



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

**RESTAURACIÓN MECÁNICA DE LA MAQUETA DIDÁCTICA CON MOTOR**  
**VOLKSWAGEN POLO 1.0 A GASOLINA**

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

**AUTORES: ALEX GEOVANNY CUMBE ORTIZ**  
**DARWIN SEBASTIÁN DAMIÁN TEPAN**  
**TUTOR: ING. FREDY GONZALO TACURI MOSCOSO, MSc.**

Cuenca - Ecuador  
2023


## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Alex Geovanny Cumbe Ortiz con documento de identificación N° 0107531790 y Darwin Sebastián Damián Tepan con documento de identificación N° 0150188449; 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.

Cuenca, 14 de julio del 2023

Atentamente,



---

Alex Geovanny Cumbe Ortiz

0107531790



---

Darwin Sebastián Damián Tepan

0150188449

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

Nosotros, Alex Geovanny Cumbe Ortiz con documento de identificación N° 0107531790 y Darwin Sebastián Damián Tepan con documento de identificación N° 0150188449, 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 Proyecto técnico: “Restauración mecánica de la maqueta didáctica con motor Volkswagen Polo 1.0 a gasolina”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, 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.

Cuenca, 14 de julio del 2023

Atentamente,



---

Alex Geovanny Cumbe Ortiz

0107531790



---

Darwin Sebastián Damián Tepan

0150188449

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Fredy Gonzalo Tacuri Moscoso con documento de identificación N° 0103369542, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaró que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: RESTAURACIÓN MECÁNICA DE LA MAQUETA DIDÁCTICA CON MOTOR VOLKSWAGEN POLO 1.0 A GASOLINA, realizado por Alex Geovanny Cumbe Ortiz con documento de identificación N° 0107531790 y por Darwin Sebastián Damián Tepan con documento de identificación N° 1105211583, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 14 de julio del 2023

Atentamente,



---

Ing. Fredy Gonzalo Tacuri Moscoso, Msc.

0103369542

**DEDICATORIA**

*El presente proyecto les dedico a mis padres Geovanny Cumbe y Eva Ortiz, por su amor incondicional, paciente y sacrificio. Gracias por creer en mí y por ser mi fuente de inspiración constante. A mis profesores, quienes me han guiado de sabiduría y dedicación a lo largo de este proceso académico. Su experiencia y enseñanzas han sido fundamentales para mi crecimiento intelectual y personal. A mis amigos y seres queridos, quienes han estado en los momentos de alegría y también en los desafíos. Dedico esta tesis a todas aquellas personas que sueñan en grande y persiguen sus metas con pasión y determinación.*

***Alex Geovanny Cumbe Ortiz***

## DEDICATORIA

*El presente trabajo de titulación va dedicado para Dios por las bendiciones que me ha brindado en este camino de la vida personal y académicos, a mis padres, Carlos Damián y María Tepan, quienes siempre creyeron y en mí y me brindaron amor y confianza en todo mi ámbito educativo, ya que su palabra de aliento y sacrificio ha sido mi mayor motivación en cada paso que he dado.*

*A mis hermano y hermana, quien me han aspirado con su ejemplo de superación, demostrando que la vida es un reto a superar cualquier obstáculo, en mi crecimiento personal y profesional, les dedico este logro. A mis amigos y amigas, que ha estado durante toda mi carrera, vuestras palabras de aliento, ánimo y compañía han sido una alegría en los momentos de duda y han agregado un significado especial es este logro. A mis profesores y mentores, cuya sabiduría han sido fundamental en mi formación, su pasión por el conocimiento y vuestro compromiso con mi crecimiento académico han dejado huellas profundas en mí.*

***Darwin Sebastián Damián Tepán***

**AGRADECIMIENTO**

*Primeramente, a Dios por no haberme dejado caer en ninguno de los obstáculos que se presentaron, por darme las fuerzas necesarias para continuar con este proyecto de titulación, además quiero agradecer a mi familia y amigos por su constante apoyo emocional y palabras de aliento. Su comprensión y motivación fueron indispensables para mantenerme enfocado en este proyecto durante los momentos más difíciles.*

*A nuestro tutor Ing. Freddy Tacuri por su asesoría y disposición, quien que con sus conocimientos y apoyo nos guio durante cada una de las etapas de este proyecto.*

***Alex Geovanny Cumbe Ortiz***

**AGRADECIMIENTO**

*Agradezco primeramente a Dios y a la virgen por darme la vida y formar como un buen cristiano y honrado ciudadano.*

*A mis padres Carlos y María, les agradezco mucho por todo el esfuerzo y apoyo que me brindaron para que pueda terminar mi carrera. De igual manera a mi familia, quienes siempre brindaron su amor, paciencia y comprensión. Agradezco de igual manera a mis profesores y mentores, cuyo conocimiento y dedicación me ha guiado a mi formación académica. Su experiencia y sabiduría a uso fundamentales en mi desarrollo como ingeniero automotriz. De igual manera agradezco a mi tutor Ing. Fredy Tacuri por brindarme su apoyo y conocimiento para el desarrollo de este proyecto para poder culminar una gran etapa de mi vida. Por último, agradezco a mis compañeros, empresas e instituciones y a todas las personas que de alguna manera formaron parte de este proceso. Esta tesis es también un reflejo de mi dedicación, esfuerzo y compromiso.*

***Darwin Sebastián Damián Tepán***



## RESUMEN

La investigación desarrollada del trabajo de titulación está enfocada en la restauración mecánica de una maqueta didáctica de un motor Volkswagen Polo 1.0. Para poder lograr los objetivos se establecieron diversas etapas, las cuales se desarrollarán en este trabajo, de esta manera se expone la siguiente recopilación:

Primeramente, en la Etapa 1 del proyecto, se realizó una revisión bibliográfica para recopilar información sobre las características técnicas y especificaciones del motor Volkswagen Polo 1.0.

Terminada la Etapa 1, se inicia la Etapa 2 con el desarmado completo del motor y posteriormente a la reparación mecánica de los componentes internos a través de técnicas de metrología y procesos de mecanizado apoyándose en la recopilación de datos obtenidos en la Etapa 1.

Finalmente, en la etapa 3, cumpliendo los parámetros de la etapa 1 y 2, se procede a realizar pruebas dinámicas ejecutando cinco muestras de cada una, con estos resultados se elaboró un análisis estadístico en Minitab, para evaluar el comportamiento de la gráfica con respecto a la media, desviación estándar, intervalo de confianza al 95% y el error relativo para cada prueba. Con este estudio se obtuvo una media de 149.3 psi de compresión, 109.064 A de consumo de corriente, 5.8 % de fugas del cilindro y 0.4 % de hermeticidad del sistema de refrigeración, con estos garantiza la correcta reparación.

***Palabras Claves:*** *Análisis Estadístico, Metrología, Reparación mecánica, Proceso de manufactura.*

## ABSTRACT

The research developed for the degree work is focused on the mechanical restoration of a didactic model of a Volkswagen Polo 1.0 engine. In order to achieve the objectives, several stages were established, which will be developed in this work, thus the following compilation is presented:

First, in Stage 1 of the project, a bibliographic review was carried out to gather precise information on the technical characteristics, performance and specifications of the Volkswagen Polo 1.0 engine.

Once Stage 1 was completed, Stage 2 began with the complete disassembly of the engine and then the mechanical repair of the internal components through metrology techniques and machining processes based on the collection of data obtained in Stage 1.

Finally, in Stage 3, complying with and verifying the parameters of Stage 1 and 2, we proceed to perform the dynamic tests such as: leakage, compression, current consumption at start-up, tightness of the cooling system, in addition, with the values obtained from each check, a statistical analysis was performed to evaluate the behavior of the averages, standard deviation, confidence intervals at 95% of each specified test.

**Keywords:** *Statistical analysis, Metrology, Mechanical repair, Manufacturing process.*

## ÍNDICE GENERAL

	Paginas
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VII
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT .....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	20
2. PROBLEMA .....	21
2.1 Antecedentes .....	21
2.2 Importancia y Alcances.....	22
2.3 Delimitación.....	22
3. OBJETIVOS.....	23
3.1 Objetivo General.....	23
3.2 Objetivos Específicos.....	23
4. CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA ELABORAR UN MARCO TEÓRICO QUE PERMITA RECOPIRAR INFORMACIÓN TÉCNICA DEL FABRICANTE DEL MOTOR VOLKSWAGEN POLO 1.0L	
24	
4.1 Reseña Histórica .....	24
4.2 Descripción del Banco Didáctico de un motor Volkswagen Polo 1.0.....	25
4.3 Pruebas de evaluación del estado del motor .....	26
4.3.1 Pruebas Estáticas.....	26
4.3.2 Pruebas Dinámicas.....	29

4.4 Procesos de mecanizado aplicado en la reconstrucción del motor .....	35
4.4.1 Rectificación de cigüeñal .....	35
4.4.2 Rectificadora cilíndricas .....	37
4.4.3 Rectificadora de superficie plana para bloc y culata .....	38
4.4.4 Rectificación de válvulas .....	40
4.4.5 Proceso de asentamiento de válvulas .....	41
4.5 Datos técnicos de los elementos internos del motor .....	42
5.    CAPÍTULO 2: DESARROLLAR LA REPARACIÓN MECÁNICA DE LOS COMPONENTES INTERNOS MEDIANTE TÉCNICAS DE METROLOGÍA Y PROCESOS DE MECANIZADO PARA CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE .....	45
5.1 Restauración mecánica del banco didáctico del motor Volkswagen Polo 1.0.....	45
5.2 Pruebas Estáticas.....	45
5.2.1 Inspección Estructural.....	46
5.2.2 Prueba de Giro del motor .....	47
5.3 Pruebas Dinámicas.....	48
5.3.1 Pruebas de compresión .....	48
5.3.2 Prueba de consumo de corriente al arranque .....	49
5.4 Parámetros de Medición de los elementos del motor .....	50
5.4.1 Comprobación Bloque Motor .....	51
5.4.2 Comprobación del Cigüeñal .....	59
5.4.3 Comprobación de la Culata.....	66

6.	CAPITULO 3: EVALUAR EL MOTOR VOLKSWAGEN POLO 1.0, MEDIANTE COMPROBACIONES DE FUGAS, COMPRESIÓN, CONSUMO DE CORRIENTE DE ARRANQUE, HERMETICIDAD DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN, PARA GARANTIZAR SU FUNCIONALIDAD.....	76
6.1	Medio .....	76
6.2	Materiales.....	77
6.3	Maquinaria .....	78
6.4	Métodos.....	80
6.4.1	Pruebas de compresión .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.4.2	Prueba de consumo de corriente de arranque .....	81
6.4.3	Prueba de fugas .....	81
6.4.4	Prueba de hermeticidad del sistema de refrigeración .....	81
6.4.5	Diagrama de flujo .....	81
6.5	Mano de obra .....	83
6.6	Resultados .....	83
6.7	Análisis Estadístico.....	86
7.	CONCLUSIONES.....	96
8.	RECOMENDACIONES.....	99
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	100
10.	ANEXOS .....	103

### Tabla de Ilustraciones

<b>Figura 1</b> Delimitación geográfica UPS Matriz Cuenca .....	22
<b>Figura 2</b> Volkswagen Polo I (1975-1981) .....	24
<b>Figura 3</b> Banco Didáctica Motor Volkswagen Polo 1.0 .....	25
<b>Figura 4</b> Maqueta Didáctica Motor Volkswagen Polo 1.0 .....	27
<b>Figura 5</b> Prueba de rotación del cigüeñal.....	28
<b>Figura 6</b> Medidor de compresión.....	30
<b>Figura 7</b> Instrumento de medición pinza amperimétrica .....	31
<b>Figura 8</b> Instrumento medidor de fugas .....	32
<b>Figura 9</b> Instrumento probador de fugas para radiador.....	34
<b>Figura 10</b> Rectificación de cigüeñal .....	35
<b>Figura 11</b> Rectificadora cilíndrica .....	37
<b>Figura 12</b> Cepilladora de bloque y culata .....	39
<b>Figura 13</b> Rectificadora de válvula.....	40
<b>Figura 14</b> Proceso de asentamiento de las válvulas.....	41
<b>Figura 15</b> Inspección Estructural del motor Volkswagen Polo 1.0 .....	46
<b>Figura 16</b> Verificación de la prueba de giro de la polea del cigüeñal .....	47
<b>Figura 17</b> Instrumento de medición de Compresion.....	48
<b>Figura 18</b> Comprobación de consumo de corriente de arranque .....	49
<b>Figura 19</b> Puntos establecidos de la superficie del bloque motor.....	52
<b>Figura 20</b> Prueba de medición de superficie.....	52
<b>Figura 21</b> Comprobación de la conicidad del cilindro.....	53
<b>Figura 22</b> Comprobación de la ovalización del cilindro.....	54
<b>Figura 23</b> Comprobación de la holgura lateral de los segmentos .....	55

<b>Figura 24</b> Comprobación de holgura entre el pistón y cilindro usando galgas de espesores .....	56
<b>Figura 25</b> Comprobación de fugas de anillos de pistón.....	57
<b>Figura 26</b> Comprobación de la holgura entre el pistón y cilindro usando micrómetro .....	58
<b>Figura 27</b> Comprobación de la conicidad de bancada del cigüeñal.....	59
<b>Figura 28</b> Comprobación de ovalización de bancada del cigüeñal.....	60
<b>Figura 29</b> Comprobación de la conicidad de muñequilla de la biela.....	61
<b>Figura 30</b> Comprobación de la ovalización muñequilla de la biela.....	62
<b>Figura 31</b> Comprobación del juego axial del cigüeñal .....	63
<b>Figura 32</b> Comprobación de la alineación del cigüeñal.....	64
<b>Figura 33</b> Comprobación del descentramiento del volante .....	65
<b>Figura 34</b> Puntos establecidos de la superficie de la culata.....	66
<b>Figura 35</b> Medición de superficie de escape.....	67
<b>Figura 36</b> Medición de superficie de admisión.....	67
<b>Figura 37</b> Comprobación entre el vástago y su guía.....	68
<b>Figura 38</b> Comprobación de la cabeza de la válvula .....	69
<b>Figura 39</b> Comprobación de la longitud de los muelles .....	70
<b>Figura 40</b> Comprobación del paralelismo de los muelles.....	71
<b>Figura 41</b> Comprobación de la altura de las levas .....	72
<b>Figura 42</b> Ovalización de los apoyos del árbol de levas.....	73
<b>Figura 43</b> Comprobación de la alineación del árbol de levas .....	74
<b>Figura 44</b> Diagrama de flujo proceso de reparación.....	82
<b>Figura 45</b> Gráfica de prueba de compresión X Promedio- S Desv. Est.....	86
<b>Figura 46</b> Resumen de pruebas X, S, Intervalo de confianza al 95%.....	87

<b>Figura 47</b> Gráfica del promedio de la prueba de compresión.....	88
<b>Figura 48</b> Gráfica X Promedio y S Desv. Est. de consumo de corriente.....	89
<b>Figura 49</b> Resumen de pruebas X Promedio, S Desv. Est.e intervalo de confianza.....	90
<b>Figura 50</b> Gráfica de promedio del consumo de corriente.....	90
<b>Figura 51</b> Gráfica de perdida de fugas X Promedio - S Desv. Est. ....	91
<b>Figura 52</b> Resultado X Promedio , S Desv. Est. e Intervalo de confianza .....	92
<b>Figura 53</b> Gráfica de los promedios de prueba de fugas en cada cilindro .....	92
<b>Figura 54</b> Grafica de hermeticidad de refrigerante X Promedio y S Desv. Est.....	93
<b>Figura 55</b> Gráfica de X Promedio, S Desv. Est., Intervalo de confianza .....	94
<b>Figura 56</b> Gráfica del promedio- tiempo de fugas de hermeticidad. ....	95



### Referencias de Tablas

<b>Tabla 1</b> Información Técnica del Motor Volkswagen Polo 1.0L .....	26
<b>Tabla 2</b> Verificación del estado de los elementos del Banco Didáctico .....	28
<b>Tabla 3</b> Verificación de prueba de giro del motor .....	29
<b>Tabla 4</b> Matriz de evaluación para pruebas de compresión .....	30
<b>Tabla 5</b> Resultados obtenidos de la prueba de consumo de corriente.....	31
<b>Tabla 6</b> Rangos de mediciones del probador de fugas.....	33
<b>Tabla 7</b> Resultados obtenidos de la Prueba de fugas .....	33
<b>Tabla 8</b> Medición de hermeticidad del sistema de refrigeración .....	34
<b>Tabla 9</b> Datos técnicos del fabricante de los elementos del motor Volkswagen Polo 1.0L .....	42
<b>Tabla 10</b> Inspección Estructural de los elementos del banco didáctico .....	46
<b>Tabla 11</b> Prueba de giro del cigüeñal.....	48
<b>Tabla 12</b> Mediciones de la Prueba de Compresión.....	49
<b>Tabla 13</b> Resultados obtenidos de la prueba de consumo de corriente.....	50
<b>Tabla 14</b> Resultados de la planicidad de la superficie del bloque motor .....	53
<b>Tabla 15</b> Tabla de resultados de la comprobación.....	54
<b>Tabla 16</b> Tabla de resultado de la comprobación de la ovalización de los cilindros.....	55
<b>Tabla 17</b> Resultados de la comprobación de la holgura lateral de los segmentos .....	56
<b>Tabla 18</b> Comprobación de holgura entre el pistón y cilindro usando galgas de espesores .....	57
<b>Tabla 19</b> Comprobación de fugas de anillos de pistón .....	58
<b>Tabla 20</b> Resultados obtenidos de la comprobación de la holgura entre el pistón y cilindro usando micrómetro .....	59
<b>Tabla 21</b> Resultados obtenidos de la conicidad de bancada del cigüeñal .....	60
<b>Tabla 22</b> Resultados Obtenidos de la comprobación de ovalización de bancada del cigüeñal ..	61

<b>Tabla 23</b> Comprobación de la conicidad de muñequilla de la biela .....	62
<b>Tabla 24</b> Resultados obtenidos de la comprobación de la ovalización muñequilla de la biela ...	63
<b>Tabla 25</b> Resultados obtenidos de la comprobación del juego axial del cigüeñal.....	64
<b>Tabla 26</b> Resultados Obtenidos de la comprobación de la alineación del cigüeñal .....	65
<b>Tabla 27</b> Resultados obtenidos de la comprobación del descentramiento del volante motor.....	66
<b>Tabla 28</b> Resultados obtenidos de la comprobación de planicidad de la superficie de asiento de la culata.....	68
<b>Tabla 29</b> Resultados obtenidos de la comprobación del juego entre el vástago de la válvula y su respectiva guía .....	69
<b>Tabla 30</b> Resultados obtenidos de la comprobación de la cabeza de la válvula.....	70
<b>Tabla 31</b> Resultados de la comprobación de la longitud de los muelles.....	71
<b>Tabla 32</b> Resultados de la comprobación del paralelismo de los muelles .....	72
<b>Tabla 33</b> Resultados de la comprobación de la altura y ancho de las levas.....	73
<b>Tabla 34</b> Resultados de la comprobación de la ovalización de los apoyos del árbol de levas ....	74
<b>Tabla 35</b> Resultados de la comprobación de la alineación del árbol de levas .....	75
<b>Tabla 36</b> Condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca .....	76
<b>Tabla 37</b> Materiales y sus propiedades .....	77
<b>Tabla 38</b> Equipos de medición.....	78
<b>Tabla 39</b> Matriz de métodos y competencias establecidos para el personal.....	83
<b>Tabla 40</b> Resultados obtenidos prueba de compresión .....	84
<b>Tabla 41</b> Resultados obtenidos prueba de consumo de corriente .....	84
<b>Tabla 42</b> Resultados obtenidos prueba de fugas de cilindros .....	85
<b>Tabla 43</b> Resultados obtenidos prueba de hermeticidad del sistema de refrigeración.....	85

## ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Especificaciones técnicas del manual del fabricante Volkswagen Polo .....	103
<b>Anexo 2</b> Medidas de tolerancia y comprobaciones generales de un motor otto. ....	104
<b>Anexo 3</b> Proceso de ajuste y armado del motor. ....	107
<b>Anexo 4</b> Prueba de compresión y consumo de corriente de arranque en 5 corridas. ....	108
<b>Anexo 5</b> Prueba de fugas del cilindro en 5 corridas. ....	108
<b>Anexo 6</b> Prueba de hermeticidad en el sistema de refrigeración en 5 corridas. ....	109
<b>Anexo 7</b> Matrices guías para las comprobaciones dinámicas del motor. ....	109

## 1. INTRODUCCIÓN

La reparación de un motor de combustión interna es una tarea esencial en la formación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz, ya que les permite conocer el funcionamiento de uno de los sistemas más importantes en la industria automotriz. En el caso de la maqueta didáctica del motor Volkswagen Polo 1.0, de la Universidad Politécnica Salesiana, requiere una mayor relevancia, ya que los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en el aula durante la educación académica.

