



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

DETECCIÓN DE FALLOS EN UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO
MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA PRESIÓN DE LOS CILINDROS CON EL USO DE
UN TRANSDUCTOR DE PRESIÓN EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE
QUITO.

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: KEVIN ALEXANDER PALLASCO YUGSI
MIGUEL ÁNGEL TENELEMA CORREA
TUTOR: CARLOS ALBERTO CARRANCO QUIÑÓNEZ

Quito - Ecuador
2022

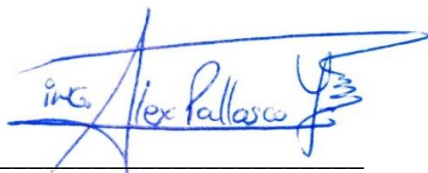
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Kevin Alexander Pallasco Yugsi con documento de identificación N° 1725445124 y Miguel Ángel Tenelema Correa con documento de identificación N° 1719149245 manifestamos que:

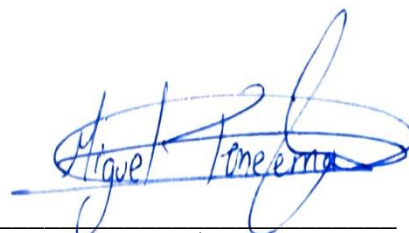
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 27 de septiembre del año 2022

Atentamente.



Kevin Alexander Pallasco Yugsi
1725445124



Miguel Ángel Tenelema Correa
1719149245

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Kevin Alexander Pallasco Yugsi con documento de identificación No. 1725445124 y Miguel Ángel Tenelema Correa con documento de identificación No. 1719149245, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Detección de fallos en un motor de encendido provocado mediante el análisis de la presión de los cilindros con el uso de un transductor de presión en el Distrito Metropolitano de Quito”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

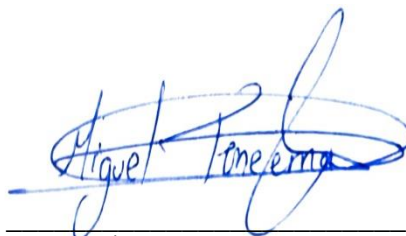
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 27 de septiembre del año 2022

Atentamente.



Kevin Alexander Pallasco Yugsi
1725445124



Miguel Ángel Tenelema Correa
1719149245

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Alberto Carranco Quiñónez con documento de identificación N° 1713629564, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DETECCIÓN DE FALLOS EN UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA PRESIÓN DE LOS CILINDROS CON EL USO DE UN TRANSDUCTOR DE PRESIÓN EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, realizado por Kevin Alexander Pallasco Yugsi con documento de identificación N° 1725445124 y por Miguel Ángel Tenelema Correa con documento de identificación N° 1719149245, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 28 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. Carlos Alberto Carranco Quiñónez Msc.
1713629564

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mi hija Nazli Isabela, quien gracias a su llegada impulso mis ganas de salir adelante, esto en los momentos más difíciles que me encontraba atravesando en ese tiempo.

A mis padres quienes, gracias a su esfuerzo y diversos sacrificios, culmino mi carrera profesional.

Pallasco Yugsi Kevin Alexander

Dedico el presente proyecto a mi familia en memoria de mi difunta abuelita a mis padres que son el motor de mi vida me faltarían palabras para terminar de agradecer todo su esfuerzo, por pese a los problemas que se presentan en la vida, nunca me dejaron solo, la vida es muy corta pero estos momentos que te definen como persona, recordando a los amigos y los recuerdos que formaron a este profesional.

Por último, a la Institución que me formo, brindándome la herramienta para sobresalir en la vida.

Tenelema Correa Miguel Ángel

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios y a la vida, ya que, gracias a todas las adversidades presentadas a lo largo de mi vida, así como de mi formación profesional me ha permitido seguir adelante. Agradezco a mis padres, quienes han sabido guiarme en mi camino, así como su apoyo incondicional, llegando a formar la persona que soy hoy en día.

A la madre de mi hija Gabriela y a mi hija Nazli, quienes cuando más adversidades se presentaron estaban ahí para alentarme a salir adelante.

A mis amigos, Boris, Michael, Miguel y Sebastián, con quienes se han pasado gratos momentos, se han compartido experiencias de vida, así como profesionales.

Para culminar agradezco a la institución la cual nos ha facilitado los equipos y medios necesarios para culminar mi carrera profesional, a mi docente tutor Carlos Carranco, a mi docente cotutor Vicente Rojas quienes gracias a sus conocimientos permitieron la realización y finalización del presente proyecto y al Ingeniero Ángel Paucar director de la carrera, quien a través de cada ciclo me ha ayudado en diferentes problemas suscitados a lo largo de mi formación, a mis docentes y compañeros, por todos los conocimientos, experiencias y oportunidades que me ha brindado para culminar con mi carrera.

Pallasco Yugsi Kevin Alexander

Agradezco a mi hermano Jorge, que aspiro y espero que también, cumplas tus logros académicos, a mis tíos Silvia, Azu, Sonia, Milton y mis primos Kevin, Paola, Steven que siempre me apoyaron.

A mis amigos Eduardo, Liz, Jhony, Mario, Darío, Lore y Mauricio que se convirtieron en mi familia, desde pequeño, y están conmigo en los buenos y malos momentos.

A mis amigos que me acompañaron Alex, Sebas, Michael y Jonathan, que, en este proceso académico, espero que la vida profesional sea llena de éxitos para todos.

Agradezco a la institución, y a todos los profesionales que me formaron, especialmente a mi tutor Carlos Carranco, y al profesional que nos apoyó Vicente Rojas, por todas y cada de las correcciones dentro de la vida profesional.

Tenelema Correa Miguel Ángel

DETECCIÓN DE FALLOS EN UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA PRESIÓN DE LOS CILINDROS CON EL USO DE UN TRANSDUCTOR DE PRESIÓN EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

DETECTION OF FAULTS IN A SPARK IGNITION ENGINE BY ANALYSING CYLINDER PRESSURE USING A PRESSURE TRANSDUCER IN THE METROPOLITAN DISTRICT OF QUITO.

Kevin Pallasco, Miguel Tenelema

Resumen

Con la finalidad de desarrollar una técnica experimental, en el campo automotriz, ya que el sistema de diagnóstico tradicional puede verse afectado por diversos factores como son físicos, químicos, entre otros, el presente estudio se enfoca en realizar una técnica de diagnóstico que, sin la necesidad de intervenir directamente en los sistemas mecánicos del motor de combustión interna, de tal manera que se logre realizar mediante la presión interna del cilindro, con la ayuda de un transductor conectado a un osciloscopio automotriz, dando como producto, la transformación de señales de compresión de aire medidas por el sensor, dentro del motor, transformadas en voltajes, logrando así realizar el análisis de cada una de las fases exceptuando la explosión.

Estos oscilogramas serán sometidos a comparación con un motor estándar y en condiciones de funcionamiento óptimo, provocando problemas para determinar los fallos que puedan darse de forma indirecta en el motor, para así determinar el área de la falla, en los oscilogramas se observó las cuatro fases del motor de combustión, pero principalmente se analizaran tres de ellas, ya que el estudio se llevara a cabo en el momento de arranque del motor, en cada fase se ira comparando, de manera que, si se observa una anomalía, se enfocara en los componentes que conforman dicha fase reduciendo el tiempo de diagnóstico y sin la necesidad de manipular el motor.

Palabras Clave: Diagnóstico, Técnica, Oscilogramas, Transductor, Presión.

Abstract

In order to develop an experimental technique in the automotive field, since the traditional diagnostic system can be affected by various factors such as physical, chemical, among others, this study focuses on performing a diagnostic technique, without the need to intervene directly in the mechanical systems of the internal combustion engine, in such a way that it is achieved by means of the internal pressure of the cylinder, with the help of a transducer connected to an automotive oscilloscope, giving as a product, the transformation of air compression signals measured by the sensor, inside the engine, transformed into voltages, thus achieving the analysis of each of the phases except the explosion.

These oscillograms will be subjected to comparison with a standard engine and in optimal operating conditions, causing problems to determine the failures that may occur indirectly in the engine, in order to determine the area of failure, in the oscillograms we will observe the four phases of the combustion engine, but mainly three of them will be analyzed, since the study will be carried out at the moment of starting the engine, in each phase will be compared, so that, if an anomaly is observed, it will be focused on the components that make up that phase reducing the diagnostic time and without the need to manipulate the engine.

Keywords: Diagnostic, Technique, Oscillograms, Transducer, Pressure

1. Introducción

La presente investigación se basa en la falta de capacitación en gran parte de la comunidad Automotriz en técnicas de diagnóstico avanzado, donde uno de los principales problemas es al desarmar diferentes sistemas del motor, para posteriormente llegar a un diagnóstico mecánico.

