

Curvas características de velocidad y carga del motor Volkswagen 1.9 SDi



Speed and Load Characteristic Curves of the Volkswagen 1.9 SDi Engine

<http://opn.to/a/bF2jz>

M.Sc. José Ramón Soca-Cabrera ^{1*}, Ing. Salvador Chavarría-Irigoyen ¹, Ing. Marcos Martínez-Rocha ¹

¹Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Texcoco, Estado de México, México.

RESUMEN: Las pruebas de los motores diésel se encuentran estandarizadas y se rigen por normas que permiten determinar los principales parámetros de funcionamiento del motor. En el presente trabajo se muestran los resultados de las pruebas realizadas al motor Volkswagen 1.9 SDi con el banco de pruebas Armfield CM12, realizadas en el laboratorio de motores Diésel del Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola (DIMA) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Se utilizó la metodología de la Norma SAE J1995 para ajustar las curvas características de torque y potencia bruta, así como los consumos horario y específico de combustible utilizando los métodos del escáner y la balanza; además, se obtuvo la variación del índice lambda λ . Los resultados son que el régimen de máxima potencia varía en un 4.1% y la máxima potencia en un 16.7%, con relación al nominal; el consumo específico mínimo promedio es de 179.5 g/kWh.

Palabras clave: pruebas de motores, parámetros efectivos.

ABSTRACT: The diesel engine tests are standardized and are governed by standards that allow determining the main parameters of the engine's operation. This paper shows the results of the tests carried out on the Volkswagen 1.9 SDi engine with the Armfield CM12 test bench, carried out in the Diesel engine laboratory of the Department of Agricultural Mechanical Engineering (DIMA) of the Autonomous University of Chapingo (AUCh). The SAE J1995 methodology was used to adjust the characteristic curves of torque and gross power, as well as the hourly and specific fuel consumption using the methods of scanner and balance. In addition, the lambda λ index variation was obtained. It was obtained that the maximum power regime varies by 4.1% and the maximum power by 16.7%, in relation to the nominal; the average minimum specific consumption is 179.5 g / kWh.

Keywords: engine, testing, effective parameters.

INTRODUCCIÓN

Los motores diésel modernos se utilizan en gran parte del equipamiento mundial, sobre todo, son las principales fuentes de energía disponibles para el transporte automotriz personal y comercial y cada vez tienen mayor popularidad.

Tradicionalmente, los motores diésel funcionan con combustible mineral, que se produce a partir de petróleo crudo. Este hecho genera tres preocupaciones principales para el uso sostenible de estas máquinas en el futuro, a saber:

- La limitada reserva mundial de petróleo crudo. El petróleo crudo cubre aproximadamente el 37% de las demandas de energía del mundo

(Asif y Muneer, 2007; Kjarstad y Johnsson, 2009; Kegl, 2012).

- El proceso químico de transformación de la energía del combustible en el trabajo mecánico o, más precisamente, en las emisiones de escape de este proceso. Un motor diésel produce principalmente CO₂, NO, CO, HC no quemado y emisiones de PM (humo). Estas emisiones contribuyen negativamente en el cambio climático global; la contaminación general del aire, agua y suelo; así como en los efectos directos sobre la salud (cáncer, problemas cardiovasculares y respiratorios, ...) (Kegl, 2012).

*Autor para correspondencia: José Ramón Soca-Cabrera, E-mail: jsoca@yahoo.com

Recibido: 12/07/2018

Aceptado: 25/02/2019

- La gran cantidad mundial de combustible que consumen los motores diésel. El 81% de la energía utilizada para el transporte por carretera la consumen motores diésel ([Soto et al., 2014](#)). Además, lo consumen el transporte ferroviario y naval, así como la generación de electricidad, entre otros. De tal suerte, que, si se lograra producir un combustible diésel alternativo eficiente, el uso de motores diésel seguirá siendo un problema. Por esta razón, la reducción del consumo de combustible del motor diésel a los límites mínimos posible debe ser prioritario, tanto desde el punto de vista del diseño, como de la utilización de estas máquinas.

Para la comercialización de automóviles debería realizarse una certificación en la que se de fe de que los parámetros reales que el motor y el vehículo entregan, cumplan con las especificaciones técnicas que el fabricante propone (SAE J2723) y que, además, cumpla con las normas mexicanas e internacionales que sobre seguridad y emisiones contaminantes existen ([Mantilla et al., 2015](#)). Para realizar esa certificación es necesario realizar pruebas en las que se obtengan los parámetros netos o brutos del motor, así como otros índices del vehículo.

La norma [SAE J1995:14 \(2014\)](#), permite obtener los parámetros brutos del motor, mientras que la norma [SAE J1349:11 \(2011\)](#), permite obtener los parámetros netos. En estas normas se especifican las condiciones estándares para la realización de las pruebas y también proporcionan la metodología para realizar la corrección de datos, en caso de que la prueba sea realizada en condiciones no estandarizadas; de esta manera, se puede comprobar que un motor está entregando los valores de potencia y torque que el fabricante propone, así como los consumos de combustible y otros índices del motor ([Puente y Coyago, 2017](#)).