El motor debido a su uso continuo sufre desgaste y averías en sus componentes internos, lo que afecta el rendimiento y eficiencia, para diagnosticar esta anomalía es necesario realiza pruebas cuantitativas y cualitativas para evaluar su estado, así mismo para el mantenimiento correctivo se requiere de técnicas de metrología, sustitución de piezas desgastadas, diagnósticos de fallas y proceso de mecanizado, para que los estudiantes adquieran habilidades prácticas sobre el manejo de equipos, manuales, planos y diagramas técnicos.

Además, para garantizar su funcionalidad es necesario seguir parámetros establecidos por el fabricante para el armado correcto, también para verificar su efectividad se realiza pruebas dinámicas en frío, generando cinco muestras de cada uno, de esta manera, con los datos adquiridos se realiza un análisis estadístico en Minitab, para analizar el comportamiento de las grafica del promedio, desviación estándar, intervalo de confianza al 95 % y error relativo, estos resultados muestran el estado que se encuentra el motor después de la reparación.

## **2. PROBLEMA**

La maqueta didáctica con motor Volkswagen Polo 1.0 L a gasolina, debido al deterioro de pruebas y experimentos realizados por varios años, ha generado que no se pueda utilizar para el desarrollo de prácticas estudiantiles. La maqueta se encuentra con elementos internos rotos, en mal estado y deteriorados esto ha generado que el motor no funcione mientras se dé el mantenimiento correctivo adecuado de la máquina.

Actualmente se encuentra inoperativa y embodegada debido a daños de sus componentes internos como sistemas auxiliares y sistemas de gestión electrónica por lo tanto no se puede utilizar para fines académicos tales como prácticas, investigaciones y trabajos de titulación para los alumnos de la carrera de Ingeniería Automotriz.

### **2.1 Antecedentes**

El mantenimiento de motores de combustión interna es una actividad importante en la industria automotriz y la maquinaria en general, ya que los motores de combustión interna se han utilizado durante décadas en vehículos que van desde automóviles hasta camiones y motocicletas, y el mantenimiento y la reparación adecuados son esenciales para garantizar un rendimiento óptimo y prolongar la duración del motor, vida tiempo, esencialmente.

En los últimos años, el uso de tecnología avanzada en los motores de combustión interna ha hecho que el proceso de reparación sea más complejo, lo que se traduce en la necesidad de una mayor especialización y formación de mecánicos y técnicos. A pesar de los avances en tecnología eléctrica y la proliferación de vehículos eléctricos, el mantenimiento del motor de combustión interna sigue siendo esencial para la mayoría de los vehículos que circulan por las carreteras del mundo.

## 2.2 Importancia y Alcances

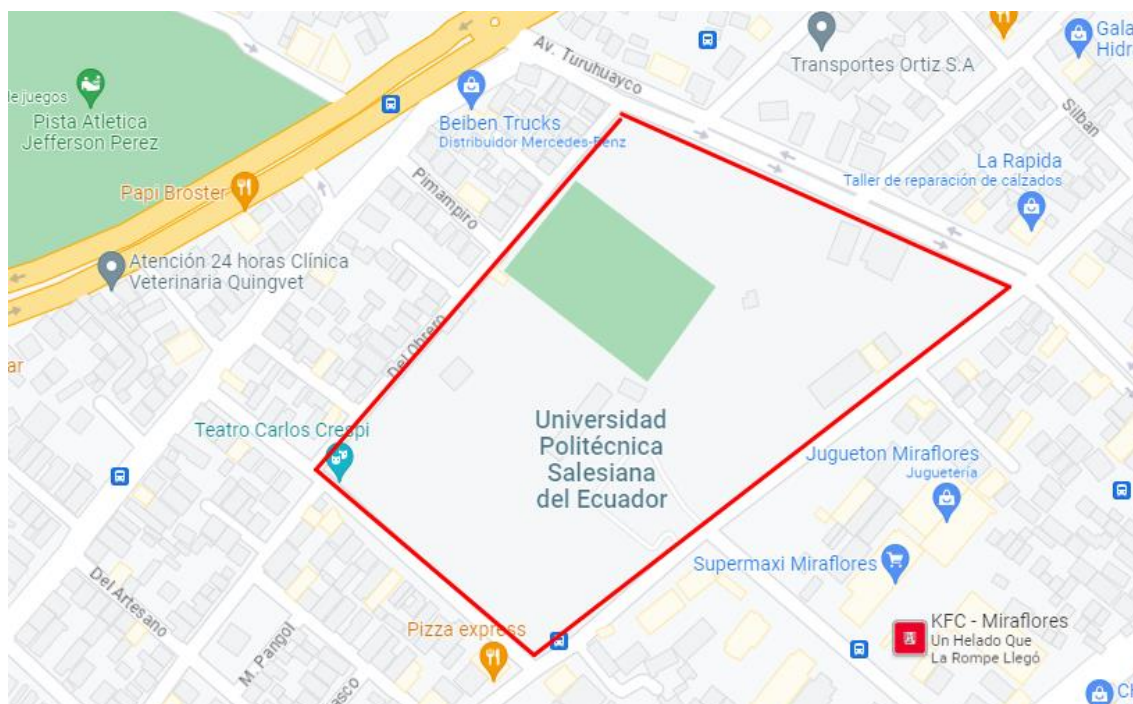
El beneficio a la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, con el aporte al conocimiento acerca del diagnóstico, desarmado y reparación de un motor Volkswagen 1.0; garantizando un buen funcionamiento de los componentes internos del motor como también la seguridad y eficiencia en su rendimiento.

## 2.3 Delimitación

El presente proyecto, se llevará a cabo en la Provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador, la cual tiene una altitud de 2500 m.s.n.m, una extensión de 70.59 km<sup>2</sup> y una población aproximada de 580000 habitantes.

### Figura 1

*Delimitación geográfica UPS Matriz Cuenca*



Fuente: Ubicación geográfica donde se realiza el proyecto. Tomado de Google

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Restauración mecánica de la maqueta didáctica con motor Volkswagen Polo 1.0 a gasolina.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un marco teórico mediante una revisión bibliográfica para la obtención de datos técnicos del fabricante del motor Volkswagen Polo 1.0 mediante investigaciones.
- Desarrollar la reparación mecánica de los componentes internos mediante técnicas de metrología y procesos de mecanizado para cumplir con las especificaciones del fabricante garantizando su correcto funcionamiento.
- Evaluar el motor Volkswagen Polo 1.0, mediante comprobaciones de fugas, compresión, consumo de corriente de arranque, hermeticidad del sistema de refrigeración, para garantizar su funcionalidad.

#### 4. CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA ELABORAR UN MARCO TEÓRICO QUE PERMITA RECOPIRAR INFORMACIÓN TÉCNICA DEL FABRICANTE DEL MOTOR VOLKSWAGEN POLO 1.0L

##### 4.1 Reseña Histórica

El Volkswagen Polo es un automóvil subcompacto diseñado y fabricado por la empresa automovilística alemana Volkswagen. El primer modelo de Polo se presentó en 1975 y desde entonces ha pasado por varias generaciones.

##### Figura 2

*Volkswagen Polo I (1975-1981)*



Fuente: Primer vehículo Volkswagen Polo I. Tomado de (Jex, 1994)

El desarrollo del Polo comenzó en la década de 1970 en respuesta al éxito de otros autos subcompactos como el Fiat 127 y el Renault 5. El objetivo de Volkswagen era crear un automóvil pequeño y económico que pudiera competir en el mercado europeo.

El Polo fue diseñado y desarrollado en la planta de Volkswagen en Wolfsburg, Alemania. El equipo de ingeniería y diseño de Volkswagen trabajó para crear un automóvil compacto que ofreciera a los pasajeros un interior espacioso y cómodo al mismo tiempo. El primer modelo de Polo se lanzó en 1975 con un motor de 0,9 litros y 40 caballos de fuerza. El automóvil fue un éxito instantáneo y se convirtió en uno de los modelos más vendidos de Volkswagen en Europa.



Desde entonces, el Polo ha pasado por varias generaciones y actualizaciones, mejorando constantemente el diseño, la tecnología y la eficiencia. Actualmente, el Polo es uno de los modelos Volkswagen más vendidos en todo el mundo.

#### 4.2 Descripción del Banco Didáctico de un motor Volkswagen Polo 1.0

En la Universidad Politécnica Salesiana se dispone una maqueta didáctica que cuenta con un motor Volkswagen Polo 1.0, que, debido a su uso continuo, el motor ha sufrido desgastes y averías en sus componentes, tanto mecánica como de gestión electrónica, afectando su funcionamiento, por tanto, es importante realizar su reparación. En la figura 3 se muestra el equipo didáctico de la institución.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende la reparación de este banco didáctico del motor en el cual implica las siguientes etapas:

- Etapa 1: La reconstrucción mecánica estructural del motor.
- Etapa 2: Las configuraciones eléctricas y electrónicas para su funcionamiento.

#### Figura 3

*Banco Didáctica Motor Volkswagen Polo 1.0*



Fuente: Elaboración Propia

En este apartado en la Tabla 1, se especifican los siguientes datos técnicos del motor Volkswagen Polo 1.0 a gasolina:

**Tabla 1**

*Información Técnica del Motor Volkswagen Polo 1.0L*

DATOS TECNICOS	
Modelo del motor	Volkswagen AER
Desplazamiento (cc)	999
Relación de compresión	10.5 : 1
Diámetro (mm)	67.1
Carrera (mm)	70.6
Cilindros	4
Potencia Nominal	37kw@5000rpm
Par nominal	86 Nm a 3400 rpm
Tipo de dinamómetro	Corriente de Foucault
Refrigeración	Aire enfriado
Máximo Poder	55 kW por 20 minutos
Sistema Inyección	Sobrealimentado

Fuente: Elaboración propia

### **4.3 Pruebas de evaluación del estado del motor**

Para el diagnóstico de un motor térmico de combustión interna se aplican pruebas estáticas y dinámicas, las que permiten evaluar su estado de manera cualitativa y cuantitativamente.

#### **4.3.1 Pruebas Estáticas**

Consiste en pruebas empíricas y de evaluación cualitativo, que se realizan con el fin de determinar el estado estructural del motor, las cuales pueden ser:

- Inspección estructural
- Prueba manual de giro del motor

### **Inspección estructural**

Es un proceso para determinar visualmente el estado del equipo, basado en los siguientes criterios como: corrosión, grietas, deformaciones y fisuras. En la figura 4 se observa el proceso de una inspección visual.

#### **Figura 4**

*Maqueta Didáctica Motor Volkswagen Polo 1.0*



Fuente: Elaboración Propia

Para el desarrollo de la inspección estructural se puede utilizar la Tabla 2, en el cual, se enlista los elementos a analizar, los criterios de valoración cualitativa, y el estado en el que se encuentra.

**Tabla 2**

*Matriz guía del estado de los elementos del Banco Didáctico*

Denominación del elemento	Criterios de evaluación cualitativa			Estado	
	Corrosión	Grieta	Deformación	Bueno	Malo

Fuente: Elaboración propia

### **Prueba de giro del motor**

La prueba de giro aplicada al cigüeñal, consiste en una prueba empírica de evaluación cualitativa que se realiza con el fin de evaluar los elementos internos del motor para determinar que no presenten gripado o giros irregulares. Esta prueba se realiza como se muestra en la figura 5.

**Figura 5**

*Prueba de rotación del cigüeñal*



Fuente: Elaboración Propia

Para la verificación de prueba de giro del motor se puede utilizar la siguiente tabla 3 como guía en base a una evaluación cualitativa.

**Tabla 3**

*Matriz guía de prueba de giro del motor*

Criterios de evaluación				Diagnostico	
Prueba	Libremente	Ruido	Atascamiento	Bueno	Malo
Giro del Cigüeñal					

Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.2 Pruebas Dinámicas**

Las pruebas dinámicas se utilizan para evaluar los parámetros de funcionamiento del motor, las que pueden ser:

- Pruebas de compresión
- Prueba de consumo de corriente al arranque
- Prueba de fugas
- Hermeticidad del sistema de refrigeración

#### **Pruebas de compresión**

La prueba de compresión es un parámetro de funcionamiento importante para determinar las prestaciones del motor, ya sea que éste tenga bajo consumo de combustible, bajas emisiones contaminantes y pérdida de potencia, por lo que mediante este diagnóstico permite verificar el estado de los elementos internos del motor y ubicar la anomalía. Para realizar esta medición se utiliza un compresímetro como se muestra en la figura 6.

**Figura 6***Medidor de compresión*

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar las mediciones de compresión y el estado del motor, se puede realizar una evaluación cualitativa en la cual se puede utilizar la siguiente tabla 4 como guía.

**Tabla 4***Matriz guía para pruebas de compresión*

Criterios de evaluación			Diagnostico
Cilindro	Valor medido (psi)	Valor referencia (psi)	
1	85 (Ejemplo)	135 - 150	Mala compresión
2			
3			
4			

Fuente: Elaboración propia

## Prueba de consumo de corriente al arranque

Esta prueba es un procedimiento utilizado para medir la cantidad de corriente eléctrica requerida para poner en marcha el motor, ya que el arranque del motor es una fase crítica que requiere impulso de energía adicional para superar la resistencia inicial y vencer la inercia del sistema. Para su medición se utiliza una pinza amperimétrica como se muestra en la figura 7 y en la tabla 5 se presenta los resultados obtenidos.

**Figura 7**

*Instrumento de medición pinza amperimétrica*



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 5**

*Matriz guía de resultados obtenidos de la prueba de consumo de corriente*

	<b>Medición (Amperios)</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Prueba 1</b>	80(Ejemplo)	100 a 150 A		X
<b>Prueba 2</b>				
<b>Prueba 3</b>				

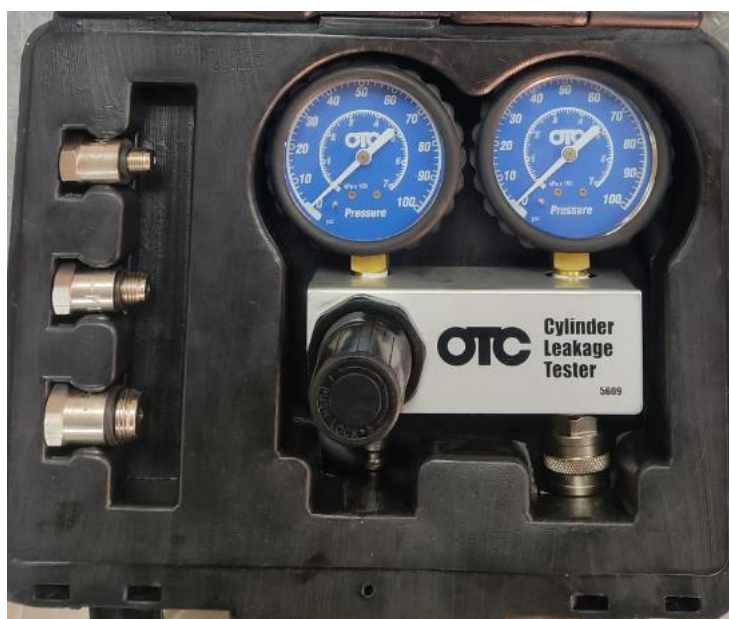
Fuente: Elaboración propia

## Prueba de Fugas

Esta prueba es un método que consiste en determinar los lugares por donde el motor podría estar perdiendo compresión, que puede ser causados por, empaque de la culata, anillos desgastados excesivamente, válvulas tanto de admisión y de escape mal asentadas. Por lo que para su medición se utiliza un comprobador de fugas, que se muestra en la figura 8.

### Figura 8

*Instrumento medidor de fugas*



Fuente: Elaboración Propia

Si el motor está en buen estado, debería escapar muy poco aire los cilindros, por lo cual para realizar el diagnostico se puede utilizar la siguiente tabla 6 como guía, que nos muestra los rangos de medición del probador de fugas.



**Tabla 6***Rangos de mediciones del probador de fugas*

	<b>Porcentaje de Fuga</b>	<b>Condición</b>	<b>Diagnostico</b>
<b>Resultado 1</b>	5 – 10 %	Perfecta Condición	Óptimo funcionamiento del motor.
<b>Resultado 2</b>	20 %	Buenas Condiciones	Dentro de los parámetros normales del motor.
<b>Resultado 3</b>	25 - 40 %	Fugas Moderadas	Leves perdidas de rendimiento.
<b>Resultado 4</b>	40 – 70 %	Fugas Importantes	Reducción importante en la potencia que puede generar el motor.
<b>Resultado 5</b>	70 – 100 %	Fugas Excesivas	Emisiones contaminantes, pérdida de aceleración o potencia.

Fuente: Elaboración propia

Además, para determinar los parámetros de diagnóstico usando el comprobador de fugas se puede guiar de la siguiente tabla 7.

**Tabla 7***Matriz guía de resultados obtenidos de la Prueba de fugas*

<b>Criterios de evaluación</b>			<b>Diagnostico</b>			
Cilindros	Presión de prueba (psi)	% de perdida	Válvula de admisión	Válvula de escape	Anillo de cilindros	Empaques
<b>1</b>	80 (Ejemplo)	25			X	
<b>2</b>						
<b>3</b>						
<b>4</b>						

Fuente: Elaboración propia

### **Hermeticidad del sistema de refrigeración**

La finalidad de esta prueba es determinar que no exista fugas del refrigerante en los diferentes puntos del circuito del sistema de refrigeración, ya que puede ocurrir fugas en muchas superficies

selladas, juntas de agua, mangueras, radiador, tapones de block y bomba de agua, que pueden permitir que el refrigerante se fugue, además, el tinte del anticongelante puede ayudar a detectar estas fugas. Para realizar esta comprobación se utiliza una bomba manual de estanqueidad que se muestra en la figura 9 y en la tabla 8 se muestra una guía cualitativa para el diagnóstico de rango de mediciones del sistema de refrigeración.

### Figura 9

*Instrumento probador de fugas para radiador*



Fuente: Elaboración Propia

### Tabla 8

*Matriz guía de medición de hermeticidad del sistema de refrigeración*

Criterios de evaluación			Diagnostico			
Prueba	Presiones (psi)	Tiempo (min.)	Radiador	Tapón del block	Mangueras	Bomba de agua
1	3	10				
2	7	10				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Procesos de mecanizado aplicado en la reconstrucción del motor

Para la reconstrucción mecánica del motor se aplica los siguientes:

- Rectificadora de Cigüeñal.
- Rectificadora Cilíndricas.
- Rectificadora de superficie planas para block y culata.
- Rectificación de válvulas de admisión y escape.

##### 4.4.1 *Rectificación de cigüeñal*

Su función principal es rectificar y pulir tanto los muñones de biela como de bancada mediante el proceso de arranque de viruta, con presión en acabado basado en tolerancias establecida por el fabricante. Mediante la figura 10 se observa el equipo rectificador.

#### Figura 10

*Rectificación de cigüeñal*



Fuente: Maquina para el rectificado de cigüeñal automotriz. Tomado de (Salas , 2017, pág. 2)

**Proceso de operación:**

Según (Krar & Check , 2002, pág. 745) establece los pasos para este proceso.

1. Realizar una limpieza verificando que no exista sustancias de aceite o basura en el elemento.
2. Verificar el desgaste del punto del cigüeñal.
3. Medir los muñones de la bancada con el micrómetro de interiores.
4. Ajustar y centrar los puños de la bancada en los apoyos del equipo de rectificación.
5. Proceder a rectificar con la ayuda de la piedra abrasiva a 2000 rpm, luego medir hasta llegar a la medida requerida por el manual.
6. Montaje y centrado del puño de bancada, se centra los puños de biela con la herramienta de ajuste y centrado.
7. Realizar una limpieza verificando que no exista sustancias de aceite o basura en el elemento.
8. Verificar el desgaste del punto del cigüeñal.
9. Medir los muñones de la bancada con el micrómetro de interiores.
10. Ajustar y centrar los puños de la bancada en los apoyos del equipo de rectificación.
11. Proceder a rectificar con la ayuda de la piedra abrasiva a 2000 rpm, luego medir hasta llegar a la medida requerida por el manual.
12. Luego de cortar el puño de bancada, se centra los puños de biela con la herramienta de ajuste y centrado.
13. Rectificado de los puños de biela.
14. Proceder a rectificar con la ayuda de la piedra abrasiva a 2000 rpm medimos hasta llegar a la medida requerida por el manual. Todo este proceso utiliza aceite para realizar.
15. Una vez desmontado del equipo, limpiar y asentar el cigüeñal en la bancada del bloque motor, verificar que gire suave y no tenga juego.