El estudio propuesto según Cahueñas, Chaves, and Torres (2018), trata de determinar mediante el uso de un transductor de presión convertir señales de presión a señales eléctricas, con la ayuda de un osciloscopio automotriz, dando como resultado señales análogas, donde el criterio de los técnicos será fundamental al momento de interpretar o determinar, si la cámara de combustión u otros componentes mecánicos relacionados a la presión, se encuentra en un óptimo funcionamiento o presenta algún error.

Según Álvarez, Huérfano, and Ojeda (2015), la recepción de datos electrónicos implementados en circuitos con sistemas de transductores de presión que se apoyan en materiales piezoeléctricos que debido a su composición y distribución microestructural pueden generar diferencias de potencial referido a esfuerzos de índole mecánica al que sean sometidos.

Para determinar el estado de la cámara de combustión, se procederá a analizar los cambios en las fases de admisión, compresión y escape.

Con la obtención de los oscilogramas se logra conocer el comportamiento de la presión en el motor de combustión interna, estudiado en ese momento, logrando identificar fallas mecánicas sin la necesidad de manipular de manera drástica los componentes del motor. (Cabascango et al., 2014)

En el estudio se cumple según Narváez and Narváez (2019), que, en el tiempo necesario, la chispa no realizará un óptimo trabajo y no será suficiente para quemar toda la mezcla dentro de la cámara de combustión. Caso contrario si el tiempo en el que fluye la chispa es demasiado significa que algo está mal en el circuito.

En los oscilogramas se analiza las tres fases a las que se encuentra sometido el pistón en el momento del

arranque, comúnmente esta prueba se realizaría con un medidor de presión interna del cilindro, compresómetro, donde se lograra una evaluación e identificación del sistema en el que el motor este fallando.

El vehículo de pruebas es basado en el modelo de García (2014), sistema DOCH que utilizan dos árboles de levas (double over head camshaft) para el accionamiento de las válvulas por separado.

Dentro de la evaluación según (Jiménez & Solorio, 2007), la geometría del múltiple de admisión es de gran importancia en los motores de combustión interna modernos, debido a su influencia directa en la eficiencia volumétrica y en las características del flujo de entrada al cilindro, lo que repercute en el desempeño integral del motor, sobre todo en lo relacionado con su potencia, consumo de combustible y emisiones contaminantes.

La técnica propuesta en este estudio sería considerada dentro de la comunidad de profesionales automotrices, ya que brinda las herramientas necesarias para dar una valoración en cuanto, a fallas y vida útil del motor de combustión se trata, donde los oscilogramas serán usados de una forma diferente, el proceso se basa en la señal creada en el momento del arranque, recogiendo datos precisos con la ayuda del transductor de alta presión, esto nos permitirá identificar tanto las fases del motor como reconocer fallas mecánicas internas. (Jimenez, 2016)

Según el tipo de motor Villamar, Fygueroa, and Martín (2009), es el que comprime el aire que se encuentra en el interior del cilindro a una gran presión elevando su temperatura, para que posteriormente esta sea inflamada mediante la inyección de combustible atomizado a una gran presión, ocasionando que el gas contenido en la cámara se expanda y genere el movimiento.

El múltiple de escape es el encargado de evacuar los gases producto de la combustión hacia la atmósfera. (Calle & Rivas, 2014)

El estudio de este sistema es importante ya que interviene en el proceso de renovación de carga en el motor.

Para la realización del experimento se usó el vehículo que se detallara a continuación.

- Chevrolet Aveo emotion, 1.6V año 2014.

Tomando en cuenta el conocimiento científico, adquirido, cada una de las pruebas expresadas a continuación presentan un sentido teórico y práctico dentro del estudio.

2. Materiales y Métodos

Materiales utilizados para este artículo:

- Reductor de voltaje (cargador de celular).
- Osciloscopio automotriz PicoScope.
- Software PicoScope.
- Transductor de presión FTVOGUE (300 psi).
- Computador portátil.
- Caja de herramientas automotrices.
- Vehículo Chevrolet Aveo emotion 1.6V año 2014.

2.1. Parámetros de presión media indicada

Es la medida de presiones instantáneas que se producen en las diferentes fases de combustión.

La fuerza obtenida en cada cilindro se obtiene multiplicando la presión media por la superficie de la cabeza del pistón.

Según Castillo and Rojas (2015), para calcular la medida teórica se utiliza, la fórmula de la presión efectiva, que describe la presión constante que durante una carrera produce un trabajo igual al trabajo efectivo.

Donde:

p_{mi} : Presión Media Indicada

p_{mpm} : presión media de perdidas mecánicas

p_{me} : Presión media efectiva

$$P_{me} = p_{mi} - p_{mpm} \quad (1)$$

2.2. Características del osciloscopio PicoScope 4424A.

USB Interfaz de 4 canales a 20 MHz, con uso de software para computadores mide:

- Voltaje
- Corriente

- Resistencia
- Capacitancia
- Encendido y apagado en tiempo real
- Crea curvas tendencia



Figura 1. PicoScope 4424 de 4 canales (Pico Technology, 2016).

2.3. Características del transductor de presión FTVOGUE (300 psi)

-Sensor piezoeléctrico con chasis de acero inoxidable, con alimentación de 5v, rosca de 1/8" NPT

-Entrada de 0 a 300 psi

-Temperatura de trabajo: -40°C~+120°C

-Voltaje de entrada 5V

-Voltaje de salida 10V



Figura 2. Transductor de presión FTVOGUE 300 psi.

2.4. Características vehículo Chevrolet Aveo emotion 2014

Cilindraje 1598 cc

Relación de compresión 9.5:1

Diámetro 79 mm

Carrera 81,5 mm

Kilometraje 195800



Figura 3. Vehículo de prueba, Chevrolet Aveo emotion 1.6V año 2014.

2.5. Planteamiento de experimento

Para realizar el experimento el primer paso es identificar si el vehículo funciona por medio de bobinas independientes o bobina con cables, analizando lo antes mencionado se procede a deshabilitar el sistema de encendido para evitar que el motor se ponga en funcionamiento y así obtener las señales requeridas para el diagnóstico.

Otro elemento que considerar es la batería del vehículo, ya que en el instante del arranque las caídas de tensión por las diferentes acciones de arranque que se llevaran a cabo por las diversas pruebas harán que la batería sufra desgastes eléctricos, por lo que será necesario compensar con un cargador de baterías.

Si las pruebas van a ser constantes por un periodo largo de tiempo, se debe desconectar el alternador para evitar daños internos a componentes que influyen en el funcionamiento de este.

Con la herramienta adecuada se procede al desarme de las bujías teniendo precaución que objetos ajenos al motor puedan ingresar a la cámara de combustión.

Las pruebas para realizar se basan en la presión interna del motor del vehículo Aveo emotion PCC7798, el primer paso es registrar las compresiones del motor que se produce en las cámaras de combustión, se procede a obtener cada una de las compresiones.

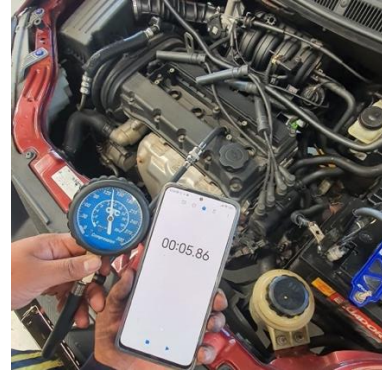


Figura 4. Medición de compresión del motor; Cilindro 3.

Según Villamar, Fygueroa, and Martín (2009), la compresión llega a un régimen de funcionamiento en tiempo específico, este fue cronometrado con ayuda del compresómetro, al momento de realizar los oscilogramas arrojan resultados acordes a su funcionamiento, verificando que con un diagnóstico visual el motor no presente fallos, ni fugas en el mismo.

Tabla 1: Presión interna en el tiempo de compresión de cada cilindro.

Cilindro N°	Presión(psi)
Cilindro 1	132
Cilindro 2	140
Cilindro 3	139
Cilindro 4	146



Figura 5. Medidor de compresión (800 rpm import tools, n.d.).

Para conectar el transductor primero se debe fabricar una cañería neumática o metálica, considerando el hilo de rosca de la bujía, y el largo de esta, esto ya que el transductor de por si no encajaría en la cámara.



Figura 6. Cañería neumática y transductor de presión.

Para la alimentación del transductor es necesario, el uso de un cargador de celular, esto se debe ya que transforma la corriente alterna a continua en un voltaje de 5V, el cual se necesita para la alimentación del sensor, este se procede a conectar al socket el cual dispone de tres cables, positivo, negativo y señal.

La conexión a positivo y negativo va conectada al cargador, para tomar las señales del osciloscopio se debe conectar dos cables los cuales irán a señal y negativo.

Para corroborar que el voltaje de 5V, sea el correcto se deberá medir con un multímetro en la salida del cargador, para precautelar que el sensor no sufra corto.