MÉTODOS

Las pruebas para obtener los parámetros del motor se realizaron en el laboratorio de motores Diésel del Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, perteneciente a la Universidad Autónoma Chapingo. Las condiciones de la prueba fueron: temperatura atmosférica de

297.15 K (24 °C), altitud de 2 250 m.s.n.m. con presión atmosférica de 78 kPa y humedad relativa del 38 %, obtenidas por el autor del Observatorio Meteorológico de Chapingo.

Para realizar las mediciones de los parámetros que permiten construir las curvas características del motor se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos:

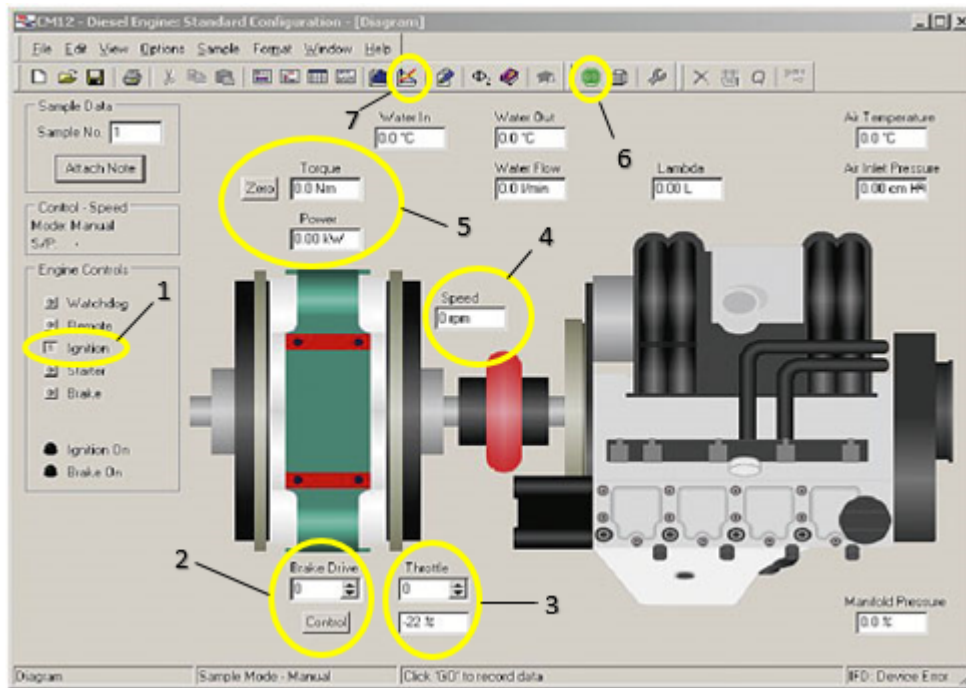
- Motor volkswagen SDI 1.9 L.
- Banco de pruebas Armfield Diésel Engine CM12 ([Figura 1](#)).
- Escáner Launch VEA 501 Emission Analyzer.
- Escáner Launch X-431 pro.
- Balanza electrónica de precisión de 0,1 g.
- Cronómetro de precisión 0,01 s.
- Computadora con programa para operar el banco de pruebas.

Durante las pruebas del motor se utilizó la norma [SAE J1995:14 \(2014\)](#), que establece la metodología para ajustar los parámetros “brutos” del motor de combustión interna (MCI), como el torque, la potencia, los consumos horario y específico, entre otros, a condiciones normales establecidas.

La potencia “bruta” es la que se obtiene cuando el motor funciona sin aquellos accesorios que no son esenciales para el funcionamiento del mismo, dejando colocadas las bombas de aceite y combustibles. Se desconectan el filtro de aire (un filtro de aire puede reducir la potencia en alrededor de 2 hp), el ventilador mecánico del motor (puede restar hasta 10 hp si es del tipo acoplado directamente al motor), el sistema de escape completo (el silenciador y catalizador pueden restar entre 4 y 6 hp), el alternador (absorbe hasta 2 hp), la bomba de dirección hidráulica, el sistema anti polución (recirculación de gases de escape), etcétera ([GOST 18509:88, 1988](#); [SAE J1349:11, 2011](#); [SAE J1995:14, 2014](#); [Castillo et al., 2017](#); [Hernández et al., 2018](#)).

La potencia “neta” es la que se obtiene manteniendo todos los accesorios conectados como viene en el motor o vehículo del fabricante.

El banco Armfield Diésel Engine CM12 según [Armfield Limited \(2015\)](#), utilizado como freno dinamométrico, tiene una bomba de agua que sustituye a la bomba de agua del motor



1- Botón para arranque del motor, 2- botón controlar el freno, 3- botón para controlar el suministro de combustible, 4- pantalla indicadora de la velocidad, 5- pantalla indicadora de torque y potencia, 6- botón para guardar los resultados de las mediciones.

