



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Repotenciación de un motor Peugeot 504 SL 2.0 mediante el trucaje del cabezote,  
distribución y subsistemas de aire para incrementar su potencia.**

Arguello Tapia, Bryan Vinicio

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de

Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz

Ing. Vélez Salazar, Jonathan Samuel

5 de marzo de 2024

## Reporte verificación de contenido





**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular, "**Repotenciación de un motor Peugeot 504 SL 2.0 mediante el trucaje del cabezote, distribución y subsistemas de aire para incrementar su potencia**" fue realizada por el señor **Arguello Tapia, Bryan Vinicio**, la cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido, por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 05 marzo del 2024

**Director**

**Ing. Vélez Salazar Jonathan Samuel**

**C.C.:050218955**



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

#### Responsabilidad de Autoría

Yo, **Arguello Tapia, Bryan Vinicio** con cédula de ciudadanía N°1725104564, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **"Repotenciación de un motor Peugeot 504 SL 2.0 mediante el trucaje del cabezote, distribución y subsistemas de aire para incrementar su potencia"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 05 marzo del 2024

Arguello Tapia, Bryan Vinicio

C.C.:1725104564



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

## Autorización de Publicación

Yo, **Arguello Tapia, Bryan Vinicio** con cédula de ciudadanía N°1725104584, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: "Repotenciación de un motor Peugeot 504 SL 2.0 mediante el trucaje del cabezote, distribución y subsistemas de aire para incrementar su potencia" en el Repositorio institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 05 marzo del 2024

Arguello Tapia, Bryan Vinicio

C.C.:1725104584

## **Dedicatoria**

La presente monografía está dedicada a mis padres y hermanos quienes, a lo largo de mi carrera Universitaria estuvieron presentes brindándome su respaldo y paciencia hasta el final y así también a mi esposa siendo pilar en la culminación de mis estudios.

**Arguello Tapia Bryan Vinicio**

## **Agradecimiento**

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme salud y vida, por permitirme estudiar y superarme siendo un profesional en la rama que amo como es la Mecánica Automotriz. Un especial agradecimiento a la “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L” y a sus distinguidos dictadores de cátedra por sus enseñanzas compartidas en toda la Carrera Universitaria.

Agradezco a mis padres, hermanos y familiares quienes me supieron apoyar en todo momento. A mis compañeros con quienes he compartido vivencias y experiencias memorables en el transcurso de todos los niveles cursados de estudio.

**Arguello Tapia Bryan Vinicio**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Caratula .....	1
Reporte verificación de contenido.....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido .....	8
Índice de figuras .....	11
Índice de tablas .....	13
Resumen .....	14
Abstract.....	15
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	16
Tema .....	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del problema .....	17
Justificación e importancia.....	18
Objetivos .....	19
<i>Objetivo General</i> .....	19
<i>Objetivos específicos</i> .....	19
Alcance .....	20
Capítulo II: Marco Teórico.....	21
Repotenciación del motor .....	21
<i>Primer caso: por el aumento de la cilindrada</i> .....	21
<i>Segundo caso: por el aumento de la presión media efectiva</i> .....	22
<i>Tercer caso: Por el aumento del régimen de giro</i> .....	22
Modificaciones técnicas.....	23
Trucaje de cabezote .....	23
<i>La cámara de combustión y sus preparaciones</i> .....	27
<i>Relación de compresión</i> .....	27
<i>Métodos para modificar las cámaras</i> .....	28
<i>Forma práctica de trabajar las cámaras de combustión</i> .....	30
<i>Modificación de la relación de compresión</i> .....	35



Válvulas sus asientos y guías .....	37
<i>Trabajos prácticos en los pasajes de las válvulas</i> .....	39
<i>Fresado de los asientos de válvula</i> .....	39
<i>Las guías de válvulas</i> .....	41
<i>Los conductos de admisión y escape</i> .....	42
<i>La turbulencia de los gases</i> .....	43
<i>Trabajos en los conductos de admisión</i> .....	44
<i>Los conductos de escape</i> .....	46
<i>Los pernos de fijación de las culatas</i> .....	47
<i>Las válvulas y sus muelles</i> .....	48
<i>Dimensiones de las válvulas de admisión</i> .....	49
<i>Inclinación de los asientos</i> .....	50
<i>Cálculo de la superficie de pasaje de las válvulas</i> .....	51
<i>Altura de alzada de las válvulas</i> .....	52
<i>Formas características de las copas</i> .....	53
<i>Comparación entre las válvulas</i> .....	54
<i>Los muelles de válvula</i> .....	55
<i>Cálculo de los muelles de válvula</i> .....	55
Accionamiento de las válvulas. El eje de levas.....	58
<i>El diagrama de distribución</i> .....	59
<i>Elección de un árbol de levas</i> .....	60
<i>Puesta a punto de la distribución</i> .....	61
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	65
Preliminares.....	65
Etapas del proyecto .....	66
Recursos y materiales .....	66
Desarrollo del proyecto .....	69
<i>Datos técnicos del vehículo</i> .....	70
Proceso de trucaje del cabezote .....	71
<i>Mediciones previas</i> .....	72
<i>Pulido y desbaste</i> .....	76
<i>Modificación de Válvulas</i> .....	78
<i>Levas de mayor rendimiento:</i> .....	83
<i>Muelles de válvulas</i> .....	84
<i>Construcción y adaptación de header</i> .....	87

<i>Pernos</i> .....	89
<i>Proceso de puesta a punto del motor</i> .....	90
<b>Conclusiones</b> .....	95
<b>Recomendaciones</b> .....	96
<b>Bibliografía</b> .....	97
<b>Anexos</b> .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<i>Cabezote</i> .....	24
<b>Figura 2</b>	<i>Rectificado de cabezote</i> .....	26
<b>Figura 3</b>	<i>Tipos de camara de combustión</i> .....	27
<b>Figura 4</b>	<i>Forma de casquete esférico</i> .....	29
<b>Figura 5</b>	<i>Forma de zona esferica</i> .....	29
<b>Figura 6</b>	<i>Trazado del centro de una cámara de combustión</i> .....	30
<b>Figura 7</b>	<i>Conjunto de utillaje para labrar cámara de combustion.</i> .....	31
<b>Figura 8</b>	<i>Montaje de utillaje sobre una culata</i> .....	32
<b>Figura 9</b>	<i>Formas y dimensiones de fresas-muela de material abrasivo</i> .....	33
<b>Figura 10</b>	<i>Galga para verificar un determinado radio</i> .....	33
<b>Figura 11</b>	<i>Comparación de la forma de una cámara mediante galga de agujas</i> .....	34
<b>Figura 12</b>	<i>Rebajar el material del plano de la culata</i> .....	35
<b>Figura 13</b>	<i>Pistones más largos aumenta la relación de compresión</i> .....	36
<b>Figura 14</b>	<i>Rebajar el material del plano del bloque</i> .....	37
<b>Figura 15</b>	<i>Cámara de combustión con 4 válvulas</i> .....	38
<b>Figura 16</b>	<i>Escariador para el recorte de los asientos</i> .....	39
<b>Figura 17</b>	<i>Escariador para el recorte de los asientos</i> .....	40
<b>Figura 18</b>	<i>Escariador para el recorte de los asientos</i> .....	41
<b>Figura 19</b>	<i>Condiciones ideales para un conducto de admisión</i> .....	43
<b>Figura 20</b>	<i>Turbulencia en la cámara de combustión y cilindros</i> .....	44
<b>Figura 21</b>	<i>Recortado excesivo del conducto</i> .....	45
<b>Figura 22</b>	<i>Rebaje correcto del conducto de serie</i> .....	45
<b>Figura 23</b>	<i>Conducto de escape ideal</i> .....	46
<b>Figura 24</b>	<i>Disposición correcta de los conductos de admisión y escape</i> .....	47
<b>Figura 25</b>	<i>Conjunto de válvula</i> .....	49
<b>Figura 26</b>	<i>Válvula con asiento de 45°</i> .....	51
<b>Figura 27</b>	<i>Medidas características de una válvula</i> .....	52
<b>Figura 28</b>	<i>Formas de cábezas de válvula</i> .....	544
<b>Figura 29</b>	<i>Formas de cábezas de válvula</i> .....	56
<b>Figura 30</b>	<i>Diagrama de distribución de un motor</i> .....	59
<b>Figura 31</b>	<i>Marcas de sincronización del PMS</i> .....	62
<b>Figura 32</b>	<i>Marcas de sincronización del AAA</i> .....	63
<b>Figura 33</b>	<i>Ajuste de sincronización del árbol de levas</i> .....	64
<b>Figura 34</b>	<i>Etapas para el proceso de truceaje del cabezote</i> .....	66
<b>Figura 35</b>	<i>Peugeot 504 2.0L modelo 1980</i> .....	69
<b>Figura 36</b>	<i>Estado inicial del motor</i> .....	72
<b>Figura 37</b>	<i>Medición de compresión de los cilindros</i> .....	73
<b>Figura 38</b>	<i>Desmontaje de sistemas del motor</i> .....	74
<b>Figura 39</b>	<i>Desmontaje del cabezote del motor</i> .....	74
<b>Figura 40</b>	<i>Medición del diámetro de los cilindros</i> .....	75
<b>Figura 41</b>	<i>Medición de diámetro de cabeza de las válvulas</i> .....	75
<b>Figura 42</b>	<i>Herramientas de desbaste y pulido</i> .....	76
<b>Figura 43</b>	<i>Conductos de admisión y escape respectivamente</i> .....	77
<b>Figura 44</b>	<i>Maquinado de conductos de admisión y escape respectivamente</i> .....	77
<b>Figura 45</b>	<i>Resultados de desbaste de conductos de admisión y escape respectivamente</i> .....	78
<b>Figura 46</b>	<i>Extracción de asientos en mal estado</i> .....	79
<b>Figura 47</b>	<i>Asientos nuevos a maquinar</i> .....	79
<b>Figura 48</b>	<i>Válvulas de admisión y escape nuevas</i> .....	80
<b>Figura 49</b>	<i>Maquinado de asientos de válvulas</i> .....	80

<b>Figura 50</b> <i>Instalación de guías de válvulas</i> .....	82
<b>Figura 51</b> <i>Pulido de las valvulas contra el asiento</i> .....	82
<b>Figura 52</b> <i>Árbol de levas original del vehiculo</i> .....	83
<b>Figura 53</b> <i>Árbol de levas con modificaciones realizadas</i> .....	84
<b>Figura 54</b> <i>Muelles de válvulas</i> .....	85
<b>Figura 55</b> <i>Medición de altura del resorte</i> .....	85
<b>Figura 56</b> <i>Diámetro exterior de los muelles</i> .....	86
<b>Figura 57</b> <i>Diámetro de la espira de los muelles</i> .....	86
<b>Figura 58</b> <i>Muelle instalado en reposo</i> .....	87
<b>Figura 59</b> <i>Elaboración de adaptación de header</i> .....	88
<b>Figura 60</b> <i>Proceso de contrucción del header</i> .....	88
<b>Figura 61</b> <i>Header finalizado</i> .....	89
<b>Figura 62</b> <i>Header instalado</i> .....	89
<b>Figura 63</b> <i>Pernos de fijación del cabezote</i> .....	90
<b>Figura 64</b> <i>Instalación del árbol de levas</i> .....	91
<b>Figura 65</b> <i>Proceso de sincronización del motor</i> .....	91
<b>Figura 66</b> <i>Templado de cadena de distribución</i> .....	92
<b>Figura 67</b> <i>Comparación de ajuste de sistribución</i> .....	92
<b>Figura 68</b> <i>Puesta a punto finalizada</i> .....	93
<b>Figura 69</b> <i>Punto de referencia y sincronización</i> .....	93
<b>Figura 70</b> <i>Resultado final de modificaciones al motor</i> .....	94
<b>Figura 71</b> <i>Medida de compresión despues de las modificaciones</i> .....	94

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Lista de materiales</i> .....	67
<b>Tabla 2</b> <i>Especificaciones de motor Peugeot 504</i> .....	71

## Resumen

La repotenciación del motor del vehículo Peugeot 504 SL 2.0 L modelo 1980 es un proyecto técnico, centrado en el trucaje del cabezote, la distribución y los subsistemas de aire con el objetivo de incrementar su potencia. La investigación previa se enfocó en explorar diversos procesos, técnicas y materiales aplicables al trucaje del cabezote, generando un conocimiento técnico-bibliográfico fundamental para la preparación de motores a gasolina. La sistematización de la información teórica involucró un diagnóstico exhaustivo del funcionamiento del motor, identificando características clave que indicaron la necesidad de repotenciación para maximizar su rendimiento. La aplicación práctica de los procesos de trucaje se materializó mediante la rectificación del cabezote y el cambio de válvulas con una cara de contacto de 45°, optimizando el flujo de ingreso y expulsión de aire y gases de escape. Uno de los focos principales fue el trucaje de los conductos de admisión y escape del cabezote, permitiendo un mayor flujo de aire hacia los cilindros y mejorando la salida de gases de escape para un aumento significativo de la potencia. Además, se implementó la adaptación de un sistema de evacuación de gases tipo header, utilizando tubos de acero inoxidable para eliminar la contrapresión del múltiple, contribuyendo así a mejorar la eficiencia en la liberación de gases de escape. Este proyecto no solo busca optimizar el rendimiento del motor, sino también resaltar la capacidad técnica y la versatilidad de un vehículo clásico como el Peugeot 504, llevándolo a nuevos estándares de potencia y eficiencia.

*Palabras clave:* Trucaje del cabezote, repotenciación del motor, conductos de admisión y escape, capacidad técnica-motor.

### **Abstract**

The systematization of the theoretical information involved a thorough diagnosis of the engine's operation, identifying key characteristics that indicated the need for repowering to maximize its performance. The practical application of the tricking processes was materialized by rectifying the head and changing valves with a 45° contact face, optimizing the inlet and outlet flow of air and exhaust gases. One of the main focuses was the tricking of the intake and exhaust ducts of the head, allowing greater air flow to the cylinders and improving the exhaust gas outlet for a significant increase in power. In addition, the adaptation of a header type gas evacuation system was implemented, using stainless steel tubes to eliminate the back pressure of the manifold, thus contributing to improving the efficiency in the release of exhaust gases. This project not only seeks to optimize engine performance, but also to highlight the technical capacity and versatility of a classic vehicle like the Peugeot 504, taking it to new standards of power and efficiency.

*Key words:* Tricking of head, repowering of the engine, ducts of intake and exhaust, technical capacity-engine.

## **Capítulo I**

### **Planteamiento del problema**

#### **Tema**

Repotenciación de un motor Peugeot 504 SL 2.0 mediante el trucaje del cabezote, distribución y subsistemas de aire para incrementar su potencia.

#### **Antecedentes**

La Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, contribuye a la innovación de los procesos técnicos y tecnológicos dentro del ámbito de la industria y la mecánica automotriz para beneficio de la sociedad desde hace varios años. Como institución aporta de gran manera al progreso de los métodos educativos del estudiante, lo que resulta permanecer junto a los procesos técnicos emergentes en la industria automotriz (Fuentes , 2021).