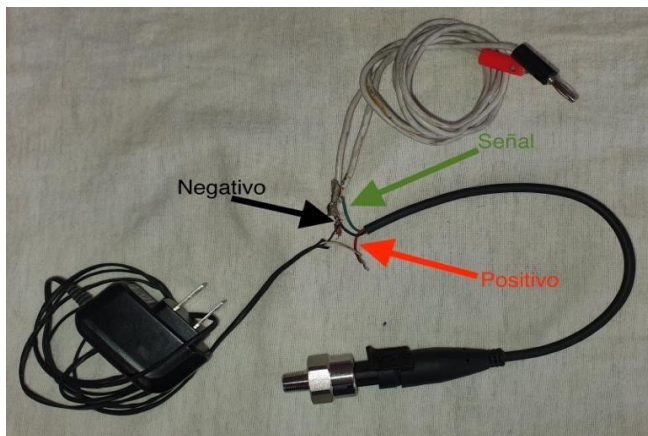


Figura 7. Conexión de alimentación para el transductor de presión.

Se logrará obtener los oscilogramas Voltaje-Tiempo.

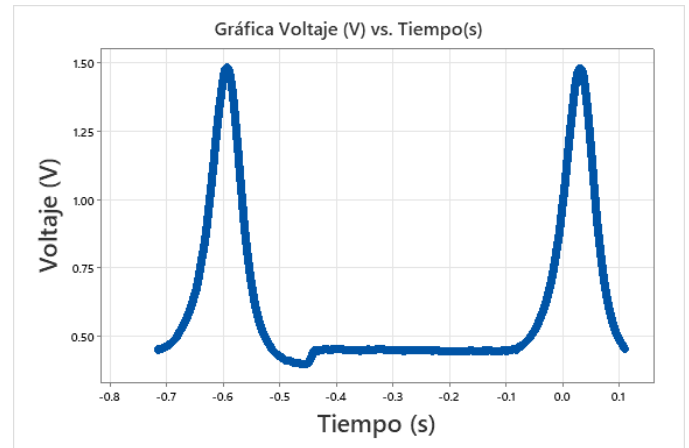


Figura 8. Grafica Voltaje vs Tiempo; Cilindro 1.

Para recolectar los datos el software, transforma los voltajes en tablas de Excel, de donde se obtiene los datos de voltaje vs tiempo.

Las pruebas propuestas son cinco por cilindro las cuales proporcionaran un espectro amplio de datos a analizar.

Se plantea cuatro pruebas en diferentes condiciones mecánicas que se pueden dar en el funcionamiento del motor.

A continuación, se describen las pruebas que se realizaron:

- Motor en estado normal.
- Motor sin depurador.
- Motor con la mariposa obstruida.
- Motor con la mariposa abierta.
- Motor con el escape obstruido.

Con los datos obtenidos se procede a realizar un análisis, permitiendo así un diagnóstico de los diferentes fallos mecánicos que se plantearon y poder realizar un análisis que permita ubicar de forma inmediata el problema en el motor de combustión.

2.6. Modelo matemático

Para realizar el cálculo de la ecuación del transductor, se obtiene los datos basados en el medidor de presión esto ayudara a transformar los voltajes a presión.

Dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 2: Valores de voltaje y presión del motor

Compresión medida del motor		
Aveo activo PBA9751		
	Presión (psi)	Voltaje (V)
Cilindro 1	132	1.463496
Cilindro 2	140	1.484861
Cilindro 3	139	1.472653
Cilindro 4	146	1.505311
Promedio	139.25	1.48158025

Como valor referencial, se mide la presión del ambiente con ayuda de un barómetro digital incorporado un smartphone con ese sensor, dando la siguiente medida 722 hpa, realizando la conversión nos da como resultados 10.472 psi, el voltaje del sensor a presión ambiente basado en los datos de un multímetro es de 0.45 voltios.

Tabla 3: Valores referenciales presión ambiente

	Presión (psi)	Voltaje (V)
Voltaje referencial	10.472	0.45

Para calcular la ecuación del transductor, se toma dos puntos de referencia el primero (10.472; 0.45), tomados, la presión ambiente y el voltaje que envía el sensor en este punto, el siguiente punto con los datos obtenidos en el osciloscopio, se procede a encontrar el punto de voltaje más alto, donde se obtiene el siguiente vector (139.25; 1.4734925). (VICTOR ARMANDO HERNÁNDEZ CRUZ, 2010)

Al interpolar.

- Para V=0.5v

Voltaje (V)	Presión (psi)
$x_0 = 0.45$	$y_0 = 10.472$
$x = 0.5$	$y = ?$
$x_1 = 1.48158025$	$y_1 = 139.25$

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} * (x - x_0)$$

$$y = 10.472 + \frac{139.25 - 10.472}{1.48158025 - 0.45} * (0.5 - 0.45)$$

$$y = 16.71378 \text{ (psi)}$$

- Para V=0.65v

Voltaje (V)	Presión (psi)
$x_0 = 0.45$	$y_0 = 10.472$

$x = 0.65$	$y = ?$
$x_1 = 1.48158025$	$y_1 = 139.25$

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} * (x - x_0)$$

$$y = 10.472 + \frac{139.25 - 10.472}{1.48158025 - 0.45} * (0.65 - 0.45)$$

$$y = 35.4391317379328 \text{ (psi)}$$

- Para V=0.8v

Voltaje (V)	Presión (psi)
$x_0 = 0.45$	$y_0 = 10.472$
$x = 0.8$	$y = ?$
$x_1 = 1.48158025$	$y_1 = 139.25$

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} * (x - x_0)$$

$$y = 10.472 + \frac{139.25 - 10.472}{1.48158025 - 0.45} * (0.8 - 0.45)$$

$$y = 54.16448 \text{ (psi)}$$

- Para V=0.85v

Voltaje (V)	Presión (psi)
$x_0 = 0.45$	$y_0 = 10.472$
$x = 0.85$	$y = ?$
$x_1 = 1.48158025$	$y_1 = 139.25$

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} * (x - x_0)$$

$$y = 0.71 + \frac{139.25 - 10.472}{1.48158025 - 0.45} * (0.85 - 0.45)$$

$$y = 60.4062 \text{ (psi)}$$

- Para V=1v

Voltaje (V)	Presión (psi)
$x_0 = 0.45$	$y_0 = 10.472$
$x = 1$	$y = ?$
$x_1 = 1.48158025$	$y_1 = 139.51$

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} * (x - x_0)$$

$$y = 0.71 + \frac{139.25 - 10.472}{1.48158025 - 0.45} * (1 - 0.45)$$

$$y = 79.1316 \text{ (psi)}$$

Tabla 4: Valores de voltaje y presión del motor

Voltaje (V)	Presión (psi)
0.45	10.472
0.5	16.7137829
0.55	22.9555659
0.6	29.1973488
0.65	35.4391317
0.7	41.6809147
0.75	47.9226976
0.8	54.1644805
0.85	60.4062635
0.9	66.6480464
0.95	72.8898293
1	79.1316123

Con el uso de la herramienta de Excel se genera una línea de tendencia, para adquirir la fórmula del transductor de voltaje a presión y proceder al análisis de las fases del motor, como anteriormente se describió.

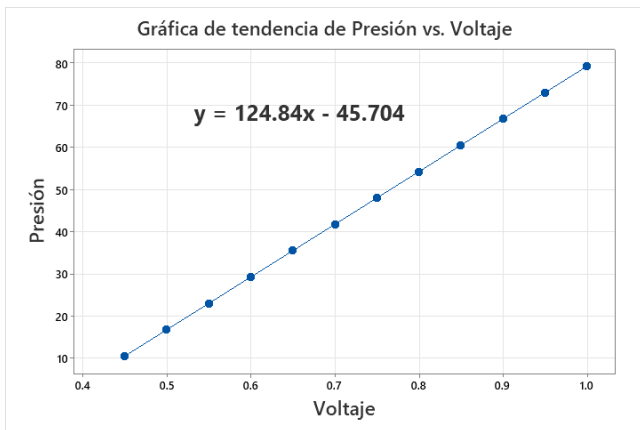


Figura 9. Grafica de la ecuación.

Ecuación del transductor:

$$y = 124.84x - 45.704. \quad (2)$$

Al obtener la ecuación basado en el voltaje, se procede al análisis de resultados con los oscilogramas con los diversos fallos propuestos.

Tabla 5: Valores de presión vs presión calculada

Cilindro N°	Presión Medida (psi)	Presión Calculada(psi)
Cilindro 1	132	136.9988406
Cilindro 2	140	139.6660472
Cilindro 3	139	138.1420005

3. Resultados y Discusión

Al momento de analizar los datos se toma en cuenta, las diferentes fases explicadas, a continuación, transformando señales eléctricas, a medidas de compresión usando la ecuación obtenida para transformar de voltaje a presión.