FIGURA 1. Pantalla principal del programa del banco de pruebas Armfield Diésel Engine CM12 (Armfield Limited, 2015).

Volkswagen 1.9 SDI, además, al motor se le retiraron los siguientes elementos: catalizadores, silenciador, tubería de escape, ventiladores, alternador y filtro de aire. El freno es de tipo eléctrico de corriente parasitaria, posee un panel de control y un dispositivo para determinar la depresión durante la admisión de aire. También cuenta con un software que se instala en un equipo de cómputo para mostrar en una pantalla las múltiples posibilidades de trabajo (ver [figura 1](#)): botón para arrancar el motor (1); botones para variar el freno (2) y la carga (3); indicadores de la velocidad (4) y, el torque y la potencia (5); botones para guardar los datos (6), graficar las curvas (7) y exportar los datos a Excel en un dispositivo extraíble.

La metodología general de las pruebas se resume en los siguientes pasos: a) poner en marcha el motor, comprobar el buen funcionamiento de todos los instrumentos y equipos y llevar el motor a su temperatura de trabajo; b) situar la carga en su magnitud constante (100, 75, 50 y 25%), para las características de velocidad o la velocidad constante (máxima potencia, 75, 50 y 25% de la primera), para las características de carga; c)

variar el freno del banco en las magnitudes correspondientes al régimen de prueba; d) estabilizar el régimen; e) tomar los datos de las mediciones con los instrumentos (balanza, cronómetro y escáneres) y presionar el botón verde (6) de la [Figura 1](#) para guardar los datos del dinamómetro; f) pasar a la siguiente medición y repetir los pasos.

Los datos primarios de interés para la presente investigación que ofrece el programa del banco son el torque (M_e), la potencia (N_e) y la frecuencia de rotación o velocidad del motor (n). El consumo horario y específico de combustible se determinaron por dos métodos: a) utilizando una balanza y un cronómetro y, b) utilizando el escáner Launch X-431 pro.

Para el cálculo del consumo horario por el método de la balanza se utilizó la ecuación:

$$G_h = \frac{\Delta g}{\Delta t} \cdot 3.6 \quad (1)$$

donde:

Δg - Consumo de combustible durante el tiempo Δt , en g; $\cdot g = 10 \text{ g}$,

Δt - Tiempo transcurrido en consumir los Δg gramos de combustible, en s.

Para el cálculo del consumo horario por el método del escáner Launch X-431 pro [Tecnofuel \(2015\)](#), se utilizó la ecuación:

$$G_s = V_e \cdot i \cdot \frac{n}{12 \cdot 10^4} \quad (2)$$

donde:

G_s – Cantidad de combustible consumido, g/s

V_e – Cantidad de combustible entregado por cada apertura, embolada o golpe de un inyector, mg/emb o mg/str

i – Cantidad de cilindros del motor

n – Frecuencia de rotación del motor, min^{-1}

El consumo horario de combustible, G_h se calcula por la ecuación:

$$G_h = G_s \cdot 3.6 \quad (3)$$

Este procedimiento se realiza para la toma de datos de los valores obtenidos por el escáner Launch X-431 pro en cada una de las pruebas de carga y velocidad.

Para obtener el consumo específico de combustible en $\left[\frac{\text{g}}{\text{kWh}}\right]$, se utilizó la ecuación.

$$g_e = \frac{G_h \cdot 10^3}{N_e} \quad (4)$$

donde:

G_h - consumo horario de combustible, en kg/h

N_e - potencia efectiva del motor, en kW.

En esta investigación se utilizaron dos métodos de corrección o ajuste de los datos obtenidos en las condiciones de la prueba a condiciones estandarizadas, con lo cual se pueden comparar y evaluar el motor ensayado con las especificación técnica del fabricante. De manera general, la norma [GOST 18509:88 \(1988\)](#), establece el factor de corrección de potencia y consumo específico se calculan por la ecuaciones:

$$N_{e0} = k_N \cdot N_e \quad (5)$$

$$k_N = \frac{0.83}{\rho_{comb20} \cdot (1 - k_A \Delta A_{cir}) \cdot (1 - k_{ta} \Delta t_{cir}) \cdot (1 - k_{t_{comb}} \Delta t_{comb})} \quad (7)$$

$$k_{ge} = (1 - k_A \Delta A_{cir}) \cdot (1 - k_{ta} \Delta t_{cir}) \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{[CO_2] + \left[\frac{CO}{2}\right] + [O_2] \left[\frac{NO}{2}\right] + \left(\left(\frac{HCV}{4} \cdot \frac{3.5}{3.5 + \frac{[CO]}{[CO_2]}} - \frac{O_{CV}}{2} \right) \cdot ([CO_2] + [CO]) \right)}{\left(1 + \frac{HCV}{4} - \frac{O_{CV}}{2} \right) \cdot ([CO_2] + [CO] + (C_{factor} \cdot [HC]))} \quad (11)$$

$$g_{e0} = k_{ge} \cdot g_e \quad (6)$$

donde:

N_e , g_e – potencia efectiva y el consumo específico efectivo de combustible, respectivamente, obtenidos durante los ensayos ,

k_N , k_{ge} – coeficientes de corrección de la potencia y del consumo específico efectivo de combustible, respectivamente.

