

# **INFORME FINAL**

## **EVALUACIÓN DE VÁLVULA ECOLÓGICA MARCLAIS**



**REALIZADO POR:**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**GRUPO GIMEL**

**MAYO DE 2010**

# INFORME FINAL

## EVALUACIÓN DE VÁLVULA ECOLÓGICA MARCLAIS

### **Ejecutado por:**

Grupo de Manejo Eficiente de la Energía -GIMEL-  
Universidad de Antioquia  
Laboratorio de Máquinas Térmicas

### **Responsable de las mediciones:**

PhD. John Ramiro Agudelo Santamaría

\_\_\_\_\_  
Firma  
CC

### **Personal encargado de las pruebas:**

IEO. Frank Alexander Ruiz Holguín  
IMT. Juan Manuel García Urrutia Cortés  
Est. IM. Juan Gabriel Flórez Londoño

Medellín, Mayo de 2010

# Tabla de contenido

Método de prueba .....	4
Descripción de la instrumentacion y equipos de medición empleados en los puntos de trabajo del motor.....	5
Resultados.....	11
Conclusiones.....	14



# INFORME DE PRUEBAS DE LA VÁLVULA ECOLÓGICA MARCLAIS

## Método de prueba

En el laboratorio de maquinas térmicas de la universidad de Antioquia se realizó la evaluación del comportamiento de un motor Renault twingo 16v que posee las características técnicas mostradas en la tabla 1, utilizando la válvula ecológica marclais con la siguiente metodología de pruebas:

- La prueba se realiza en un banco de ensayos donde el motor se encuentra acoplado a un dinamómetro electromagnético.
- Con el fin de comparar el comportamiento del motor con válvula y sin válvula, se seleccionaron dos puntos en estado estacionario, uno a bajo régimen y bajo par, y otro a alto régimen y alto par.
- Para evaluar el efecto de la válvula en el motor es necesario una aceleración controlada en el motor, por lo tanto se comparó el comportamiento variando las revoluciones (aumentando el régimen de giro variando la posición del acelerador) y dejando el par, desde un punto inicial, a merced de las demás variables (el par aumenta levemente cuando se acelera).
- Las pruebas se realizaron con el mismo combustible (gasolina extra).

**Tabla 1. Características motor twingo 16v**

Disposición	Transversal
Cilindraje	1.149
No. de cilindros	4 en línea
No. de válvulas	16
Potencia máxima (HP/r.p.m.)	75HP@ 5550 r.p.m.
Torque (kg/r.p.m.)	11Kg/4300
Relación de compresión	9:8/1
Tipo de alimentación	Inyección electrónica multipunto secuencial.
Sistema de encendido	Estático sin distribuidor
Convertidor catalítico cánister sonda lambda válvula PCV	✓
Acelerador electrónico	✓

**Tabla 2. Metodología de Prueba.**

Válvula	Régimen de giro	Par	Observaciones
Sin	2000 rpm	25 Nm	Estacionario
	3500 rpm	75 Nm	Estacionario
	2000 – 3500 rpm	25 Nm	Transitorio
	2000 – 4000 rpm	50 Nm	Transitorio
Con	2000 rpm	25 Nm	Estacionario
	3500 rpm	75 Nm	Estacionario
	2000 – 3500 rpm	25 Nm	Transitorio
	2000 – 4000 rpm	50 Nm	Transitorio

## Descripción de la instrumentación y equipos de medición empleados en los puntos de trabajo del motor

Para las mediciones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), se utilizó un equipo portátil HORIBA EXA 240CL por quimioluminiscencia en caliente (Figura 1), el cual presenta las siguientes características técnicas:

Rango de medida 0 – 2500 ppm.  
Temperatura de trabajo 5 a 45°C  
Tiempo de respuesta T90 30 segundos  
Linealidad +/- 2% de la escala completa  
Ruido +/- 1% de la escala completa  
Reproducibilidad +/- 0,5% de la escala completa  
Tiempo de calentamiento 30 min  
Salida análoga 0 a 1 V



**Figura 1.** Medidor portátil de NO<sub>x</sub> EXA240CL

Este mismo equipo proporciona la lectura de oxígeno (O<sub>2</sub>) presente en la corriente de gases de escape, pero medida por medio de una celda electroquímica.