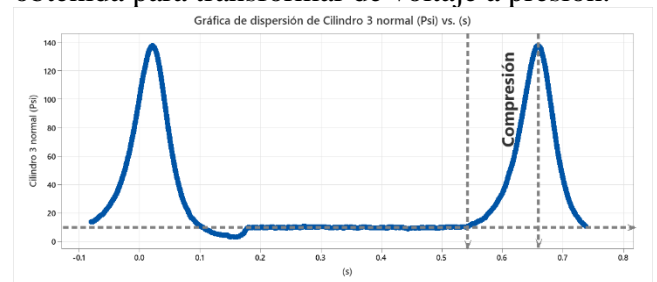


Figura 10. Grafica Fase Compresión; Presión vs Tiempo.

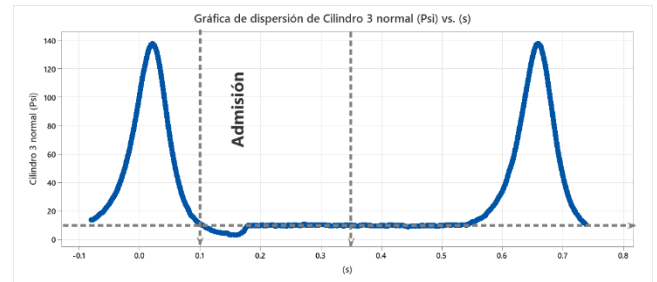


Figura 11. Grafica Fase Admisión; Presión vs Tiempo.

Tabla 6: Valores de tiempo y presión; Cilindro 1

	Cilindro 1	
	Tiempo (s)	Presión (psi)
Presión máxima	0.03310371	135.294116
Presión Mínima	-0.18473628	-0.2972273

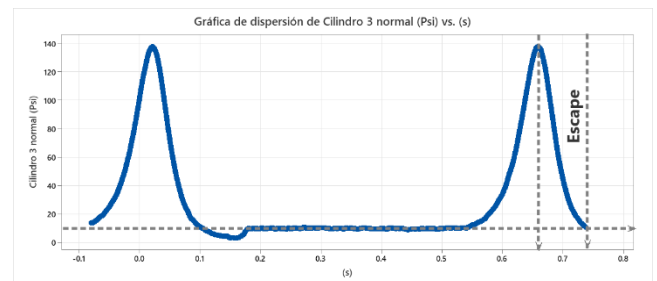


Figura 12. Grafica Fase Escape Presión vs Tiempo.

Tabla 7: Valores de tiempo y presión cilindro 1

	Cilindro 1	
	Tiempo (s)	Presión(psi)
Presión máxima	0.03310371	135.335401
Presión Mínima	0.18473628	-7.3618552

Se puede observar y analizar las presiones en la fase de admisión como de compresión, determinando así un problema interno en el motor, considerando que es en el momento del arranque.

3.1. Vehículo en estado optimo

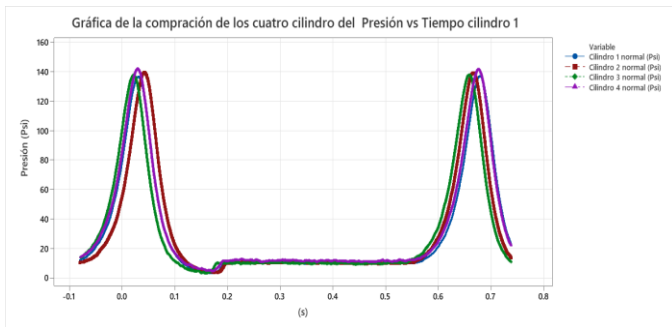


Figura 13. Grafica de Voltaje vs Tiempo.

Con las gráficas obtenidas con el osciloscopio PicoScope, se eligen los voltajes máximos y mínimos para su respectivo análisis.

Con el análisis de los oscilogramas se determina que el cilindro cuatro presenta una presión mayor y por ende una mejor hermeticidad. En lo que se puede visualizar una presión interna estable y dentro de los parámetros de funcionamiento.

Los cuatro cilindros presentan una comprensión, estable y dentro de la normalidad en el funcionamiento de un motor.

Para los siguientes análisis, se somete al motor a diferentes pruebas de funcionamiento, pero con problemas mecánicos que causan fallos en la presión interna del motor.

Principalmente el análisis se lleva a cabo en la fase de admisión, compresión y escape.

3.2. Cilindro N° 1 fase de admisión

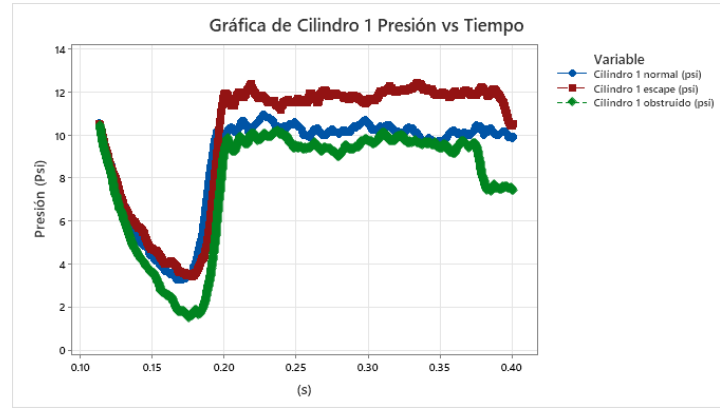


Figura 14. Gráfica Admisión Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 1.

Tabla 8: Valores de Presión en fase de admisión; Cilindro 1.

Cilindro 1	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	10.95485871	3.29619936
Tubo de escape obstruido	12.36466435	3.448604032
Cuerpo de aceleración obstruido	10.49761973	1.50536956

Las gráficas arrojaron muchos aspectos a evaluar, en el funcionamiento, que, aplicando la ecuación planteada, se logra observar en presiones describiendo su funcionamiento.

Al observar la figura 14, cuando el sistema de escape se encuentra obstruido, desencadena que la presión se eleve, llegando a superar los 10.95 psi con los cuales el motor se comporta de manera normal y llegando a una presión 12.36 psi en esta falla.

Por otro lado, al momento que, el motor intenta ingresar aire, y no lo logra, la presión interna tiende disminuir, esto se demuestra cuando en el cambio de válvulas el motor se presta, a crear vacío llegando a una presión de 1.505 psi que es más baja, a la presión habitual en la que la maquina trabaja en fase de admisión.

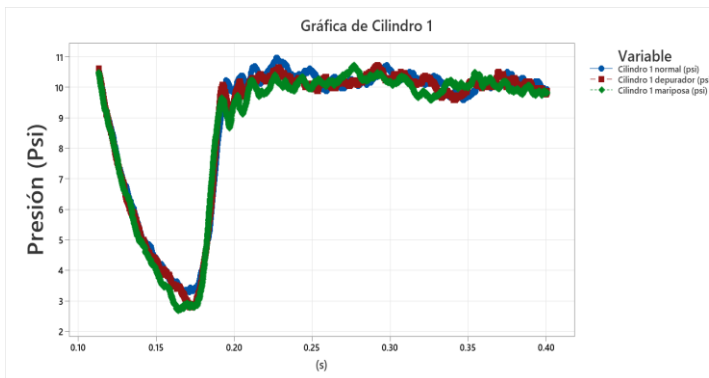


Figura 15. Gráfica Admisión Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 1.

Tabla 9: Valores de Presión en Admisión Cilindro 1.

Cilindro 1	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	10.95485871	3.29619936
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	10.49761973	2.686555704
Sin depurador	10.65003688	2.800859208

Al observar el momento que el depurador no se encuentra conectado al cuerpo de aceleración, la presión baja, ya que el aire no es conducido de una manera óptima.

Según los datos obtenidos se puede observar, como la presión, al momento del arranque, es muy similar, a cuando el motor está en su funcionamiento normal.

3.3. Cilindro N° 1 fase de compresión

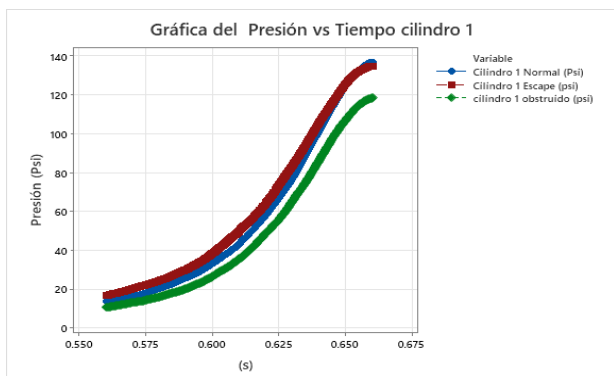


Figura 16. Gráfica Compresión Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 1.

Tabla 10: Valores de Presión en fase de compresión; Cilindro 1.

Cilindro 1	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	136,9226882	10,49761973
Tubo de escape obstruido	134.9032764	10.49761973
Cuerpo de aceleración obstruido	118.5571013	10,57382206

En la fase de compresión, se puede observar las presiones máximas, en la figura 16, se observa cómo, cuando se limita, la entrada de aire al motor tiende a bajar, y la presión es la más baja en ese momento.