#### 4.4.2 Rectificadora cilíndricas

Este equipo tiene como finalidad rectificar los cilindros, que consiste en cortar las paredes del bloque, mediante arranque de viruta, con precisión al tamaño y con alto acabado superficial cilíndrica. Existen dos tipos de rectificadoras con centros y sin centros para esta actividad se usa la rectificadora con centros, como se observa en la figura 11.

**Figura 11**

*Rectificadora cilíndrica*



Fuente: Maquina para pulir los cilindros del block. Tomado de (Salas , 2017, pág. 4)

#### **Proceso de operación:**

Según (krar, Gill, & Smid, 2009, pág. 724) establece los siguientes pasos para la rectificación.

1. Monte la pieza de trabajo en un mandril de collar o un plato de sujeción. Debe tenerse cuidado para no deformar las piezas delgadas.
2. Gire el aditamento de rectificado interno en su lugar y monte el eje apropiado en el husillo. Para una rigidez máxima, el eje debe ser tan grande como sea posible, con el sobrepaso mínimo.
3. Monte la rueda que rectifique adecuada, tan grande como sea posible para el trabajo.
4. Ajuste la altura del eje hasta que su centro esté en línea con el eje central de la perforación sobre la pieza de trabajo.
5. Rectifique y afile la rueda de esmeril.
6. Ajuste la velocidad de rueda de 5000 a 6500 pie/min (1520 a 1980 m/min).
7. Ajuste la velocidad de la pieza de 150 a 200 pie/min (45 a 60 m/min).
8. Ajuste las bridas de la mesa de manera que solamente un tercio parte del ancho de la rueda sobrepase los extremos de la pieza al final de cada pasada. En las perforaciones ciegas, la brida debe ajustarse para invertir la mesa justo cuando la rueda libra el corte en la parte inferior la perforación.
9. Encienda la pieza y la rueda de rectificado.
10. Toque la rueda de rectificado con el diámetro de la perforación.
11. Encienda el refrigerante.

#### ***4.4.3 Rectificadora de superficie plana para bloc y culata***

Esta máquina tiene como finalidad la extracción de viruta mediante una herramienta llamada fresa, empleada para cortar aristas simétricamente alrededor del eje girando a velocidades constantes de esta manera arrancando el material y dejándole completamente plano y liso. Generalmente se emplea en culatas y bloques del motor, para corregir las deformidades producto del desgaste garantizando una planicidad y hermeticidad establecida por el fabricante, en la figura 12 se observa el equipo.

**Figura 12**

*Cepilladora de bloque y culata*



Fuente: Maquina para el cepillado de superficies planas. Tomado de (Salas , 2017, pág. 5)

**Proceso de Operación:**

Según este autor (krar, Gill, & Smid, 2009, pág. 699) describe los siguientes pasos para esta operación.

1. Realizar una limpieza profunda, verificando que no exista sustancias como aceite, limalla o basura sobre la pieza.
2. Monte la pieza sobre el mandril, colocando un pedazo de papel entre el mandril y la pieza.
3. Verifique que la pieza esté sujeta firmemente.
4. Ajuste los pernos de reversa de la mesa, de manera, que la rueda de rectificado quede libre sobre los dos extremos aproximada (25 mm).
5. Ajuste el avance transversal para realizar el tipo de rectificación.
6. Ponga la pieza bajo el esmeril aproximadamente 1/8 de del borne de la rueda.
7. Encienda la rectificadora baje la cabeza hasta que la rueda haga chispa y coloque aproximadamente 0.02 a 0.07 mm en corte de desbaste y 0.01 a 0.02 mm para cortes de acabado.
8. Encienda la mesa para que haga recorridos automáticos y coloque el papel para revisar los puntos altos.

9. Libere el imán y retire la pieza, levantando el borne, para romper la tracción magnética, este evitara ralladuras en el mandril.

#### **4.4.4 Rectificación de válvulas**

La misión de este equipo es corregir la parte dañada del asiento de válvulas, con el ángulo de inclinación adecuada y concéntrico con la guía, brindando una hermeticidad correcta. Esta máquina puede ser con agarre de válvula mecánico o neumático y rectifican la válvula con piedra esmeril que cuenta con rectificador diamantado de piedra, en la figura 13 se observa el equipo.

**Figura 13**

*Rectificadora de válvula*



Fuente: Máquina para el rectificado de la cabeza de las válvulas de escape y admisión. Tomado de (Salas , 2017, pág. 5)

#### **Proceso de operación:**

Según (Alvarad Acero, Cudco Medina, Iza Campaña, & Novoa Ilanga, 2019) establece los siguientes pasos para la rectificación:



1. Realizar una limpieza profunda y verificamos que no exista partículas de aceite o cualquier sustancia extra.
2. Reacondicionamiento del equipo y parámetros establecidos para la rectificación.
3. Colocamos la válvula en el vástago del equipo y verificamos que este centrado con el rodillo.
4. Utilizamos la regleta de graduación del equipo y colocamos el ángulo establecido en el diagnóstico para su proceso.
5. Encender el quipo y con el volante le acercamos a la cabeza de la válvula, hasta que haga contacto con la rueda rectificadora hasta el parámetro de desgaste especificado.
6. A vez realizado el paso 5 retirar la válvula girando el volante del equipo y presionar la válvula neumática de liberación del mandril y extraer la válvula rectificada.
7. Finalmente verificamos los parámetros y ángulos de rectificación con el equipo de mención.

#### **4.4.5 *Proceso de asentamiento de válvulas***

La finalidad del rodaje de las válvulas es permitir que la cara de la válvula obtenga un contacto perfecto y un cierre hermético con el asiento de la válvula y este, a su vez, quede listo y pulido. Esta operación se realiza utilizando una ventosa de válvulas, en la figura 14 se realiza el modo de operación.

#### **Figura 14**

*Proceso de asentamiento de las válvulas*



Fuente: Elaboración Propia

### Proceso de operación:

Según el autor (Leon & Choncha P, pág. 43) establece los siguientes pasos:

1. Coloque la pasta de esmeril de grano grueso la superficie de la cara de la válvula.
2. Inserte la válvula en su guía y asiento correspondiente.
3. Coloque sobre la cabeza de la válvula la ventosa del esmerilador de la válvula.
4. Presiona lentamente contra el asiento y gire la válvula de un lado al otro alternativamente.
5. Retire la válvula y verifique el proceso asignado y corrija si es necesario.
6. Limpie cuidadosamente la cara de la válvula y el asiento.
7. Junte con pasta de esmeril y grano fino en la misma forma hasta que garantice pulido perfecto, hágalo las veces que sea necesario.
8. Realizar la prueba correspondiente una vez armado el cabezote conjuntamente con las válvulas para garantizar una hermeticidad correcta de funcionamiento.

### 4.5 Datos técnicos de los elementos internos del motor

Es muy importante conocer los datos establecidos por el fabricante de los elementos principales del motor, verificando la cantidad de desgaste que ha sufrido el material tanto la deformación, ovalamiento y conicidad de los elementos del motor en el ciclo de funcionamiento.

Según (Jex, 1994) Anexo 1, establece los siguientes datos técnicos de los elementos del motor en la tabla 9:

**Tabla 9**

*Datos técnicos del fabricante de los elementos del motor Volkswagen Polo 1.0L*

Elemento	Valor	Val. Max. Desgaste
<b>Block Motor</b>		
Diámetro del cilindro	67.1 mm	
Carrera del cilindro	70.7 mm	
Diámetro del pistón	67.085 mm	

---

Anillo de compresión	
Anillo de raspado de aceite	0.15 mm
Anillo de fuego	
Separación del extremo del segmento del pistón	1 mm

#### **Válvula de admisión**

Diámetro del vástago de la válvula	6.967 mm
Deformación máxima de la cabeza de la válvula	1.0 mm

#### **Válvula de escape**

Diámetro del vástago de la válvula	6.950 mm
Deformación máxima de la cabeza de la válvula	1.3 mm

#### **Biela**

Diámetro de los muñones de biela	42 mm
Tolerancia	-0.022 a -0.037 mm
Holgura de funcionamiento de la cabeza de biela	0.010 a 0.047 mm
Límite de desgaste	0.091 mm
Longitud de biela	144 mm
Juego de empuje de cabeza de biela	0.05 a 0.31 mm
Flotador final máximo	0.07 a 0.24 mm

#### **Cigüeñal**

Holgura del cigüeñal	0.02 a 0.07 mm
Diámetro de los muñones del cojinete principal	54 mm
Pretensión del semicojinete – Mínimo	1.5 mm
Tolerancia	-0.017 a -0.037 mm

---

---

**Culata**

Altura mínima de la culata 135.6 mm

Pretensión del semicojinete – Mínimo

**Pistón**

Separación del extremo del segmento del pistón 1 mm

---

*Nota:* Datos técnicos del manual del fabricante del motor Volkswagen Polo 1.0. Tomado de (Jex, 1994).

## **5. CAPÍTULO 2: DESARROLLAR LA REPARACIÓN MECÁNICA DE LOS COMPONENTES INTERNOS MEDIANTE TÉCNICAS DE METROLOGÍA Y PROCESOS DE MECANIZADO PARA CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE**

### **5.1 Restauración mecánica del banco didáctico del motor Volkswagen Polo 1.0**

Los motores de combustión interna durante el uso continuo están expuesto a desgastes y pueden experimentar fallos o averías durante su proceso de funcionamiento. Para la reparación mecánica se aplicará pruebas estáticas que consiste en una inspección visual y una prueba de giro del cigüeñal, para verificar el estado actual previo a la reparación.

Una vez realizado las comprobaciones estáticas, se procede a desmontar los elementos auxiliares, luego con las partes fijas y finalmente las partes móviles. Después se procede a realizar las comprobaciones con los diferentes equipos de medición de los elementos, este análisis es importante para verificar las tolerancias de desgaste en el que se encuentra el elemento, con este diagnóstico poder saber si es necesario aplicar procesos de mecanizado o la sustitución del elemento que ha sobrepasado las tolerancias establecida por el fabricante.

Finalmente, al terminar el diagnóstico y las reparaciones respectivas, se procede a ensamblar el motor, por ende, es necesario seguir los procedimientos adecuados que garanticen un óptimo funcionamiento.

### **5.2 Pruebas Estáticas**

Consiste en pruebas empíricas y de evaluación cualitativo, que se realizan con el fin de determinar el estado estructural del motor, las cuales pueden ser:

### 5.2.1 Inspección Estructural

Esta inspección tiene la finalidad detectar posibles problemas o anomalías visibles que pueden afectar el funcionamiento del motor, como se observa en la figura 15 y en la tabla 10 se enlista los elementos del banco didáctico y su criterio de evaluación de estado.

**Figura 15**

*Inspección Estructural del motor Volkswagen Polo 1.0*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10**

*Inspección Estructural de los elementos del banco didáctico*

Denominación del elemento	Criterios de evaluación cualitativa			Estado	
	Corrosión	Grieta	Deformación	Bueno	Malo
Culata				X	
Bloque				X	
Carter				X	
Elementos de Sujeción				X	
Múltiple de Admisión				X	
Múltiple de Escape				X	
Cañerías	X				X

Volante motor	X	X
Cable de bujías	X	X
Filtro de aire	X	X
Filtro de aceite	X	X
Depurador	X	
Bobina de encendido		X
Riel de combustible		X

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 Prueba de Giro del motor

La verificación de prueba de giro del motor tiene como finalidad evaluar los elementos internos del motor para determinar que no presenten gripado o giros irregulares, de esta manera, se utiliza la siguiente tabla 11 como guía en base a una evaluación cualitativa, y en la figura 16 se muestra el proceso.

#### Figura 16

*Verificación de la prueba de giro de la polea del cigüeñal*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11***Prueba de giro del cigüeñal*

Criterios de evaluación				Diagnostico	
Prueba	Libremente	Ruido	Atascamiento	Bueno	Malo
Giro del Cigüeñal	x			x	

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Pruebas Dinámicas

Las pruebas dinámicas se utilizan para evaluar los parámetros de funcionamiento del motor, las cuales son:

#### 5.3.1 Pruebas de compresión

Esta prueba consiste en medir la presión interna de los cilindros del motor para evaluar la eficiencia y rendimiento del sistema de combustión. Se utiliza un medidor de compresión y la prueba se realiza como se muestra en la figura 17, en la tabla 12 se obtiene los siguientes resultados.

**Figura 17***Instrumento de medición de Compresion*

Fuente: Elaboración propia



Tabla 12

*Mediciones de la Prueba de Compresión*

	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4	Tolerancia	Bueno	Malo
<b>Prueba 1 (psi)</b>	0	65	65	0			x
<b>Prueba 2</b>	0	63	65	0	135 - 150 psi		x
<b>Prueba 3</b>	0	64	63	0			x

**Nota:** Cilindro 1 y 2 no cuentan con rines. Tomado de Autores (Cumbe, Damián)

### 5.3.2 Prueba de consumo de corriente al arranque

Esta prueba tiene la finalidad de medir la cantidad de corriente eléctrica que se requiere para poner en marcha el motor. Se utiliza una pinza amperimétrica y la prueba se realiza como se muestra en la figura 18, y en la tabla 13 se obtienen los resultados.

Figura 18

*Comprobación de consumo de corriente de arranque*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13**

*Resultados obtenidos de la prueba de consumo de corriente*

	<b>Medición (Amperios)</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Cilindro 1</b>	80			X
<b>Cilindro 2</b>	85			X
<b>Cilindro 3</b>	83	100 a 150 A		X
<b>Cilindro 4</b>	85			X

Fuente: Elaboración propia

#### **5.4 Parámetros de Medición de los elementos del motor**

Esta medición tiene como finalidad evaluar el estado y las tolerancias que se encuentran en el Anexo 2, de los componentes del motor, además al determinar las dimensiones y las holguras adecuadas, se puede identificar si existen desgastes, deformaciones o daños. Estos datos son fundamentales para diagnosticar correctamente las causas de los problemas y orientar las acciones de reparación de manera eficiente. De esta manera se realiza las siguientes comprobaciones:

##### **Comprobación Bloque Motor**

- Comprobación de la superficie del block motor.
- Comprobación de conicidad de los cilindros.
- Comprobación de la ovalización de los cilindros.
- Comprobación de la holgura lateral de los segmentos.
- Comprobación de holgura entre el pistón y cilindro usando galgas de espesores.
- Comprobación de fugas de anillos de pistón.
- Comprobación de la holgura entre el pistón y cilindro usando micrómetro.

### **Comprobación del Cigüeñal**

- Comprobación de la conicidad de bancada del cigüeñal.
- Comprobación de ovalización de bancada del cigüeñal.
- Comprobación de la conicidad muñequilla de la biela.
- Comprobación de la ovalización muñequilla de la biela.
- Comprobación del juego axial del cigüeñal.
- Comprobación del descentramiento del volante motor.

### **Comprobación de la Culata**

- Comprobación de planicidad de la superficie de asiento de la culata.
- Comprobación del juego de la válvula entre vástago y su guía respectiva.
- Comprobación de la cabeza de la válvula.
- Comprobación de la longitud de los muelles.
- Comprobación del paralelismo de los muelles.
- Comprobación de la altura de las levas.
- Comprobación de ovalización para los apoyos del árbol de levas.
- Comprobación del alineamiento en el árbol de levas.

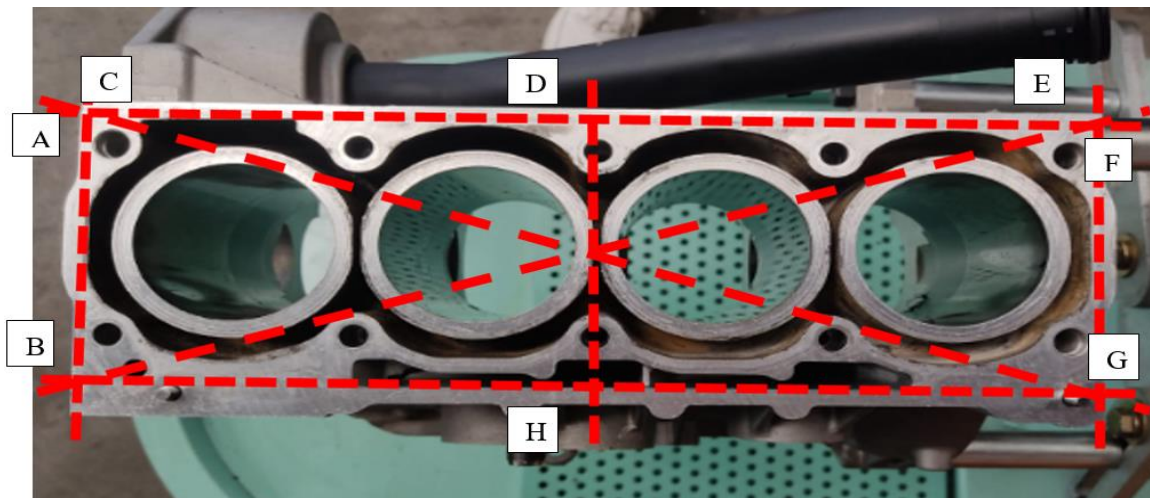
#### ***5.4.1 Comprobación Bloque Motor***

##### **Comprobación de la superficie del block motor**

Se utiliza el elemento de medición como es una regla patrón y el gauge (galgas de espesores) con la finalidad de verificar la uniformidad de la superficie comprobando en varios sentidos del block, si se encuentra desviaciones es necesario rectificar la superficie. Este proceso se realiza en los puntos establecidos como se muestra en las figuras 19 - 20 y mediante la tabla 14, se obtuvo los siguientes resultados.

**Figura 19**

*Puntos establecidos de la superficie del bloque motor*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 20**

*Prueba de medición de superficie*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14**

*Resultados de la planicidad de la superficie del bloque motor*

	AB	CD	DE	FG	GH	HB	DH	CG	BE	Tolerancia	Bueno	Malo
<b>Medida</b> <b>(mm)</b>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.15 mm	x	

Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación de conicidad de los cilindros**

Esta prueba se realiza con un alexómetro, que tiene la finalidad de evaluar la variación gradual en el diámetro del cilindro desde la parte inferior hasta la parte superior, esta operación se realiza como se muestra en la figura 21 y mediante la tabla 15, se obtuvo los siguientes resultados.

**Figura 21**

*Comprobación de la conicidad del cilindro*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15***Tabla de resultados de la comprobación*

Conicidad	Cilindro 1			Cilindro 2			Cilindro 3			Cilindro 4			Bueno	Malo
	MPS	Mitad	MPI	MPS	Mitad	MPI	MPS	Mitad	MPI	MPS	Mitad	MPI		
<b>Medida 1</b> (mm)	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		X
<b>Medida 2</b> (mm)	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02		

Fuente: Elaboración propia

**Comprobación de la ovalización de los cilindros**

Esta prueba se realiza con un alexómetro, que tiene la finalidad de evaluar la deformación en forma de elipse u ovalo que se puede presentar en la sección trasversal del cilindro, esta operación se muestra en la figura 22 y mediante la tabla 16, se obtuvo los siguientes resultados.

**Figura 22***Comprobación de la ovalización del cilindro*

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16**

*Tabla de resultado de la comprobación de la ovalización de los cilindros*

Ovalización	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4	Tolerancia	Bueno	Malo
Medida 1 (mm)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05 a 0.15 mm	x	
Medida 2 (mm)	0.01	0.01	0.02	0.02			

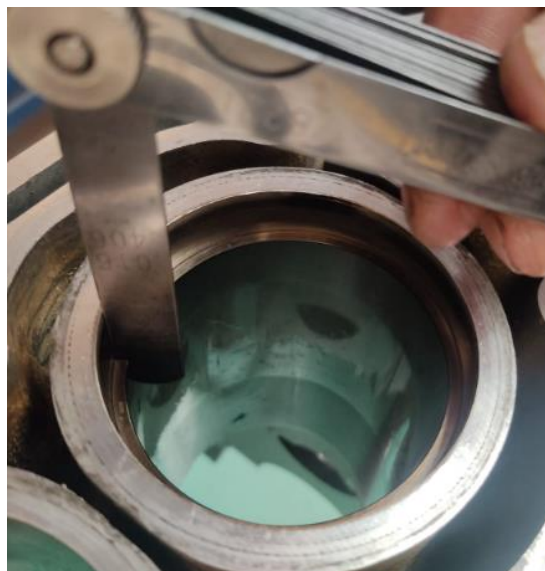
Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación de la holgura lateral de los segmentos**

Esta comprobación tiene la finalidad de evaluar la luz de puntas en los segmentos del pistón con el propósito de verificar la apertura del rin cuando se calienta, para esta medición se utiliza el gauge (galgas de espesores). Esta comprobación se realiza como se muestra en la figura 23 y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 17.