Los coeficientes de corrección se determinan según las [ecuaciones \(7\) y \(8\)](#).

Los coeficientes y parámetros que se encuentran en las [ecuaciones \(7\) y \(8\)](#) aparecen en la norma [GOST 18509:88 \(1988\)](#).

Los coeficientes de corrección utilizando el método de la norma [SAE J1995:14 \(2014\)](#), establece que la potencia al freno corregida para los motores de encendido por compresión Bp_c se calcula por la ecuación:

$$Bp_c = (CA \cdot CF) \cdot Bp_o \quad (9)$$

donde:

CA – factor de corrección atmosférico,

CF – factor de corrección del combustible,

Bp_o – Potencia del freno obtenida.

El factor de combustible F_c para determinar el consumo específico se expresa por la siguiente ecuación:

$$F_c = \left(\frac{SG_r}{SG_o} \cdot F_v \right) \cdot F_o \quad (10)$$

Los coeficientes y parámetros que se encuentran en las [ecuaciones \(9\) y \(10\)](#) aparecen en la norma [SAE J1995:14 \(2014\)](#).

El coeficiente de exceso de aire α o índice lambda λ , utilizando el escáner Launch VEA-501 [Launch Tech Limited \(2016\)](#), se determina aplicando la ecuación de Joannes Brettschneider, en la que el balance entre oxígeno y combustible se mide con el uso o mediante la comparación de la proporción entre las moléculas de oxígeno y las de carbono e hidrógeno en los gases de escape ([ecuación 11](#)).

donde:

$[CO_2]$, $[CO]$, $[O_2]$, $[NO]$ – concentración de cada uno de los gases de escape en % del volumen,
 3.5 – proporción entre CO y CO₂,

C_{factor} – cantidad de átomos de C en cada una de las moléculas de hidrocarburos,

H_{CV} – proporción de átomos de hidrógeno y carbono en el combustible,

O_{CV} – proporción de átomos entre oxígeno y carbono en el combustible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos fueron procesados con los programas Office Excel 2016 obteniéndose los parámetros: torque, potencia, consumos horarios y específicos de combustible, así como las leyes teóricas de mayor ajuste de la variación de estos parámetros efectivos del motor, en la zona de trabajo. Las leyes teóricas solo se ajustaron hasta el segundo orden que dan resultados con suficiente precisión. Los coeficientes de corrección por la norma [GOST 18509:88 \(1988\)](#) obtenidos fueron: $k_N = 1,22$; $k_{ge} = 0,89$; mientras que por la norma [SAE J1995:14 \(2014\)](#), fueron: potencia al freno $Bp_c = 1,22$ y el factor de corrección del combustible $Fc = 1,04$.

De esta manera se obtuvieron las siguientes características (curvas de variación de parámetros efectivos del motor).

- Características de velocidad (con balanza y escáner): externa (100% carga constante) y parciales a: 75, 50, y 25 % de cargas constantes.
- Características de carga (con balanza y escáner): externa a 3747 min^{-1} constante y parciales a: 2810, 1860 y 1050 min^{-1} constantes.

Características de velocidad

En la [Figura 2](#) se presenta la variación del torque y la potencia en la zona de trabajo de las características de velocidad del motor y las leyes teóricas de mayor ajuste (polinómicas) del torque y la potencia de la característica externa. Las normas [SAE J1995:14 \(2014\)](#) y [GOST 18509:88 \(1988\)](#), se utilizaron para corregir los datos iniciales.

En la [Figura 2](#) se observa que el torque máximo es de 110,08 N.m a 2845 min^{-1} y el régimen de máxima potencia es de 37,68 kW a 3747 min^{-1} . Estos regímenes no coinciden con los señalados por el fabricante en su especificación técnica que son de 44 kW a 3600 min^{-1} , lo que representa una disminución del 14,36%; el torque máximo nominal es de 130 N.m a 2200 min^{-1} , que representa una disminución del 15,32%. El torque nominal, a partir de los valores de potencia y velocidad, es de 116,17 N.m, teniendo una reserva $K = 1,12$, o sea, un 12%; sin embargo, el motor ensayado ofrece una reserva de 14,6%, representando un 2,6% a su favor. La elasticidad del motor, de acuerdo a datos de la especificación, muestra un $K_v = 0,611$; la prueba del motor arroja un $K_v = 0,759$, lo que indica que el motor de prueba es menos elástico en un