La carrera de tecnología superior en mecánica automotriz implementa procesos educativos técnicos, razón por la cual es necesario implementar guías bibliográficas como material didáctico para el entrenamiento en la repotenciación y trucaje de los diferentes sistemas que conforman un motor de combustión interna. En las asignaturas de mantenimiento de motores a combustión a gasolina y rectificación se analizan las partes y funcionamiento de un motor de cuatro tiempos, previo a su modificación o reparación. Razón por la cual es necesario contar con material didáctico suficiente, que aporte a la enseñanza-aprendizaje de manera significativa a los estudiantes. La carrera de mecánica automotriz tradicionalmente ha formado profesionales de excelencia con capacidad de fomentar el desarrollo tecnológico y los procesos a nivel laboral.

La finalidad de la repotenciación y preparación de un motor, mediante la técnica de trucaje o también conocida como porteo de cabezote, es aplicar un conjunto de modificaciones que se pueden realizar a una pieza o a varias de ellas, para así tener un mejor rendimiento y prestaciones de un motor a gasolina (Gillieri, 2016).



## Planteamiento del problema

Actualmente la Universidad de las Fuerzas Armadas considera de gran importancia innovar los procesos educativos mediante la implementación de guías metodológicas para el desempeño de las actividades académicas, con la finalidad de proveer al estudiante una mejor capacitación y el logro de aprendizaje significativo. De tal manera que es necesario brindar al estudiante información actualizada donde se verifiquen los resultados y se pueda apreciar indagación valiosa para lograr conocimientos técnicos.

El parque automotriz necesita contar con profesionales preparados técnicamente desde las aulas, de tal forma que puedan desenvolverse con capacidad y seguridad en el ejercicio profesional. Es así que en la formación de un tecnólogo automotriz se considera de suma importancia la capacitación teórico-práctico, para mejorar los parámetros de rendimiento de un motor de combustión interna.

Los elevados costos en el mercado de los accesorios o kits para la preparación o repotenciación de un vehículo hacen que sean de difícil acceso. Por lo cual los procesos de truceje en los diferentes sistemas para lograr mejor rendimiento en un motor se realizan utilizando procesos industriales y artesanales. De esta manera se logra conseguir un procedimiento más económico en comparación a los empleados en vehículos de competencia. Actualmente es necesario conocer los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna para identificar su nivel de rendimiento y por lo tanto saber de qué manera aporta a la contaminación medio ambiental. Por tal motivo se requiere aplicar ecuaciones matemáticas mediante las cuales se logre modificar los parámetros esenciales para la repotenciación de los componentes del motor y obtener el máximo rendimiento para favorecer su funcionamiento y disminuir el impacto ambiental.

**Justificación e importancia.**

El presente proyecto se propone principalmente para cumplir con la demanda pedagógica en el campo de mantenimiento de motores a gasolina, especialmente en el área de preparación y repotenciación. En la actualidad la preparación de vehículos clásicos y modernos ha ganado mucho terreno, por aspectos de competición y personales.

Es de conocimiento general que al pasar los años y/o kilometraje de funcionamiento, los vehículos van perdiendo sus prestaciones. Por lo tanto, su potencia también disminuye, de esta manera se encuentra el vehículo Peugeot 504 SL 2.0 siendo modelo 1980. Los procesos de repotenciación mediante el trucaje permitirán que el motor no solo recupere su potencia original, sino que también la aumente y de igual manera podamos obtener una prolongación de su vida útil.

Mediante la implementación de los procesos para el trucaje del cabezote del motor 504 SL 2.0 se conoce sus condiciones actuales donde es adecuado efectuar el presente proyecto. Se espera obtener los mejores resultados en la potencia del motor de combustión interna. Por lo tanto, tener procesos estandarizados de preparación y repotenciación de un motor es pilar fundamental para la enseñanza – aprendizaje, haciendo de este proyecto una guía teórica para los estudiantes de la carrera de Tecnología superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Repotenciar un motor Peugeot 504 SL 2.0 mediante la técnica del trucaje del cabezote y sus componentes, para el aumento de su rendimiento, optimización de consumo de combustible y prolongación de su vida útil.

### ***Objetivos específicos.***

- Investigar sobre procesos, técnicas, materiales y piezas potenciales para el trucaje del cabezote del motor (504 LS) del vehículo Peugeot 504 modelo 1980, para conocimiento de un proceso técnico-bibliográfico de preparación de motores a gasolina.
- Sistematizar la información teórica a través del diagnóstico del funcionamiento del motor y las características que determinan la necesidad de repotenciación del motor para conocimiento de los procesos a realizar.
- Aplicar los procesos de trucaje en el cabezote del motor realizando la rectificación del cabezote con cambio de válvulas con una cara de contacto de 45°, para un óptimo ingreso - expulsión de aire y gases de escape respectivamente.
- Realizar el trucaje de los conductos de admisión y escape del cabezote permitiendo un mayor flujo de ingreso de aire al cilindro y salida de gases de escape para aumento de su potencia.
- Adaptar un sistema de evacuación de gases escape tipo header utilizando tubos de acero inoxidable para eliminar la contrapresión del múltiple, de esta manera mejorar la salida de los gases de escape.

## **Alcance**

En el proyecto se implementan un conjunto de acciones que se realizan para el trucaje del cabezote de un motor Peugeot 504, mediante el uso de técnicas industriales y artesanales con el fin de aprovechar el mayor rendimiento del motor. Las operaciones planteadas para el trucaje del cabezote permitirán un mejor y mayor ingreso-salida de aire y gases de escape respectivamente. Lo que significa un aumento considerable de la relación torque y potencia del vehículo prototipo.

Dentro de las modificaciones técnicas posibles para mejorar el rendimiento del motor, el trucaje de la culata permite realizar más acciones con mayor efectividad. De tal manera que se puede obtener potencia extra en un motor. En el presente proyecto se plantea en sus objetivos construir asientos de válvulas y adaptar válvulas de admisión y escape que posean un ángulo de contacto de 45°. Así como también realizar un proceso de desbaste en los conductos de entrada de aire, para favorecer al flujo de ingreso ampliando la cantidad de aire disponible para la combustión.

De la misma manera modificar los conductos de salida de gases combustionados, para facilitar el arrastre hacia fuera del motor. Por último, la adaptación de un tubo de escape especial denominado header, el cual está conformado por tubos independientes para cada cilindro. Para lograr un escape equilibrado en un motor donde se han modificado sus características es difícil, por lo tanto, hay que tomar en cuenta algunas características como el diámetro, la longitud y la curvatura del tubo.

Al finalizar los procesos de modificación y trucaje se deben realizar las respectivas comprobaciones tanto técnicas como de ruta. Para comparar los parámetros que se obtienen al inicio del proyecto, es necesario realizar comprobaciones técnicas del rendimiento automotor, con el fin de demostrar el incremento de las prestaciones que brindará el motor del Peugeot 504.

## Capítulo II Marco Teórico

### Repotenciación del motor

Para generar una combustión en el interior de una cámara de combustión debe existir una cantidad importante de oxígeno y combustible, los sistemas complementarios del motor se encargan de realizar la mezcla. Para aumentar la potencia de un motor de combustión interna, es necesario aumentar el ingreso de aire con la cantidad proporcional de combustible referida a la mezcla estequiométrica. Tomando esto en consideración se puede determinar que para aumentar la potencia de un motor de combustión únicamente se puede realizar a partir de las siguientes posibilidades: por el aumento de la cilindrada, por el aumento de la presión media efectiva, por el aumento de régimen de giro (Gillieri, 2016). En todos los casos mencionados se hace efectivo el aumento de consumo de aire.

#### ***Primer caso: por el aumento de la cilindrada***

La cilindrada es el volumen total del conjunto de cilindros que tenga un motor, es conocido que cuanto mayor es el valor de la cilindrada mayor será la cantidad de aire – combustible que ingresa a las cámaras de combustión. Entonces cuando la capacidad del motor es alta, de la misma manera es su consumo de aire.

Para aumentar el valor de la cilindrada se deben contemplar primordialmente los siguientes aspectos:

- Aumentar el diámetro del cilindro.
- Aumentar la carrera del pistón.
- Aumentar el número de cilindros.

En estos tres casos se observa que se puede aumentar el consumo de aire, a pesar que el régimen de giro no es modificado. De modo que se puede esperar como resultado el aumento de potencia del motor con el cual se está trabajando.

**Segundo caso: por el aumento de la presión media efectiva**

En el libro titulado preparación de motores en serie para competición de (Gillieri, 2016).

La PME se define como el valor promedio de las presiones existentes dentro de la cámara de combustión cuando está sucediendo la combustión. En el funcionamiento real de un motor a explosión, la cantidad de energía calorífica que se libera durante la combustión es directamente proporcional a la temperatura absoluta que se obtiene al momento del encendido de la mezcla. Si se logra incrementar los valores de presión dentro de la cámara de combustión se consigue un aumento favorable de la potencia de un motor. Para aumentar la presión media efectiva se pueden seguir los procedimientos indicados:

- Aumentar la relación de compresión.
- Aumentar la entrada de aire y mezcla.
- Mejorar las condiciones de funcionamiento de las válvulas.

**Tercer caso: Por el aumento del régimen de giro**

Otro de los caminos para aumentar la potencia de un motor es aumentar su régimen de giro más allá de lo que está diseñado. Como resultado de esta operación se obtiene un mayor consumo de aire. Es evidente el aumento de ingreso de aire mezclado con gasolina si se logra hacer girar 1.000 r/m más rápido, de esta manera con la misma cilindrada se puede conseguir un extra de potencia que será una notable mejora.

Para aumentar el régimen de giro de un motor uno de los procesos más utilizados se trata de aligerar el tren alternativo lineal, es decir, desde el cigüeñal, las bielas y pistones. Incluso se pretende trabajar las válvulas con su árbol de levas. Por otro lado, estas modificaciones comprometen la vida útil del motor ya que consisten en el desgaste y eliminación de material de todas las partes para que sean más ligeras. En consecuencia, estas partes estarán sometidas a esfuerzos mayores debido a la inercia que aumenta exponencialmente debido a la velocidad de rotación (Gillieri, 2016).

### **Modificaciones técnicas**

El trucaje es una técnica que tiene como objetivo conseguir la mayor potencia del motor o un mejor aprovechamiento de la misma. Comúnmente, el trucaje se lo realiza en motores cuya mecánica no es muy compleja y permiten con una mayor facilidad aumentar las prestaciones de un motor, reemplazando o simplemente rectificando uno o alguno de sus elementos (Barre, Pilco , & Tenesaca, 2019).

El conjunto de modificaciones técnicas que se pueden realizar en un motor de explosión para lograr aumentar su potencia, se realiza analizando sus parámetros de funcionamiento y datos del fabricante. Estas modificaciones se deben realizar con un análisis técnico previo, el cual está conformado por cálculos matemáticos y ecuaciones que se utilizan en el campo de los vehículos de competición.

En su trabajo (Almeida & Calderón, 2016) indican los sistemas y componentes en los cuales se puede realizar un análisis técnico para modificarlos o seleccionar elementos con mejores características de desempeño y rendimiento encaminados por lo tanto a aumentar la potencia del motor. Estos componentes fijos y móviles del motor son los siguientes:

- Culata o cabezote
- Válvulas
- Sistema de distribución
- Resortes de válvulas
- Retenes
- Pistones y aros
- Volante de inercia
- Sistemas de evacuación de gases de escape

### **Trucaje de cabezote**

El cabezote o también denominado culata es la parte superior del motor, una de las piezas fijas más importantes en la constitución de un motor de combustión interna. En él se

sitúan los sistemas de entrada de aire (admisión) y salida de gases (escape), así como también los conductos de refrigeración y lubricación. Existen varios tipos de cabezotes, los refrigerados por agua son las más comunes en la actualidad. Por ser la tapa del bloque motor debe tener características en sus materiales de construcción para soportar las altas temperaturas ocasionadas por la combustión (Desterrar, G. 2011).

*En el cabezote se alojan el árbol de levas, las válvulas, resortes de válvulas, en los tipos más sencillos se encuentra un piñón de distribución para cadena o banda. En otros tipos se disponen de mecanismos variadores de accionamiento de válvulas, sensores de posición, entre otros. Para un óptimo trabajo en el motor los materiales de construcción pueden ser hierro fundido o aleaciones de aluminio (G-ASi10Mg) que tienen buenas características para la conducción térmica y disminución de peso (Carrera, 2016).*

### **Figura 1**

*Cabezote*



*Nota.* Cabezote de referencia. Tomado de (Grupo investigador)

Entre los trabajos de trucaje que se emplean en el cabezote para incrementar la potencia del motor, se pueden encontrar los siguientes:

- Reducir la cámara de combustión para aumentar la relación de compresión.
- Ampliar las toberas de admisión y escape para optimizar la alimentación de aire, mediante el desbaste de material.
- Ampliar las toberas de escape para mejorar la evacuación de residuos de la combustión.



- Se pueden adaptar válvulas más anchas para lograr un óptimo llenado volumétrico de los cilindros.
- Preparar el árbol de levas para optimizar la apertura y permanencia de las válvulas de admisión y escape.

Todas estas modificaciones dan como resultado una mejora visible en la potencia de un motor.

- Cambiar el juego de válvulas con sus respectivos asientos a 45° con el fin de obtener un mejor barrido, un llenado y vaciado más rápido en el cilindro.
- Cambiar las guías de las válvulas y cortándolas la parte inferior a ras del cabezote con el propósito de que exista menor obstáculo al paso generando un mejor llenado y vaciado en los cilindros.
- Fabricación de un header en acero inoxidable para una mejor expulsión de gases haciéndolo más directa sin mayor obstrucción al paso de los residuos de la combustión.

En el trabajo de (Almeida & Calderón, 2016) se menciona los procesos de maquinado que se permiten realizar en el cabezote. En esta operación se rebaja la superficie plana de la culata con la finalidad de reducir el volumen de la cámara de combustión y de esta manera aumentar la relación de compresión.

El procedimiento se explica de la siguiente manera:

- Limpiar minuciosamente el cabezote utilizando un recipiente con ácido para retirar todo el óxido que pueda estar presente.
- Montar en la maquina rectificadora donde se procede a realizar un cepillado para desbastar la altura de la culata.
- Al finalizar esta actividad es posible instalar pistones más altos con el objetivo que sobresalgan una distancia prudente del nivel del bloque motor.
- Se puede trabajar con cámaras que no sean esféricas ya que estas poseen una forma óptima para eliminar los puntos calientes que provocan autoencendido de la mezcla.

## Figura 2

### *Rectificado de cabezote*



*Nota.* Referencia de rectificado de la superficie plana del cabezote. Tomado de (Grupo investigador)

En la repotenciación de un motor de explosión, la culata juega un rol muy importante. En este componente se da lugar la entrada, combustión y salida de gases, por tal motivo es donde se pueden realizar más modificaciones para obtener ganancias en la potencia de un vehículo. En la monografía realizada por (Álvarez E. , 2018) se analizan los materiales y aleaciones utilizadas para la fabricación de una culata. En la actualidad casi la totalidad de cabezotes son construidos en aleaciones ligeras de aluminio. Este material ofrece buena conducción térmica y permite llegar lo más pronto a la temperatura normal de funcionamiento (87°C). Adicional tienen la ventaja de facilitar su refrigeración al momento que se genera un exceso de calor. Este material también puede trabajarse con mayor facilidad en comparación a los materiales utilizados anteriormente como el hierro fundido (Bayas, J., Wankar, A. y Jadhav, N 2016). Las modificaciones que se pueden realizar en la culata y sus componentes se pueden analizar en los siguientes subtemas:

- La cámara de combustión y sus preparaciones.
- Las válvulas: sus asientos y guías.
- Los conductos de admisión y escape.