Los valores de CO<sub>2</sub> y CO, así como el régimen de giro, la temperatura de aceite y el ángulo de avance de la chispa se midieron con un equipo AVL DIGAS 4000 (Figura 2), que tiene las siguientes características técnicas:

**Tabla 3. Características técnicas del AVL DIGAS**

Parámetro de medición	Unidad de medida	Rango de Medida	Resolución
Régimen de giro	rpm	250 a 8000	10
Temperatura de aceite	°C	0 a 120	1
CO	% en volumen	0 a 10	0,01
CO <sub>2</sub>	% en volumen	0 a 20	0,1
HC	ppm en volumen	0 a 20000	1
O <sub>2</sub>	% en volumen	0 a 4 4 a 22	0,01 0,1
NO	ppm en volumen	0 a 9000	1
Angulo de avance de chispa (con respecto al punto muerto superior)	° del eje del cigüeñal	-10 a 100	0,1

**Notas:** Las medidas de CO y CO<sub>2</sub> se efectúan por métodos infrarrojos  
Las medidas de O<sub>2</sub> y NO se efectúan por métodos electroquímicos  
La medida de NO es opcional.



**Figura 2.** Medidor AVL DIGAS 4000

Para la medición del flujo másico de aire se empleó un sensor de hilo caliente Thermanel TA2 Mass Flow Transmitter (Figura 3), ubicado en la línea de admisión antes del compresor, el cual presenta las siguientes especificaciones técnicas:

Rango de flujo máximo 0,05 a 200 Nm/s de velocidad de aire a condiciones estándar

Rango de flujo mínimo 0,05 a 2,5 Nm/s de velocidad de aire a condiciones estándar

Presión de trabajo 100 psi (680 kPa)

Precisión +/- 1% de la lectura

Repetibilidad +/- 0,5% de la lectura

Efecto de la temperatura +/- 0,04% por cada °C

Temperatura de trabajo 40 a 70°C

Salida análoga 4 a 20 mA

Tiempo de respuesta 1 a 2 segundos



**Figura 3.** Medidor de flujo de aire Thermanel TA2

El consumo de combustible en miligramos por segundo (mg/s), se midió con un medidor de flujo Danfoss Mass6000 IP67 tipo coriolis como el que se muestra en la figura 4, sus principales características técnicas son:

**Tabla 4. Características técnicas del medidor de flujo de combustible Danfoss**

	<b>MASS 6000 Compact IP 67</b>	
<b>Measurement of</b>	Mass flow [kg/s], volume flow [l/s], fraction [%], °Brix, density [kg/m <sup>3</sup> ], temperature [°C]	
<b>Current output</b>		
<i>Current</i>	0-20 mA or 4-20 mA	
<i>Load</i>	< 800 ohm	
<i>Time constant</i>	0-30 s adjustable	
<b>Digital output</b>		
<i>Frequency</i>	0-10 kHz, 50% duty cycle	
<i>Time constant</i>	0-30 s adjustable	
<i>Active</i>	24 V d.c., 30 mA, 1 K $\Omega$ $\leq$ R <sub>load</sub> $\leq$ 10 K $\Omega$ , short-circuit-protected	
<i>Passive</i>	3-30 V d.c., max. 110 mA, 1 K $\Omega$ $\leq$ R <sub>load</sub> $\leq$ 10 K $\Omega$	
<b>Relay</b>		
<i>Type</i>	Change-over relay	
<i>Load</i>	42 V / 2 A peak	
<i>Functions</i>	Error level, error number, limit, direction	
<b>Digital input</b>	11-30 V d.c. Ri = 13.6 K $\Omega$	
<i>Functionality</i>	Start/hold/continue batch, 0-point adjust, reset totalizer 1/2, force output, freeze output	
<b>Galvanic isolation</b>	All inputs and outputs are galvanically isolated, isolation voltage 500 volts	
<b>Cut-off</b>		
<i>Low-flow</i>	0-9.9% of maximum flow	
<b>Limit function</b>	Mass flow, volume flow, fraction, density, sensor temperature	
<b>Totalizer</b>	Two eight-digit counters for forward, net or reverse flow	
<b>Display</b>	Background illumination with alphanumerical text, 3 $\times$ 20 characters to indicate flow rate, totalized values, settings and faults. Reverse flow indicated by negative sign	
<b>0-point adjustment</b>	Manual via keypad or remote via digital input	
<b>Ambient temperature</b>	Operation: -20 to +50°C, max. rel. humidity 80% to 31°C decreasing to 50% at 40°C according to UL 3101 During storage: -40 to +70°C (Humidity max. 95%)	
<b>Communication</b>	Prepared for client mounted add-on modules	
<b>Enclosure</b>		
<i>Material</i>	Fibre glass-reinforced polyamide	
<i>Rating</i>	IP 67 to IEC 529 and DIN 40050 (1 m w.g. for 30 min.)	
<i>Mechanical load</i>	18-1000 Hz random, 3.17G rms, in all directions, to IEC 68-2-36	
<b>Supply voltage</b>	<b>24 V version</b>	<b>230 V version</b>
<i>Supply</i>	24 V d.c./a.c., 50-60 Hz	115/230 V a.c., 50-60 Hz
<i>Fluctuation</i>	24 V d.c., -25 to 25%	+10 to -10%
	24 V a.c., -16 to 25%	
<i>Power consumption</i>	10 W	26 VA
<b>Fuse</b>	230 V version: T400 mA, T 250V (IEC 127) - Not to be changed by user 24 V version: T1A, T 250V (IEC 127) - Not to be changed by user	
<b>EMC performance</b>	Emission EN 50081-1 (Light industry) Immunity EN 50082-2 (Industry)	
<b>Namur</b>	Within the value limits according to "Allgemeine Anforderung" with error criteria A in accordance with NE 21	
<b>Environment</b>	Environmental conditions acc. to UL 3101: Indoor use Altitude up to 2000 m POLLUTION DEGREE 2	
<b>Maintenance</b>	The flowmeter has a built-in error log/pending menu which should be inspected on a regular basis	



**Figura 4. Medidor de flujo de combustible Danfoss Mass 6000 IP67**

Los hidrocarburos totales se midieron con un equipo que funciona basado en el principio de detección por ionización de llama (FID por sus siglas en Inglés), y que permite reportar la medida bien sea en base hexano o en base propano, el cual tiene las siguientes características:

Unidad de medida	en ppm, mg/m <sup>3</sup> , g/m <sup>3</sup> , % volumétrico
Linealidad	< 4% por encima del rango de medición
Tipo de salida	4 a 20 mA
Rango de medida	0,5 a 100.000 mg/m <sup>3</sup> de carbono orgánico
Límite de detección	< 0,01 mg/m <sup>3</sup> de carbono orgánico
Temperatura de catálisis	400°C
Consumo de gas	< 80 mL/min de Hidrógeno calidad 5,0



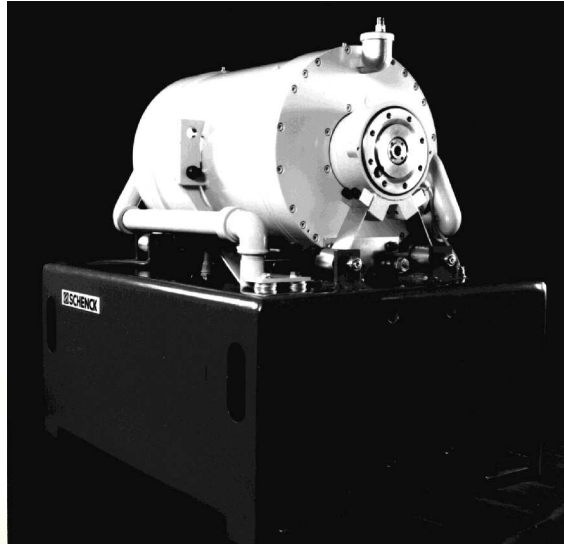
**Figura 5.** Medidor de THC por ionización de llama