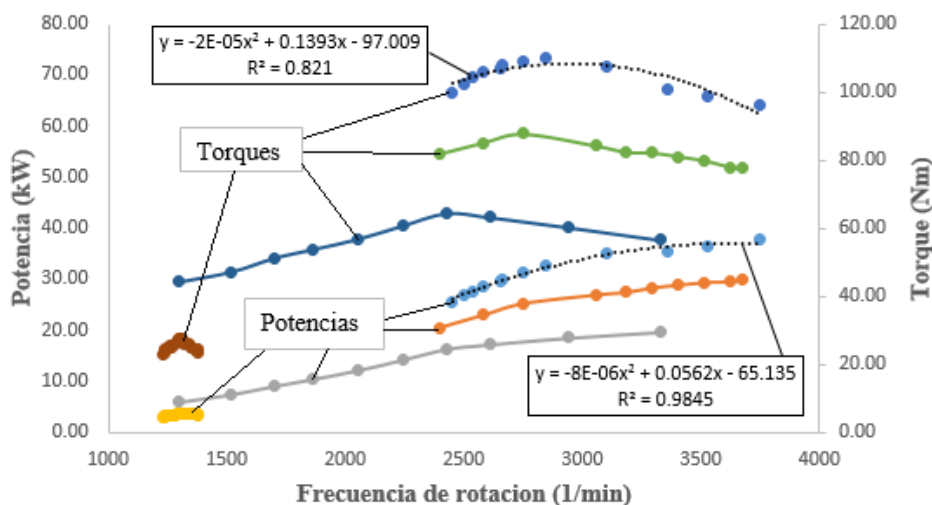


FIGURA 2. Torques y potencias para las características de velocidad.

24,22% y que además, no se encuentra entre los valores establecidos entre 0,55 - 0,70 (Mayans et al., 2009). La diferencia del intervalo de trabajo útil es de 500 min⁻¹.

En la Figura 3 se presentan las curvas de variación de los consumos horarios y específicos de combustible corregidos, en la zona de trabajo, para las diferentes características de velocidad.

En el Cuadro 1 se muestran los valores de consumos de combustible corregidos para los diferentes regímenes de trabajo del motor VW 1.9L SDI, obtenidos utilizando el escáner Launch X-431 pro y el método de corrección de la norma SAE J1995:14 (2014). El error entre los valores de consumos de combustibles utilizando la balanza-cronómetro y el escáner Launch X-431 pro es menor al 5%.

Características de carga

Las curvas características de carga corregidas que se obtuvieron aparecen en la Figura 4. Los

valores para las curvas de consumo horario y específico de combustible ajustadas por la metodología GOST 18509:88 (1988) se obtienen multiplicando los valores obtenidos por la norma SAE J1995:14 (2014) por el coeficiente 0,885. Se muestran, además, las leyes teóricas de mayores ajustes para algunas curvas características.

En el Cuadro 2 se muestran los valores de los consumos horarios y específicos de combustible más representativos, obtenidos utilizando el escáner Launch X-431 pro y ajustados por la norma SAE J1995:14 (2014).

En las Figuras 5 y 6 se muestran la variación del coeficiente de exceso de aire α o índice lambda λ en función de la velocidad y de la potencia, respectivamente.

Los valores del índice lambda λ para los regímenes de mayor relevancia en la zona de trabajo para las diferentes características, obtenidos con el escáner Launch VEA 501, se encuentran en el Cuadro 3.

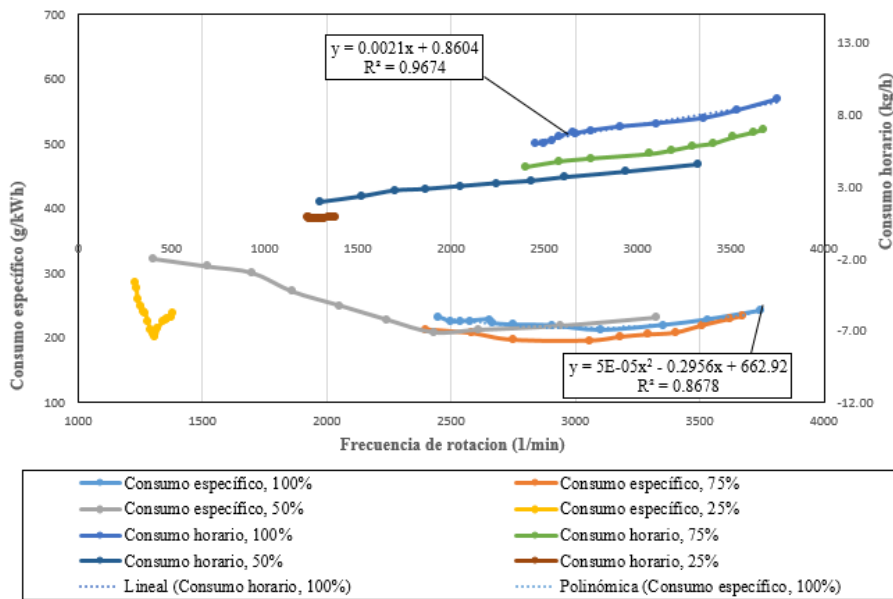


FIGURA 3. Consumos horarios y específicos de combustible para las características de velocidad.