- Los pernos de fijación de las cultas

### ***La cámara de combustión y sus preparaciones***

La cámara de combustión es el espacio formado entre el pistón y el cabezote del motor, donde se produce la conversión de la energía térmica que contiene el combustible en energía cinética que se transmite a los émbolos. Por lo tanto, es la parte más importante de un motor, sin la cual ningún mecanismo o sistema mecánico tiene objeto. Según esta apreciación se sabe que todas las modificaciones realizadas en esta zona brindaran resultados importantes en la potencia y rendimiento de un motor (Pabón & Andrade, 2012).

### **Figura 3**

*Tipos de cámaras de combustión*



*Nota.* La figura se refiere a los tipos de cámaras de combustión que existen. Tomada de (Álvarez, 2016)

### ***Relación de compresión***

En el motor de combustión interna durante en tiempo de admisión el pistón desciende del PMS al PMI provocando una presión negativa hacia el interior del cilindro, la válvula de admisión se encuentra abierta. En el PMI la válvula de admisión se cierra, provocando un sellado hermético. En el tiempo de compresión la mezcla aire combustible contenida en el cilindro se reduce progresivamente según el pistón va subiendo hasta llegar al PMS. Por lo tanto, la relación de compresión se define como el número de veces que el volumen de la cámara de combustión se contiene en el volumen unitario del cilindro (Salazar & Barros, 2021)

La relación de compresión se determina como la variación de volumen de la cámara de combustión y el cilindro, se puede conseguir con la siguiente formula:

$$\text{Relación de compresión} = \frac{\text{volumen de la cámara} + \text{volumen del cilindro}}{\text{volumen de la cámara}}$$

La relación de compresión en motores propulsados gasolina va de entre 8:1 a 12:1 siendo esta última utilizada en motores de competición para lo cual es necesario utilizar una gasolina de mayor octanaje a la común.

Si el índice de relación de compresión es alto, de la misma manera será el rendimiento del motor. En el motor esta característica significa un óptimo aprovechamiento energético del combustible, por lo tanto, mayor será el número de CV que se pueden obtener con la misma cantidad de combustible. Existe una desventaja de esta característica, si la relación de compresión es mayor, se aumentan los esfuerzos en el interior del cabezote, de la misma manera la temperatura en los componentes mecánicos. Esto podría dar como resultado problemas con la mezcla explosiva, ya que existe una tendencia a producir picado. Este problema es complicado por motivo que la mezcla se auto combustiona sin la necesidad de una chispa eléctrica, lo que a medio plazo puede causar graves daños al motor al igual que la pérdida de potencia. Por esta situación la relación de compresión deber ser contralada para evitar al máximo los fenómenos indeseables que se originan (Gillieri, 2016).

### ***Métodos para modificar las cámaras***

Para aumentar el rendimiento de un motor y lograr que soporten altas relaciones de compresión, la cámara de combustión de la forma hemiesférica es la más óptima. A partir de esto la finalidad de una modificación será aproximarse lo más posible a la forma de una cámara hemiesférica. No se puede realizar una modificación tan profunda como para lograr convertir una cámara de una culata de serie en totalmente hemiesférica. Un motivo es la presencia de los conductos de refrigeración que limitan las posibilidades de desbastar más a fondo las cámaras. Por estos motivos se limita a dar a la cámara una forma de casquete esférico figura N. 4 o de una zona esférica como se puede observar en la figura N. 5.

**Figura 4***Forma de casquete esférico*

*Nota.* Referencia de la cámara de combustión con casquete esférico. Tomada de (Gillieri, 2016)

**Figura 5***Forma de zona esférica*

*Nota.* Referencia de cámara de combustión con zona esférica. Tomada de (Gillieri, 2016)

Si el motor que se pretende repotenciar posee las cámaras de la forma similar a las mostradas en la anterior figura, lo recomendable es revisar la posición de las válvulas y mediante la modificación darle la forma aproximada a la zona esférica. Para proceder con esta operación es necesario desmontar por completo el cabezote y sus componentes, así como todos mecanismos de accionamiento de válvulas (Jawad, B., Yee, K., Arslan, S. y Liu, L. 2013).

Para el mejoramiento de motores y una transformación importante de la cámara se debe disponer de la máxima cantidad de herramientas especiales. Sin embargo, con las siguientes maquinas herramientas se puede facilitar el trabajo y permitir cierta precisión:

- Torno, de unos 700 mm entre puntas
- Prensa capaz de proporcionar una fuerza de 10 toneladas
- Taladradora de columna bien ajustada

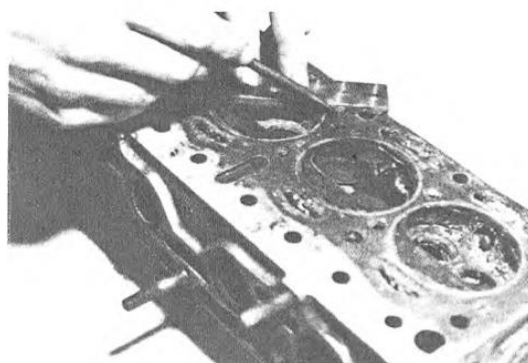
### ***Forma práctica de trabajar las cámaras de combustión***

El autor (Gillieri, 2016) en su obra presenta una guía para la modificación y mejoramiento de la cámara de combustión. Cuando se finalizan de resolver los problemas comunes que suceden en la culata se debe iniciar con el trabajo sobre el material de la culata. Como se ha mencionado se debe desmontar todos los componentes previos a realizar las operaciones de mecanizado. De esta manera se deben cumplir las siguientes fases de modificación.

Primera: las cámaras de combustión de motores comerciales de serie, aparte de no cubrir toda la sección circular de los cilindros se encuentran desplazados del centro de los mismos. Por lo tanto, la primera actividad consiste en determinar un eje central de giro para una herramienta de labrado para generar una nueva cámara. Se aprovecha la situación de los orificios de los pernos de sujeción del cabezote al bloque distribuidos alrededor de los cilindros. Se usan como referencia estos orificios para trazar las rectas para que en su intersección se puedan encontrar el centro de trabajo de la cámara, como se puede observar en la siguiente figura N. 6.

#### **Figura 6**

*Trazado del centro de una cámara de combustión*



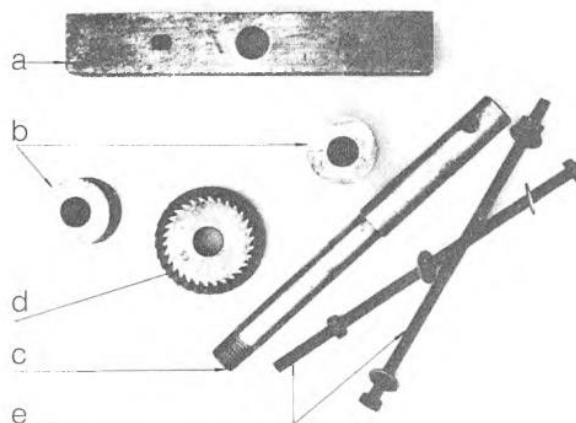
*Nota.* Realización del trazado central de una cámara de combustión. Tomada de (Gillieri, 2016)

Segunda. En esta fase se debe realizar un trazado circular visible sobre la superficie plana de la culata, este radio debe ser inferior en 0,5 mm al del cilindro. Para realizar esta operación se utiliza un compás con puntas de metal con una parte articulada, de ser necesario se debe fabricar. La finalidad de usar este instrumento es que el centro de giro se encuentra en un plano distinto donde se va a realizar el trazado. En este punto se toma en cuenta que, en el campo de la preparación de motores, la exactitud y perfección en los mínimos detalles permite que un vehículo entregue su máximo rendimiento.

Tercera. Se inicia a labrar el material de la cámara de combustión, haciendo uso de las herramientas indicadas en la figura N.7.

### Figura 7

*Conjunto de utilaje para labrar cámara de combustión.*



*Nota. (a) bloque de acero, (b) casquillos de separación, (c) árbol portaherramienta. (d) fresa recortadora, (e) espárragos de fijación. Tomada de (Gillieri, 2016)*

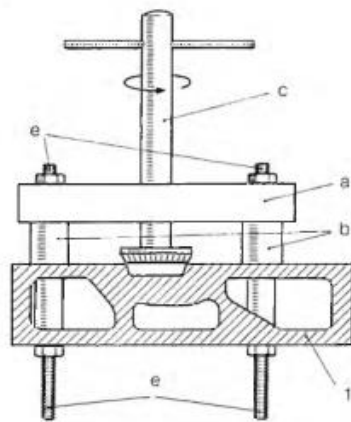
La herramienta observada en la figura N.7 consiste en una fresa cónica, similar a la utilizada en el labrado de los asientos de válvulas. Son necesarias fresas dobles que tengan un valor de ángulos de  $45^\circ$  y  $60^\circ$ . Para mejores resultados el técnico modificador debe poseer fresas para servicio pesado desde 35 mm hasta los 80 mm. Cuando se dispone de las herramientas se procede con el montaje en la culata como se puede observar en la figura N.8. una vez centrada la herramienta se retira el conjunto centrador, colocando en su lugar el árbol

porta herramienta donde se instala la fresa cuya dimensión menor sea la más reducida de la cámara. A continuación, se procede a realizar manualmente un movimiento giratorio con la herramienta de corte mediante el árbol, presionando ligeramente contra la culata. En cada pasada se debe reemplazar la fresa por otra de un diámetro inmediato superior, hasta lograr el máximo diámetro.

El recorte de material se realiza cambiando la posición del ángulo de corte de las fresas iniciando con la cara de 45° y finalizando en 60°. Se realiza de esta manera para lograr una superficie lisa y con el mínimo arranque de viruta.

### Figura 8

*Montaje del utillaje sobre una culata.*



*Nota.* La figura representa el montaje del utillaje sobre la culata. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

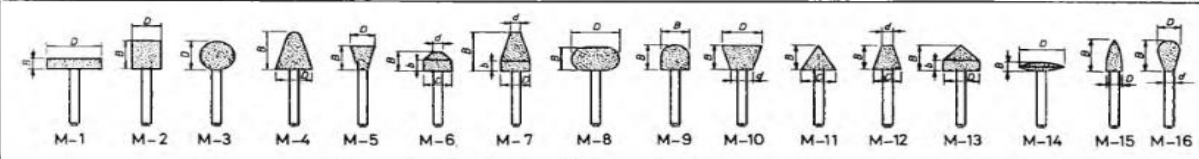
Debido a la operación realizada la cámara de combustión presentara una forma troncocónica por la forma de las fresas empleadas.

Cuarta. En esta fase se pretende dar radio a las nuevas cámaras, se realiza una vez se han mecanizado todas. Con la ayuda de una taladradora neumática o una rotaflex se efectúa un afinado. Se utilizan fresas-muelas de abrasivo conglomerado que se encuentran de diferentes formas como las indicadas en la figura N. 9.



Figura 9

Formas y dimensiones de fresas-muela de material abrasivo



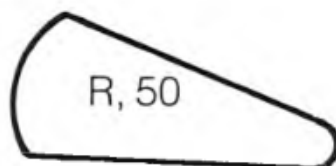
TIPO	Medidas en mm.				No de la muela	TIPO	Medidas en mm.				No de la muela	TIPO	Medidas en mm.				No de la muela	
	D	B	d	b			D	B	d	b			D	B	d	b		
M-1	15	4			11	M-4	20	25			41	M-10	20	16	12	101		
	20	4			12		25	25			42		25	20	15	102		
	25	5			13		30	30			43							
	30	6			14	M-5	10	10			51	M-11	10	10		111		
	35	8			15		12	12			52		12	12		112		
	40	10			16		15	15			53		15	15		113		
M-2	4	8			21	M-6	15	10	5	5	61	M-12	12	15	8,5	121		
	5	9			22		20	15	7,5	7,5	62		25	32	15	122		
	6	10			23		25	20	10	10	63							
	8	12			24		M-7	12	15	3	5		71	M-13	20	25		9
	10	10			25	15		20	4	6,5	72	30	30			12	132	
	10	15			27	20		25	5	7,5	73	M-14	30	6			141	
	10	25			28	20		63	5,5	20	74		50	6			142	
	12	12			29	M-8		12	4			81	M-15	9	19			151
	15	20			210			20	8			82						
	15	35					30	15			83							
M-3	10				31	M-9	10	20			91	M-16	10,5	16	6,5	161		
	12				32		12	24			92							
	15				33		13	13			93							
	20				34		15	20			94							
	25				35		20	20			95							
	30				36		25	25			96							
	40				37													
	50				38													

Nota. Formas y dimensiones de piedras de desbaste. Tomada de (Gillieri, 2016)

Al momento de rectificar las paredes de las cámaras se debe verificar en cada proceso paso a paso utilizando galgas con las medidas específicas. De ser necesario se deben fabricar en plancha de hierro de acuerdo con la forma deseada de la cámara de combustión. Un ejemplo de la forma de las galgas se puede apreciar en la figura N.10 en la cual se observa grabada su medida con la finalidad de poder reutilizarlas.

Figura 10

Galga para verificar un determinado radio

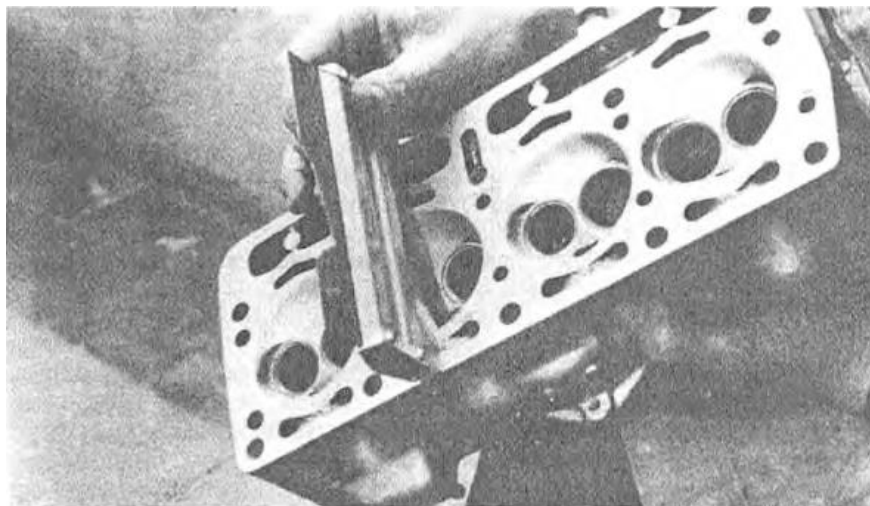


Nota. Numero de galga para determinar un radio. Tomada de (Gillieri, 2016)

Quinta. En esta última fase se procede a realizar el acabado y pulido de las cámaras, el objetivo es lograr una superficie bastante lisa en las paredes. De esta manera se borra completamente los rastros del mecanizado previo. Se inicia con un esmerilado realizado con un rotaflex de preferencia de un grano muy fino, por toda la superficie de las paredes de las cámaras. Para finalizar con el pulido se usan brochas de paño con cualquier pulimento para metales. A continuación, se deberá comprobar la forma obtenida en cada cámara, logrando que sean exactamente iguales. Para esta comprobación se recomienda utilizar una galga de agujas, como se puede observar en la figura N.11

### **Figura 11**

*Comprobación de la forma de una cámara mediante galga de agujas.*



*Nota.* La figura referencia a la prueba que se realiza para comprobar si el cabezote esta pandeado en su superficie plana. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

Si no se ha logrado la forma deseada se procede a corregir cualquier defecto hasta lograr un resultado óptimo en todas las cámaras. Finalizado el trabajo, habiendo realizado el proceso de manera eficiente y las mediciones necesarias con el uso de plantillas las cámaras de combustión deben ser totalmente similares. Por último, únicamente resta realizar un lavado profundo con agentes químicos que ingresen a todos sus orificios y componentes.