El par motor se midió con un freno electromagnético SCHENCK E90 EDDY- current dynamometer, el cual posee un compartimento de refrigeración con canales dispuestos axialmente y distribuidos a la entrada y a la salida del circuito del agua de refrigeración. En el cuerpo del dinamómetro, un rotor cilíndrico es montado en dos profundos surcos con rodamientos y grasa lubricada. Una bobina concéntrica es fijada entre los dos discos del rotor en el compartimento de refrigeración.

Cuando el rotor está girando, se generan corrientes de eddy en las paredes interiores del compartimento de refrigeración. Los campos magnéticos de estas corrientes de Eddy inhiben la rotación del rotor cada vez más con el aumento de la velocidad, hasta alcanzar el valor máximo de la potencia. Dado que el cuerpo del dinamómetro está apoyado haciendo fuerza en un dispositivo de medición de brazo de palanca (celda de carga), el par de frenado puede ser medido y se indica como una fuerza relacionada con un brazo de palanca (Torque).

Para determinar la potencia, la velocidad también se debe medir. Un disco de 60 dientes en el extremo del eje del banco, genera pulsos de voltaje, esos pulsos (señal de frecuencia) son convertidos a una velocidad que dependen del voltaje. Esta tensión de un máximo de 10 voltios se utiliza para indicar digital y / o analógicamente las RPM y realizar un control de velocidad. Los dinamómetros SCHENCK de corrientes de Eddy funcionan en los dos sentidos de rotación.





**Figura 6.** Freno electromagnético SCHENCK E90 acoplado al motor

### **Exactitud en la medición y el control**

Speed indication  $\pm 1$  1/min (max. 0,25 ‰ of maximum speed)  
 Measuring chain 0,2 ‰ of maximum measuring range load cell, measuring amplifier indicator (1.5 ‰ with analog indicator 144 x 144 mm)  
 Speed control  $\pm 10$  1/min  
 Torque control  $\pm 1$  ‰ of maximum torque

### **Celda de carga**



**Figura 7.** Celda de carga U2A

Type: U2A  
 Class: 0.1  
 Max. capacity (E<sub>max</sub>): 200 Kg  
 Sensitivity (CN): 2mV/V

Los transductores de presión de la serie U2A miden carga por compresión o tensión en la dirección axial al punto donde se ejerce la fuerza. En la tabla siguiente se presentan más especificaciones técnicas de la celda de carga.

La captura de los datos de operación del motor, de acuerdo con la sensórica disponible en la instalación experimental, se realizó por medio de una tarjeta de adquisición de datos National Instruments NI-USB-6212 16-Bit, con las siguientes especificaciones técnicas:

- 16 entradas analógicas (16 bits, 400 kS/s)
- 2 salidas analógicas (16 bits a 250 kS/s), 32 E/S digitales, dos contadores de 32 bits

- Energizado por bus USB.
- NI signal streaming para transferencia de datos bidireccional a alta velocidad en USB
- Compatible con LabVIEW.



Figura 8. Tarjeta de adquisición de datos NI USB-6212

El Tratamiento de la información medida se realizó por medio del software Arawak® desarrollado en el Laboratorio de Máquinas Térmicas. Dicho programa tiene la capacidad de almacenar las variables de operación del motor.