CUADRO 1. Valores de consumos de combustible para diferentes regímenes y características de velocidad

Régimen de trabajo	Velocidad y consumos de combustible	Carga constante de la prueba, %			
		100	75	50	25
Máxima potencia	Velocidad (min ⁻¹)	3747	3675	3328	1380
	Horario (kg h ⁻¹)	8,93	6,98	4,35	2,60
	Específico (g kW ⁻¹ h ⁻¹)	234	231	221	267
Máxima economía	Velocidad (min ⁻¹)	3100	3060	2430	1310
	Horario (kg h ⁻¹)	7,39	5,28	3,40	2,30
	Específico (g kW ⁻¹ h ⁻¹)	211	196	208	245

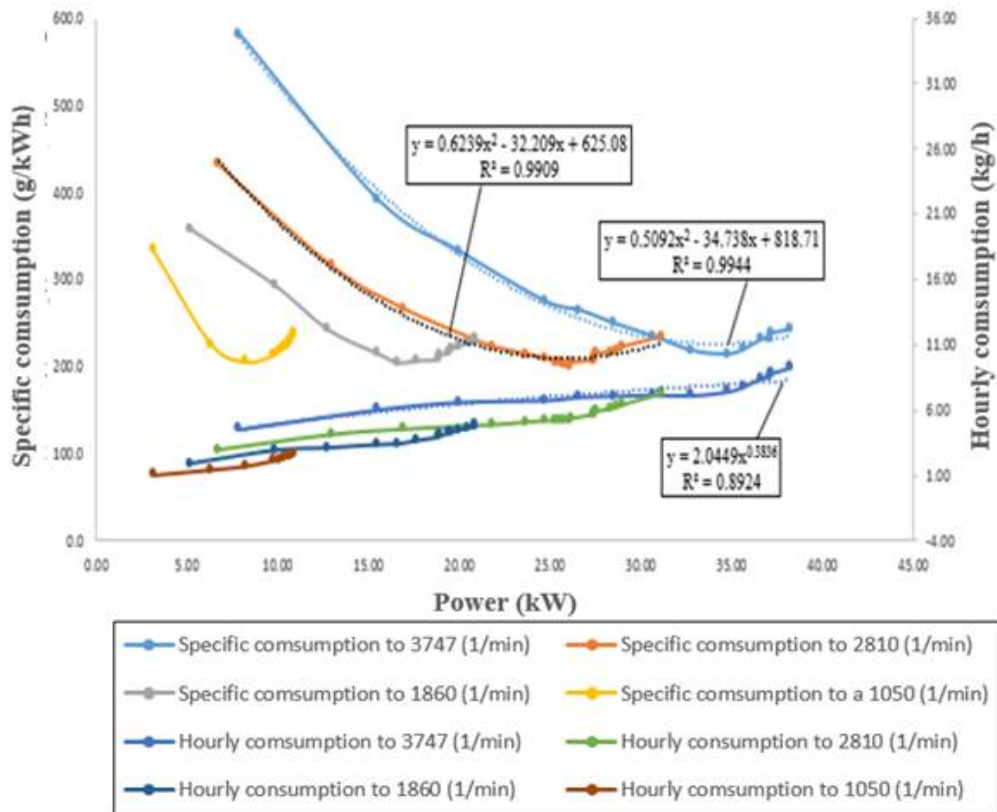


FIGURA 4. Valores de los consumos horarios y específicos de combustible para las características de carga con escáner y corregida con la norma [SAE J1995:14 \(2014\)](#).

CUADRO 2. Valores de los consumos para diferentes regímenes y características de carga

Régimen de trabajo	Potencia y consumos de combustible	Velocidad constante de la prueba (min ⁻¹)			
		3747	2810	1860	1050
Máxima potencia	Potencia (kW)	38,23	31,12	20,9	10,94
	Horario (kgh ⁻¹)	9,25	7,29	4,82	2,60
	Específico (gkW ⁻¹ h ⁻¹)	242,0	234,2	230,6	238
Máxima economía	Potencia (kW)	34,73	26,17	16,63	8,29
	Horario (kgh ⁻¹)	7,42	5,34	3,40	1,70
	Específico (gkW ⁻¹ h ⁻¹)	213,6	204,1	204,5	206