### **Modificación de la relación de compresión**

Para mejorar el rendimiento de un motor es necesario modificar la relación de compresión. Adicional a las modificaciones relacionadas con la cámara de combustión si se pretende ganar algunos CV se tendrá que aumentar la relación de compresión. Si en un motor se han retocado las cámaras, en consecuencia, al rebajar material de las mismas se ha aumentado su volumen. En este caso se debe controlar ese volumen para lograr una relación adecuada para los propósitos establecidos.

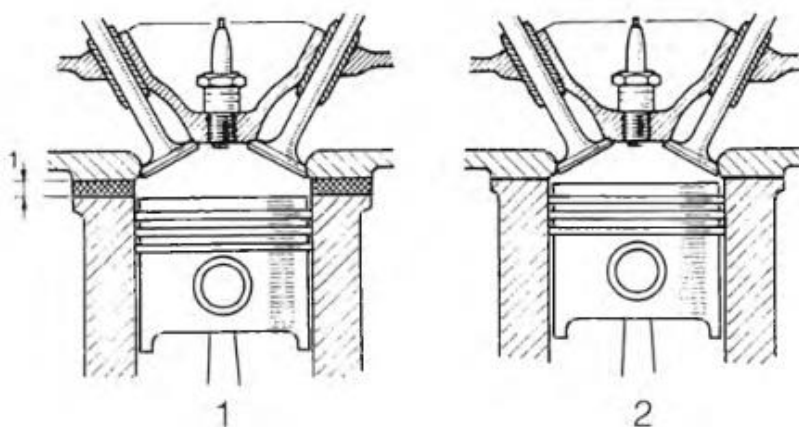
En el trabajo de (Gillieri, 2016) se indican algunas operaciones para trabajar en la relación de compresión para la preparación de un motor.

#### **Primer sistema: Rebaje del plano de la culata**

El procedimiento más común es rebajar el plano de la culata, en este sentido se quita material a la base de las cámaras para que se reduzca su volumen. En la figura se puede observar en el caso 1 la forma original del motor y su cámara, en el caso 2 se indica el resultado de rebajar el plano de la culata. Por esta operación lógicamente se disminuye el volumen y se puede ver un acercamiento del cilindro a la cámara de combustión.

**Figura 12**

*Rebajar el material del plano de la culata.*



*Nota. (1) zona recortada que disminuirá el volumen de la cámara. Tomada de (Gillieri, 2016)*

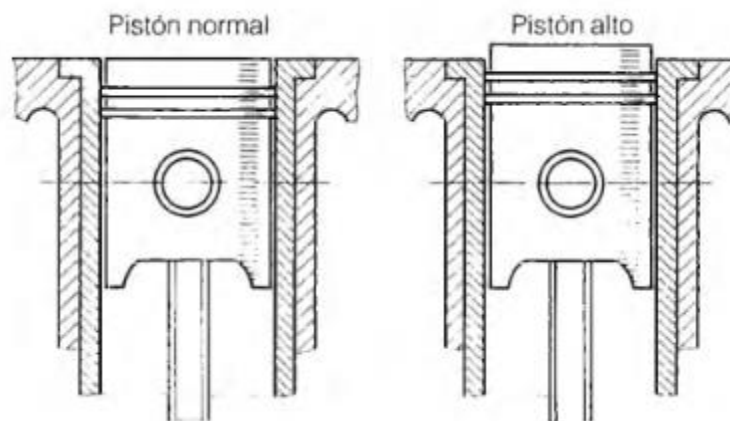
Sin embargo, rectificar el plano del cabezote no es muy aconsejable cuando se encuentre con cámaras de geometría irregular, ya que existe el riesgo de la formación de puntos calientes que pueden provocar un autoencendido. Por lo tanto, se debe verificar que se trabaje con cámaras hemiesféricas o similares.

### **Segundo sistema: Pistones de mayor altura**

Se pueden adaptar pistones de mayor altura, lo que significa que su distancia entre el bulón y la cabeza del pistón sea mayor que la de un pistón normal. Como se puede observar en la figura N. 11. Al ingresar la cabeza del pistón en la cámara de combustión reduce su volumen, sin afectar gravemente los movimientos de turbulencia de la combustión.

### **Figura 13**

*Pistones más altos aumenta la relación de compresión*



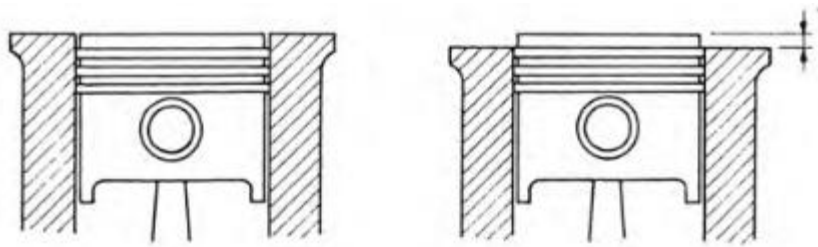
*Nota.* Se refiere al cambio de pistones más largos. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

### **Tercer sistema: Rebaje del plano del bloque**

Otra modificación que ofrece buenos resultados es rectificar el plano superior del bloque de cilindros, ofrece aumento similar al rebaje de material de la culata. Como se puede ver en la figura N.12 el pistón sobresale del plano del bloque, lo que lo obliga a introducirse en la cámara de combustión.

**Figura 14**

*Rebajar el material del plano del bloque.*



*Nota.* Trabajo de reducción a la superficie plana del bloque de cilindros. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

#### **Cuarto sistema: Reducción selectiva de la cámara**

El proceso que mejores resultados entrega está basado en la combinación de los tres sistemas de modificación analizados. Lo que significa proyectar disminución del volumen de las cámaras realizando al mismo tiempo los tres sistemas mencionados. Como resultado se verá aumentada la potencia del motor y el rendimiento general, pero al mismo tiempo se incrementan las presiones internas de los cilindros, así como también el régimen de giro y la velocidad de los pistones. En consecuencia, se aumenta el esfuerzo dentro de los cilindros y la culata. Por lo tanto, para una óptima repotenciación se recomienda realizar un proceso proporcional adecuado en cuanto al rebajar el material de la culata, el bloque de cilindros y la adaptación de pistones más altos.

#### **Válvulas sus asientos y guías**

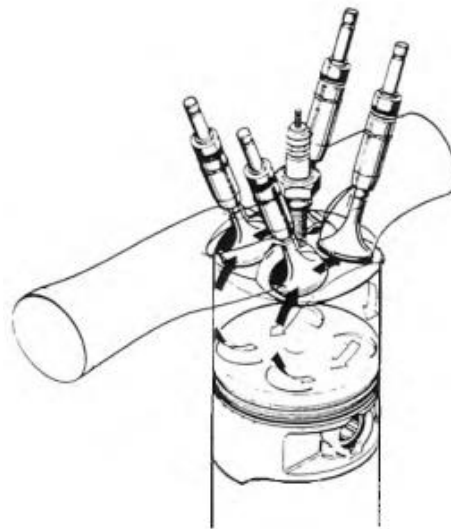
Las válvulas son piezas móviles con más influencia en la alimentación de un motor de combustión interna ya que son los encargados de controlar la apertura y cierre del flujo de los fluidos necesarios para la combustión (aire y combustible). A más de ello son los encargados de generar un sello hermético dentro de la cámara de combustión para evitar posibles fugas de compresión. Las válvulas están conformadas por un vástago alargado, un disco plano o cabeza y un muelle que facilita el retorno a la posición inicial. Estas válvulas están tratadas para soportar altas temperaturas y procesos de fatiga, además de estar correctamente lubricadas

para que su movimiento se produzca con los mínimos rozamientos posibles (Carrera, 2016).

Dependiendo del diámetro de las cabezas de válvulas se obtiene mayor cantidad y circulación de mezcla, en otras palabras, son los elementos que ayudan a respirar a un motor. Para lograr un llenado y vaciado eficiente de los cilindros las válvulas deben tener las dimensiones optimas, es decir, sus dimensiones serán equivalentes al radio del cilindro. En motores más actuales se han instalado cuatro válvulas por cilindro con la finalidad de aumentar el área para la circulación de gases. Se ha determinado que la suma de la superficie de dos válvulas pequeñas permite un mejor flujo de gases que utilizar una sola válvula de gran tamaño. Además, el uso de cuatro válvulas permite obtener la forma más parecida a la hemiesférica que beneficia a genera turbulencia en la explosión de la mezcla. En la figura se puede apreciar la configuración de un cilindro provisto de cuatro válvulas por cilindro.

### Figura 15

*Cámara de combustión con cuatro válvulas.*



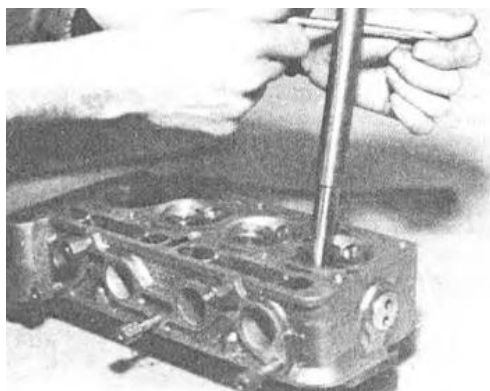
*Nota.* En la figura se referencia una mejor cámara de combustión con 4 válvulas, 2 de admisión y 2 de escape. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

### ***Trabajos prácticos en los pasajes de las válvulas***

Al momento de realizar las modificaciones del motor se inicia determinando la instalación de válvulas más grandes que las implementadas en el motor de fábrica. Para este caso la primera operación que se debe realizar es el recorte de los asientos de válvulas con el objetivo de aumentar su diámetro e instalar asientos nuevos. La herramienta utilizada para esta modificación se trata de un escariador como se puede observar en la siguiente figura.

#### **Figura 16**

*Escariador para el recorte de los asientos*



*Nota.* Generación de ángulos en el asiento de válvulas. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

En esta modificación es conveniente que no se desbaste excesivamente el material por cada pasada que se realice con la herramienta, evitando de esta manera que se atasque o se formen acanaladuras en la superficie de los asientos o guías de válvulas. Como máximo se recomienda rebajar 4,5 o 5 mm de profundidad en el material, este espesor equivale al que tienen generalmente los asientos de vehículos comerciales.

#### ***Fresado de los asientos de válvula***

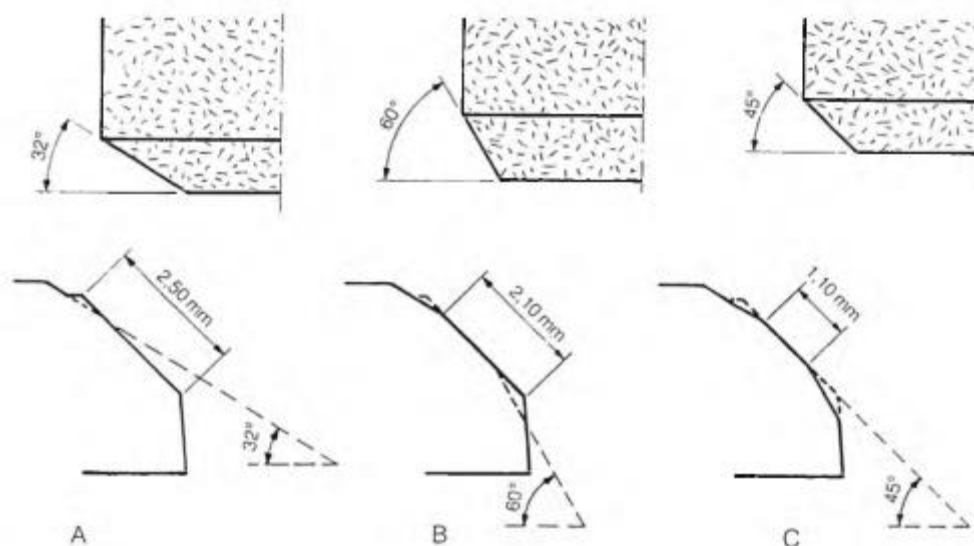
El fresado de los asientos de válvula tiene la finalidad de obtener los ángulos adecuados y el contacto correcto entre ambas piezas para obtener un perfecto auto centrado de las válvulas. Esta operación es propia de un proceso de preparación, donde el trabajo se efectúa con fresas de corte en un ángulo de 45° o 60° dependiendo del caso del cabezote.

Con este tipo de herramienta también se puede reducir los asientos durante la preparación de la culata. De esta manera si se está trabajando con los asientos de un motor comercial la acción de fresado se realizará con los diferentes tipos de muelas que poseen los ángulos adecuados para los asientos que se van a trabajar. La finalidad es obtener una zona de contacto muy buena para mejores resultados.

Un óptimo tallado del asiento se logra gracias a la aplicación de piedras de diferentes ángulos disponibles, como pueden ser de  $32^\circ$ , de  $45^\circ$  y de  $60^\circ$ , así como también de otros valores acorde a la necesidad. En la figura N. 2,15 se puede apreciar el proceso de tallado con las piedras mencionadas.

### Figura 17

*Escariador para el recorte de los asientos.*



*Nota.* Ángulos que se pueden generar en el asiento de válvulas. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

El procedimiento consiste en iniciar con aplicando la muela de  $32^\circ$  en la imagen se puede ver bajo esta muela la manera de aplicar el tallado sobre una superficie de 2,50 mm de ancho. De esta manera el ancho queda reducido a 2,10 mm que se puede rebajar a 1,10 mm mediante la aplicación de la muela de  $60^\circ$ . Finalmente trabajando con la muela de  $45^\circ$  se obtiene una superficie de contacto con la medida optima, como se observa en C.