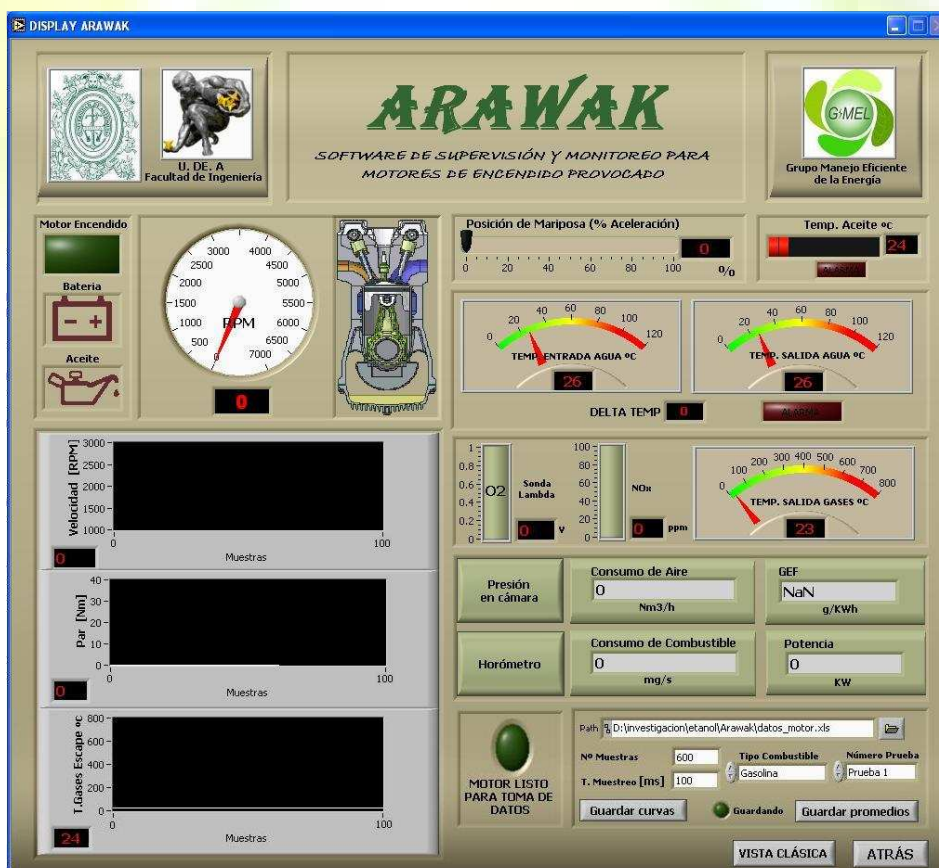


Figura 9. Software de supervisión Arawak para el registro de datos de las pruebas.

## Resultados

- En las pruebas donde el motor se encuentra en estado estacionario no hubo apertura de la Válvula Ecológica Marclais y no se encuentran variaciones de consideración en el comportamiento ni en las emisiones del motor.

**Tabla 5. Mediciones en estado estacionario**

Régimen de giro	Par	Estado	Producto de combustión	Sin válvula ecológica	Con válvula ecológica
2000 rpm	25 Nm	Estable	CO	0.03 % vol.	0.03 % vol.
			CO2	11.8 % vol.	13.3% vol.
			NOx	0 ppm	0 ppm
			HC hexano	60 ppm	82 ppm
			HC propano	120 ppm	165 ppm
3500 rpm	75 Nm	Estable	CO	0.05 % vol.	0.04 % vol.
			CO2	14.4 % vol.	14.2 % vol.
			NOx	4 ppm	0 ppm
			HC hexano	16 ppm	30 ppm
			HC propano	35 ppm	64 ppm

- Por las características de los equipos de medición de gases, no es posible realizar la prueba de gases en estado transitorio.
- En la prueba en estado transitorio de 2000-3500 rpm a 25 Nm como no hubo apertura de la Válvula Ecológica Marclais no se observo diferencia en el comportamiento con válvula y sin válvula.
- En la prueba en estado transitorio de 2000-4000 rpm a 50 Nm si hubo apertura de Válvula Ecológica Marclais y por lo tanto variación en los resultados que se presentan a continuación:

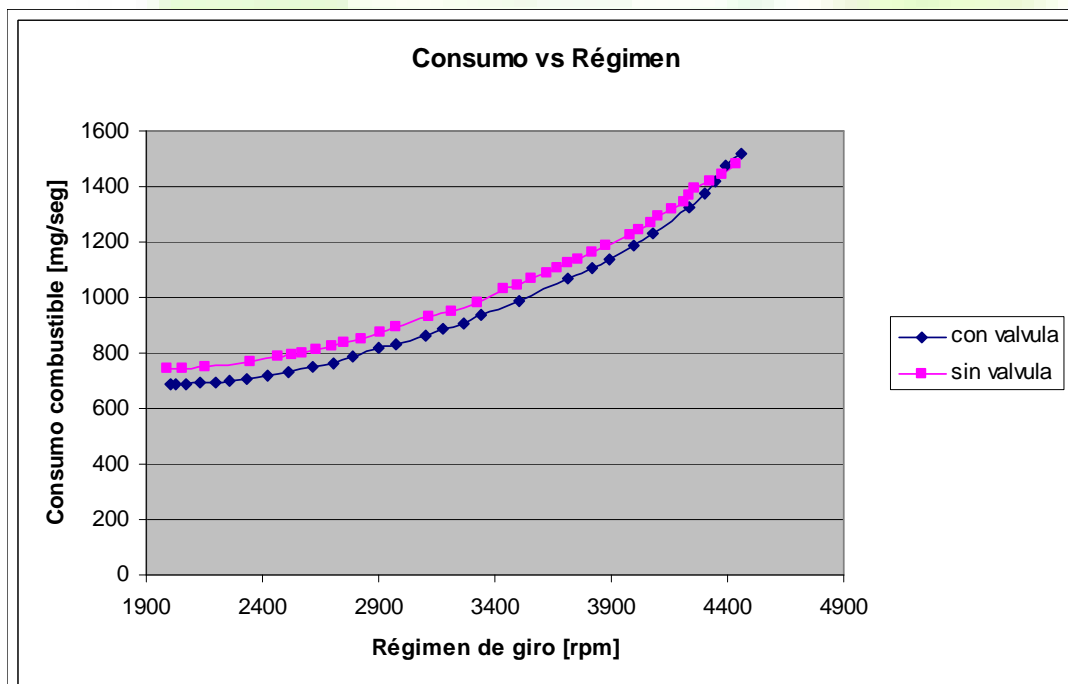


Figura 10. Resultados de la prueba 2000-4000 rpm a 50 Nm.