**Figura 23**

*Comprobación de la holgura lateral de los segmentos*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17**

*Resultados de la comprobación de la holgura lateral de los segmentos*

	<b>Cilindro 1</b>	<b>Cilindro 2</b>	<b>Cilindro 3</b>	<b>Cilindro 4</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Holgura (mm)</b>	0.406	0.406	0.356	0.381	0.15 a 0.35 mm		x

Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación de holgura entre el pistón y cilindro usando galgas de espesores**

Esta comprobación se realiza con el gauge (galgas de espesores), con la finalidad de verificar la holgura que existe entre la cabeza del pistón y el cilindro evitando la estanquidad de los pistones con respecto a la pared. Esta comprobación se realiza como se muestra en la figura 24 y mediante la tabla 18 se obtuvo los siguientes resultados.

**Figura 24**

*Comprobación de holgura entre el pistón y cilindro usando galgas de espesores*



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 18**

*Comprobación de holgura entre el pistón y cilindro usando galgas de espesores*

	<b>Cilindro 1</b>	<b>Cilindro 2</b>	<b>Cilindro 3</b>	<b>Cilindro 4</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Holgura (mm)</b>	0.10	0.10	0.13	0.13	0.05 a 0.15 mm	x	

Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación de fugas de anillos de pistón**

Esta comprobación se realiza en los rines de fuego y compresión usando el gauge (galgas de espesores) que tiene como finalidad verificar la holgura excesiva que existe entre el rin y el pistón, producto del bombeo continuo de aceite hasta la cabeza del pistón. Esta comprobación se realiza como se observa en la figura 25 y en la tabla 19 se obtuvo los siguientes resultados.

**Figura 25**

*Comprobación de fugas de anillos de pistón*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19***Comprobación de fugas de anillos de pistón*

	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4	Tolerancia	Bueno	Malo
<b>Segmento de Fuego (mm)</b>	No tiene	0.05	0.05	0.05			x
<b>Segmento de Compresion (mm)</b>	No tiene	0.05	0.05	0.05	0.05 a 0.15 mm		x
<b>Segmento de Lubricación (mm)</b>	No tiene	0.05	No tiene	No tiene			x

Fuente: Elaboración propia

**Comprobación de la holgura entre el pistón y cilindro usando micrómetro**

Esta comprobación se realiza con equipos de medición como el micrómetro de interiores y exteriores, que tiene como finalidad verificar si se encuentra en las tolerancias recomendadas por el fabricante y no exista estanquidad con los pistones, caso contrario se procederá al rectificado.

Esta comprobación se realiza como se muestra en la figura 26 y en tabla 20 se presenta los resultados obtenidos.

**Figura 26***Comprobación de la holgura entre el pistón y cilindro usando micrómetro*

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20**

*Resultados obtenidos de la comprobación de la holgura entre el pistón y cilindro usando micrómetro*

	<b>Cilindro 1</b>	<b>Cilindro 2</b>	<b>Cilindro 3</b>	<b>Cilindro 4</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Medida en la cabeza del pistón (mm)</b>	66.517	66.517	66.517	66.517			
<b>Medida en la falda del pistón (mm)</b>	67.075	67.075	67.075	67.075	0.05 a 0.15 mm		
<b>Medida del cilindro (mm)</b>	67.087	67.087	67.087	67.087			
<b>Holgura (mm)</b>	0.43	0.43	0.43	0.43			

Fuente: Elaboración propia

### **5.4.2 Comprobación del Cigüeñal**

#### **Comprobación de la conicidad de bancada del cigüeñal**

Esta comprobación se realiza con un micrómetro de exteriores de (50-75 mm) y tiene la finalidad de evaluar la variación gradual en el diámetro de la bancada de un extremo hasta el otro, esta operación se realiza tomando mediciones en la muñequilla en forma horizontal de toda la superficie, así como se muestra en la figura 27 y en la tabla 21 se presenta los resultados obtenidos.

**Figura 27**

*Comprobación de la conicidad de bancada del cigüeñal*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21**

*Resultados obtenidos de la conicidad de bancada del cigüeñal*

<b>Muñequilla</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Medida lado izquierdo (mm)</b>	54.45	54.95	54.55	54.44	54.38			
						Max.		
<b>Medida lado derecho(mm)</b>	54.44	54.94	54.53	54.43	54.39	0.04	x	
						mm		
<b>Deformación</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			

Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación de ovalización de bancada del cigüeñal**

Para esta comprobación se utiliza un micrómetro de exteriores (50-75 mm), tiene la finalidad de verificar la ovalización excéntrica que existe entre el apoyo del cigüeñal, esta comprobación se realiza de forma transversal y longitudinal. Este proceso se muestra en la figura 28 y en la tabla 22 se presenta los resultados obtenidos.

**Figura 28**

*Comprobación de ovalización de bancada del cigüeñal*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22**

*Resultados Obtenidos de la comprobación de ovalización de bancada del cigüeñal*

<b>Muñequilla</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Medida horizontal(mm)</b>	54.45	54.44	54.55	54.44	54.45	Max.		
<b>Medida vertical (mm)</b>	54.45	54.94	54.53	54.43	54.45	0.04 mm	x	
<b>Deformación</b>	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00			

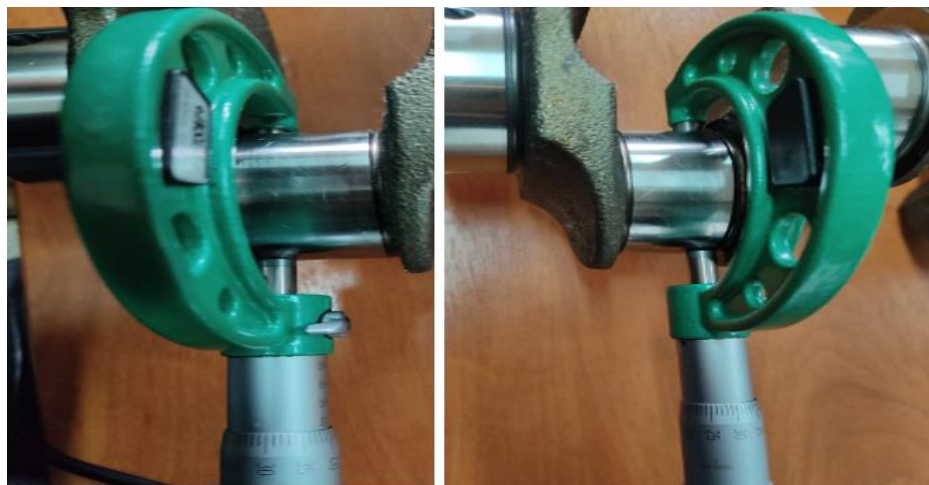
Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación de la conicidad de muñequilla de la biela**

Esta comprobación se utiliza un micrómetro de exteriores (50-70 mm), tiene como finalidad asegurar que la superficie cilíndrica de la muñequilla cumpla con las tolerancias y especificaciones requeridas. La conicidad se refiere al grado de desviación de la forma cilíndrica ideal de la muñequilla. Este proceso se realiza como se muestra en la figura 29 y en la tabla 23 se presenta los resultados obtenidos.

**Figura 29**

*Comprobación de la conicidad de muñequilla de la biela*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23**

*Comprobación de la conicidad de muñequilla de la biela*

<b>Muñequilla</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Medida lado izquierdo (mm)</b>	42.00	42.00	42.00	42.00			
<b>Medida lado derecho (mm)</b>	42.00	42.00	42.00	42.01	0.04 a 0.08 mm	x	
<b>Deformación</b>	0.00	0.00	0.00	0.01			

Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación de la ovalización muñequilla de la biela**

Esta comprobación se utiliza un micrómetro de exteriores (25-50 mm), que tiene como finalidad verificar si la forma de la muñequilla es oval o redonda. Si la muñequilla se vuelve oval, puede afectar negativamente la alineación y el movimiento del pistón. Esta comprobación se realiza como se muestra en la figura 30 y en la tabla 24 se presenta los resultados obtenidos.

**Figura 30**

*Comprobación de la ovalización muñequilla de la biela*



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 24**

*Resultados obtenidos de la comprobación de la ovalización muñequilla de la biela*

<b>Muñequilla</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Medida vertical</b>	42.00	42.00	42.00	42.00			
<b>(mm)</b>					Max.		
<b>Medida la</b>	42.00	42.00	42.00	42.01	0.04	x	
<b>horizontal (mm)</b>					mm		
<b>Deformación</b>	0.00	0.00	0.00	0.01			

Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación del juego axial del cigüeñal**

Esta comprobación se realiza utilizando un gauge (galgas de espesores), que tiene como finalidad medir el juego axial que existe en el cigüeñal cuando se caliente y sufre una dilatación axial, en la cual puede ser un solo cuerpo o independientes en forma de medialunas que pueden ser de 2 a 4. Esta comprobación se realiza moviendo el cigüeñal en forma transversal como se muestra en la figura 31 y en la tabla 25 se presenta los resultados obtenidos.

**Figura 31**

*Comprobación del juego axial del cigüeñal*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

*Resultados obtenidos de la comprobación del juego axial del cigüeñal*

	<b>Juego axial</b>	<b>Luz de aceite</b>	<b>Tolerancia juego axial</b>	<b>Tolerancia Luz de aceite</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Reloj Comparador (mm)</b>	0.085	-----	0.04 a 0.08 mm			X
<b>Hilo Plástico (in)</b>	-----	0.003		0.002 a 0.006 in	X	

Fuente: Elaboración propia

### Comprobación de la alineación del cigüeñal

Esta comprobación se utiliza apoyos en V y un reloj comparador, que tiene como finalidad verificar la alineación del cigüeñal que hace referencia a la deformación longitudinal del mismo, observando la desviación al momento de girar el cigüeñal. Este proceso se muestra en la figura 32 y en la tabla 26 se presenta los resultados obtenidos.

Figura 32

*Comprobación de la alineación del cigüeñal*



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 26**

*Resultados Obtenidos de la comprobación de la alineación del cigüeñal*

<b>Muñequilla</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Medida vertical (mm)</b>	42.00	42.00	42.00	42.00	Max. 0.02 mm	x	

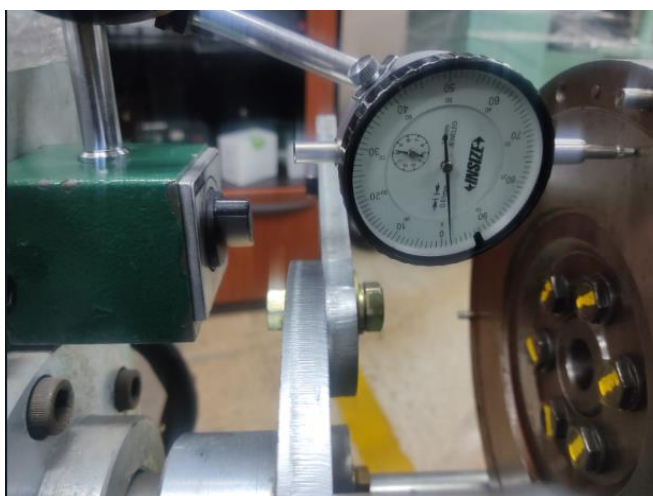
Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación del descentramiento del volante motor**

Esta comprobación se realiza utilizando un reloj comparador, que tiene como finalidad verificar el centrado correcto con respecto al cigüeñal, ya que no al ser así puede causar vibraciones, esta operación se realiza girando el volante motor para verificar las variaciones de descentramiento que se observa en el reloj comparador. Esta comprobación se realiza como se muestra en la figura 33 y en la tabla 27 se presenta los resultados obtenidos.

**Figura 33**

*Comprobación del descentramiento del volante*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 27**

*Resultados obtenidos de la comprobación del descentramiento del volante motor*

	<b>Medida del descentramiento</b>	<b>Tolerancia</b>
<b>Medido con reloj comparador (mm)</b>	0.043	Max 0.05 mm

Fuente: Elaboración propia.

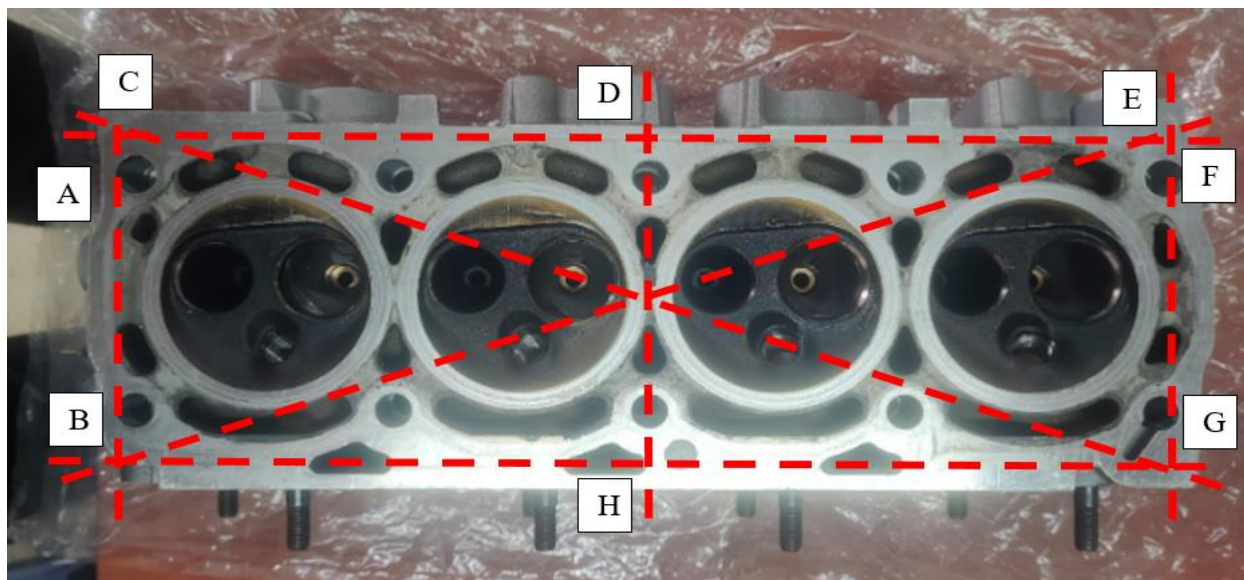
### **5.4.3 Comprobación de la Culata**

#### **Comprobación de planicidad de la superficie de asiento de la culata**

Esta comprobación se realiza mediante una regla patrón y un gauge (galgas de espesores) y se coloca en los puntos mostrados en las figuras 34-35-36, que tiene como finalidad verificar la planicidad del cabezote para garantizar una hermeticidad junto con el bloque y no exista luz a través de la regla patrón y la superficie. En la siguiente tabla 28 se muestran los resultados obtenidos.

**Figura 34**

*Puntos establecidos de la superficie de la culata*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 35**

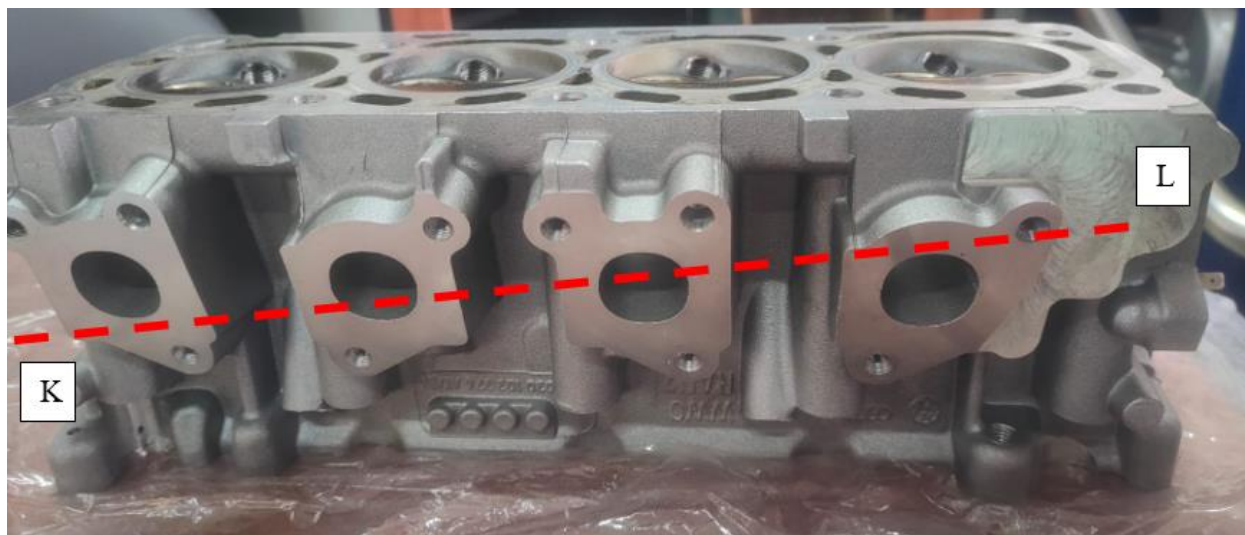
*Medición de superficie de escape*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 36**

*Medición de superficie de admisión*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28**

*Resultados obtenidos de la comprobación de planicidad de la superficie de asiento de la culata*

	AB	CD	DE	FG	GH	HB	DH	CG	BE	IJ	KL	Tolerancia	Bueno	Malo
<b>Medida (mm)</b>	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	Max 0.015 mm		x

Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación del juego de la válvula entre vástago y su guía respectiva**

Esta comprobación se realiza con un reloj comparador, con la finalidad de verificar el juego que hay entre la guía y el vástago de la válvula, colocando las válvulas en el cabezote con su respectiva guía y la punta del reloj en el vástago de la válvula. Esta comprobación se muestra en la figura 37 y en la tabla 29 se presenta los resultados obtenidos.

**Figura 37**

*Comprobación entre el vástago y su guía*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29**

*Resultados obtenidos de la comprobación del juego entre el vástago de la válvula y su respectiva guía*

	Admision				Escape				Tolerancia	Bueno	Malo
<b>Numero de válvula</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	Admision 0.04 a 0.08 mm		
<b>Medida</b>	0.18	0.16	0.18	0.15	0.15	0.25	0.30	0.29	Escape 0.06 a 1.2 mm		x
<b>Observaciones</b>											

Fuente: Elaboración propia

### Comprobación de la cabeza de la válvula

Esta comprobación se realiza con el Pie de rey, con la finalidad de medir la cara del asentamiento de la válvula para verificar que tenga un buen sellado, este proceso consiste en medir el ancho de la cara con el pie de rey. Esta comprobación se fundamenta como se muestra en la figura 38 y en la tabla 30 se presenta los resultados obtenidos.

### Figura 38

*Comprobación de la cabeza de la válvula.*



Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 30**

*Resultados obtenidos de la comprobación de la cabeza de la válvula*

	Admision				Escape				Tolerancia	Bueno	Malo
<b>Numero de válvula</b>	1	2	3	4	1	2	3	4			
<b>Medida (mm)</b>	3.10	3.30	3.20	3.20	3.10	3.10	3.20	3.20	2 mm		X
<b>Observaciones</b>											

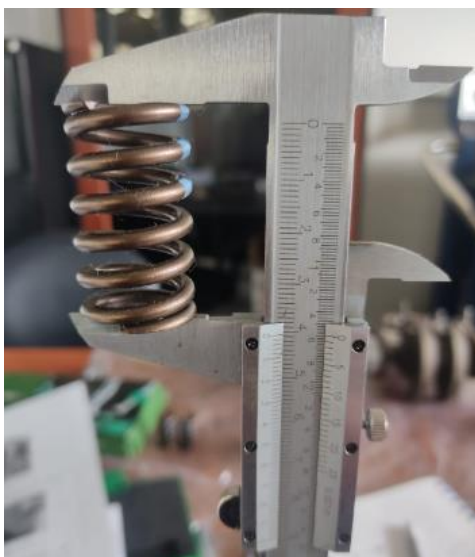
Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación de la longitud de los muelles**

Esta comprobación se realiza con un calibrador, con la finalidad de medir la longitud de cada muelle esta medida deberá ser iguales para todos, ya que en algunos muelles sufren una fatiga y desgaste si sobrepasa las tolerancias establecida se deberá cambiar. Esta comprobación se establece en la figura 39 y en la tabla 31 se expone los resultados.