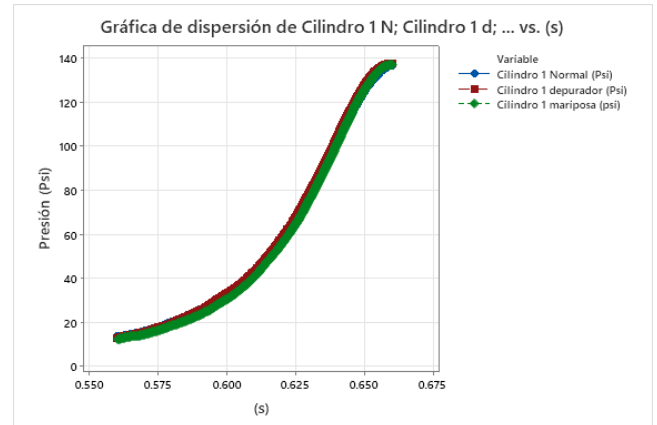


Figura 17. Gráfica Compresión Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 1.

Tabla 11: Valores de Presión en fase de compresión; Cilindro 1.

Cilindro 1	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	136.9226882	10.49761973
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	137.2656237	10.49761973
Sin depurador	137.9134185	11.71690704

Las presiones no sufren mayor cambio, esto se debe a que la presión no sufre ninguna alteración.

3.4. Cilindro N° 1 fase de escape

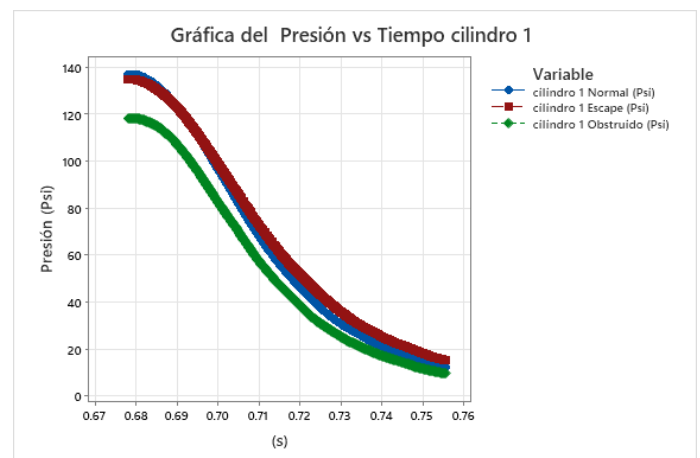


Figura 18. Gráfica Escape Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 1.

Tabla 12: Valores de Presión en fase de escape; Cilindro 1.

Cilindro 1	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)

Motor en condición normales	136.9988406	10.45951856
Tubo de escape obstruido	134.9032764	10.49761973
Cuerpo de aceleración obstruido	118.5571013	10.49761973

En este apartado se observa como las presiones de escape varían, y dan un notorio desfase dejando a la vista como en esa fase, la limitante de aires en las cámaras tiende a que el motor baje la presión.

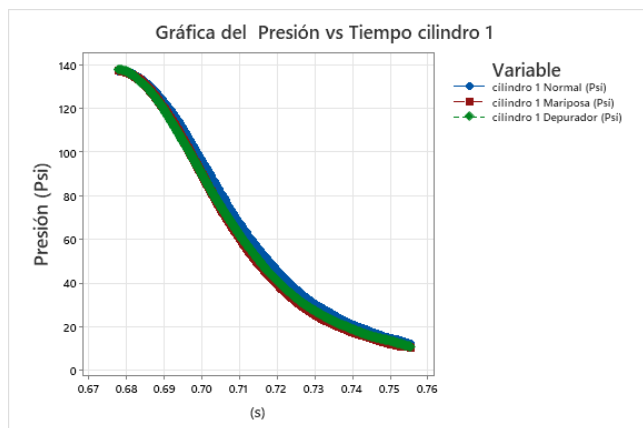


Figura 19. Gráfica Escape Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 1.

Tabla 13: Valores de Presión en fase de escape; Cilindro 1.

Cilindro 1	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	136.9988406	10.45951856
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	137.2656237	10.49761973
Sin depurador	137.9134185	7.030263632

La diferencia más notable, no se observa en la compresión máxima, si no en la mínima, ya que al momento que la máquina, intenta ingresar aire crea mayor vacío lo que provoca que se esfuerzo más y cree mayor presión interna.

3.5. Cilindro N° 2 fase de admisión

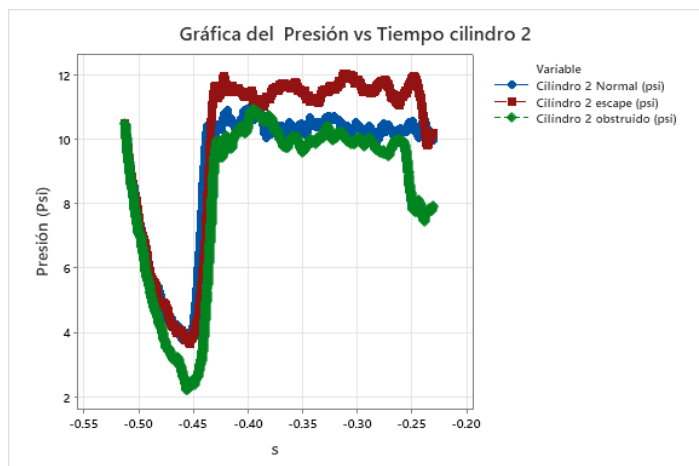


Figura 20. Gráfica Admisión Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 2.

Tabla 14: Valores de Presión en fase de admisión; Cilindro 2.

Cilindro 2	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	10.99295988	3.791527028
Tubo de escape obstruido	11.94552653	3.639122356
Cuerpo de aceleración obstruido	10.95485871	2.191215552

En esta fase de admisión es, la que mejor describe lo que sucede cuando una válvula se cierra o se abre, como se observa en la figura 20, cuando existe mayor presión dentro del motor la presión al momento que crea vacío es mayor, siendo 3.639 psi.

A diferencia, que cuando, existe una menor presión el mínimo es de 2.19 psi, ya que, en ese punto, se intenta normalizar el motor y tiende a llega de nuevo a sus condiciones iniciales.

Una vez analizado los datos, los fallos más notables en obstruida la mariposa y tapado el escape, lo que denota sobre medida el Cruce de válvulas ya que provoca un cambio significativo en las gráficas.

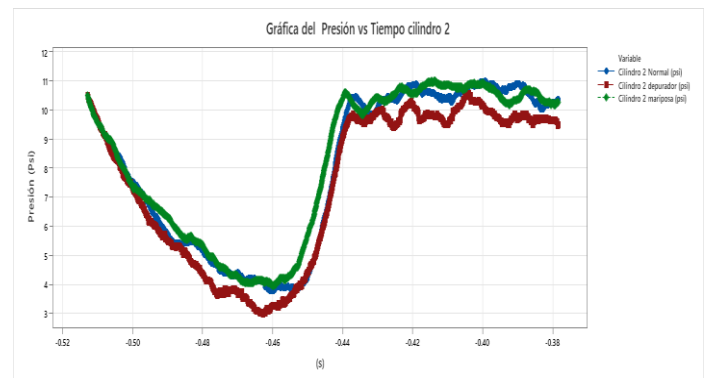


Figura 21. Gráfica Admisión Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 2

Tabla 15: Valores de Presión en Admisión Cilindro 2.

Cilindro 2	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	10.99295988	3.791527028
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	10.49761973	2.686555704
Sin depurador	10.57382206	2.991377532

Estas pruebas brindan una forma de diagnóstico focalizado ya que los oscilogramas cambian de una forma muy notoria, logrando aislar el comportamiento en el motor y por lo tanto verificar que una falla existe.

3.6. Cilindro N° 2 fase de compresión

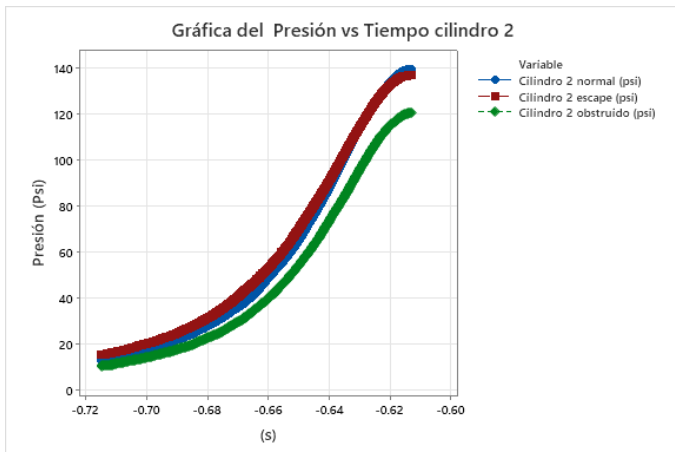


Figura 22. Gráfica Compresión Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 2.