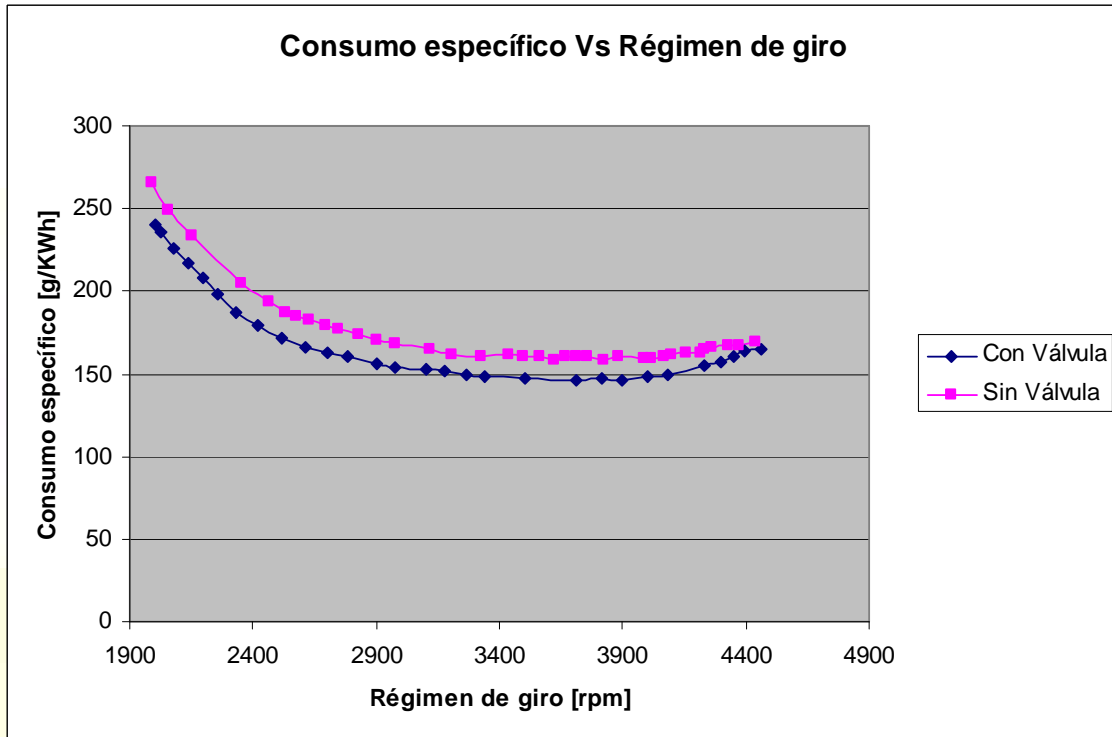


Figura 11. Resultados de la prueba 2000-4000 rpm a 50 Nm.

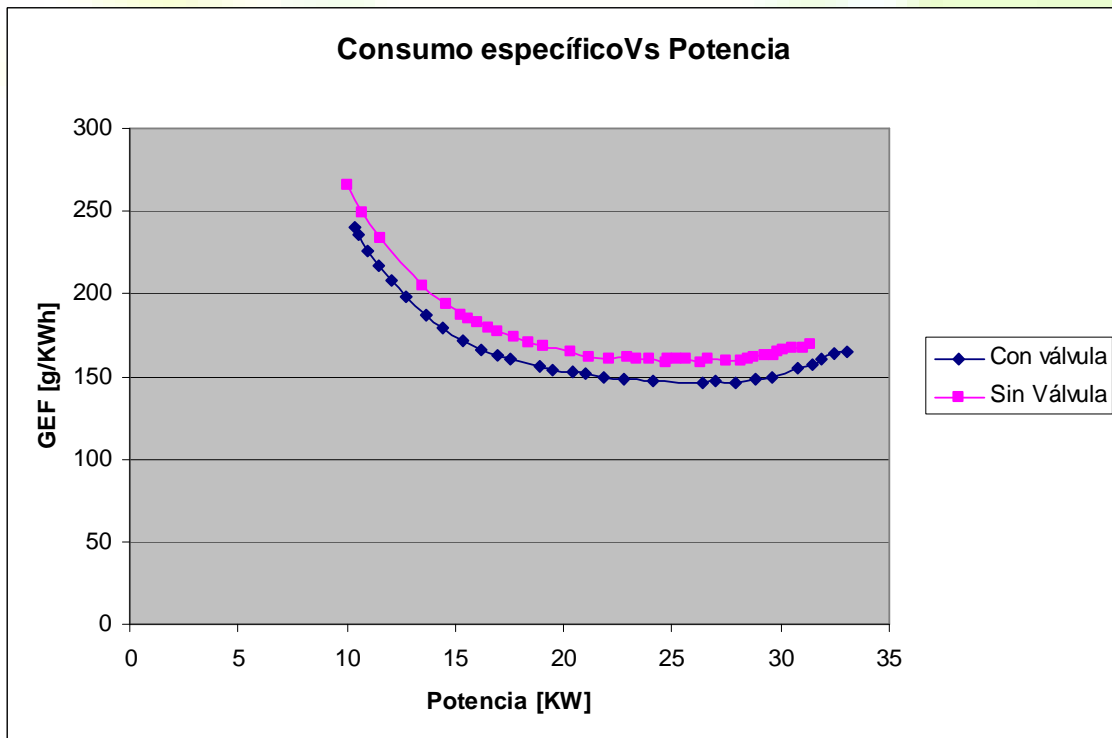
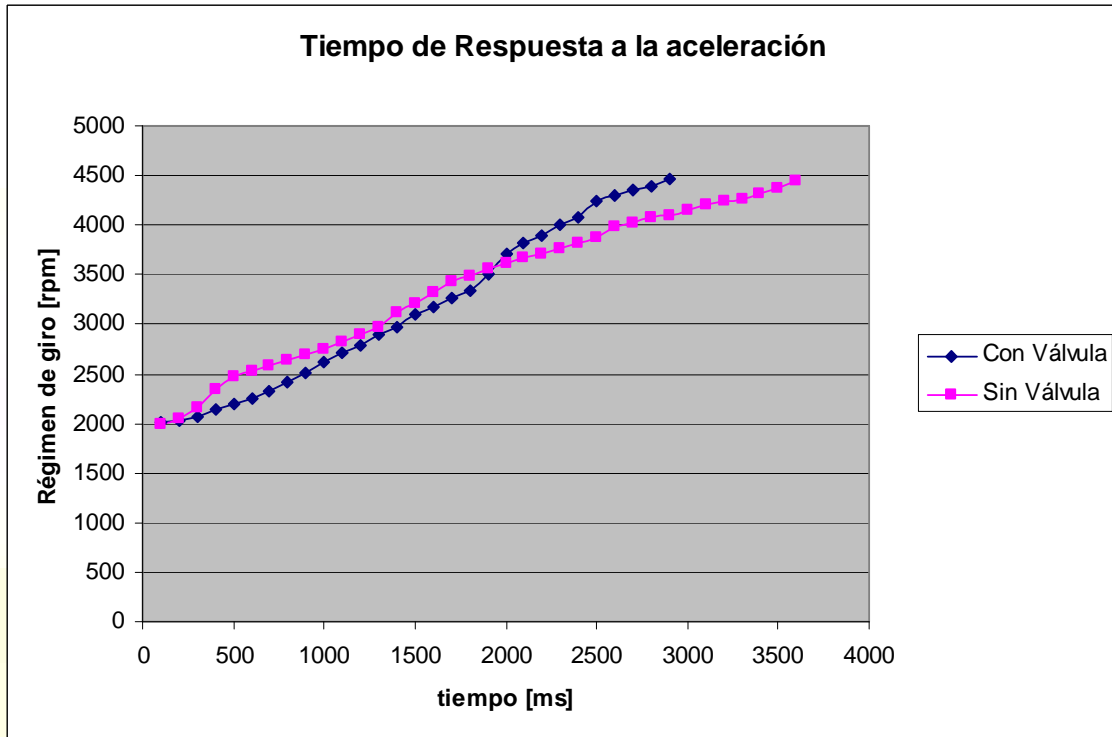