**Figura 39**

*Comprobación de la longitud de los muelles*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31***Resultados de la comprobación de la longitud de los muelles*

Numero de válvula	Admision				Escape				Tolerancia	Bueno	Malo
	1	2	3	4	1	2	3	4			
Medida	40.80	40.80	40.80	40.80	40.78	40.80	40.82	40.82	Se debe sustituir si no tiene la misma longitud.		X
Observaciones											

Fuente: Elaboración propia

**Comprobación del paralelismo de los muelles**

Esta comprobación se realiza con una escuadra, con la finalidad de comprobar la desviación vertical que tenga el muelle, esta comprobación se realiza colocando el muelle en una superficie plana y con la escuadra verificar el paralelismo. Esta comprobación se establece en la figura 40 y en la tabla 32 se presenta los resultados.

**Figura 40***Comprobación del paralelismo de los muelles*

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32**

*Resultados de la comprobación del paralelismo de los muelles*

	Admision				Escape				Tolerancia	Bueno	Malo
<b>Numero de válvula</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	Max. 2 mm	x	
<b>Medida</b>	0	0	0	0	0	0	0	0			
<b>Observaciones</b>											

Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación de la altura de las levas**

Esta comprobación se realiza con un pie de rey, con la finalidad de medir el ancho y el alto de las levas tanto las de admision y de escape, todas las levas de admision deber ser iguales entre si y de igual manera para las del escape. Esta comprobación se realiza como se observa en la figura 41 y en la tabla 33 se presenta los resultados.

**Figura 41**

*Comprobación de la altura de las levas*



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 33**

*Resultados de la comprobación de la altura y ancho de las levas*

	Admision				Escape				Tolerancia	Bueno	Malo
<b>Numero de válvula</b>	1	2	3	4	1	2	3	4			X
<b>Altura (mm)</b>	41	41	41	41	40.98	40.98	41	41			
<b>Numero de válvula</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	0.05 a 0.08 mm		X
<b>Ancho (mm)</b>	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.10	15.20	15.20			
<b>Observaciones</b>											

Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación de ovalización para los apoyos del árbol de levas**

Esta comprobación se realiza con un micrómetro de exteriores (25-50 mm), con la finalidad de medir la ovalización de los apoyos de la leva, este proceso se muestra en la figura 42 y en la tabla 34 se muestra los resultados.

**Figura 42**

*Ovalización de los apoyos del árbol de levas*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34**

*Resultados de la comprobación de la ovalización de los apoyos del árbol de levas*

<b>Apoyo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Ovalización</b>	24	24	24	24	24	0.05 a 0.08 mm	X	

Fuente: Elaboración propia

### **Comprobación del alineamiento en el árbol de levas**

Esta comprobación se realiza con un reloj comparador y los apoyos en V, con la finalidad de verificar la desviación máxima del árbol de levas, este proceso se realiza colocando los apoyos en V en una superficie plana, luego colocamos en árbol de levas y se procede a girar, con el reloj comparador se obtendrá los resultados. Este proceso se observa en la figura 43 y en la tabla 35 se muestra los resultados.

**Figura 43**

*Comprobación de la alineación del árbol de levas*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 35***Resultados de la comprobación de la alineación del árbol de levas*

<b>Apoyos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Medida</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05 mm (máx.)	x	

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 3 se adjunta el proceso de ajuste y armado del motor para posteriormente realizar las pruebas dinámicas evaluando el funcionamiento del motor.

## 6. CAPITULO 3: EVALUAR EL MOTOR VOLKSWAGEN POLO 1.0, MEDIANTE COMPROBACIONES DE FUGAS, COMPRESIÓN, CONSUMO DE CORRIENTE DE ARRANQUE, HERMETICIDAD DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN, PARA GARANTIZAR SU FUNCIONALIDAD

Para garantizar el correcto desarrollo del estudio, se aplica la metodología de mejoramiento continúa basado en las 5 M, permitiendo la detección de errores que optimizan la calidad mediante el progreso constante y de gestión ambiental. Este método de las 5 M, consiste en las siguientes etapas:

- Maquinaria
- Mano de obra
- Material
- Medio ambiente
- Método

A continuación, se detalla cada una de las etapas para el desarrollo de la presente investigación.

### 6.1 Medio

Las pruebas de realizaron en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana ubicado en la ciudad de Cuenca, en la tabla 36 se enlista las condiciones ambientales.

**Tabla 36**

*Condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca*

<b>Condición ambiental</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Ubicación geográfica</b>	Latitud: 2° 59' 10" S Longitud: 79° 00' 41" W	
<b>Altura geográfica</b>	2558	msnm
<b>Presión atmosférica</b>	89192	Pa

<b>Temperatura promedio</b>	14,7	°C
<b>Humedad relativa</b>	77	%
<b>Promedio anual de lluvias</b>	878	mm

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Materiales

Para la reparación del motor Volkswagen Polo 1.0, se utiliza los siguientes materiales como se muestra en la tabla 37.

**Tabla 37**

*Materiales y sus propiedades*

<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>	<b>Propiedades químicas</b>
<b>Silicona (Gris 999)</b>	Alta resistencia a la temperatura.	Látex, PVC (poli cloruro de vinilo), Poliuretano y Vinilos, EPDM (monómero etileno - propileno -dieno)
<b>Gasolina</b>	Hidrocarburo para la limpieza de impurezas.	Octanaje 85.5 Etanol, biocombustible y azufre
<b>Aceite</b>	SAE 20W50	Aceite base (80-90) y aditivos mejoradores (10-20)
<b>Guaípe</b>	Trozos de telas para la limpieza de herramientas, equipos y partes sólidas.	Algodón
<b>Juego de dados y llaves</b>	Herramientas utilizado para desarmar y armar partes del motor.	Fundición de hierro
<b>Mandil u overol</b>	Ropa de trabajo certificado	Algodón
<b>Hilo plástico</b>	Utilizado para verificar los parámetros de la luz de aceite.	Minerales

Fuente: Elaboración propia

### 6.3 Maquinaria



Para determinar el estado final del motor se aplica las siguientes pruebas:

- Pruebas de compresión.
- Prueba de consumo de corriente al arranque.
- Prueba de fugas.
- Prueba de hermeticidad del sistema de refrigeración.

De esta manera se utiliza los siguientes equipos de medición como se menciona en la tabla 38.

**Tabla 38**

*Equipos de medición*

Equipo	Característica	Ilustración
<b>Compresimetro</b>	<p>Medidas de compresión de 0-20 Bar (0-300 PSI).</p> <p>Adaptadores: M18x1.5, M14x1.25, M12x1.25, M10x1.0.</p> <p>2 mangueras de presión con entradas de goma cónicas.</p> <p>Manómetro de presión de cilindro de ( 0 a 7 bar)</p>	
<b>Medidor de fugas de cilindros</b>	<p>Incluye regulador de precisión con una combinación de adaptadores M14 &amp; M18 y manguera flexible.</p> <p>Ensamble de manguera de 26" (660 mm) con adaptador M14 y M18.</p>	

### Pinza amperimétrica

Auto rango multímetro con corriente AC, tensión AC/DC, diodo, resistencia y prueba de continuidad.

Mide el voltaje continuo de la corriente mediante sus pinzas, durante circula la corriente

Retención de datos, lectura máxima y una pantalla LCD fácil de leer.



### Detector de fugas sistema de refrigeración

El parámetro de medición es de 0 a 0.25 bar y cuenta con adaptadores universales.

Distintos adaptadores para diferentes vehículos comerciales.

El instrumento de medición de vacío envía presión de 0-35 psi para detectar fugas o grietas.

Voltaje: 12v  
Potencia CCA: 520 cca  
Capacidad C20 (ah): 70 ah  
Capacidad reserva mínima: 144 min  
Polaridad: +D (Positivo a la derecha)



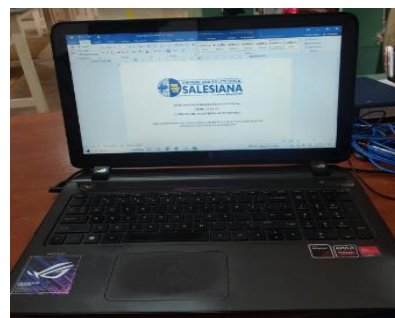
### Batería

Mejor comportamiento contra el calor.



### Computadora

Procesador: AMD A10-7300 Radeon R6, 10 Compute Cores 4C+6G 1.90 GHz  
Ram: 12Gb  
Almacenamiento: 1TB  
Resolución: 1920x 1080  
Sistema operativo: 64 bits



---

**Multímetro**

Instrumento para medir corriente alterna y continua, también cuenta con más opciones para realizar mediciones.

A demás cuenta con escala de mediciones distintas, también nos da resultados de valores como (resistencia , Voltaje , Amperios, entre otros )



Fuente: Elaboración propia

---

## 6.4 Métodos

Para el análisis de datos mediante estadística descriptiva se aplicarán cinco corridas para cada una de las pruebas cuantitativas, cuyos resultados se registran en matrices las que se detallan en el Anexo 7. Para verificar la correcta reparación del motor se aplicarán métodos de evaluación cuantitativos tales como:

- Pruebas de compresión.
- Prueba de consumo de corriente de arranque.
- Prueba de fugas.
- Prueba de hermeticidad del sistema de refrigeración.

### 6.4.1 Pruebas de compresión

- Se medirá la compresión de cada cilindro en frío.
- Se aplicarán los procesos y equipos técnicos de medición de compresión.
- Para evaluar la compresión de los cilindros se realizarán cinco pruebas.



#### **6.4.2 Prueba de consumo de corriente de arranque**

- Se coloca la pinza amperimétrica al cable de alimentación al motor de arranque.
- Se activa el motor de arranque durante cinco segundos.
- Se registran los valores obtenidos mediante un video.
- Se registran los valores de corriente durante cada segundo.
- Se establece el promedio de cada prueba.

#### **6.4.3 Prueba de fugas**

- Colocar el pistón en el PMS en fase de compresión, del cilindro a medir las fugas en el motor.
- Extraer la bujía del cilindro a conectar el fugómetro.
- Conectar el otro extremo del fugómetro a una toma de presión de aire.
- Se introduce una presión de (85 psi), y se verifica el porcentaje de pérdida en el otro manómetro.
- Se registra los valores durante cinco pruebas en cada cilindro.

#### **6.4.4 Prueba de hermeticidad del sistema de refrigeración**

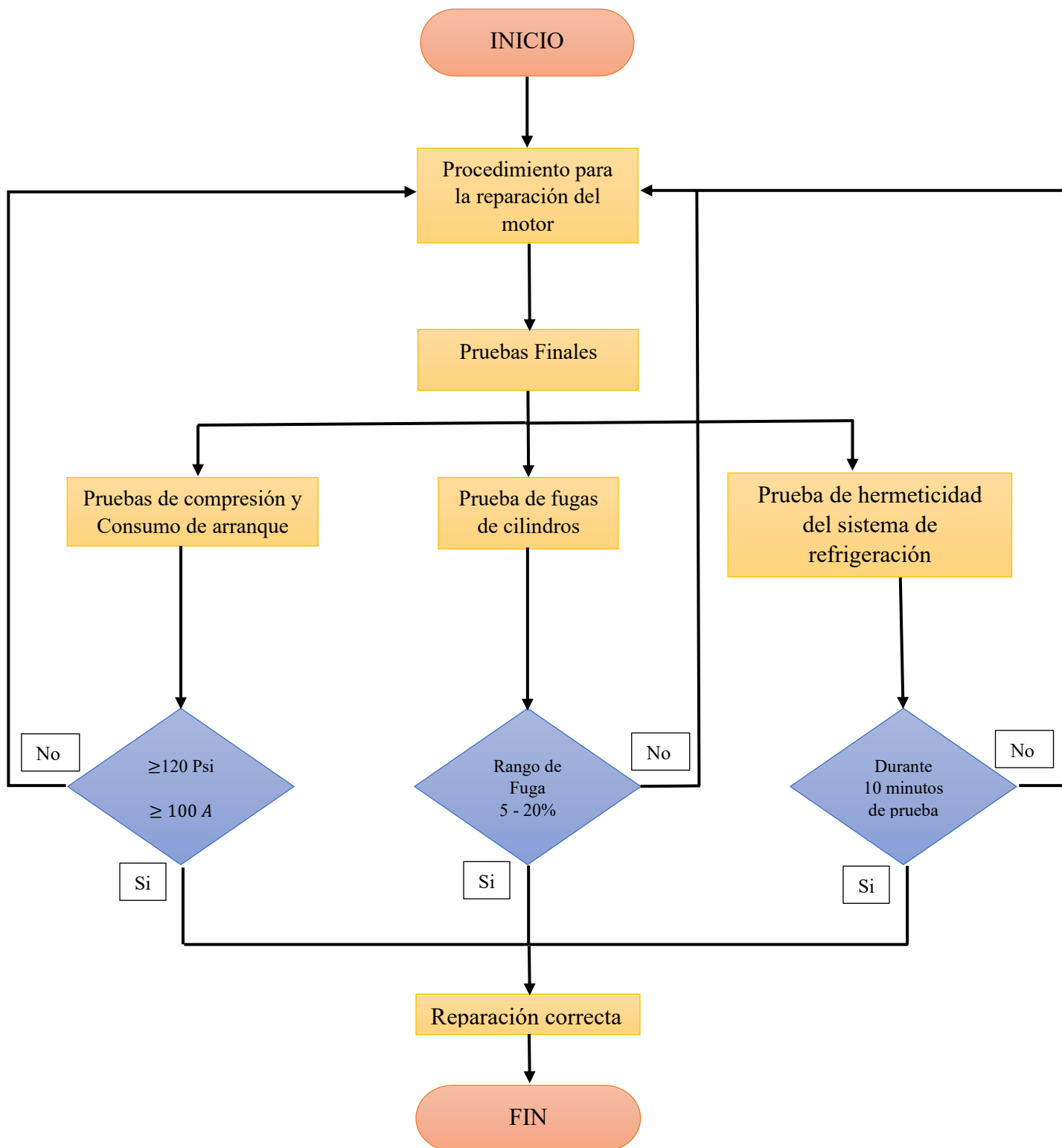
- Se adapta el instrumento del fugo metro en el depósito de refrigeración aislando toda la fuga.
- Se aplica una presión de (15 psi) durante diez minutos.
- Se registra los valores durante cinco pruebas realizadas en el depósito.

#### **6.4.5 Diagrama de flujo**

En la figura 44 se presenta un diagrama de flujo sobre el proceso general de reparación mecánica del motor Volkswagen Polo 1.0.

Figura 44

Diagrama de flujo proceso de reparación.



Fuente: Elaboración propia.

## 6.5 Mano de obra

Para el desarrollo de este estudio es necesario que el personal se encuentre capacitado para el manejo adecuado de equipos de medición y conocimiento para evaluar los métodos técnicos y científicos que se realiza en cada prueba. En la tabla 39 se especifica las competencias del personal.

**Tabla 39**

*Matriz de métodos y competencias establecidos para el personal*

<b>Métodos</b>	<b>Competencias</b>
<b>Pruebas de compresión</b>	Conocimiento de instalación y aplicación del equipo de medición para un diagnóstico efectivo.
<b>Pruebas de consumo de arranqué</b>	Conocimiento de sobre el manejo del equipo y parámetros de funcionamiento correctivo para el diagnóstico adecuado.
<b>Pruebas de fugas</b>	Conocimiento previo del manejo del equipo y procesos de instalación, además noción para evaluar los resultados obtenidos para el diagnóstico correctivo.
<b>Pruebas de hermeticidad del sistema de refrigeración</b>	Conocimiento de la operación del equipo, procesos y parámetros de evaluación del circuito de refrigeración.
<b>Análisis estadístico</b>	Conocimiento y aplicación de software Minitab para el análisis de datos de las pruebas cuantitativas de la reparación.

Fuente: Elaboración Propia

## 6.6 Resultados

En las tablas 40, 41, 42 y 43 se presentan los resultados obtenidos y en los Anexos 4, 5, 6 se adjunta el proceso de comprobación de las pruebas de evaluación cualitativas de cada uno y que se registran a continuación.

## Prueba de Compresion

**Tabla 40**

*Resultados obtenidos prueba de compresión*

	<b>Cilindro 1</b>	<b>Cilindro 2</b>	<b>Cilindro 3</b>	<b>Cilindro 4</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Prueba 1 (psi)</b>	147	148	150	149		X	
<b>Prueba 2 (psi)</b>	148	150	148	155		X	
<b>Prueba 3 (psi)</b>	148	150	149	150	135 - 150 psi	X	
<b>Prueba 4 (psi)</b>	150	149	148	149		X	
<b>Prueba 5 (psi)</b>	150	148	150	150		X	

Fuente: Elaboración propia

## Prueba de consumo de corriente de arranque

**Tabla 41**

*Resultados obtenidos prueba de consumo de corriente*

	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>	<b>Prueba 4</b>	<b>Prueba 5</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
	<b>(A)</b>	<b>(A)</b>	<b>(A)</b>	<b>(A)</b>	<b>(A)</b>			
<b>Tiempo 1 (s)</b>	108.9	111.3	109.0	106.4	109.6		X	
<b>Tiempo 2 (s)</b>	106.1	111.2	110.3	109.3	111.3		X	
<b>Tiempo 3 (s)</b>	106.7	111.4	109.8	111.0	111.1	100 a 150 A	X	
<b>Tiempo 4 (s)</b>	108.4	110.6	109.4	110.4	110.7		X	
<b>Tiempo 5 (s)</b>	110.4	109.4	108.2	109.5	109.7		X	

Fuente: Elaboración propia

## Prueba de fugas

**Tabla 42**

*Resultados obtenidos prueba de fugas de cilindros*

	<b>Prueba 1</b> (psi)	Perdida %	<b>Prueba 2</b> (psi)	Perdida %	<b>Prueba 3</b> (psi)	Perdida %	<b>Prueba 4</b> (psi)	Perdida %	<b>Prueba 5</b> (psi)	Perdida %	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Cilindro 1</b>	85	5	85	5	85	7	85	4	85	7		X	
<b>Cilindro 2</b>	85	6	85	7	85	5	85	7	85	5	5 – 20% Perdida	X	
<b>Cilindro 3</b>	85	4	85	8	85	4	85	5	85	7		X	
<b>Cilindro 4</b>	85	4	85	6	85	7	85	6	85	6		X	

Fuente: Elaboración propia

## Prueba de hermeticidad del sistema de refrigeración

**Tabla 43**

*Resultados obtenidos prueba de hermeticidad del sistema de refrigeración*

	<b>Presión</b> ejercida (psi)	<b>Porcentaje</b> de Fuga %	<b>Tiempo</b> (min)	<b>Tolerancia</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Prueba 1</b>	15	1	10		X	
<b>Prueba 2</b>	15	2	10		X	
<b>Prueba 3</b>	15	0	10	0 – 2 % De Fuga	X	
<b>Prueba 4</b>	15	1	10		X	
<b>Prueba 5</b>	15	0	10		X	

Fuente: Elaboración propia

## 6.7 Análisis Estadístico

En esta apartado se realiza un análisis estadístico descriptivo (promedio, desviación estándar e intervalo de confianza a 95%) de los valores obtenidos en las pruebas cualitativas, para este análisis se manejará el software estadístico Minitab. Las pruebas a realizar son:

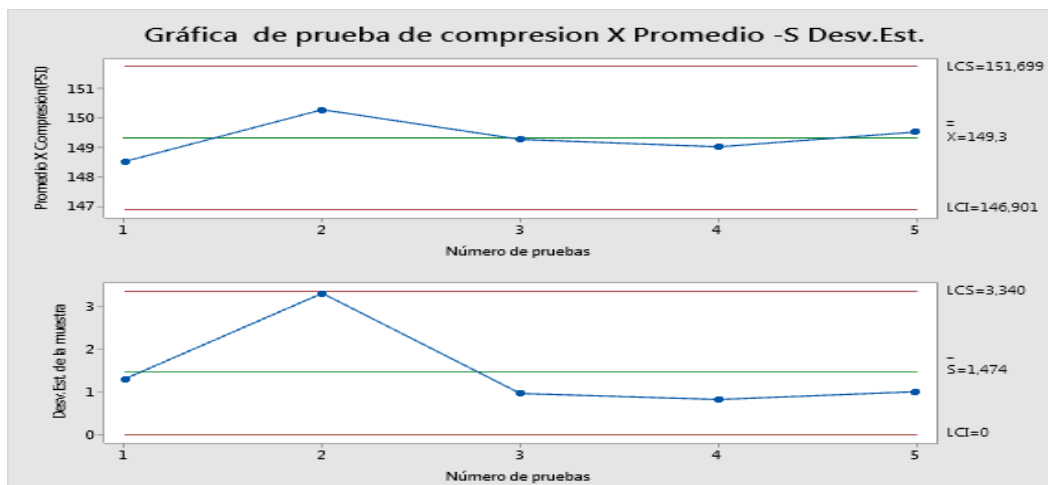
- Prueba de Compresion.
- Prueba de consumo de corriente.
- Prueba de fugas.
- Prueba de hermeticidad del sistema de refrigerante.