Tabla 16: Valores de Presión en fase de compresión; Cilindro 2.

Cilindro 2	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	139.6660472	10.49761973
Tubo de escape obstruido	136.9226882	10.42141739
Cuerpo de aceleración obstruido	120.9576497	10.49761973

Como se observa en la gráfica, cuando se limita, el oxígeno, son los cambios más notorios.

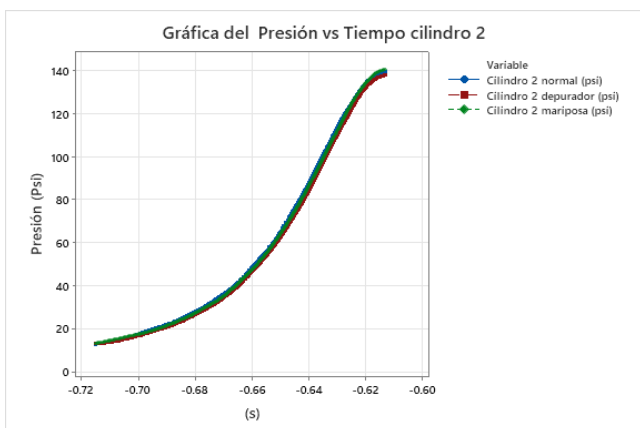


Figura 23. Gráfica Compresión Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 2

Tabla 17: Valores de Presión en fase de compresión; Cilindro 2.

Cilindro 2	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	139.6660472	10.49761973
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	140.999713	10.38331622
Sin depurador	138.3705826	10.49761973

3.7. Cilindro N° 2 fase de escape

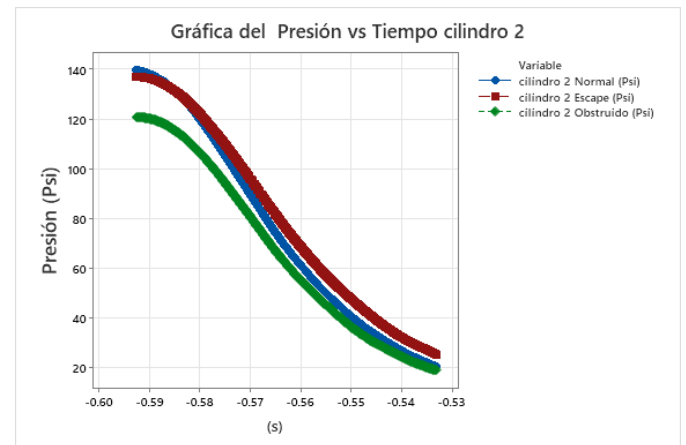


Figura 24. Gráfica Escape Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 2.

Tabla 18: Valores de Presión en fase de escape; Cilindro 2.

Cilindro 2	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	139.6660472	10.61193572
Tubo de escape obstruido	136.9226882	10.49761973
Cuerpo de aceleración obstruido	120.9576497	17.96577324

Las presiones más bajas, en este análisis es en el cuerpo de aceleración obstruido, lo que denota que la válvula tarda más tiempo al momento de abrir, dejando que el motor le cueste más al momento de ingresar.

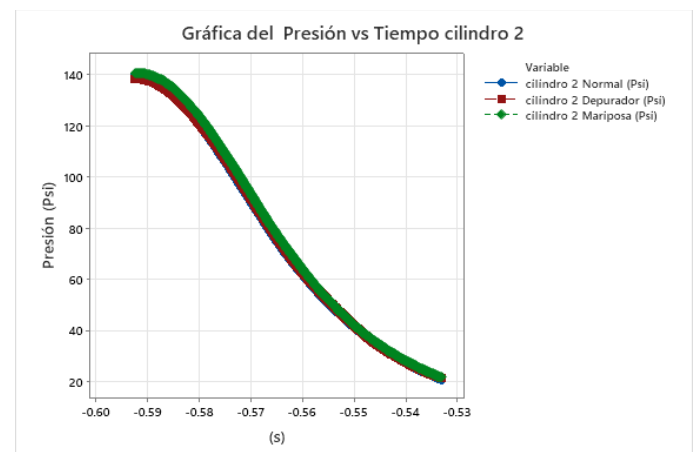


Figura 25. Gráfica Escape Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 2.

Tabla 19: Valores de Presión en fase de escape; Cilindro 2.

Cilindro 2	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	139.6660472	10.61193572
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	140.999713	10.49761973
Sin depurador	138.3705826	10.57382206

Según los datos obtenidos, la falla con la mariposa obstruida es la que más sobresale, ya que su línea de tendencia es la presenta cambios.

3.8. Cilindro N° 3 fase de admisión

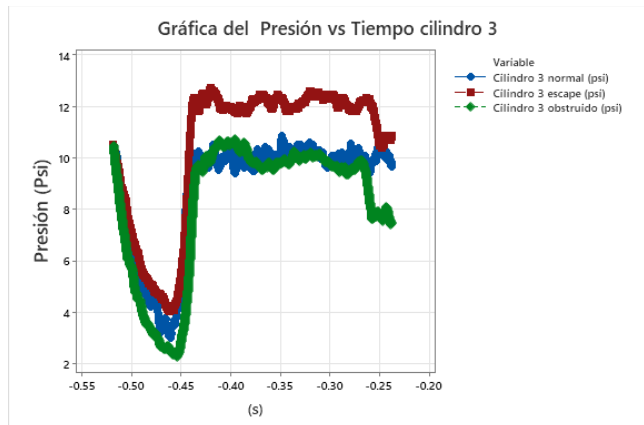


Figura 26. Gráfica Admisión Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 3.

Tabla 20: Valores de Presión en fase de admisión; Cilindro 3.

Cilindro 3	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	10.5357209	2.991377532
Tubo de escape obstruido	12.70758734	4.058247688
Cuerpo de aceleración obstruido	10.72623922	2.267417888

En la gráfica del cilindro tres se puede indicar que la presión donde, más se localiza el fallo, es al obstruir el tubo de escape, debido a que los gases no pueden salir de la cámara de combustión de manera rápido, quedándose dentro provocando que la presión suba en la fase de admisión, con respecto a la prueba con el cuerpo de aceleración obstruido denota que, al intentar absorber aire, existe una caída en su presión ya que al estar obstruido no puede absorber de manera eficaz.

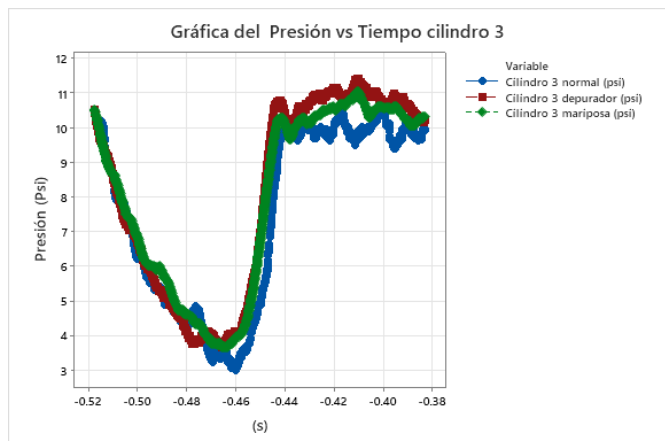


Figura 27. Gráfica Admisión Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 3.

Tabla 21: Valores de Presión en Admisión Cilindro 3.

Cilindro 3	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	10.5357209	2.991377532
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	11.06916222	3.639122356
Sin depurador	11.41208521	3.677223524

Esta prueba se puede notar que el cuerpo de aceleración al estar sin depurador o con la mariposa abierta al máximo, su presión sube 1 psi, lo cual no es una variación significativa con respecto a su presión en condición normal.

3.9. Cilindro N° 3 fase de compresión

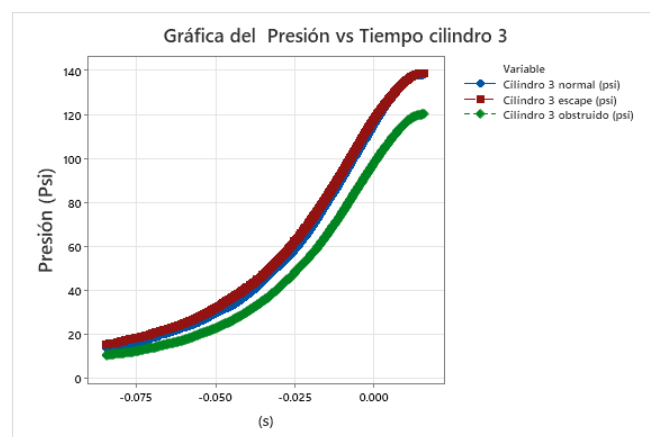


Figura 28. Gráfica Compresión Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 3.

Tabla 22: Valores de Presión en fase de compresión; Cilindro 3.