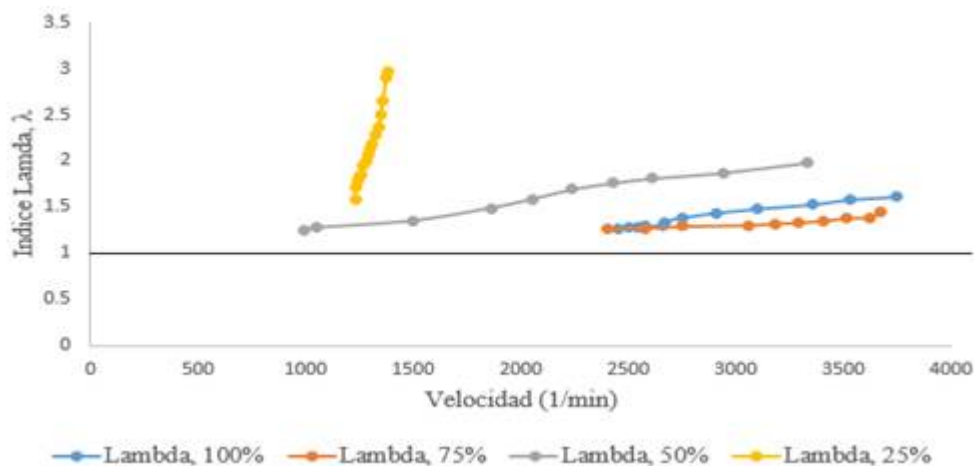


FIGURA 5. Valores del índice lambda λ en función de la velocidad para la zona de trabajo.

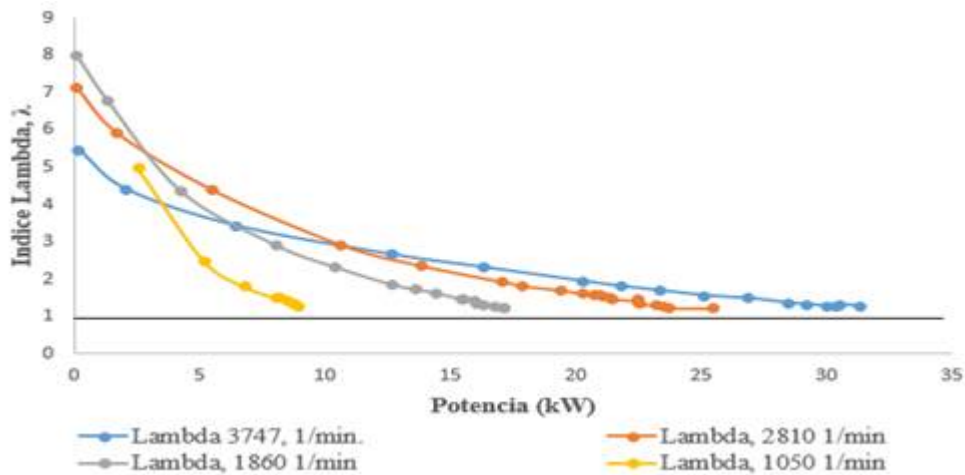


FIGURA 6. Valores del índice lambda λ en función de la carga del motor.

CUADRO 3. Valores de lambda λ para diferentes características y regímenes en la zona de trabajo

Características de velocidad			Características de carga		
Régimen de trabajo constante	Lambda, λ		Régimen de trabajo constante	Lambda, λ	
	Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo
100% carga	1,27	1,61	3747 min^{-1}	1,28	5,47
75% carga	1,26	1,45	2810 min^{-1}	1,22	7,11
50% carga	1,25	1,98	1860 min^{-1}	1,23	7,99
25% carga	1,59	2,97	1050 min^{-1}	1,26	4,97