### Prueba de compresión

En la figura 45 se observa el diseño estadístico de la prueba de compresion, con la finalidad de realizar un analisis del comportamiento de la variacion del promedio y la desviacion estandar, de lo cual se observa que el promedio no varia con respecto en cada prueba, mientras que la desviacion estandar los datos no se encuentran tan dispersos.

**Figura 45**

*Gráfica de prueba de compresión X Promedio- S Desv. Est*

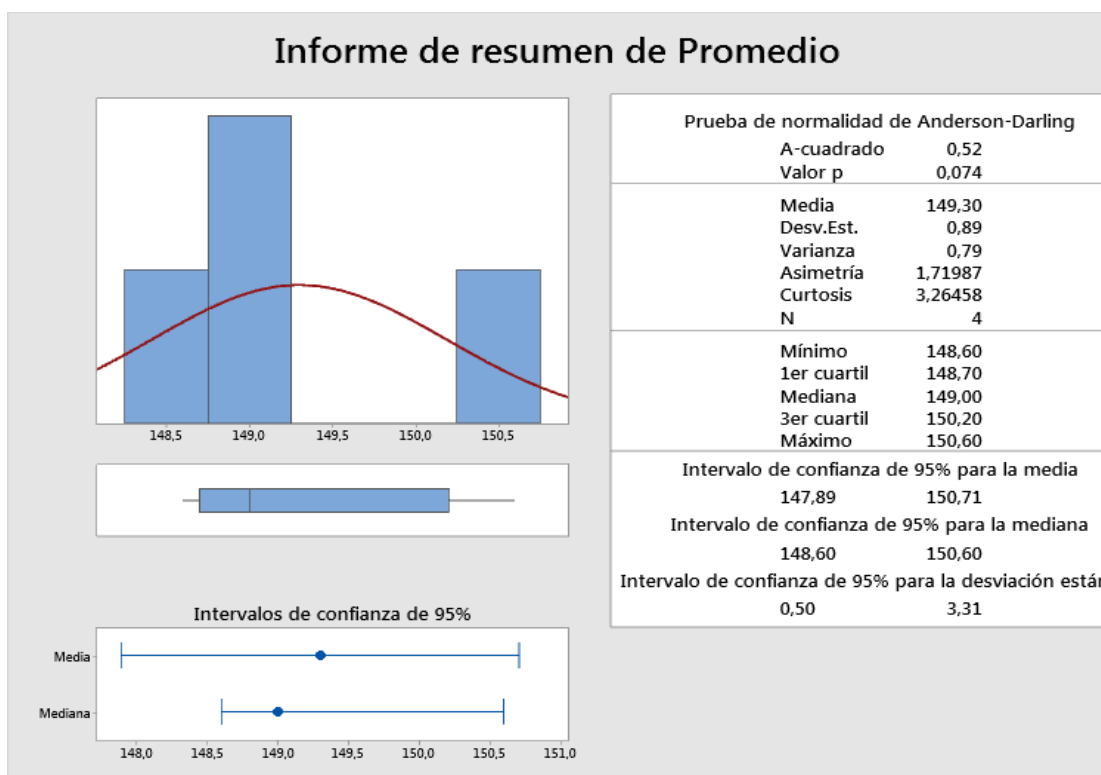


Fuente: Elaboración propia

En la figura 46 se analiza el intervalo de confianza al 95 % dando como resultado para la media de (147.89 - 150.71), y para la mediana de (148.60 – 150.60), además la desviación estándar se registra un valor de 0.89 que tiende a estar cercana a la media.

**Figura 46**

*Resumen de pruebas X, S, Intervalo de confianza al 95%*

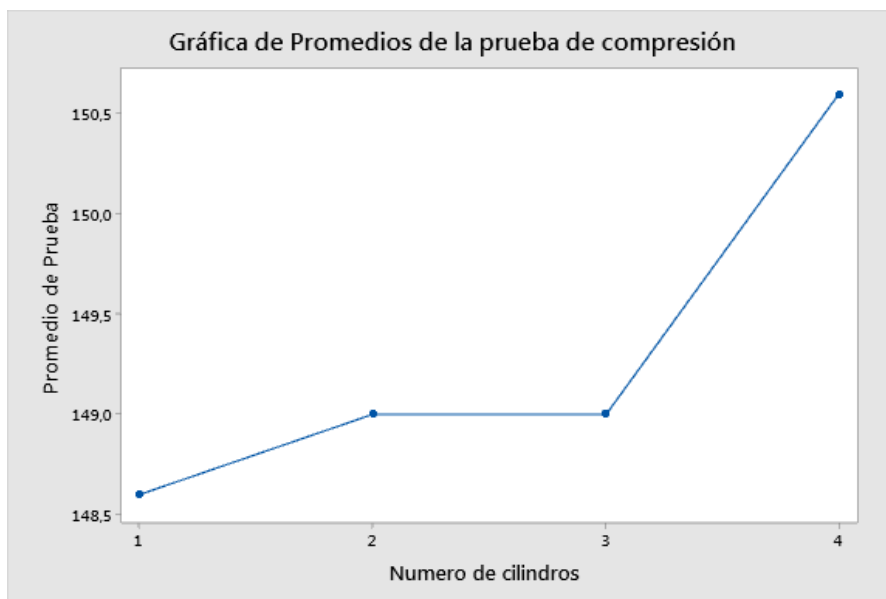


Fuente: Elaboración propia

En la figura 47 se observa el comportamiento del promedio de las cinco pruebas realizadas en cada cilindro, en las que se puede verificar que en el cilindro cuatro presenta una media mayor de compresión que los demás cilindros.

**Figura 47**

*Gráfica del promedio de la prueba de compresión*



Fuente: Elaboración propia

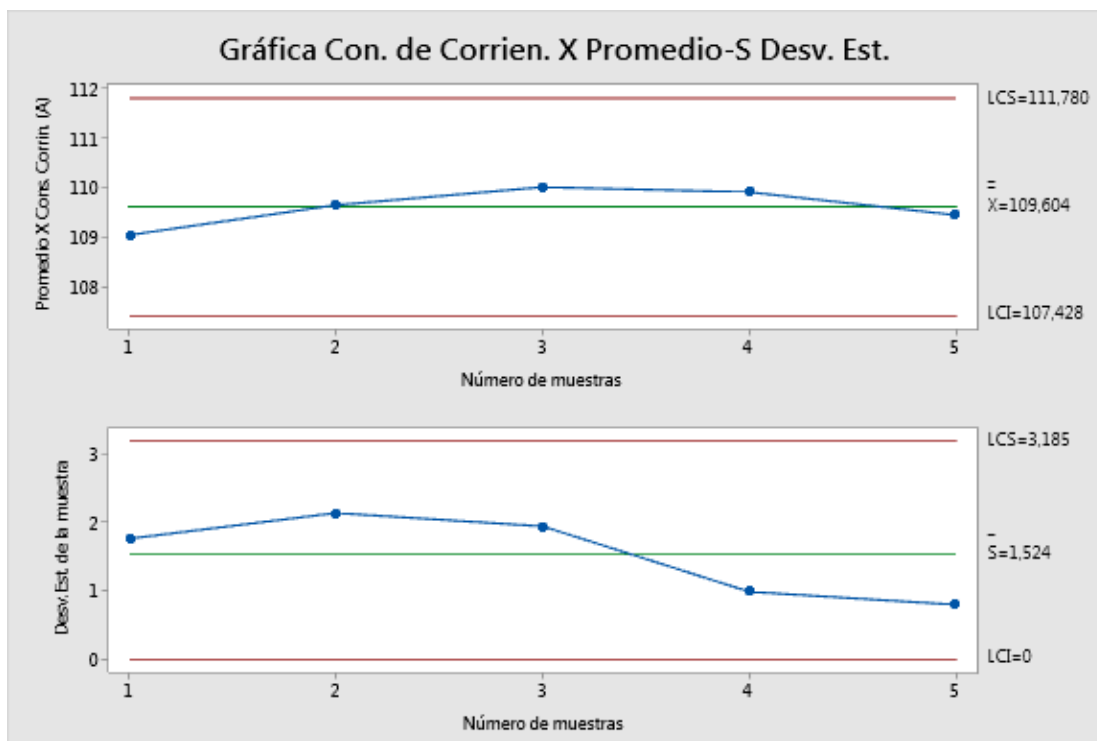
**Prueba de consumo de corriente al arranque**

En la figura 48 se realiza la prueba de consumo de corriente al arranque, con la finalidad de realizar un análisis del comportamiento de la variación del promedio y la desviación estándar, por lo que se puede mencionar que el promedio de las cinco pruebas realizadas no presenta una variación considerable, sino que se encuentran cerca de la media, además, en cuanto a los valores de la desviación estándar se encuentran cercanos a la media.



Figura 48

Gráfica X Promedio y S Desv. Est. de consumo de corriente

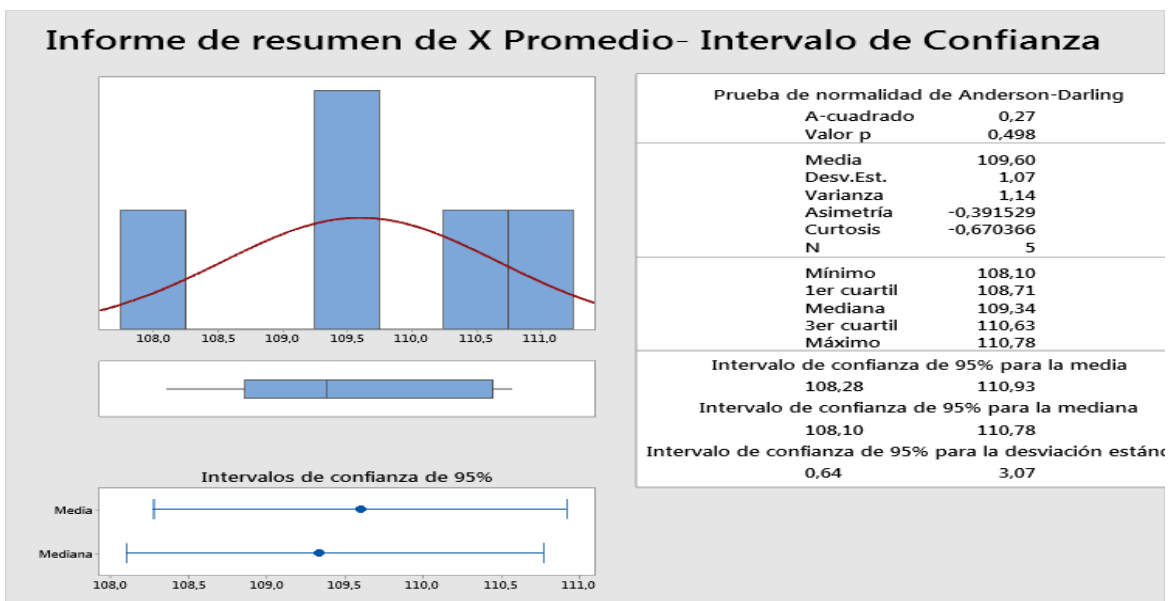


Fuente: Elaboración propia

En la figura 49 se analiza el intervalo de confianza al 95 % dando como resultado para la media de (108.28 – 110.93), y para la mediana de (108.10 – 110.78), además la desviación estándar se registra un valor de 1.07 que tiende a estar cercana a la media.

**Figura 49**

*Resumen de pruebas X Promedio, S Desv. Est, intervalo de confianza*

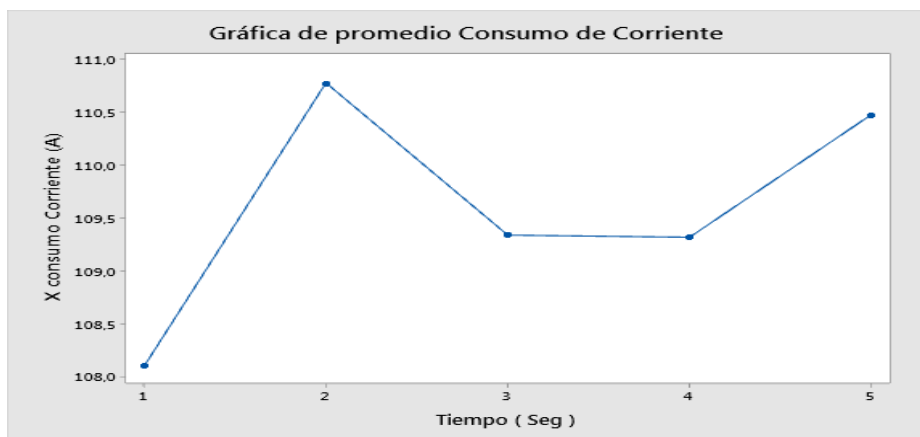


Fuente: Elaboración propia

En la figura 50 se observa el comportamiento del promedio del consumo de corriente realizado en un tiempo de cinco segundos cada prueba, en el cual se puede evaluar que en el segundo dos, llega el valor máximo.

**Figura 50**

*Gráfica de promedio del consumo de corriente*



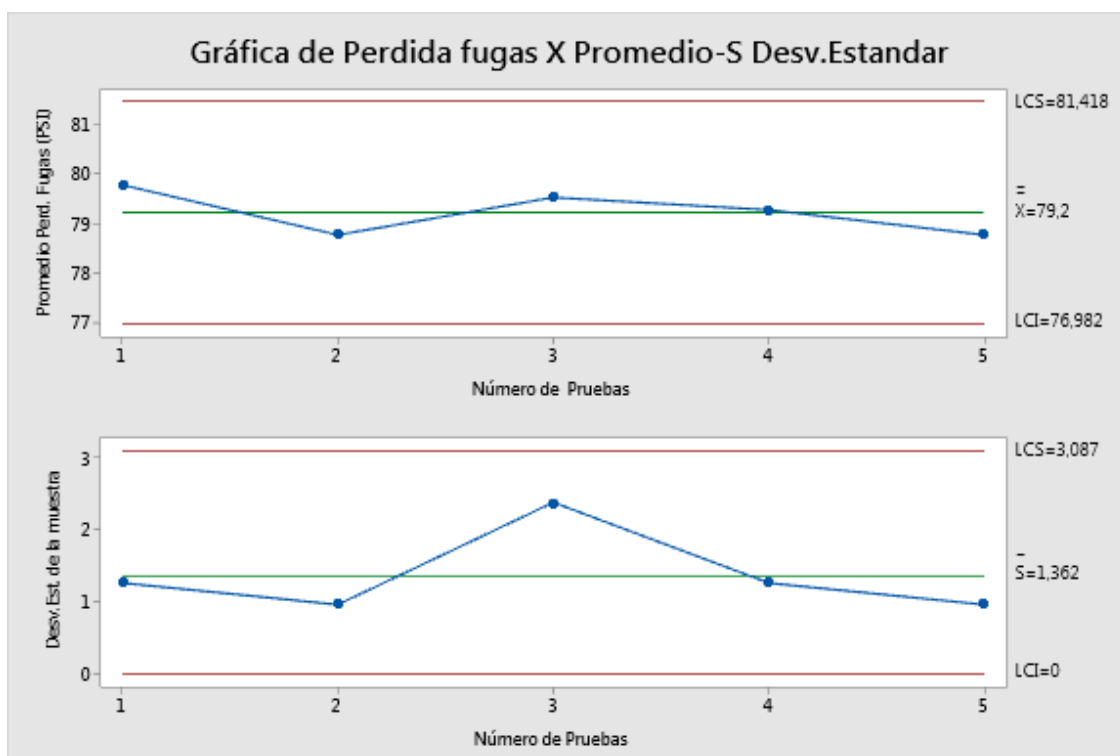
Fuente: Elaboración propia

## Prueba de fugas de cilindro

En la figura 51 se gráfica la perdida de aire en la cámara de combustión de cada cilindro con la finalidad de evaluar el porcentaje de perdida de fuga en cada prueba, por lo cual se observa que no existe gran variación de fuga en los cilindros, por tanto se encuentran cerca de la media, además, en cuanto a los valores de la desviación estandar con 1.362, en la prueba tres presenta un alejamiento leve de 2.380, a comparación del resto de las pruebas realizadas del mismo.

**Figura 51**

*Gráfica de perdida de fugas X Promedio - S Desv. Est*

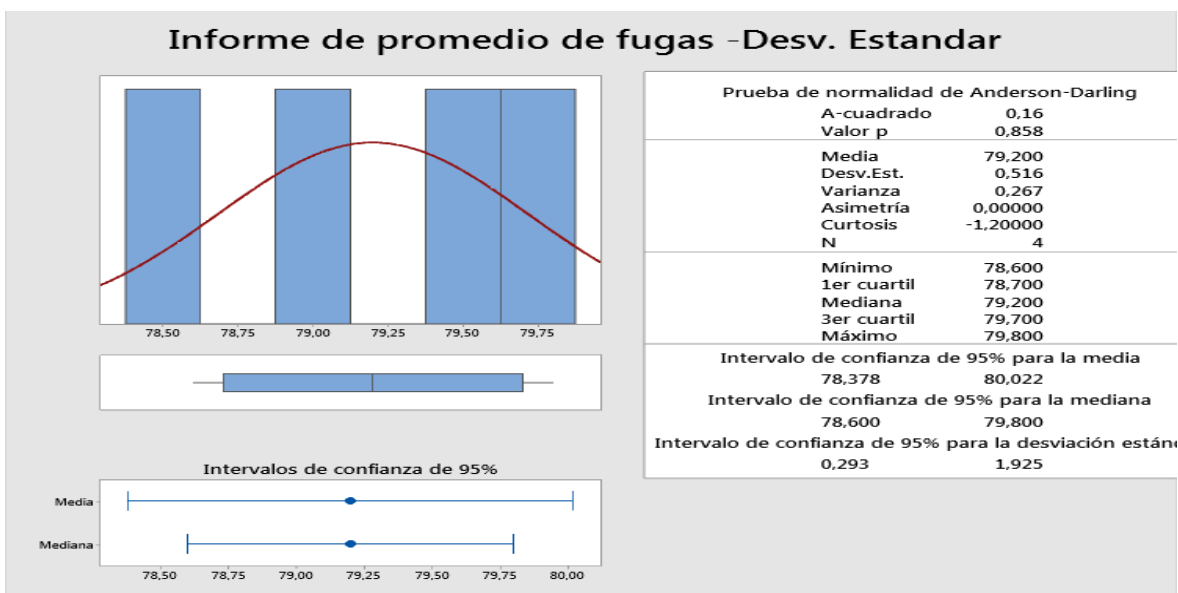


Fuente: Elaboración propia

En la figura 52 se analiza el intervalo de confianza al 95 % dando como resultado para la media de (78.378 – 80.022), y para la mediana de (78.60 – 79.80), además la desviación estándar se registra un valor de 0.516 que tiende a estar cercana a la media.

**Figura 52**

Resultado X Promedio , S Desv. Est. e Intervalo de confianza

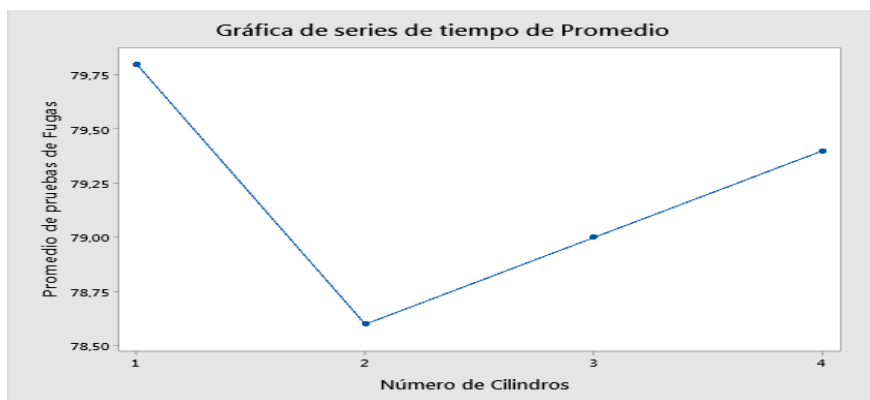


Fuente: Elaboración propia

En la figura 53 se observa el comportamiento del promedio de las pérdidas de fugas de cada cilindro, en el cual, se puede evaluar que en el cilindro 1 presenta la menor pérdida de fuga con 79.8 psi en comparación al cilindro 2 que cuenta con la mayor pérdida con 78.6 psi, que los demás cilindros.