Cilindro 3	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	138.1039243	10.0784944
Tubo de escape obstruido	138.9040239	10.57382206
Cuerpo de aceleración obstruido	120.4242084	10.49761973

En la figura 28, la prueba que presenta una caída en su presión es la del cuerpo de aceleración obstruido debido a que como no absorbió el suficiente aire, su presión no será eficiente para la fase de compresión denotando su caída a 120,42 psi, con respecto a la prueba de escape al no verse afectado al momento de absorber aire, en su fase de compresión no presenta una caída en su presión.

Cuerpo de aceleración obstruido	120.4242084	10.57382206
--	-------------	-------------

Continuando con la fase de escape en la fig 30. se logra observar aun el decaimiento de presión en la prueba de cuerpo de aceleración obstruido, ya que como se mencionó no absorbió el suficiente aire para su respectiva compresión, aclarando que es la presión más baja con respecto a su condición normal y escape obstruido.

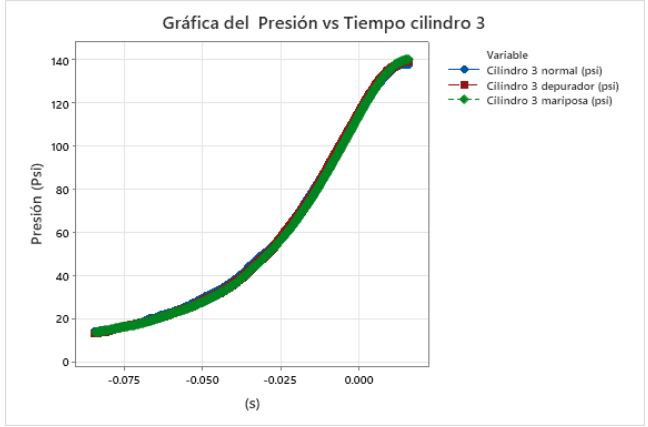


Figura 29. Gráfica Compresión Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 3.

Tabla 23: Valores de Presión en fase de compresión; Cilindro 3.

Cilindro 3	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	138.1039243	10.0784944
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	140.6948537	10.57382206
Sin depurador	139.5898948	10.57382206

Para la figura 29. existe una variación de 1 a 2 psi, esta variación es mínima o insignificante ya que al estar la mariposa de aceleración abierta ingresa más aire, pero no es muy notorio con respecto a la condición normal, de igual manera, al encontrarse sin depurador no recibe un caudal fijo por lo que absorbe más aire, pero sin marcar una diferencia significativa.

3.10. Cilindro N° 3 fase de escape

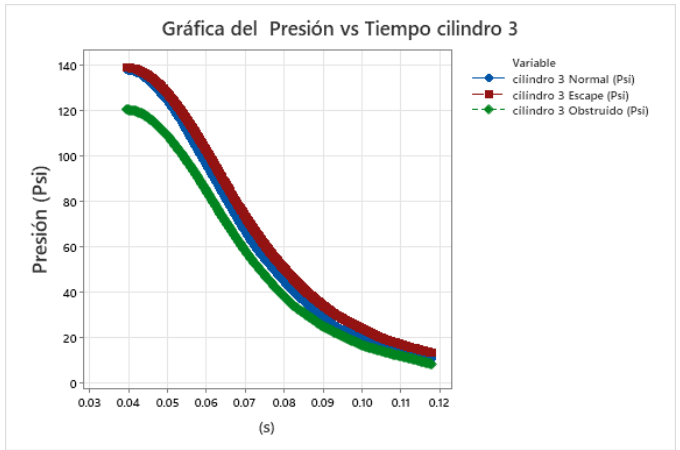


Figura 30. Gráfica Escape Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 3.

Tabla 24: Valores de Presión en fase de escape; Cilindro 3.

Cilindro 3	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	138.1420005	10.61193572
Tubo de escape obstruido	138.9040239	10.5357209

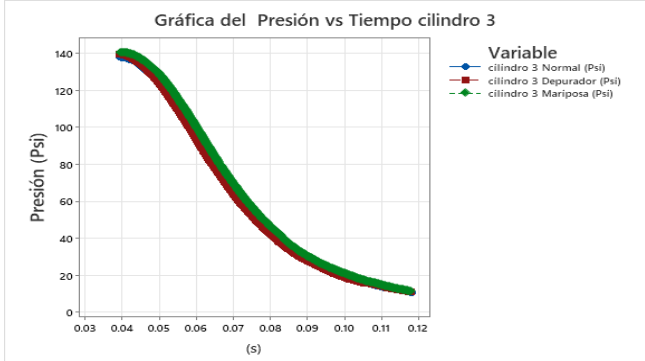


Figura 31. Gráfica Escape Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 3.

Tabla 25: Valores de Presión en fase de escape; Cilindro 3.

Cilindro 3	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	138.1420005	10.61193572
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	140.6948537	10.57382206
Sin depurador	138.9040239	10.5357209

En la fig 31. se indica la poca variación que hay con respecto al estado normal de 2 psi en la prueba de mariposa cuerpo de aceleración abierta.

3.11. Cilindro N° 4 fase de admisión

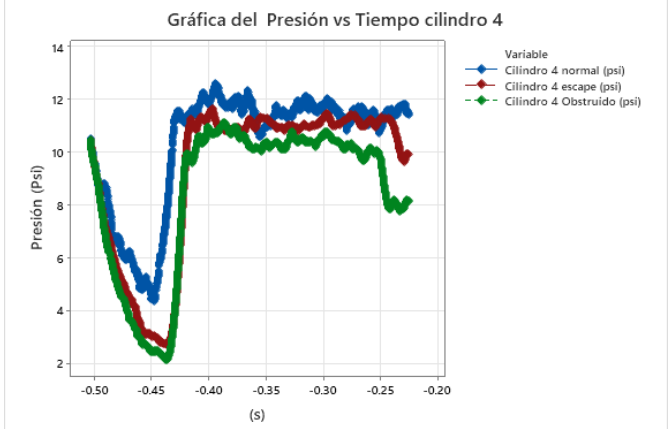


Figura 32. Gráfica Admisión Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 4.

Tabla 26: Valores de Presión en fase de admisión; Cilindro 4.

Cilindro 4	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)

Motor en condición normales	12.63138501	4.324968348
Tubo de escape obstruido	11.67880587	2.686555704
Cuerpo de aceleración obstruido	11.14536455	2.115013216

Para el cilindro cuatro al presentar una mejor compresión y hermeticidad, tanto medida como calculada, se nota mucho más su absorción, al provocar sus fallos ya que se puede observar un pico de caída más notorio en su presión después del cruce de válvulas.

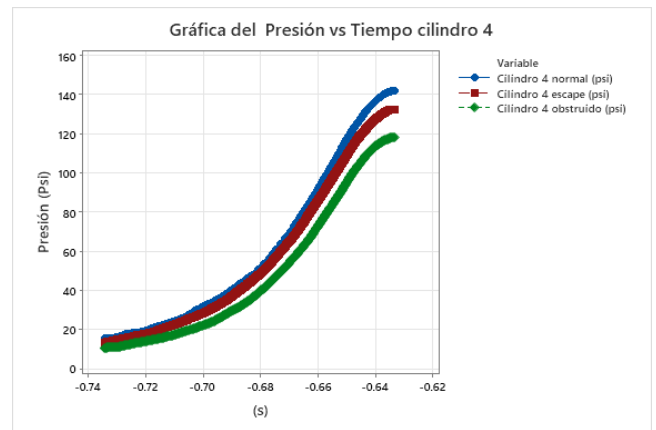


Figura 34. Gráfica Compresión Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 4.

Tabla 28: Valores de Presión en fase de compresión; Cilindro 4.

Cilindro 4	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	142.2190252	11.41208521
Tubo de escape obstruido	132.6551577	10.49761973
Cuerpo de aceleración obstruido	118.3285193	10.57382206

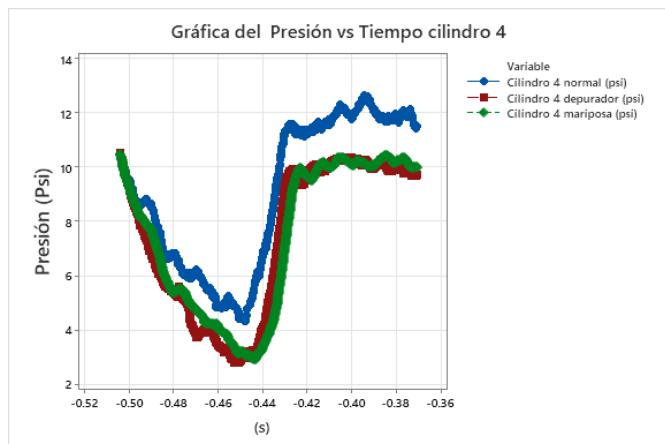


Figura 33. Gráfica Admisión Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 4.

Tabla 27: Valores de Presión en Admisión Cilindro 4.