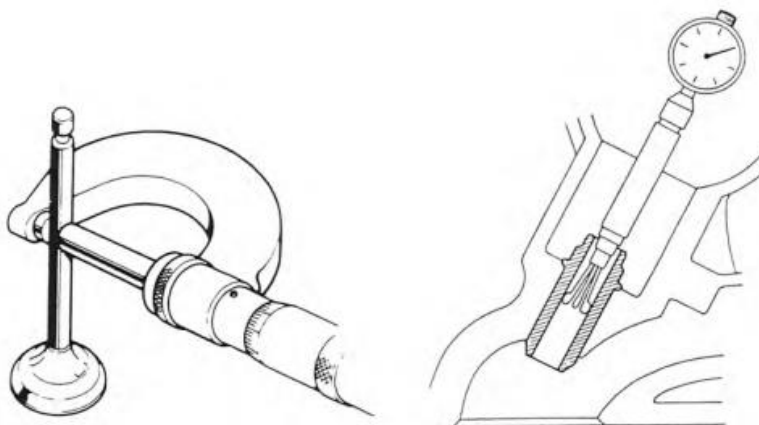


### **Las guías de válvulas**

En la preparación del cabezote se deben reemplazar las guías viejas por nuevas, pero de mayor diámetro, para que se ajuste a válvulas de mayores dimensiones que las de fábrica. Se debe medir el diámetro interno de las guías nuevas para comprobar su ajuste con la cola de la válvula. Como se puede ver en la figura N.16 las mediciones se realizan con un micrómetro en varios puntos de la cola de la válvula para verificar las tolerancias admitidas en motores. Para conseguir un óptimo ajuste entre estas dos piezas se debe restar las dos dimensiones de guía y cola de válvula.

### **Figura 18**

*Escariador para el recorte de los asientos.*



*Nota.* Herramienta para escariar el recorte de los asientos de válvulas. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

En los motores comerciales la tolerancia que debe existir en las válvulas de escape será de 0,10 mm, así como también de 0,15 en motores que desarrollan más calor. En cambio, en las válvulas de admisión refrigeradas en poca medida por la mezcla los valores están entre 0,07 a 0,09 mm. Si el técnico decide dar valores inferiores a los anteriores, se deberá realizar un esmerilado de las guías de válvula.

### ***Los conductos de admisión y escape***

En el mejoramiento y preparación de un motor para aumentar su rendimiento también está el camino de modificación de los conductos internos de admisión y escape de la culata. La finalidad es aumentar la velocidad de ingreso del aire a través del filtro hasta la cámara de combustión a través de su válvula. La potencia aumenta considerablemente ante pequeños aumentos en la presión de admisión. Lo que no sucede en los conductos de escape, a razón que si se aumenta la depresión en este conducto se conseguiría una más larga llama de salida. Por lo tanto, se recomienda centrarse en los conductos de admisión.

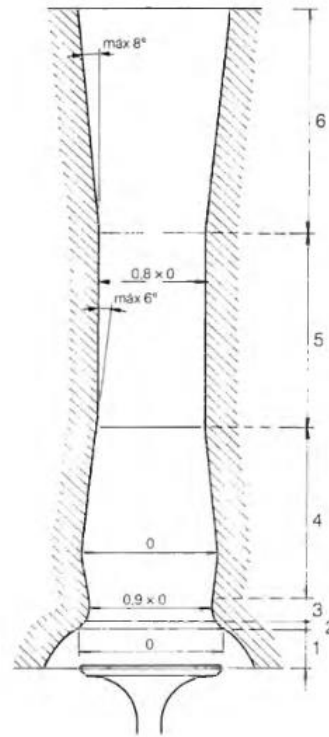
En los motores cuya fabricación ha sido deportiva estas modificaciones no aportaran mayores cambios de potencia. No obstante, si el coche es de serie convencional sin poseer una mecánica apretada, pueden obtenerse grandes beneficios en cuanto al pulido y recortado de los conductos de admisión (Gillieri, 2016).

Los conductos de admisión deben permitir el aumento de velocidad y menor resistencia posible al paso de la mezcla o aire. Su geometría debe generar una turbulencia en la mezcla al momento de ingresar en la cámara de combustión. De tal manera que se debe realizar el pulido y dar la forma a los conductos para que orienten al paso de mezcla de la manera más óptima. Un ejemplo de un conducto de las mejores características se puede apreciar en la figura N.17.

Los detalles de este conducto son los siguientes: (D) diámetro de la válvula. (1) cámara de combustión. (2) asiento de la válvula. (3) embocamiento del conducto. (4) zona de ampliación del conducto en forma troncocónica. (5) zona cilíndrica. (6) zona cónica de entrada.

**Figura 19**

*Condiciones ideales de un conducto de admisión.*



*Nota.* En teoría es el conducto de admisión perfecto. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

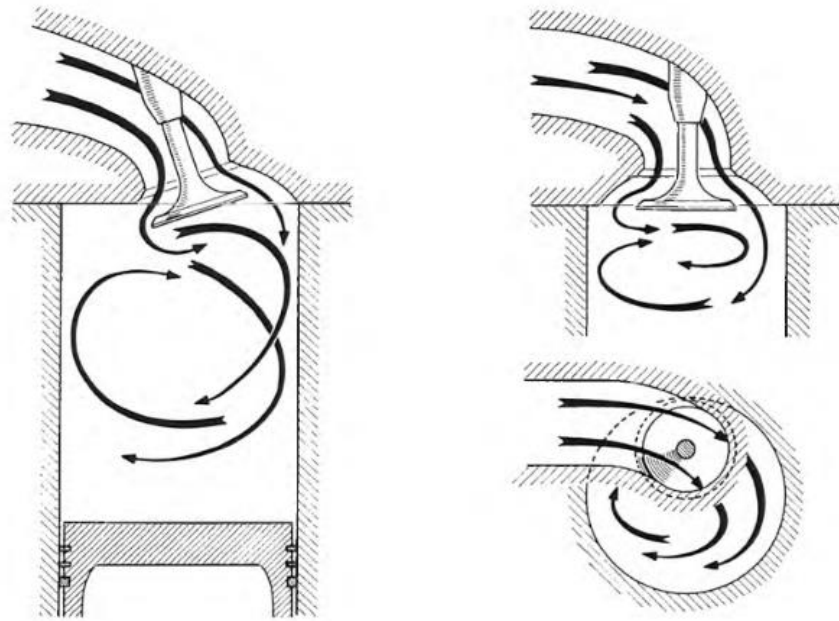
### **La turbulencia de los gases**

Cuando ya se ha logrado aumentar el volumen y velocidad de ingreso de mezcla en el cilindro, es interesante conocer que se logra un mejor rendimiento cuando la combustión se produce en el menor tiempo posible. El motor puede alcanzar un mayor número de vueltas por minuto, por lo tanto, mayor extracción de energía de la mezcla en el mismo tiempo. Mientras que la mezcla este dotada de una mayor turbulencia por revolución, se lograra encender de la forma más rápida posible, como efecto se obtiene un avance de la llama fulminante.

Los diseñadores de motores han estudiado a fondo este fenómeno en las cámaras de combustión para conseguir más turbulencia, ya que se ha visto aumentar considerablemente el rendimiento de los motores. Resultado de estos estudios se ha desarrollado la cámara hemisférica. Dependiendo el diseño del motor se encuentran dos tipos de turbulencia, horizontal y vertical como se puede apreciar en la figura N.20

## Figura 20

*Turbulencia en la cámara de combustión y cilindros.*



*Nota.* Recorrido de la mezcla estequiométrica. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

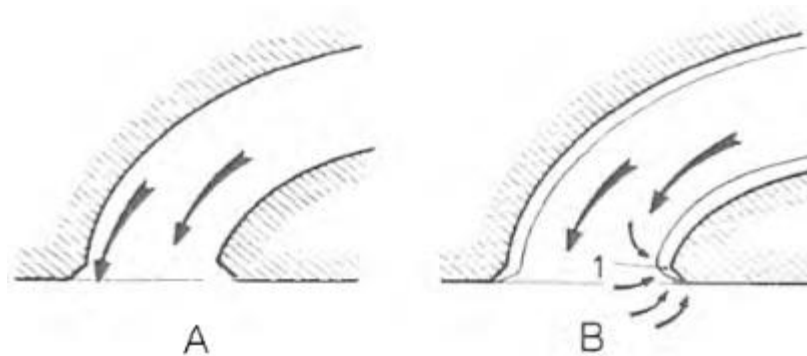
### **Trabajos en los conductos de admisión**

Los movimientos de turbulencia se inician en la orientación en la cual se encuentren los conductos de admisión, por lo tanto, es un valioso punto a tomar en cuenta. De esta manera lo más recomendable es llegar a la forma indicada en la figura N.17, esta modificación no se puede realizar en todos los tipos de motores. Sin embargo, si se recomienda realizar en las culatas de motores de serie (López Pineda, M. J., & Chicaiza Sánchez, D. A. 2017).

El análisis para rebajar o pulir el material de los conductos es muy importante ya que no se debe improvisar en este caso. En la figura N.19 se puede observar el rebaje de un conducto que tiene la forma original mostrada en A, donde al ser recortado en forma excesiva y brusca en la salida del asiento se formara turbulencia indeseable con respecto a la turbulencia original del motor.

### Figura 21

*Recortado excesivo del conducto.*

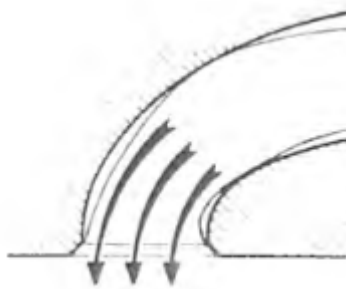


*Nota.* La figura nos representa un mal desgaste en el proceso de trucaje. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

Para un rebaje más óptimo se muestra en la figura N.22 la forma adecuada del conducto que será más eficaz para potenciar el efecto de turbulencia que el motor posea originalmente.

### Figura 22

*Rebaje correcto del conducto de serie.*



*Nota.* Trabajo de trucaje realizado con éxito. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

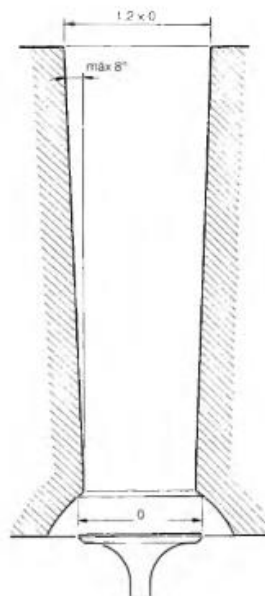
El rebaje adecuado de este tipo de conducto será más eficaz si se realiza de la forma que nos muestra la figura N.21, para mantener y potenciar de este modo el efecto de turbulencia horizontal o vertical que el motor posea.

### **Los conductos de escape**

Las modificaciones que se han explicado anteriormente no tienen nada que ver con las operaciones que se pueden llevar a cabo en los conductos de escape. Los gases de escape deben salir lo más rápido posible del cilindro, de tal manera que se debe trabajar sobre las paredes de los conductos para que no se produzcan turbulencias ni frenos en la salida. Como se puede apreciar en la figura N.23 en los motores de competición se utiliza un conducto de escape diseñado de manera cónica que permite una pérdida de velocidad a partir de la válvula de escape.

### **Figura 23**

*Conducto de escape ideal.*

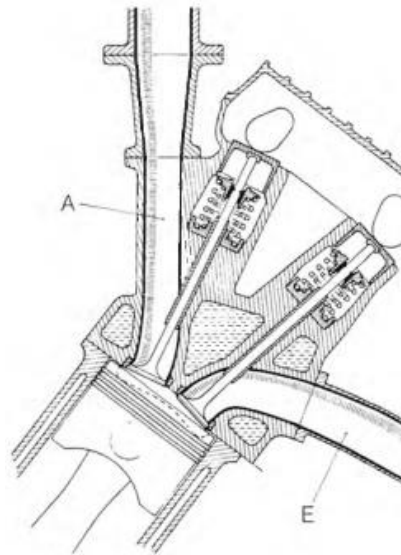


*Nota.* En teoría es el conducto de escape perfecto. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

Para mejores resultados se debe disponer una posición acodada en lugar de una directa, contrario a lo recomendado en el conducto de admisión. Una solución es la mostrada en la figura N.23 la cual es muy apreciada por los ingenieros dedicados a la preparación de motores de competición tanto en conductos de admisión como de escape.

## Figura 24

*Disposición correcta de los conductos de admisión y escape.*



*Nota.* En teoría es la disposición perfecta de los conductos de admisión y escape. Tomada de (Gillieri, 2016)

### **Los pernos de fijación de las culatas**

En el libro de preparación de motores de serie de (Gillieri, 2016) se menciona que las modificaciones realizadas en la culata son las más importantes del motor. El incremento de potencia logrado en el motor gracias a las operaciones efectuadas en el cabezote, significa un aumento considerable de las presiones que deberá soportar en su interior. En este sentido un punto que se debe tomar en cuenta por su posible falla puede ser el sistema de fijación de la culata al bloque motor. Será necesario reforzar los pernos de fijación, no es una tarea compleja para un técnico automotriz.

Los orificios de paso de los pernos de fijación del cabezote tienen un diámetro superior en 1,5 mm al diámetro externo de los pernos, esta característica se cumple en todos los motores. Su finalidad es para evitar que los pernos se atasquen por descentrado, ya que de esta manera se puede falsear el apriete lo que ocasionara la pérdida de estanqueidad de la junta. Se debe determinar el diámetro para los nuevos pernos tomando en cuenta la sobre medida de los pasos, entonces se procede al

mandrilado de los agujeros con la ayuda de un escariador fijo para aumentar en cada pasada el diámetro de 0,5 en 0,5 mm hasta llegar al diámetro deseado.

No se debe olvidar de los pernos de fijación del árbol de levas en culata o de los ejes de los balancines, según el motor que se esté preparando. En los motores en los que se ha aumentado su régimen de giro es necesario implementar muelles de válvula con hilos de mayor sección para eliminar en mayor medida el rebote de las válvulas. Cuando se realiza este cambio la fuerza de los resortes debe ser compensada por una óptima fijación del mecanismo de los balancines. De ser el caso se debe aumentar la sección de los pernos para tener un factor de seguridad mayor que evite la rotura de los pernos cuando el motor está en marcha.

### ***Las válvulas y sus muelles***

La función de las válvulas es simple, son las que permiten abrir y cerrar los conductos para el ingreso y salida de los gases. Pero al mismo tiempo son de vital importancia para el buen funcionamiento del motor. Para la preparación de motores de competición se implementan componentes previamente diseñados, en cuanto a su diámetro de alzada y la cantidad de válvulas dependerá de la finalidad del motor.

La finalidad de trabajar en las válvulas es lograr que el motor respire mejor lo que proporciona un óptimo llenado de los cilindros. La velocidad con la que ingresa la mezcla a través de las válvulas debe estar entre 95 m/s a 105 m/s, la velocidad media no debe superar los 3,5 m/s. la alzada deberá ser del 25% al 30% del diámetro de la válvula (Almeida & Calderón, 2016).



## Figura 25

*Conjunto válvula.*



*Nota.* Referencia del conjunto de una válvula desmontada. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

Para conseguir mejores resultados de potencia también se puede trabajar todo lo relacionado con las válvulas, con especial atención a las válvulas de admisión. Para lograr el máximo llenado de los cilindros en el tiempo de admisión, se recomienda realizar algunas modificaciones que se deben de estudiar en los siguientes parámetros:

- Dimensiones de las válvulas de admisión.
- Inclinación de los asientos.
- Altura de alzada de las válvulas.
- Formas características de las copas.