Figura 12. Resultados de la prueba 2000-4000 rpm a 50 Nm.



**Figura 13. Resultados de la prueba 2000-4000 rpm a 50 Nm.**

**Tabla 6. Tiempo de respuesta del motor con válvula en funcionamiento**

velocidad [rpm]		tiempo respuesta [ms]		% diferencia
velocidad inicial	velocidad final	con válvula	sin válvula	
4000	4500	600	1000	40%
3500	4000	400	800	50%

## Recomendaciones

- Es necesario realizar más pruebas en un vehículo en estado transitorio con rutas definidas para una mejor comparación

## Conclusiones

- No se presentan variaciones significativas en los resultados de las pruebas en estado estacionario, debido a que por las características de diseño de la Válvula Ecológica Marclais no hay apertura de la misma para permitir el ingreso de aire adicional ya que no hay cambios en la velocidad y por lo tanto la presión en el múltiple de admisión es relativamente constante. La válvula esta concebida para mostrar su potencial bajo condiciones de alta carga con variaciones en la presión de vacío dentro del múltiple de admisión en régimen transitorio.
- Hay una disminución en el consumo de combustible del 9.74 % en promedio en régimen transitorio, cuando se utiliza la Válvula Ecológica Marclais en un rango de aceleración de 2000 rpm a 4000 rpm, con un par de 50 Nm aproximadamente.
- A partir de 3700 rpm en régimen transitorio, el tiempo de respuesta en la aceleración del motor es más rápido, alrededor de 50% más, con la válvula ecológica en funcionamiento.
- Es importante destacar que la Válvula Ecológica Marclais actúa bajo condiciones de régimen transitorio con alta carga del motor, que es cuando usualmente se presentan altas emisiones de gases contaminantes y alto consumo de combustible.