CONCLUSIONES

- La potencia máxima obtenida para las pruebas de velocidad fue de 37,7 kW a 3747 min^{-1} . Estos regímenes no coinciden con los señalados por el fabricante en su especificación técnica que son de 44 kW a 3 600 min^{-1} (régimen nominal), lo que representa una disminución del 16,71%.
- El torque máximo obtenido es de 110,08 N·m a 2 905 min^{-1} y el torque máximo del fabricante es de 130 Nm a 2 200 min^{-1} , lo que representa una disminución del 18,1%.
- El torque a régimen nominal, a partir de los valores de potencia y velocidad, es de 116.17 N·m, teniendo una reserva K de $1,119 = 1,12$, o sea, un 12%; sin embargo, el motor ensayado ofrece una reserva del 14,5%, representando un 2,5% a su favor.
- Con relación a la elasticidad, la especificación técnica plantea que $K_v = 0,611$, la prueba del motor arroja un $K_v = 0,775$, significa que el motor de prueba es menos elástico en un 26,84% y que además, no se encuentra entre los valores establecidos entre 0,55 - 0,70.
- Para la característica externa de velocidad, el mínimo consumo específico fue de 156 a 2578 min^{-1} con la norma GOST 18509 y de 183 a 2578 min^{-1} para la norma SAE J1995, lo que representa una diferencia del 17,3%.
- El consumo específico máximo promedio en las características de carga fue de 236,2 $\text{gkW}^{-1}\text{h}^{-1}$, siendo el mínimo promedio fue de 207,05 $\text{gkW}^{-1}\text{h}^{-1}$. Los valores mínimos de consumos específicos de combustible se obtuvieron para las cargas del 75 y 50%, con valores de 204,1 y 204,5 $\text{gkW}^{-1}\text{h}^{-1}$, que corresponden a los regímenes de mayor utilización en la práctica de este tipo de motor para automóviles.
- Los valores del índice lambda λ promedio de las características de velocidad de mínimo empobrecimiento fue de 1,26 y el de máximo fue de 2,00, observándose que a medida que disminuye la carga del motor, el índice lambda λ , aumenta. Para las características de carga se obtuvo que el promedio de mínimo empobrecimiento fue de 1,25 y el promedio de máximo empobrecimiento fue de 6,39.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMFIELD LIMITED: *Armfield instruction manual*, Inst. Armfield Ltd, Armfield, England, 46 p., 2015.
- ASIF, M.; MUNEER, T.: “El suministro de energía, su demanda y problemas de seguridad para las economías desarrolladas y emergentes”, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 11(7): 1388-1413, 2007, ISSN: 1941-7012.
- CASTILLO, J.; ROJAS, V.; MARTÍNEZ, J.: “Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático”, *Revista Politécnica*, 39(1): 49-57, 2017, ISSN: 1390-0129.
- GOST 18509:88: *Motores Diesel de tractores y combinadas. Métodos de prueba en bancos*, Inst. GOST, Rusia, Vig de 1988.
- HERNÁNDEZ, A.H.D.; MATEO, A.D.; JIMÉNEZ, C.G.; MANTILLA, J.M.: “Comparación de las emisiones en motores que utilizan combustible e0 y e10 en régimen transitorio”, *Ingeniería Energética*, 39(1): 3-12, 2018, ISSN: 1815-5901.
- KEGL, T.: “Transformation of Heat Energy inot Mechanical Work at Low Environmental Pollution”, *Journal of Young Investigators*, 24(6), 2012.
- KJARSTAD, J.; JOHNSON, F.: “Resources and future supply of oil, ser”, *Energy policy*, 37(2): 441-464, 2009.
- LAUNCH TECH LIMITED: *Manual del usuario Launch VEA-501/401*, [en línea], Inst. Launch Tech Limited, Guangdong, Corea del Sur, 25 p., 2016, Disponible en: <https://capris.cr/media/wysiwyg/Multimedia/Handbooks/PDF/diagnostico/>
- 170481_manual_de_usuario.pdf , [Consulta: 17 de mayo de 2018].
- MANTILLA, G.J.M.; GOMEZ, R.J.; GALEANO URUEÑA, C. H.: “Desempeño y emisiones de un motor de combustión interna concombustible dual Diesel-Gas natural”, *Ingeniería Energética*, 36(1): 27-37, 2015, ISSN: 1815-5901.
- MAYANS, C.P.; SOCA, C.J.R.; LÓPEZ, C.: “Determinación de la potencia a la toma de fuerza del tractor New Holland 6610s”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3): 76-81, 2009, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- PUENTE, E.; COYAGO, R.P.A.: “Análisis De Las Curvas Características Y La Opacidad De Un Motor JO5ETC16173 Con La Implementación De Un Turbocargador”, *INNOVA Research Journal*, 2(10): 97-108, 2017, ISSN: 2477-9024.
- SAE J1349:11: *Engine Power Test Code-Spark Ignition and Compression Ignition-Net Power Rating*, Inst. SAE, Vig de 2011.
- SAE J1995:14: *Engine Power Test Code-Spark Ignition and Compression Ignition-Net Power Rating*, Inst. SAE, Vig de 2014.
- SOTO, J.; CANTILLO, V.; ARELLANA, J.: “Modelación híbrida para la elección de vehículos con energías alternativas”, *Interciencia*, 39(9): 666-672, 2014, ISSN: 0378-1844.
- TECNOFUEL: *Manual de Uso. Launch X-431 pro. Sistema de diagnóstico automotriz profesional*, [en línea], Inst. Tecnofuel, Zapopan, Jalisco, México, 77 p., 2015, Disponible en: http://www.tecnofuelsoporte.com.mx/assets/manual_x_431_pro.pdf , [Consulta: 17 de mayo de 2018].

José Ramón Soca-Cabrera, profesor, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Carretera México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México. CP 56230, e-mail: jsoca@yahoo.com

Salvador Chavarría-Irigoyen, e-mail: salvador_lhp@hotmail.com

Marcos Martínez-Rocha, e-mail: marcosmtz15@gmail.com

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.