralista de la Ciencia**  
Eduardo Aguado López

**Acciones colectivas e Identidad del Movimiento Proletario Independiente**  
Jaime Rodolfo Gutiérrez Becerril