Cilindro 4	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	12.63138501	4.324968348
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	10.49761973	2.915162712
Sin depurador	10.5357209	2.76275804

Como se mencionó con anterioridad al ser el mejor cilindro con la mejor compresión, denota una caída leve de presión en las pruebas realizadas, al momento de iniciar la fase de admisión.

3.12. Cilindro N° 4 fase de compresión

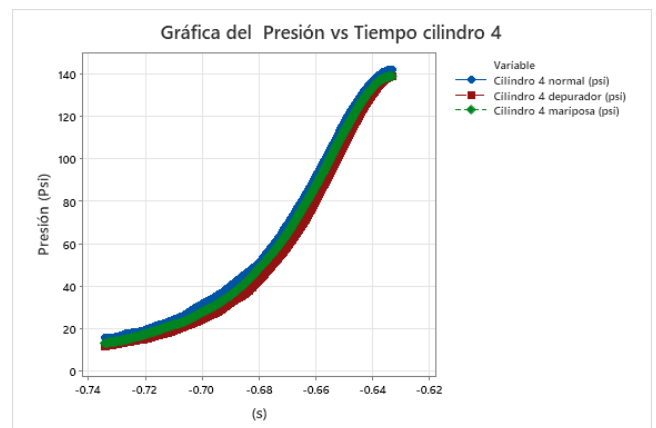


Figura 35. Gráfica Compresión Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 4.

Tabla 29: Valores de Presión en fase de compresión; Cilindro 4.

Cilindro 4	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	142.2190252	11.41208521
Mariposa cuerpo de aceleración abierta	138.9040239	10.57382206
Sin depurador	139.1326059	10.49761973

Al igual que en la figura 35, anterior, en este cilindro representa una caída en sus presiones máximas de 4 psi con respecto al normal, de esta

forma se observa como al provocar fallos el motor experimenta cambios notorios.

3.13. Cilindro N° 4 fase de escape

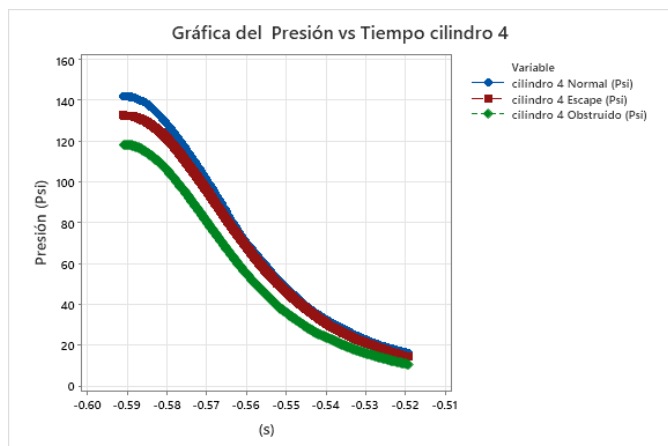


Figura 36. Gráfica Escape Normal (Psi); Tubo de escape obstruido (Psi); Cuerpo de aceleración obstruido (Psi) vs Tiempo; Cilindro 4.

Tabla 30: Valores de Presión en fase de escape; Cilindro 4.

Cilindro 4	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	142.2190252	10.57382206
Tubo de escape obstruido	132.6551577	10.49761973
Cuerpo de aceleración obstruido	118.3285193	10.57382206

Continuando con la caída de presión, se observa cómo afecta a la fase de compresión en cada prueba realizada, ya que, al obstruir la salida de los gases, así como el ingreso de aire, provocan fallas en su mecánica.

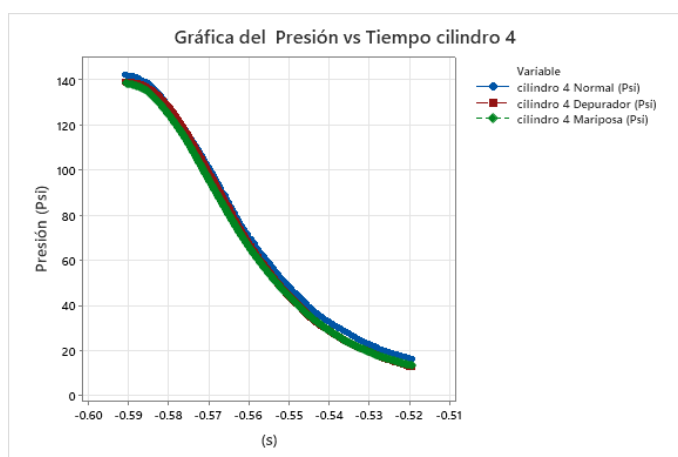


Figura 37. Gráfica Escape Normal (Psi); Mariposa abierta (Psi); Sin depurador (Psi) vs Tiempo; Cilindro 4.

Tabla 31: Valores de Presión en fase de escape; Cilindro 4.

Cilindro 4	Presión máxima (psi)	Presión mínima (psi)
Motor en condición normales	142.2190252	10.57382206

Mariposa cuerpo de aceleración abierta	138.9040239	10.49761973
Sin depurador	139.1326059	10.49761973

En la siguiente figura 37, denota que la caída es de 4 psi en la mariposa de aceleración abierta y 3 psi sin depurador, esto porque al no estar en condición normal, su flujo de aire no ingresa correctamente.

4. Conclusiones

Mediante este estudio se realiza la obtención de oscilogramas para el precedente análisis, donde se logró determinar las diferentes fases de arranque del motor, de igual forma mediante estos datos recopilados se realizó un análisis matemático, así como estadístico.

Se valida el siguiente estudio ya que, en cuanto al análisis matemático, estadístico vs la toma de pruebas no existe una diferencia significativa, esto ya que las compresiones medidas y calculadas son casi iguales con una mínima diferencia.

Para este estudio se realizó 80 pruebas, de las cuales se realizó un promedio de todas para una mayor certeza en cuanto a los resultados se trata.

En el proceso de este estudio el vehículo Chevrolet Aveo emotion 1.6 V, se encontraba en óptimas condiciones tanto mecánica, eléctrica y electrónica, donde se puede asegurar que las pruebas y datos recolectados son confiables, durante el diagnóstico, las evaluaciones realizadas en los fallos provocados, dando cumplimiento a los objetivos planteados.

De acuerdo con el estudio y pruebas realizadas, el fallo que más afecto fue el de cuerpo de aceleración obstruido, esto ya que, al no ingresar suficiente caudal de aire, la presión en la fase de admisión decayó, al igual que en las fases de compresión y escape, afectando a sus picos más altos.

5. Referencias

800 rpm import tools. (n.d.). Medidor de Compresión OTC – 5605 DELUXE – 8000RMPTools.

Álvarez, N., Huérfano, J., & Ojeda, O. (2015). DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS ESTÁTICO PARA PRUEBA Y CARACTERIZACIÓN DE MOTORES COHETE. <https://www.researchgate.net/publication/277012032>.

Cabascango, G., Davila, P., Luis Mena, I., & Germán Erazo, I. (2014). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DIDÁCTICO DE INYECTORES DIESEL PIEZOELÉCTRICOS CON VISUALIZACIÓN GRÁFICA DE SEÑALES OPERATIVAS A TRAVÉS DE UN OSCILOSCOPIO.

Cahueñas, A., Chaves, J., & Torres, A. (2018). Estudio de Compresión de un Motor Diésel y Gasolina en Función del Amperaje.

Calle, E., & Rivas, D. (2014). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÚLTIPLE DE ESCAPE PARA EL MOTOR YAMAHA FZR600 DE LA FORMULA SAE.

Castillo, J., & Rojas, V. (2015). 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.

Garcia, V. (2014). Control electrónico de variación de fase en el árbol de levas para un cabezote de un motor corsa.

Jiménez, D. N., & Solorio, F. J. (2007). Campo de Flujo no Estacionario en un Modelo del Múltiple de Admisión de un Motor de Combustión Interna. In *Información Tecnológica* (Vol. 18, Issue 2).

Jimenez, J. (2016). COMPROBACIÓN DE LAS SEÑALES EMITIDAS POR LOS INYECTORES

EN DETERMINADOS REGÍMENES DEL MOTOR UTILIZANDO EL OSCILOSCOPIO EN UN VEHÍCULO CHEVROLET SAIL 1.4L.

Narváez, J., & Narváez, J. (2019). ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ BOSCH FSA – 500.

Pico Technology. (2016). Glasklare Wellenformanalyse PicoScope ® 4000A-Serie. www.picotech.com.

VICTOR ARMANDO HERNÁNDEZ CRUZ. (2010). PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA EN FUNCIONAMIENTO DE LA ZONA VIAL No. 14, DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ. 1–160.

Villamar, C. G., Fygueroa, S. J., & Martín, M. J. (2009). Influencia de algunos parámetros sobre el ciclo de un motor de encendido por compresión. *Informacion Tecnologica*, 20(1), 67–72. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4009it.08>