**Figura 53**

Gráfica de los promedios de prueba de fugas en cada cilindro



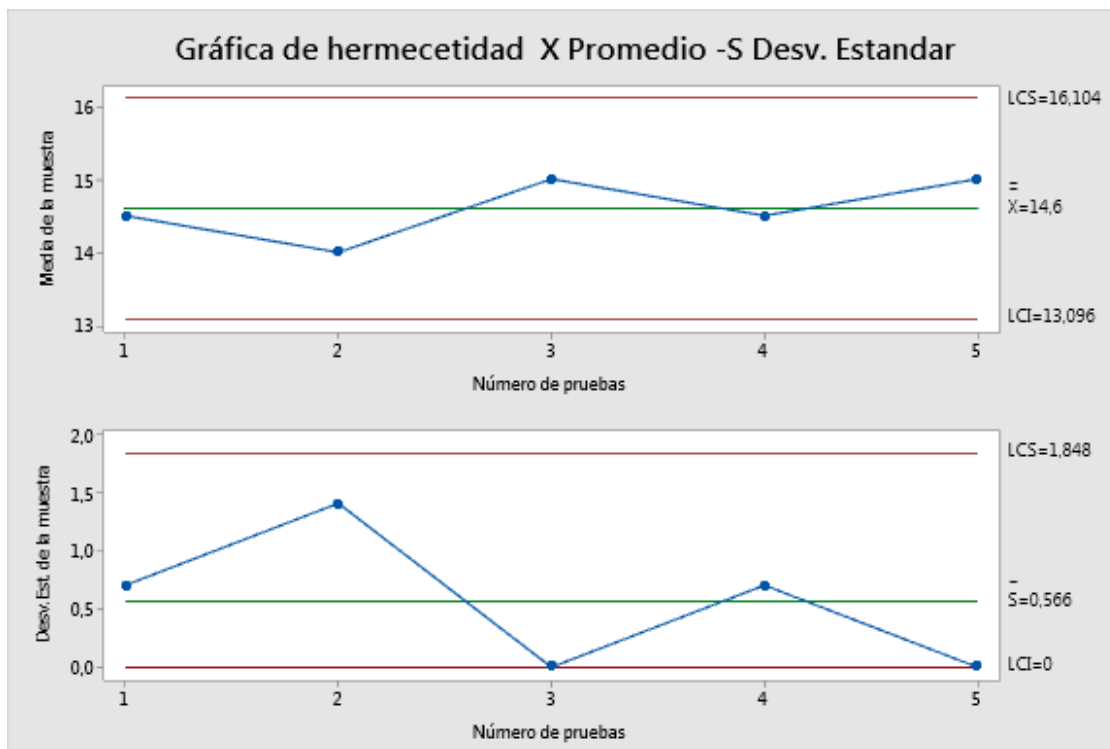
Fuente: Elaboración propia

### Hermeticidad del sistema de refrigeración

En la figura 54 se gráfica el promedio de las perdida en el sistema de refrigeración al haber realizado las cinco pruebas aplicando una presión de 15 (psi) en un tiempo constante de 10 minutos, con la finalidad de evaluar el porcentaje de perdida de fuga en cada prueba, por lo cual se observa que no existe gran variación de fuga en el circuito de refrigeración, por tanto estos promedios se encuentran cerca de la media, ademas, en cuanto a los valores de la desviacion estandar en la prueba dos presenta un alejamiento leve de la media a comparacion del resto de las pruebas realizadas.

**Figura 54**

*Grafica de hermeticidad de refrigerante X Promedio y S Desv. Est*

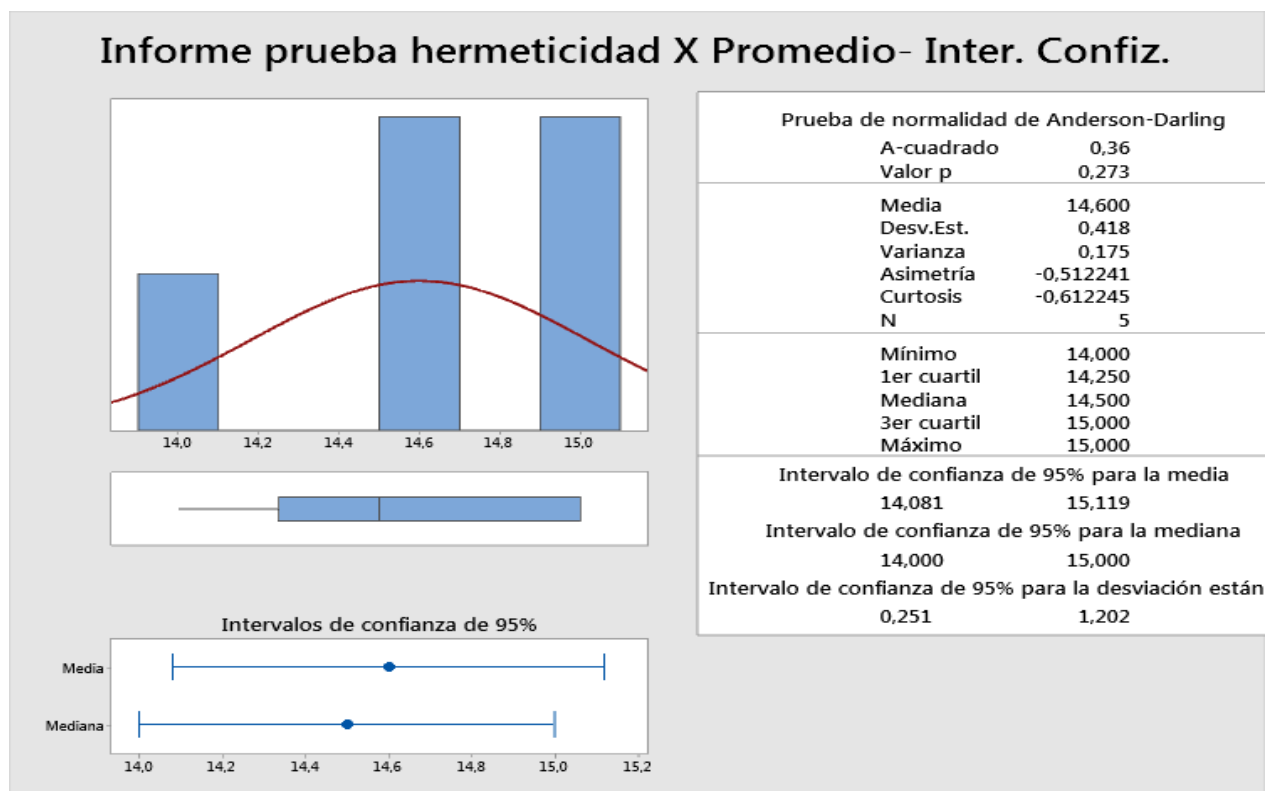


Fuente: Elaboración propia

En la figura 55 se analiza el intervalo de confianza al 95 % dando como resultado para la media de (14.081 – 15.119), y para la mediana de (14.000 – 15.000), además la desviación estándar se registra un valor de 0.418 que tiende a estar cercana a la media.

**Figura 55**

*Gráfica de X Promedio, S Desv. Est., Intervalo de confianza*

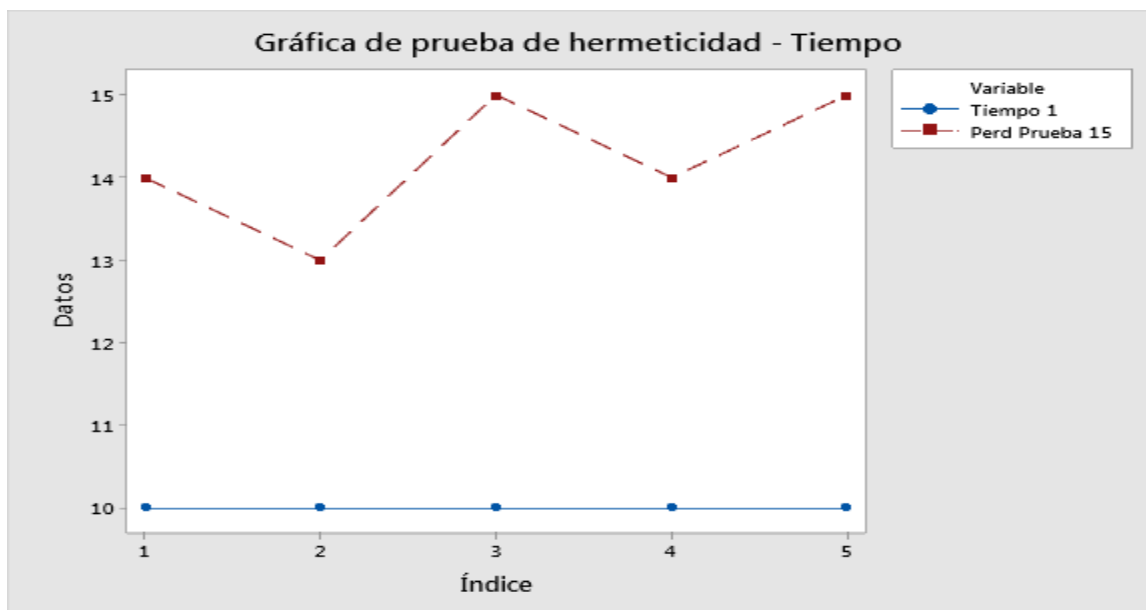


Fuente: Elaboración propia

En la Figura 56 se observa el comportamiento del promedio de la gráfica de hermeticidad con respecto al tiempo de 10 minutos, por lo que, a medida que el tiempo avance, el aire escapa en pequeñas proporciones, de esta manera, se evalúa que en la segunda prueba hay una pérdida de fuga de refrigerante.

**Figura 56**

*Gráfica del promedio- tiempo de fugas de hermeticidad*



Fuente: Elaboración propia

## 7. CONCLUSIONES

- Mediante la investigación bibliográfica se adquirió información sobre las características técnicas y especificaciones del motor, lo que es fundamental para los procesos de reparación. Se establecieron los procesos de manufactura que se aplican para la reparación de motores, así como los equipos que se utilizan.
- Por otra parte, se evaluó el estado del motor mediante pruebas cualitativas y cuantitativas las que permitieron establecer el estado de los componentes de los sistemas auxiliares y componentes interno del motor, al aplicar las pruebas cuantitativas, entre ellos, la compresión de los cilindros, se obtuvieron valores de 65 psi, lo que representa un 43.33 % por debajo del valor recomendado por el fabricante que es de 150 psi.
- Al momento del armado se realiza pruebas con equipos de medición, se comprobó la luz de aceite entre en cigüeñal y bancada dando como resultado de 0.003 in de lubricación. En cuanto al resto de los elementos, se realizó las comprobaciones respectivas, de esta manera, con los valores obtenidos se deduce que el motor no ha sufrido un desgaste excesivo, ya que, los valores se encuentran dentro de las tolerancias establecidas por el fabricante.
- Para la evaluación de reparación del motor se establecieron pruebas cualitativas tales como, medición de compresión, consumo de corriente al arranque, fugas de los cilindros y hermeticidad del sistema de refrigeración, de las cuales, se obtuvieron cinco muestras en corridas, con el objetivo de realizar un análisis estadístico para determinar el comportamiento, tales como el promedio, desviación estándar, intervalo de confianza al 95% y error relativo en cada una de las pruebas.
- Mediante el análisis estadístico de la prueba de compresión se obtuvo una media de 149.3 psi, lo que indica, que los valores de compresión se encuentran dentro de los estándares



establecidos, además, con una desviación estándar de 1.474, que muestra que, en los valores de compresión, existe una leve dispersión con respecto a la media, así mismo, en los intervalos de confianza al 95% de la media tiene una variación de rango del 2.82 y un error relativo del 0.47%, lo que indica, que las mediciones de compresión son óptimas para el funcionamiento del motor.

- En la prueba de consumo de corriente al arranque se registra una media de 109.604 A, que demuestran, que los valores del consumo de arranque se encuentran dentro de las tolerancias, además, con una desviación estándar de 1.524, que muestra que, los valores obtenidos, existe mínima dispersión con relación a la media, así mismo, en los intervalos de confianza al 95% de la media tiene una variación de rango del 2.67 y un error relativo del 4.70%, lo que indica, que el motor de arranque consume la corriente necesaria a través de la batería.
- De la misma manera, en la prueba de fugas en los cilindros, se obtuvo una media de 79.2 psi, lo que indica, que existe un 5.8% de fuga en los cilindros, que se localiza, dentro de los estándares del fabricante, además, cuenta con una desviación estándar de 1.362 con dispersión leve, pero cabe mencionar que, en la prueba tres presenta un alejamiento del 2.380 con respecto a la media, es decir, presenta un porcentaje de fuga mayor que el resto de pruebas, así mismo, en los intervalos de confianza al 95% de la media tiene una variación de rango del 1.64 y un error relativo de 6.82%, lo que demuestra que, esta leve pérdida de compresión es mínima y está dentro de los estándares del fabricante.
- Del mismo modo, para la prueba de hermeticidad del sistema de refrigeración se registra una media de 14.6 psi, que refleja un 0.4% de fuga en el circuito de refrigeración, ubicándose, dentro de los estándares del fabricante, además, cuenta con una desviación

estándar de 0.566 con una dispersión insignificante, con respecto al promedio, así mismo, en los intervalos de confianza al 95% de la media tiene una variación de rango del 1.038, y un error relativo del 2.67%, es decir, que existe una filtración ligera durante los 10 minutos de la comprobación, generando una hermeticidad adecuada para el sistema.

- Finalmente, para una reparación correcta se sustituyó partes internos del motor como, partes auxiliares, sistema de distribución, encendido, también se realizó un proceso de mecanizado en el bloque cilindro, así mismo una adaptación del soporte para el radiador y el depósito, esta reparación tiene un costo de \$800 dólares.

## 8. RECOMENDACIONES

- Para la seguridad laboral es importante usar equipos de protección personal, también ejecutar y cumplir las normativas establecidas durante el uso de las instalaciones del laboratorio en el desarrollo del proyecto.
- Para el desarrollo técnico es importante adquirir el manual del fabricante del motor Volkswagen Polo 1.0, para verificar tolerancias de desgaste que ha sufrido el motor para el respectivo diagnóstico, así mismo durante el desarmado del motor recomendamos llevar un registro fotográfico de todos los elementos para no tener complicaciones al momento del ensamble, finalmente, al realizar cualquier prueba dinámica, es importante abastecer de refrigerante en el circuito y aceite lubricante 20W50 en el motor.
- También es recomendable verificar que los equipos de medición para las pruebas dinámicas se encuentren en perfecto estado, con esta garantizar la correcta recopilación de datos, así mismo tener una batería con excelente carga para evitar pérdida de eficiencia del motor.
- Para el desarrollo del análisis estadístico es recomendable usar el software Minitab para el desarrollo y análisis de las gráficas mediante datos registrado de cada prueba y evaluar es correcto diagnóstico.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarad Acero, H. D., Cudco Medina, A. J., Iza Campaña, A. D., & Novoa Ilanga, B. A. (Febrero de 2019). *Rectificacion y asentamiento de valvulas de escape*. Recuperado el 2022 de Mayo de 12, de <https://es.scribd.com/document/471372996/INFORME-RECTIFICACION-DE-VALVULAS-ESCAPE>
- Armijos Campoverde, J. P., & Vargas Canelos, J. M. (Junio de 2007). *REDISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA E INSTALACIÓN EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA RECTIFICADORA BOTAR S.A.* Recuperado el 2023 de Mayo de 03, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/365/1/CD-0784.pdf>
- Barros Bermeo , H. O., & Moran Castro, D. W. (2014). *Reparacion de un motor de combstion interna 1.3 Fire*. Recuperado el 2023 de Mayo de 03, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/29503/1/Tesina%20de%20Graduacion%20-%20PROTMEC.pdf>
- BM TRADA CERETIFICATION . (1 de Mayo de 2023). *MOTOR DE GASOLINA CM11*. Obtenido de <http://7www.armfield.co.uk>
- CAMACHO COLOMA, C. D., & CHANCUSI PILATAXI, D. W. (Enero de 2021). *Construccion de un prototipo de motor de combustion interna*. Recuperado el 2023 de Mayo de 4, de Facultad de ingenieria Mecanica: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21541/1/CD%2011038.pdf>
- Cisneros Cadena, E. S., & Viteri Villafuerte , F. A. (11 de Enero de 2018). *Estudio Estático Del Desgaste De Un Motor En Tiempos Definidos*. Recuperado el 04 de Mayo de 2023, de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2501>
- Cordava Alvarado , G. (2019). *Guía Metodológica de MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*. Recuperado el 04 de Mayo de 2023, de <https://es.scribd.com/document/586332692/MOTORES-DE-COMBUSTION-INTERNA-GABRIELA-CORDOVA-MEC-2019>
- Gonzales Vallejo , D. (12 de Junio de 2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Recuperado el 04 de Mayo de 2023, de [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.blinklearning.com%2FCursos%2Fc4206802\\_Motores\\_termicos\\_y\\_sus\\_sistemas\\_auxiliares.php&psig=AOvVaw3](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.blinklearning.com%2FCursos%2Fc4206802_Motores_termicos_y_sus_sistemas_auxiliares.php&psig=AOvVaw3)

- H84eNhlViXfXVtWYqO3nt&ust=1683340010382000&source=images&cd=vfe&ved=0  
CBMQjhxqFwoTCPCwu62Q3f4CFQAAAAAdAAA
- Guanipa R, C. (Mayo de 2010). *SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN*. Recuperado el 04 de Mayo de 2023, de [https://www.academia.edu/32665325/\\_SISTEMAS\\_DE\\_REFRIGERACION](https://www.academia.edu/32665325/_SISTEMAS_DE_REFRIGERACION)
- Jex, B. (1994). *VW POLO 1994 to 1999 Petrol & Diesel*.
- Krar, S. F., Gill, A. R., & Smid, P. (2009). *Tecnología de las Maquinas Herramientas* (Sexta ed.). Alfaomega grupo editor S.A. de C.B. Recuperado el 11 de Mayo de 2023
- Krar, S., & Check, A. F. (2002). *Tecnología de las maquina herramientas* (Quinta ed.). Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V. Recuperado el 11 de Mayo de 2023
- Leon, D. R., & Choncha P, P. (s.f.). *COMPROBACION DE CULATAS, VALVULAS Y ASIENOS*. Bogota, Bogota. Recuperado el 02 de Julio de 2023
- Quezada A., M., & Seade Tinoco, S. J. (2006). *Mantenimiento y comprobación de un motor Isuzu G200*. Recuperado el 04 de Mayo de 2023, de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/366>
- Quezada, L. (29 de Enero de 2011). *Motores termicos y sus sistemas auxiliares Sistema de Refrigeracion*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/gonguibri/sistema-de-refrigeracion-6744475>
- Rorigro Concha, L. D. (Octubre de 1992). *Reparación del conjunto móvil del motor*. Recuperado el 04 de Mayo de 2023, de [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5617/1/reparacion\\_conjunto\\_movil\\_motor.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5617/1/reparacion_conjunto_movil_motor.pdf)
- Salas, W. (2017). *Maquinas de reconstruccion de motores*. Recuperado el 2023 de Julio de 2023, de <https://es.scribd.com/document/359090904/Maquinas-de-reconstruccion-para-motores>
- Soca Cabrera, J. R. (Abril de 2021). *PROCESO DE COMPRESIÓN DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/357834046\\_Practica\\_Proceso\\_de\\_compresion\\_de\\_los\\_motores\\_de\\_combustion\\_interna](https://www.researchgate.net/publication/357834046_Practica_Proceso_de_compresion_de_los_motores_de_combustion_interna)
- Tobar Lopez, B. G., & Jolón Alonzo, J. R. (27 de Abril de 2022). *SCRIBD*. Recuperado el 03 de Mayo de 2023, de Maquinas Herramientas para contrucción de MCI:

<https://es.scribd.com/document/571814259/Maquinas-Herramientas-para-Reconstruccion-de-MCI>