### ***Dimensiones de las válvulas de admisión***

Las válvulas de gran dimensión permiten una mejor entrada de mezcla a la cámara de combustión. Para ello se deben modificar los asientos para poder instalar las de mayor tamaño posible. Para el mejoramiento de la potencia de cualquier motor se debe conocer las dimensiones necesarias para su instalación en el cabezote. En un procedimiento técnico se debe aplicar una fórmula matemática, mediante la cual se puede conocer el diámetro de la cabeza de válvula de admisión. De esta manera conocer si las medidas originales ya se encuentran al máximo permisible, la fórmula es la siguiente:

$$D = \sqrt{\frac{V \times \text{rpm}}{\pi \times v \times 750}}$$

D = diámetro de la válvula de admisión.

V = volumen del cilindro en cm<sup>3</sup>.

rpm = revoluciones por minuto máximas que se pretende alcance el motor.

v = velocidad del aire en metros por segundo.

El número 750 es un coeficiente fijo

Los valores que deben aplicarse para la velocidad del aire en m/s deben hallarse dentro de los siguientes márgenes:

Para coches comerciales: De 50 a 55 m/s.

Para coches de rally: De 55 a 60 m/s.

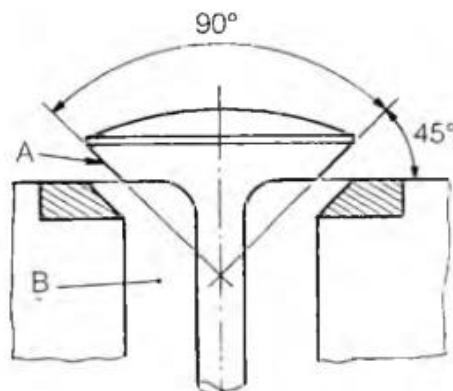
Para coches de carreras: De 70 a 80 m/s.

### ***Inclinación de los asientos***

En motores de serie el labrado más común de los asientos de válvulas tiene un ángulo de 45°, proporciona algunas ventajas como un cierre de la válvula más completo como se puede observar en la figura N.26. Este ángulo puede lograr un auto centrado de las válvulas, adicional el bisel tiene más zona de contacto. Esto proporciona más refrigeración y menor riesgo de deformación a altas temperaturas. Incluso se puede trabajar con válvulas de menor calidad sin afectar en gran medida a su duración.

**Figura 26**

Válvula con asiento a 45°.



Nota. Imagen referencial del ángulo de 45° en el asiento de válvula. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

### **Cálculo de la superficie de pasaje de las válvulas**

La superficie de pasaje de las válvulas se puede conocer por medio de algunas fórmulas matemáticas, sin importar si el ángulo de paso es de 30 o 45 grados. Para determinar el paso de corriente de gas que atraviesa una válvula se debe tener en cuenta la superficie de las válvulas que están dotadas con asientos de diferente medida. A continuación, se encuentra la ecuación para asientos a 30°:

$$S = 3.1416 (0.866 \times d \times a) + (0.375 \times a^2)$$

S: superficie total

a: altura de alzada

d: diámetro del conducto

Esta ecuación permite realizar el control de la superficie de abertura de una válvula a 30°.

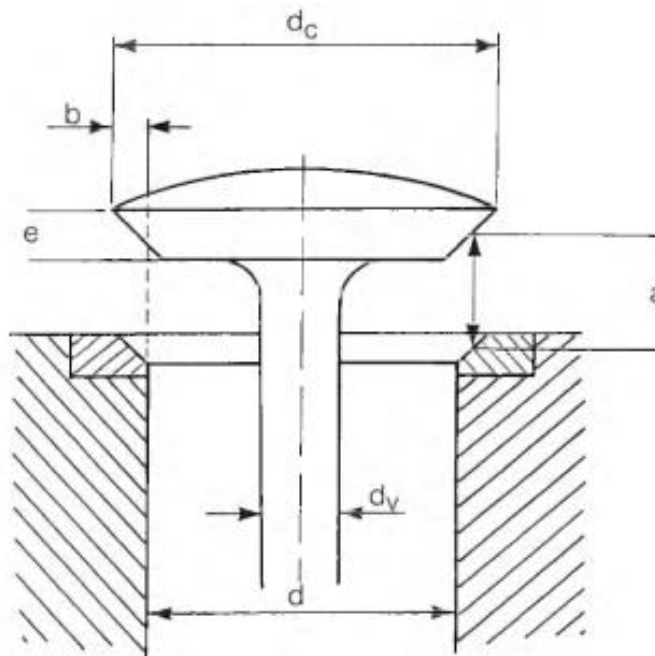
Para válvulas con asiento de 45°, la ecuación es:

$$S = 3,1416 (0,707 \times d \times a) + (0,3536 \times a^2)$$

En la figura N.25 se puede apreciar las medidas características para realizar los cálculos de una válvula.

**Figura 27**

*Medidas características de una válvula.*



**Nota.** Se refiere a todas las medidas que se pueden obtener de una válvula. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

### **Altura de alzada de las válvulas**

Para armonizar las medidas de las válvulas con respecto a su diámetro de cabeza y diámetro de asiento, conviene deducir las dimensiones de una válvula para la implementación en el motor preparado. Para calcular las características de una válvula se debe conocer el diámetro del conducto ( $d$ ), el diámetro del cilindro ( $D$ ), la velocidad del pistón que se pretende que gire el motor ( $V_p$ ) y la velocidad de evacuación de los gases ( $V_g$ ). Sabiendo esta información se puede encontrar la dimensión adecuada del diámetro del conducto para el asiento, a través de la siguiente ecuación:

$$d = D \sqrt{\frac{V_p}{1,06 \times V_g}}$$

Para aplicaciones de competición como por ejemplo Rally, la velocidad de entrada de los gases ( $V_g$ ) puede tomar un valor de 60 m/seg.

Si se desea lograr un régimen máximo de 7.000 r/m, la velocidad del pistón ( $V_p$ ) será de 20 m/seg.

A partir del conocimiento del conducto se pueden determinar las dimensiones de todas las demás proporciones de las válvulas con los siguientes valores:

Carrera o alzada de la válvula (a).....  $0,25 \times d$

Anchura del asiento (b).....  $0,07 \times d$

Diámetro del vástago de la válvula ( $d_v$ ):

Para la válvula de admisión: De  $0,18$  a  $0,23/ \times d$

Para la válvula de escape: De  $0,23$  a  $0,28/ \times d$

Diámetro superior de la cabeza ( $d_e$ ):  $d_e + 2b$

Grueso de la copa o cabeza (e):

Para la válvula de admisión:  $0,10 \times d_c$

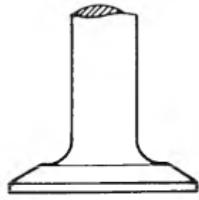
Para la válvula de escape:  $0,15 \times d_c$

### ***Formas características de las copas***

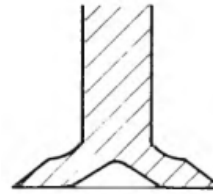
En motores térmicos las cabezas de válvulas utilizadas pueden ser típicamente de tres formas como se puede observar en la figura N.26.

**Figura 28**

Forma de cabezas de válvulas.



Válvula de cabeza plana.



Válvula de tulipa



Válvula de cabeza esférica

*Nota.* Formas de la cabeza de válvulas. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

La forma de la cabeza de estas válvulas está relacionada con la función con la que fueron diseñadas y construidas.

### **Comparación entre las válvulas**

Las válvulas con cabeza plana tienen la ventaja de evacuar los gases y eliminar el calor de la combustión, su función dinámica es superior que las válvulas de tulipa, pero inferior a las de cabeza esférica. En cuanto a los materiales y construcción la válvula de cabeza plana sigue siendo mejor que la tulipa por su resistencia y bajo costo.

En la preparación de motores de combustión se usan válvulas de tulipa para admisión, mientras que para escape se opta por usar válvulas de cabeza esférica.

### ***Los muelles de válvula***

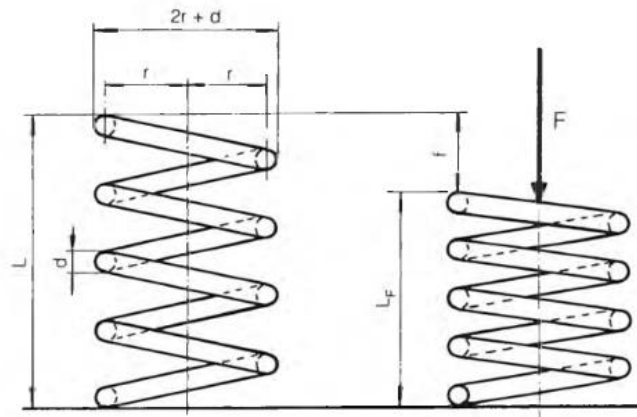
Los elementos que mantienen fijadas a las válvulas contra los asientos son los muelles, para que de esta manera se tenga un excelente sellado en los ciclos que las válvulas permanecen cerradas. Durante el tiempo de admisión se crea una depresión por lo tanto los muelles de las válvulas de escape debe poseer una fuerza capaz de equilibrar esta fuerza para mantener la válvula cerrada. La fuerza de depresión originada en el cilindro depende varios factores como el diámetro del cilindro y el régimen de giro, sus valores más comunes están en los  $0,6 \frac{Kg}{cm^2}$ . El movimiento alternativo al que están sometidas las válvulas en el funcionamiento normal, origina fuerzas de inercia que tienden a separarlas de sus mecanismos de empuje. Por lo tanto, los muelles deben establecer una contra fuerza que los mantenga en contacto con estos mecanismos de empuje, ya que la aparición de falsos movimientos perjudica el funcionamiento correcto de admisión y escape.

### ***Cálculo de los muelles de válvula***

Los muelles helicoidales cuando se deforman acortan la carga axial aplicada sobre ellos, esta función será más o menos rápida dependiendo de las dimensiones de los hilos y el material que está construido. Después de un proceso de modificación de las características de un motor para conseguir aumento en el régimen de giro, es necesario implementar los muelles adecuados para las nuevas condiciones de trabajo. Las modificaciones que se pueden llevar a cabo en los muelles de válvulas se pueden realizar mediante cálculos matemáticos para obtener mejores resultados al momento de preparar motores de competición. Como se puede observar en la figura N.27 se presentan las dimensiones a tener en cuenta para el cálculo de los muelles de válvula.

**Figura 29**

*Forma de cabezas de válvulas*



*Nota.* La figura referencia a la fuerza aplicada en los muelles. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

Los elementos fundamentales de los muelles de válvulas a conocer serán los siguientes:

d, diámetro del alambre.

f, flecha bajo carga.

n, número de espiras necesarias.

L, longitud del muelle en libertad.

Conociendo que hilos de los muelles se fabrican con aceros especiales, se puede definir el coeficiente k en un valor igual a  $40 \text{ kg/mm}^2$ .

Del mismo modo se tiene un valor de 8.000 para el coeficiente de elasticidad o módulo elástico (E). Así, las fórmulas a aplicar pueden quedar simplificadas y reducidas a los siguientes términos:

**d, diámetro del alambre**

Se determina a través de la siguiente ecuación.

$$d = \sqrt[3]{\frac{F \times r}{8}}$$



Donde:

(F) carga

(k) coeficiente de trabajo

(r) radio medio de la espira

### **f, flecha bajo carga**

Se determina a través de la siguiente ecuación.

$$f = \frac{64 \times n \times r^2}{1000 \times d}$$

Donde:

(n) número de espiras

(r) radio medio de la espira

(d) diámetro del hilo

(E) módulo elástico del material

### **n, número de espiras necesarias**

Se determina a través de la siguiente ecuación.

$$n = \frac{1000 \times f \times d}{64 \times r^2}$$

Estas ecuaciones permiten conocer las dimensiones que debe tener un muelle de válvula previamente conociendo los siguientes datos:

Fo = La fuerza con la que deseamos permanezca comprimida la válvula sobre su asiento cuando esté cerrada.

Fm = La fuerza máxima de la inercia que ha de contrarrestar la válvula en movimiento

h = La altura de levantamiento de la válvula.

r = el valor del radio medio de la espira.

Fo se calcula por apreciación, se tiene en cuenta la depresión máxima del cilindro y el diámetro de la válvula de escape. En la práctica, puede establecerse un valor entre 1 y 1,5 kg/cm<sup>2</sup>. En las preparaciones para automóviles de rally un valor aconsejable es 1,2 kg/cm<sup>2</sup>

$$F_o = 1,2 \times 0,7856 \times d$$

Fm, corresponde a la fuerza de inercia en el punto de máxima velocidad en su recorrido, de modo que se puede tomar para el valor Fm unos valores que oscilen entre 1,1 a 1,2 de Fo

$$F_m = 1,2 \times F_o$$

El valor de r (radio medio de la espira) se puede establecer tomando como diámetro medio de la espira 7/8 de diámetro interior de la válvula (que designaremos ahora como d<sub>2</sub>), de modo que la fórmula resultante será:

$$r = \frac{7 \times d_2}{16}$$

### **Accionamiento de las válvulas. El eje de levas**

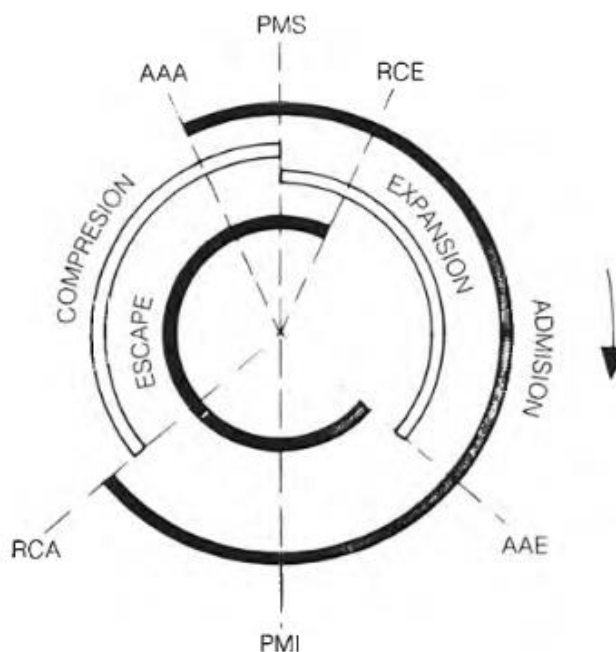
Según la teoría en el funcionamiento del motor, la válvula de admisión debe abrirse en el momento en que el pistón está en el PMS y cerrarse cuando el pistón está en el PMI. Sin embargo, esto no sucede en la práctica, primeramente, las válvulas no se abren instantáneamente, sino que lo hacen según la forma del perfil de la leva. Las levas van abriendo paulatinamente la válvula según el pistón desciende, de esta manera la válvula no se abre totalmente hasta que el pistón está a media carrera de descenso. Por lo tanto, para lograr un llenado eficiente del cilindro no se puede esperar la llegada del pistón al PMS, ni tampoco puede cerrarse cuando el pistón llegue al PMI, ya que la potencia generada por un motor depende directamente de la mezcla aire combustible por lo tanto a mayor mezcla mayor potencia.