# 10. ANEXOS

## Anexo 1

### Especificaciones técnicas del manual del fabricante Volkswagen Polo

Specifications		
<b>General</b>		
Engine code*		
999 cc, Bosch Motronic injection, 37 kW	AEF or ALL	
1043 cc, Bosch Mono-Motronic injection, 33 kW	AEV	
1296 cc, Bosch Mono-Motronic injection, 40 kW	ADX	
1390 cc, Bosch Motronic injection, 44 kW	AEX or AKV	
1390 cc, Bosch Motronic injection, 40 kW	ANX or APQ	
1598 cc:		
Bosch Mono-Motronic injection, 55 kW	AEA	
1AV injection, 55kW (06/95 on)	AEE	
* Note: See Buying spare parts and vehicle identification for the location of code marking on the engine.		
Bore:		
AER, ALL	67.1 mm	
AEV	75.0 mm	
All other engines	75.5 mm	
Stroke:		
AER, ALL	70.6 mm	
AEV	59.0 mm	
ADX	70.6 mm	
AEX, AKV, ANX	75.6 mm	
AEA, AEE	86.0 mm	
Compression ratio:		
AER, ALL	10.5:1	
AEV, ADX	10.0:1	
AEX, AKV, ANX	10.2:1	
AEA, AEE	9.8:1	
Compression pressures:		
Wear limit	7.0 bar	
Maximum difference between all cylinders	3.0 bar	
Firing order	1 - 3 - 4 - 2	
<b>Torque wrench settings</b>		
Alternator mounting bolts	25	18
Alternator mounting bracket-to-engine bolts:		
Aluminum cylinder block (engine codes AER, ALL)*	55	41
Cast-iron cylinder block (engine codes except AER, ALL)	45	33
Auxiliary drivebelt tensioner pulley bolt	45	33
Auxiliary drivebelt tensioner-to-bracket bolt	25	18
Crankshaft cover bolts:		
Stage 1	5	4
Stage 2	Angle-tighten a further 90°	
Crankshaft sprocket bolt:		
Stage 1	20	15
Stage 2	Angle-tighten a further 90°	
Crankshaft oil seal housing bolts*		
Stage 1	10	7
Crankshaft pulley-to-crankshaft sprocket (socket-head bolts)	20	15
Crankshaft sprocket bolt - oil threads*		
Hex head bolt:	80	66
Stage 1	Angle-tighten a further 120°	
Stage 2	Angle-tighten a further 90°	
Spined (B-head) bolt:		
Stage 1	80	66
Stage 2	Angle-tighten a further 90°	
Cylinder head bolts:		
Aluminum cylinder block (engine codes AER, ALL):		
Stage 1	30	22
Stage 2	Angle-tighten a further 90°	
Stage 3	Angle-tighten a further 90°	
Cast-iron cylinder block (engine codes except AER, ALL):		
Stage 1	40	30
Stage 2	60	44
Stage 3	Angle-tighten a further 90°	
Stage 4	Angle-tighten a further 90°	
Dipstick tube bolts	10	7

Engine right-hand mounting-to-block bolts†		
Stage 1	40	30
Stage 2	Angle-tighten a further 90°	
Engine/transmission mountings - oiled threads (see Illustration 13.3)*		
A	50	37
B	50	37
C:		
Stage 1	20	15
Stage 2	Angle-tighten a further 45°	
D	25	18
E	60	44
F	80	59
G:		
Stage 1	20	15
Stage 2	Angle-tighten a further 45°	
H	50	37
I (tighten nut)	50	37
J		
Up to December 1996	35	26
December 1996 on:		
Stage 1	20	15
Stage 2	Angle-tighten a further 90°	
Exhaust manifold	25	18
Exhaust manifold warm air collector plate bolts	10	7
Exhaust pipe-to-manifold:		
M8	25	18
M10	40	30

Torque wrench settings (continued)	Nm	lbf ft
Pivotal bolts†:		
Stage 1	60	44
Stage 2	Angle-tighten a further 90°	
Knock sensor	20	15
Oil pressure switch	25	18
Oil pump mounting bolts (timing belt end)	20	15
Oil pump pickup bracket bolts	10	7
Roachwheel bolts	110	81
Sump bolts	15	11
Sump drain plug	30	22
Timing belt guard/coolant pump mounting bolts	20	15
Timing belt inner cover-to-cylinder head bolts	10	7
Timing belt lower cover bolts*	10	7
Timing belt tensioner roller locknut	20	15
† Use new bolts/nuts		

## Anexo 2

Medidas de tolerancia y comprobaciones generales de un motor otto.

<b>COMPROBACIONES Y TOLERANCIAS EN EL MOTOR OTTO</b>					
<b>C A B E Z O T E</b>					
<b>N.</b>	<b>DENOMINACION</b>	<b>COMPROBACION</b>	<b>APARATO</b>	<b>TOLERANCIA</b>	<b>OBSERVACION</b>
1.-	Planicidad	Alabeo	Regla patrón Marmol (mesa) Gage-láminas	0,15 mm (máx).	Por cada 0,1mm de rectificación aumenta la Rc. Aprox. 0,2
2.-	Tapas de refrigeración	Estado	Lupa - visual	Presencia de óxido	Sustituir
3.-	Roscas de bujías	Estado	Machuelo	Bujía floja	Reconstruir o cambiar
4.-	Fisuras-	Estado	Lupa-visual Ensayos no destructivos Ultrasonido Spray de fisuras Probar fugas con agua caliente	-----	Soldadura fria Sustituir
5-	Alojamientos del árbol de levas	Exentricidad	Micrometro de interiores Rectificadora	0,05 a 0,08 mm	Reconstruir Rectificar
<b>B L O Q U E</b>					
<b>N.</b>	<b>DENOMINACION</b>	<b>COMPROBACION</b>	<b>APARATO</b>	<b>TOLERANCIA</b>	<b>OBSERVACION</b>
1.-	Fisuras	Agrietamiento	Lupa - visual	-----	Soldadura fria ó Sustitución
2.-	Aplanamiento	Deformación: cóncavo ó convexo	Regla patrón Mármol (mesa)	0,10 mm (máx).	Maxima rectificación 0,20 mm (caso similar al cabezote)
3.-	Desgaste de los cilindros	Ovalización y Conicidad	Alexómetro Palpadores Micrómetro de Inter. Y Exter. Met. Del perím.	0,15 mm (máx)	Rectificado máximo de 1mm.
4.-	Deformación de Aminas	Desentramiento	Regla patrón Rectificadora	0,02 mm (máx).	Reconstrucción ó Sustitución
5.-	Tapones de refrige- ración y lubricación	Fugas ó roturas	Lupa - visual	-----	Sustitución
6.-	Bujes del árbol de levas Bujes de los balanceadores del cigüeñal	Desgaste	Micrómetro de inter. Y Exter.  Palpadores	0,05 a 0,08 mm	Escariado Sustitución



<b>P I S T O N y R I N</b>					
<b>N.</b>	<b>DENOMINACION</b>	<b>COMPROBACION</b>	<b>APARATO</b>	<b>TOLERANCIA</b>	<b>OBSERVACION</b>
1.-	Pistón-cilindro	Montaje	Micrómetro de inter. Y Exter. Gage-láminas Dinamómetro	0,05 a 0,15 mm  0,5 a 1,5 lbs.	-----
2.-	Pistón-rin	Montaje-ranura	Gage-láminas	0,05 a 0,15 mm	-----
3.-	Peso del pistón	Desequilibrio de peso	balanza en gr.	5gr. + ó -	-----
4.-	Deformación del émbolo	Diferencia de diámetros entre cabeza y falda	Micrómetro de exteriores ó calibrador	Depende del tipo de pistón Acampanados	No superar 0,10 mm entre pistones. Ver manual.
5.-	Perfil del pistón	Desgaste rayaduras	visual - tacto	-----	Pulir con lija y medir, si supera la tolerancia Sustituir
6.-	Luz de puntas	Desgaste de rin y cilindro	Gage-láminas	0,15 a 0,35 mm	Por cada plg. De diámetro del cilindro dejar 0,003 plg. De luz.

<b>BULON</b>					
<b>N.</b>	<b>DENOMINACION</b>	<b>COMPROBACION</b>	<b>APARATO</b>	<b>TOLERANCIA</b>	<b>OBSERVACION</b>
1.-	Diametro del bulon: Donde va Flotante Donde va Fijo	Desgaste -----	Micrometro -----	0,01 a 0,02 mm 0,00 (cero)	----- Completamente fijo Montaje en prensa con diferencia de temperatura

<b>C I G U E Ñ A L</b>					
<b>N.</b>	<b>DENOMINACION</b>	<b>COMPROBACION</b>	<b>APARATO</b>	<b>TOLERANCIA</b>	<b>OBSERVACION</b>
1.-	Desgaste	Apoyos de bancada y biela (conicidad y ovalización)	Micrometro	0,04 mm	Rectificación máxima 1 mm.
2.-	Juego radial	Luz de aceite	Hilo plástico	0,05 a 0,15 mm	Rojo 0,002 a 0,006 plg.
3.-	Juego axial	Medias lunas ó cojinetes axiales	R. comparador Gage	0,04 a 0,08 mm	Cambiar medias lunas a sobremedida.
4.-	Equilibrado	Desentramiento	R. comparador Soportes en V	0,02 mm	Dinámico
5.-	Alineación	Desentramiento ó Deformación	R. comparador	0,02 mm	Rectificadora ó torno

<b>B I E L A</b>					
N.	DENOMINACION	COMPROBACION	APARATO	TOLERANCIA	OBSERVACION
1.-	Juego radial	Luz de aceite	Hilo plástico	0,05 a 0,15 mm	-----
2.-	Paralelismo	Deformación	Soporte perpendicular	0,00 (cero)	Sustituir
3.-	Cojinete del pie de biela	Holgura de montaje	Micrometro	Flotant- 0,01mm Fijo 0,00 Cero	-----
4.-	Pernos y tuercas	Montaje	visual cuantahilos	-----	Sustituir perno y tuerca

Nota: la biela esta sometida a: Tracción (alargamiento) y Compresión (pandeo)

### **VOLANTE**

N.	DENOMINACION	COMPROBACION	APARATO	TOLERANCIA	OBSERVACION
1.-	Espejo	Deformación	Visual- lupa	Desgaste-menor Desgaste-mayor	Pulir Sustituir
2.-	Desgaste	Rayaduras	Visual- lupa	Desgaste-menor Desgaste-mayor	Pulir Sustituir
3.-	Desentramiento	Alveo	Soportes en V Torno	0,05 mm (máx)	Sustituir
4.-	Coronilla	Estado de dientes	Visual	Desgaste-menor Desgaste-mayor	limar aristas Sustituir

### **D I S T R I B U C I O N**

#### **EJE DE LEVAS**

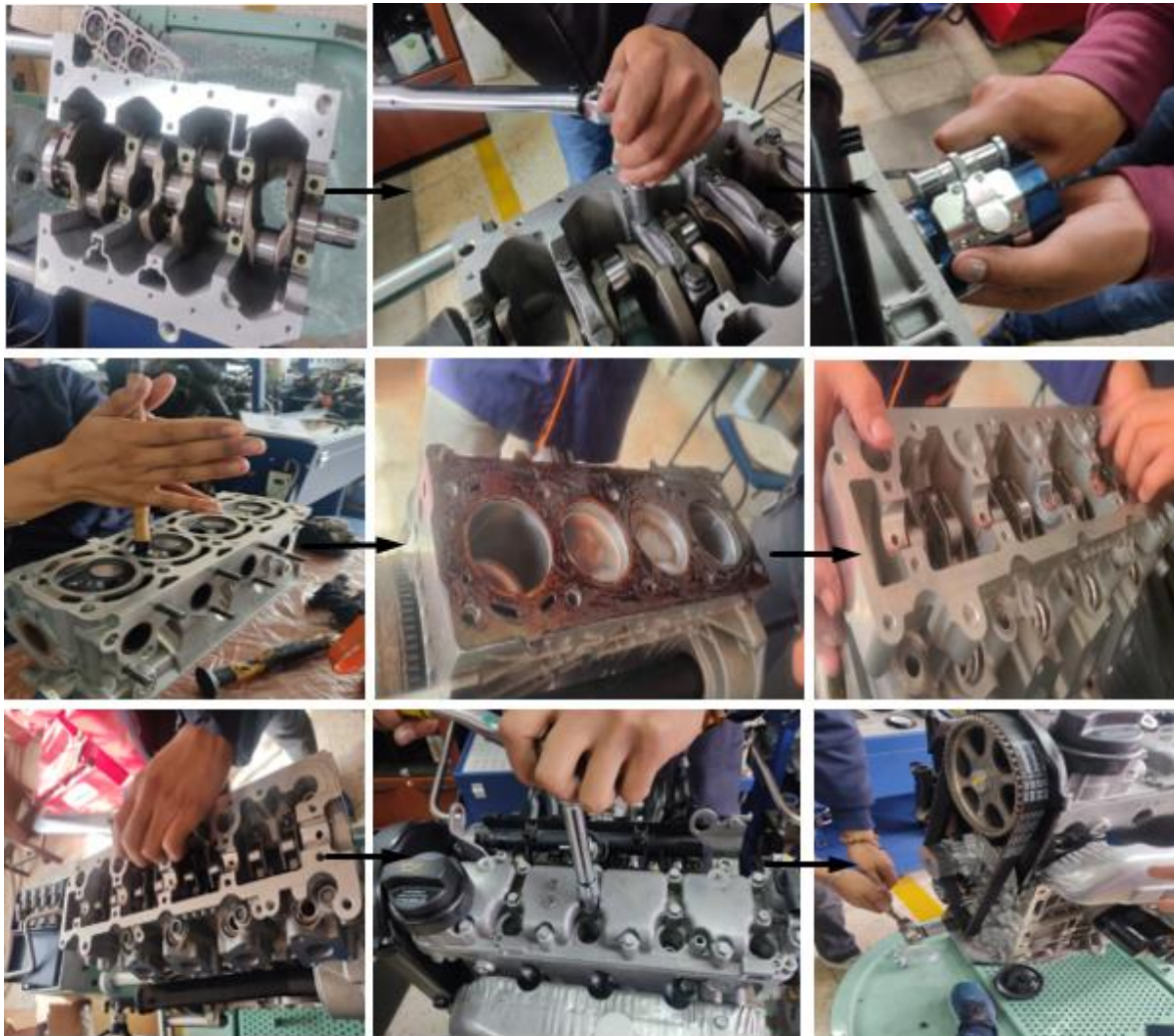
N.	DENOMINACION	COMPROBACION	APARATO	TOLERANCIA	OBSERVACION
1.-	Apoyos	Desgaste	Alexometro Micrometros Palpadores	0,05 a 0,08 mm	No es posible la Rectificación.
2.-	Levas	Desgaste	Micrometro Calibrador	0,05 a 0,08 mm	No es posible la Rectificación.
3.-	Paralelismo	Deformación	Soportes en V Torno	0,05 mm (máx)	Sustitución
4.-	Exentrica	Estado	Visual	Desgaste-menor Desgaste-mayor	Pulir Sustituir todo
5.-	Piñon elicoidal	Estado de dientes	Visual	-----	Sustituir todo

#### **LEVANTADORES / T A Q U E S**

N.	DENOMINACION	COMPROBACION	APARATO	TOLERANCIA	OBSERVACION
1.-	Cuerpo del taque y su alojamiento	Desgaste	Micrómetro de inter. Y Exter. Palpador Calibrador	0,02 a 0,05 mm	Fuera de este tiempo Sustituir
2.-	Planicidad	Desgaste	Regla	0,00 (cero)	Sustituir
3.-	Taques Hidráulicos	Prueba de fuga	Taladro de poste, varilla y diesel	Tiempo de fuga 15 a 60 seg.	Fuera de este tiempo Sustituir

### Anexo 3

Proceso de ajuste y armado del motor





**Anexo 4**

Prueba de compresión y consumo de corriente de arranque en 5 corridas.

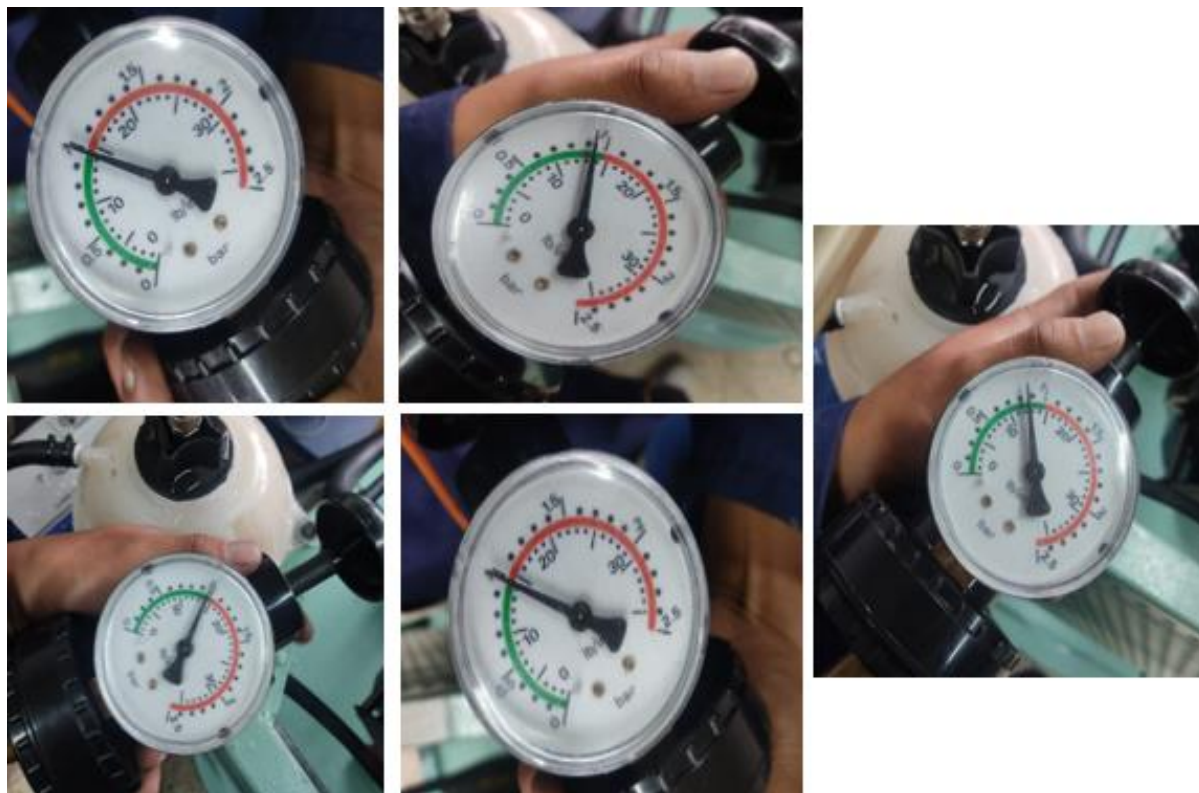
**Anexo 5**

Prueba de fugas del cilindro en 5 corridas.



## Anexo 6

Prueba de hermeticidad en el sistema de refrigeración en 5 corridas.



## Anexo 7

Matrices guías para las comprobaciones dinámicas del motor.

### Matriz guía para las pruebas de compresión.

	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4	Tolerancia	Bueno	Malo
Prueba 1 (psi)							
Prueba 2 (psi)					135 - 150		
Prueba 3 (psi)					psi		
Prueba 4 (psi)							
Prueba 5 (psi)							

Matriz guía para las pruebas de consumo de corriente al arranque.

	Prueba 1 (A)	Prueba 2 (A)	Prueba 3 (A)	Prueba 4 (A)	Prueba 5 (A)	Tolerancia	Bueno	Malo
Tiempo 1 (s)								
Tiempo 2 (s)								
Tiempo 3 (s)						100 a 150 A		
Tiempo 4 (s)								
Tiempo 5 (s)								

Matriz guía para las pruebas fugas en los cilindros.

	Prueba 1 (psi) Perdida %	Prueba 2 (psi) Perdida %	Prueba 3 (psi) Perdida %	Prueba 4 (psi) Perdida %	Prueba 5 (psi) Perdida %	Tolerancia	Bueno	Malo
Cilindro 1								
Cilindro 2						5 – 20% Perdida		
Cilindro 3								
Cilindro 4								

Matriz guía para las pruebas de hermeticidad en el sistema de refrigeración.

	Presión ejercida (psi)	Porcentaje de Fuga %	Tiempo (min)	Tolerancia	Bueno	Malo
Prueba 1						
Prueba 2						
Prueba 3				0 – 2 % De Fuga		
Prueba 4						
Prueba 5						