### **El diagrama de distribución**

La figura N.28 muestra la disposición de los momentos, en grados, en los que un motor abre y cierra sus válvulas. Se representan los grados de giro del cigüeñal en los distintos cuatro tiempos del ciclo de un motor. Se destaca el tiempo en que las válvulas de admisión y escape permanecen abiertas y el tiempo en que permanecen abiertas al mismo tiempo las válvulas de admisión y las de escape, lo que se llama el solape de las válvulas o cruce de válvulas.

### **Figura 30**

*Diagrama de distribución de un motor.*



*Nota.* Se aprecia el diagrama para la distribución de un motor de combustión interna. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

Cuando un motor se destina exclusivamente a la competición, tiene que tener valores más grandes de cruce de válvulas que un motor comercial. Un motor de competición, en estas condiciones, se volverá mucho menos dócil a bajas vueltas y será, por lo mismo, impracticable para el tráfico corriente de las ciudades e incluso de las carreteras concurridas.

La siguiente tabla brinda información sobre los valores corrientes de las cotas de distribución para los motores comerciales y para los motores rápidos. A través de esta información el técnico preparador puede orientarse para establecer su punto de partida en escoger estos valores nuevos en el motor que está trabajando.

	Motores comerciales	Motores rápidos
Avance apertura admisión AAA	De 10° a 15°	De 12° a 40°
Retardo cierre admisión RCA	De 35° a 45°	De 40° a 80°
Avance apertura escape AAE	De 35° a 45°	De 40° a 80°
Retardo cierre escape RCE	De 10° a 15°	De 12° a 40°

Para modificar las cotas de la distribución es conveniente analizar los elementos que intervienen a través del siguiente listado y las modificaciones pertinentes para un determinado proyecto:

- El árbol de levas.
- Elección de un árbol de levas.
- Elementos de accionamiento de las válvulas.
- Puesta a punto de la distribución.

### ***Elección de un árbol de levas***

Si se parte de un árbol de levas comercial, la posibilidad de mejorar el motor de serie con aumentos importantes de potencia queda muy reducida. Modificar directamente el perfil de las levas existentes puede ser complicado e inútil, dada la dificultad de obtener perfiles exactos en todas las levas y de obtener un perfil perfecto.

Para conseguir un eje especial, necesitamos contactar con un taller que construya árboles de levas y presentar allí nuestra propuesta. Un nuevo árbol es algo que debe fabricarse, pero el precio es muy elevado y solo se tiene pruebas de éxito cuando el vehículo esté en pista o el motor sea sometido a un banco de pruebas.

Muchas empresas de kits de montaje para la mejora de motores se dedican a construir árboles de levas estrictamente para competición, que es la mejor solución. Se puede ver el árbol que más nos interesa en el catálogo que estas empresas ofrecen a los preparadores.

### ***Puesta a punto de la distribución***

Cuando se realiza una modificación sustancial de un motor de serie en el que se realizan cambios en el reglaje de distribución, será necesario realizar la puesta a punto sin marcas de referencia, porque las que existen ya no sirven. Durante la vida útil del motor en competición tendremos que grabar nuevas marcas en los engranajes para que sea posible y seguro su desmontaje y montaje.

Para realizar la puesta a punto deberá partirse del nuevo diagrama de distribución, el cual viene determinado por los diferentes valores de AAA, RCA, AAE y RCE que ahora posea el árbol (o árboles) de levas que hemos adoptado para llevar a cabo nuestra preparación. Si a un motor de serie se le coloca un árbol de levas para fines de competición, la puesta a punto de la distribución debe reconsiderarse y modificarse.

Cuando se trate del caso de un motor provisto de un solo árbol de levas solo será necesario poner a punto este árbol para que todo el conjunto quede ajustado. Si el motor dispone de dos árboles de levas (tanto si se trata de un árbol para las válvulas de admisión y otro para las de escape, como si son árboles diferentes para dos líneas de cilindros en los motores en V) se tendrá que trabajar para poner a punto todos los árboles, teniendo en cuenta la posición relativa de las levas y el orden de encendido.

Las operaciones a realizar y el orden de las mismas es el siguiente:

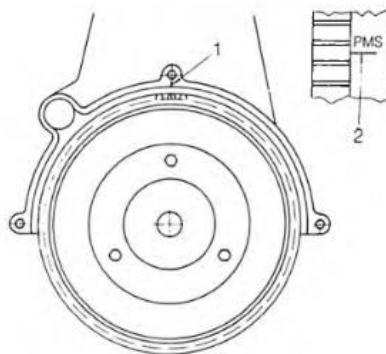
Primera. Se sitúa el pistón del primer cilindro exactamente el punto muerto superior.

Se debe señalar en el material del bloque y la corona del volante las señales de coincidencia. En la figura N.29 se observa la marca realizada en el material del bloque la señal en el diente que coincida.

Para evitar confusiones la señal en la corona debe realizarse en el centro exacto de la cabeza de un diente y marcarse con la indicación «PMS» o, sencillamente, con un «0».

### Figura 31

*Marcas de sincronización del PMS.*



*Nota.* La imagen nos referencia a las marcas originales para el PMS en las tapas de distribución. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

Segunda: Girar el cigüeñal en sentido contrario al de funcionamiento, con un valor angular equivalente a un número exacto de dientes de la corona lo más próximo posible al ángulo de AAA.

Para calcular este ángulo y el número de dientes correspondiente, se divide los 360° de que se compone toda circunferencia por el número total de dientes de la corona. El resultado será el ángulo de giro correspondiente al paso de un diente de la corona.

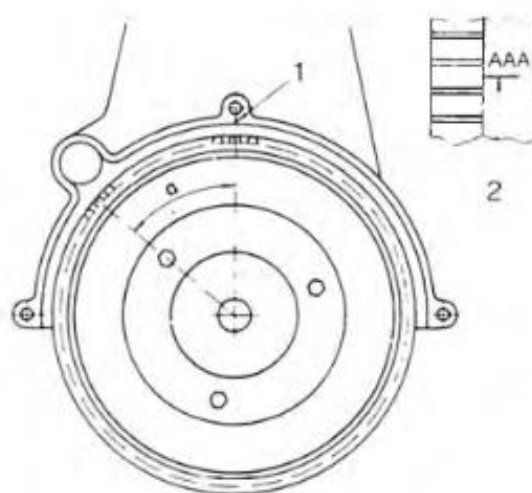
Dividiendo ahora el valor angular de AAA por el resultado de grados que posee un diente, obtendremos una segura orientación sobre el número de dientes que deberemos girar el volante para que coincida con la marca de P.M.S grabada en el block como se aprecia en la figura N.29.

Generalmente el resultado de esta operación no dará un número exacto de dientes, sino que quedará alguna fracción. Sin embargo, es más cómodo y preciso girar el número entero de dientes y tener en cuenta los grados de giro que resten para corregir este detalle en el posicionamiento del árbol de levas.

Tercera. En la figura N.32 se tiene la forma de operar, después de girar los dientes calculados se señalará la posición del volante con una marca en el diente correspondiente en coincidencia con la referencia marcada en el material del bloque. Se señalará con las letras «AAA» como se indica (2). Manteniendo la posición de esta forma se instalará el árbol de levas en su posición de comienzo de apertura de admisión.

### Figura 32

*Marcas de sincronización del AAA.*

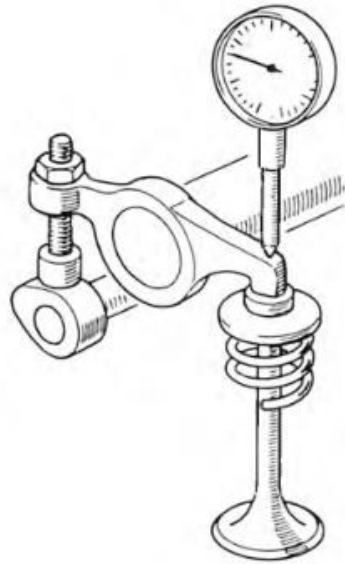


*Nota.* Marcas para el Avance a la Apertura de la Admisión. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

Cuarta: A continuación, se gira el árbol de levas hasta que actúe sobre el empujador o sobre la cola de la válvula por la parte del círculo rebajado. Se realiza la calibración del juego de taqué y se coloca un comparador, ajustado a cero, con el palpador sobre el balancín como se observa en la figura N.31, o sobre el platillo de retención de la válvula si la leva actúa sin el intermedio del balancín. Se hace girar el árbol de levas en su sentido de funcionamiento hasta que se aprecie el comienzo del movimiento de la aguja del comparador, lo que indica el instante en que comienza a actuar la rampa de ataque de la leva para la apertura de la válvula.

**Figura 33**

*Ajuste de sincronización del árbol de levas.*



*Nota.* Medidas referenciales con el reloj palpador. Tomada de **(Gillieri, 2016)**

Quinta: Las operaciones anteriores se habrán efectuado con la transmisión de la distribución libre y sin engranar. De esta manera se consiguen las posiciones relativas del cigüeñal con respecto al árbol de levas para la posición AAA, se procederá ahora a colocar y fijar los elementos de engrane de la transmisión y a señalar las marcas de éstos, para que se pueda rehacer con facilidad el montaje.



### Capítulo III Desarrollo del tema

#### Preliminares

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo el desarrollo de una guía práctica paso a paso para la repotenciación del motor del vehículo Peugeot 504 SL 2.0 L. Mediante el trucaje del cabezote, distribución y subsistemas de aire para incrementar su potencia.

Mediante la investigación bibliográfica realizada se definen los trabajos de trucaje que se emplean en el cabezote para incrementar la potencia del motor, se pueden encontrar los siguientes:

- Reducir la cámara de combustión para aumentar la relación de compresión.
- Ampliar las toberas de admisión y escape para optimizar la alimentación de aire, mediante el desbaste de material
- Ampliar las toberas de escape para mejorar la evacuación de residuos de la combustión.
- Se pueden adaptar válvulas más anchas para lograr un óptimo llenado volumétrico de los cilindros.
- Preparar el árbol de levas para optimizar la apertura y permanencia de las válvulas de admisión y escape.

Todas estas modificaciones dan como resultado una mejora visible en la potencia de un motor.

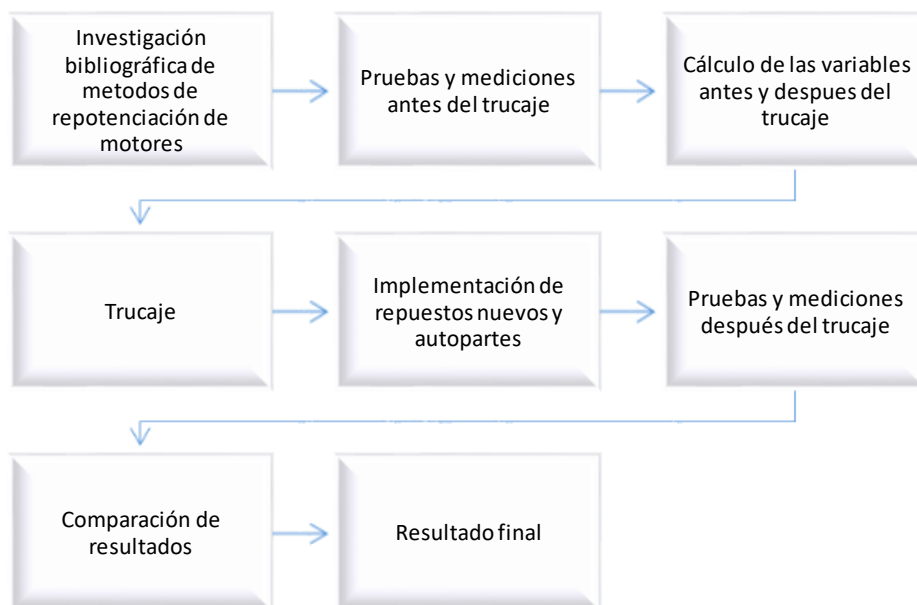
- Cambiar el juego de válvulas con sus respectivos asientos a 45° con el fin de obtener un mejor barrido, un llenado y vaciado más rápido en el cilindro.
- Cambiar las guías de las válvulas y cortándolas la parte inferior a ras del cabezote con el propósito de que exista menor obstáculo al paso generando un mejor llenado y vaciado en los cilindros.
- Fabricación de un header en acero inoxidable para una mejor expulsión de gases haciéndolo más directa sin mayor obstrucción al paso de los residuos de la combustión.

### Etapas del proyecto

Se detallan los pasos necesarios para efectuar el trucaje del cabezote como se puede apreciar en la siguiente figura. Para iniciar se realiza la investigación bibliográfica correspondiente para reconocer los métodos de repotenciación de motores a gasolina. A continuación, se efectúan pruebas y mediciones antes de realizar el trucaje. Se realizan los cálculos de las variables principales para el trucaje del cabezote. Para después proceder a realizar el proceso de trucaje, implementando los repuestos nuevos. Es necesario realizar pruebas y mediciones después del trucaje para realizar una comparación de los resultados obtenidos.

### Figura 34

*Etapas para el proceso de trucaje del cabezote.*



### Recursos y materiales

Para realizar este proyecto son necesarios ciertos equipos y herramientas que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1

Lista de materiales.

<b>MATERIALES</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>CAJA DE HERRAMIENTAS</b>		Está compuesta por diversas herramientas como son dados, racha, llaves de turcas, entre otras. Todas ellas se utilizan para desarmar y armar partes del motor.
<b>TORQUÍMETRO</b>		Es una herramienta que sirve para medir la tensión o el torque aplicado sobre elementos como tuercas o tornillos.
<b>LIJAS</b>		Se utilizan para el desbaste de material en elementos metálicos, dependiendo de su superficie se utilizan para retirar material o pulir superficies.
<b>TUBOS GALVANIZADOS</b>		Son utilizados para dar forma al Header, el cual este compuesto de 3 tubos soldados a una placa que se junta a los conductos de escape.

## MATERIALES

NOMBRE	FIGURA	DESCRIPCION
<b>Dobladora de tubos</b>		<p>Es una herramienta que facilita dar forma a los tubos que serán utilizados en la elaboración del header, se pueden dar diversos ángulos en función de las necesidades del diseño.</p>
<b>Soldadora</b>		<p>Se utiliza para unir los tubos del header, a una placa de metal que se juntara a los conductos de escape.</p>
<b>Fresadora</b>		<p>Este equipo se utiliza para la rectificación de superficies planas para este caso será en la parte plana de la culata que se verán afectadas en el truceaje.</p>
<b>Limadora de mano</b>		<p>Es una herramienta que se utiliza para remover material y pulir superficies, se utilizará en el desbaste de material de los conductos de admisión y escape.</p>

## Desarrollo del proyecto

En la búsqueda constante de optimización de desempeño de motores, en este proyecto se efectúa la modificación del cabezote de un ícono de la industria automovilística: el Peugeot 504 2.0L, un modelo que marcó una era en la conducción. Este vehículo, fabricado en el año 1980, es reconocido por su elegancia y durabilidad, y hoy se presenta como el lienzo perfecto para una mejora significativa en su rendimiento y potencia. En la figura 35 se puede apreciar el vehículo en el cual se va a implementar el trucaje para mejorar sus parámetros de funcionamiento.

### Figura 35

*Peugeot 504 2.0L modelo 1980.*



El objetivo principal de este proyecto es realizar una modificación especializada en el cabezote del motor, buscando potenciar su capacidad y eficiencia. La implementación de técnicas avanzadas en la preparación de motores a gasolina será clave para elevar las prestaciones de este clásico automóvil, manteniendo la esencia del diseño original de Peugeot, pero impulsándolo hacia estándares más contemporáneos de desempeño.

Para el desarrollo del proyecto de manera práctica se inicia con la obtención de los valores de funcionamiento del motor y parámetros para determinar su estado inicial. Se debe examinar los caudales, velocidades y dimensiones que deben ajustarse en los conductos de entrada y salida del cabezote. El objetivo es determinar los posibles resultados y evaluar cómo estos cambios afectarán el rendimiento del motor. Una vez que se han identificado los parámetros a ajustar, se inicia el proceso práctico mediante el desmontaje de los componentes eléctricos y mecánicos que tienen contacto con la culata. Estos componentes incluyen los múltiples de admisión y escape, el cuerpo de aceleración, las mangueras y otros elementos relacionados. Se inicia el proceso retirando las partes internas que mantienen unidos la culata y el bloque del motor, tales como pernos, piñones, poleas, entre otros. Una vez que la culata está libre, se procede al trucaje utilizando herramientas y equipos de desgaste para alcanzar las dimensiones previamente establecidas. Después de finalizar el trucaje, se toman medidas para determinar los volúmenes y dimensiones de las toberas de admisión y escape. Posteriormente, se procede a ensamblar la culata y sus componentes, considerando la incorporación de otras autopartes como una polea ajustable, una nueva bobina y un árbol de levas de alto rendimiento, entre elementos. También se instala un Header para reemplazar el múltiple de escape, lo que mejorará la expulsión de los gases de escape.

### ***Datos técnicos del vehículo.***

A continuación, se presenta en la tabla las especificaciones técnicas del motor del Peugeot 504 LS. 2.0 en el cual se lleva a cabo el proceso de trucaje del cabezote.

Especificaciones técnicas del vehículo



**Tabla 2***Especificaciones motor Peugeot 504*

<b>Especificaciones</b>	<b>Peugeot 504 2.0</b>
<b>Año de fabricación</b>	1980
<b>Marca</b>	Peugeot
<b>Modelo</b>	504 LS
<b>cilindrada</b>	1.971 cc
<b>Numero de cilindros</b>	4
<b>Orden de encendido</b>	1342
<b>Distribución</b>	OHB
<b>Relación de compresión</b>	8.8 :1
<b>Diámetro x carrera</b>	88 x 81 mm
<b>Torque teórico</b>	17.5 kgm a 2.750 rpm
<b>Potencia teórica</b>	108 CV a 5.150 rpm

**Proceso de trucaje del cabezote**

La modificación de cabezotes para obtener más rendimiento del motor es una práctica común en la industria de la modificación de motores. Sin embargo, es esencial asegurarse de que las modificaciones se realicen de manera profesional y cuidadosa para evitar problemas y garantizar un rendimiento óptimo del motor.

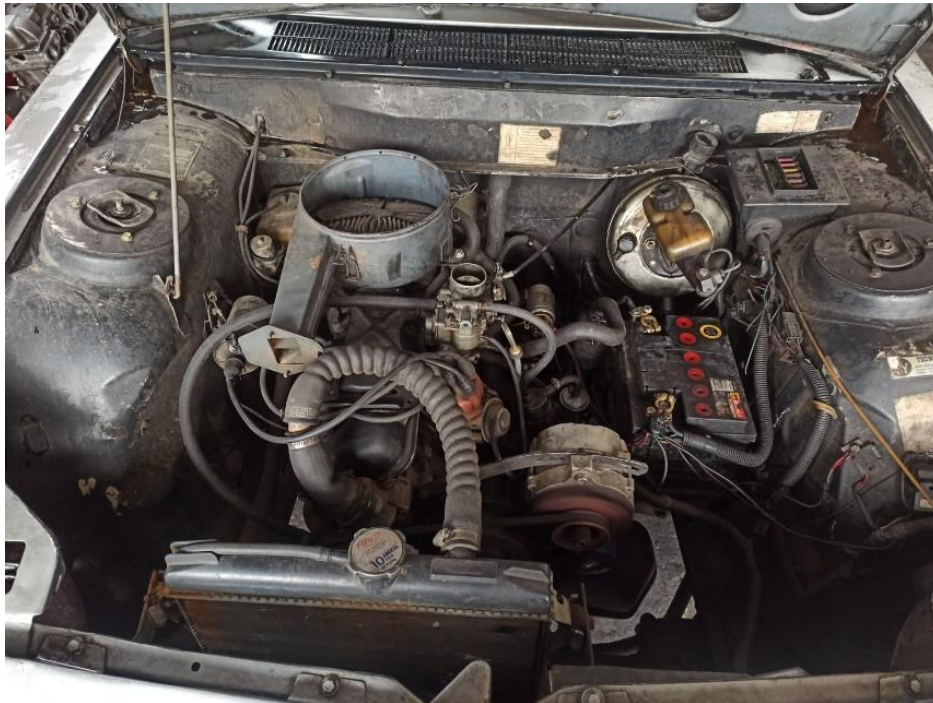
A lo largo de este proceso, exploraremos las diferentes etapas del trucaje del cabezote, desde la rectificación y cambio de válvulas hasta la adaptación de un sistema de evacuación de gases tipo header. Este enfoque integral permitirá no solo incrementar la potencia y el torque del motor, sino también mejorar la eficiencia en la combustión y, por ende, la experiencia de conducción.

### ***Mediciones previas***

Realizar una inspección minuciosa del motor para identificar cualquier daño, desgaste o problemas existentes. Realizar las verificaciones correspondientes para emitir un diagnóstico general del estado inicial del motor a realizar el trucaje. En la figura N. 36 se puede apreciar el estado original del motor del vehículo en el cual se realiza el proyecto.

### **Figura 36**

*Estado inicial del motor.*



Previo a la modificación del cabezote del motor se realizan mediciones para evaluar su estado interno y la presión de compresión de los cilindros. En la figura N. 37 se presenta la medición de compresión previa a la realización de las modificaciones planificadas. Como resultado de la prueba de diagnóstico se obtiene los siguientes resultados: Cilindro 1: 110 Psi, Cilindro 2: 120 Psi, Cilindro 3: 110 Psi, Cilindro 1: 125 Psi. Mediante las pruebas se puede determinar las siguientes averías: existen fugas de compresión por el empaque, el cabezote se encuentra pandeado, los rines están en mal estado.



**Figura 37**

*Medición de compresión en los cilindros.*



*Nota.* La imagen se referencia a la prueba de compresión.

Posteriormente a la comprobación inicial se inicia el desmontaje de los sistemas complementarios del motor. Como se observa en la figura N. 38 se inicia el proceso desmontando el sistema de refrigeración, distribución, carga y encendido.

**Figura 38**

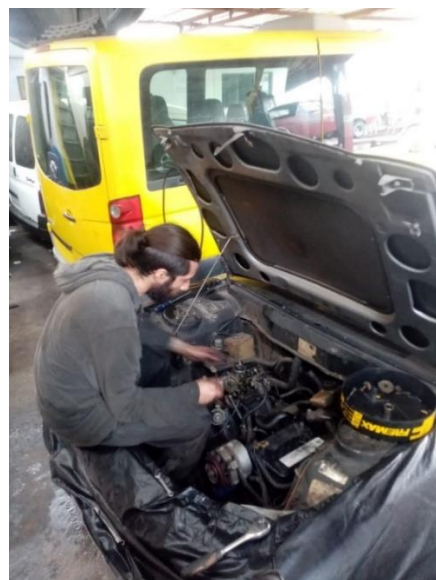
*Desmontaje de sistemas del motor.*



A continuación, se procede al desmontaje del cabezote para realizar algunas verificaciones internas del estado del motor, de esta manera determinar las causas y soluciones del daño encontrado. En la figura N.39 se puede apreciar el proceso para la extracción del componente para su posterior modificación.

**Figura 39**

*Desmontaje del cabezote del motor.*



## Diámetro del cilindro

En la figura N. 40 se aprecia la medición del diámetro interno de los cilindros del motor utilizando un alexómetro como herramienta de precisión. El diámetro del cilindro da como resultado 88.13mm. Mediante esta medida se puede concluir que los cilindros del motor tienen una dimensión dentro de los límites de tolerancia de desgaste. Por este motivo no se realizan reparaciones ni recambio de componentes internos del motor.

### Figura 40

Medición del diámetro de cilindros



## Diámetro de cabeza de las válvulas

Utilizando un micrómetro de apreciación 0.01 mm se procede a medir al diámetro de cabeza de las válvulas. El resultado de la medición de cada válvula se puede apreciar en la figura N. 41

### Figura 41

*Medición de diámetro de cabeza de las válvulas.*



### ***Pulido y desbaste***

El objetivo principal del trucaje del cabezote es optimizar el flujo de aire y combustible en el motor para lograr una mejor combustión y, por ende, mejorar el rendimiento en términos de potencia y eficiencia. Se inicia con el pulido y desbaste de las cámaras de combustión y los conductos de admisión y escape. Este proceso tiene como objetivo eliminar irregularidades y mejorar el flujo de gases.

### **Conductos de admision y escape**

Para realizar un proceso de desbaste en los conductos de admision y escape son necesarias algunas herramientas como las que se observa en la figura N.42 El porting y el pulido de los conductos internos del cabezote buscan mejorar el flujo de aire y reducir la fricción, contribuyendo así a un mejor rendimiento. En la figuras que se presentan a continuacion se aprecia el proceso de modificación de los conductos de admisión y escape. Se muestran también como se encuentran originalmente y el resultado después de un desbaste.

### **Figura 42**

*Herramientas de desbaste y pulido.*



### **Estado inicial de los conductos del cabezote:**

Como se puede apreciar en la figura N. 43 en la configuración original, los conductos de admisión y escape del cabezote presentan rugosidades y pequeñas imperfecciones superficiales. Las paredes internas pueden contener depósitos de carbonilla y acumulaciones que afectan el flujo de aire y gases.



**Figura 43**

Conductos de admisión y escape respectivamente



El pulido de los conductos contribuye a optimizar el rendimiento del motor al mejorar el flujo de aire en la admisión y la salida de gases de escape. La limpieza y suavidad logradas mediante este proceso favorecen una combustión más eficiente y una mejor evacuación de los gases de escape, impactando positivamente en el rendimiento global del sistema. Es importante realizar este tipo de modificaciones con cuidado y siguiendo prácticas profesionales para garantizar resultados óptimos. En las siguientes imágenes se puede observar el proceso de pulido interno de los conductos mediante el uso de piedras de desbaste.

**Figura 44**

*Maquinado de conductos de admisión y escape respectivamente.*

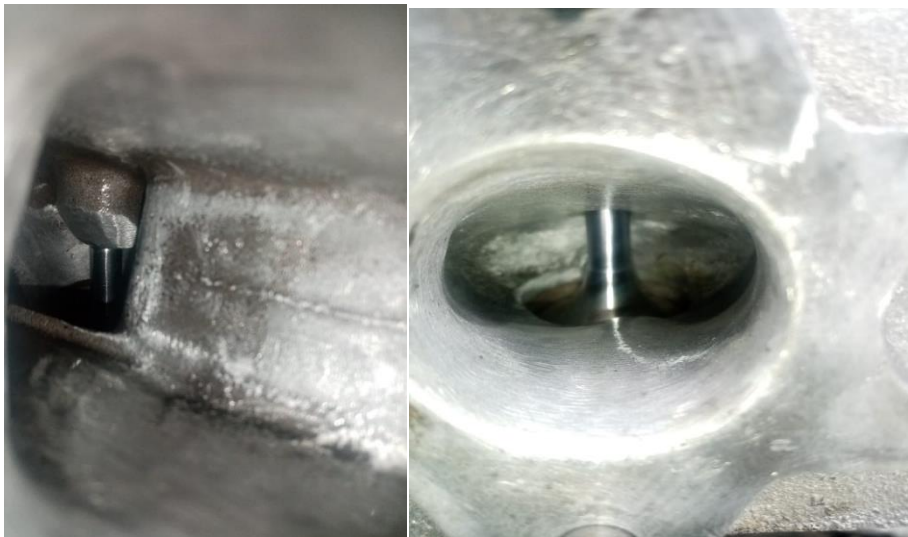


### Estado posterior al pulido de los conductos

Después del proceso de pulido, los conductos de admisión y escape experimentan mejoras significativas en términos de suavidad superficial y limpieza. Las irregularidades se eliminan, permitiendo un flujo más libre y eficiente de aire y gases de escape. En la figura N.45 se presentan los resultados de un desbaste realizado de forma técnica y minuciosa para mejorar la entrada y salida de los gases a través de los ductos del cabezote.

#### Figura 45

Resultados de desbaste de conductos de admisión y escape respectivamente.



**Nota.** Finalización del truaje en los conductos de admisión y escape.

### **Modificación de Válvulas**

La instalación de válvulas de mayor rendimiento permite un mejor flujo de gases. Además, se pueden reforzar los asientos de válvula para acomodar válvulas más grandes. Para iniciar el proceso es necesario retirar los asientos, guías y retenedores de válvulas ya que se encuentran en mal estado y con un deterioro considerable. En la figura a continuación se muestra el estado de los asientos antiguos.

**Figura 46**

*Extracción de asientos en mal estado.*



Inspección de los Asientos de Válvulas:

- Verificar visualmente la condición de los asientos de válvulas.
- Utilizar instrumentos de medición para evaluar las dimensiones y la forma de los asientos.

Se adquieren asientos nuevos como se aprecia en la figura N.47 los mismos que deben ser maquinados al valor del ángulo deseado para la implementación de nuevas válvulas.

**Figura 47**

*Asientos nuevos a maquinar.*



### Selección de Válvulas Nuevas

Se debe elegir válvulas nuevas que se ajusten a las especificaciones del fabricante y al rendimiento deseado. Como se puede apreciar en la figura N.48 las válvulas nuevas de admisión y escape para la implementación en el motor de prueba.

#### Figura 48

*Válvulas de admisión y escape nuevas.*



### Maquinado de asientos de válvulas

El maquinado de asientos de válvulas es un proceso crucial en la preparación de un cabezote para mejorar la eficiencia y el rendimiento del motor. En la figura N.49 a continuación se aprecia el procedimiento estándar para el maquinado de asientos de válvulas nuevos.

#### Figura 49

*Maquinado de asientos de válvulas.*





#### Preparación para el Maquinado:

- Asegurar el cabezote en la máquina rectificadora.
- Montar las herramientas de corte y ajustar las velocidades y alimentaciones según las especificaciones.

#### Maquinado de los Asientos de Válvulas:

- Realizar el maquinado de los asientos de válvulas con precisión.
- Ajustar la máquina para lograr la forma y el ángulo correctos de los asientos.

#### Verificación de las Dimensiones:

- Medir las dimensiones de los asientos maquinados con calibradores y micrómetros para asegurar la precisión.

#### Pulido de los Asientos:

- Aplicar lijas finas y pasta de pulir para lograr una superficie suave y uniforme en los asientos de válvulas.

#### Montaje de Válvulas:

- Instalar las válvulas nuevas en los asientos maquinados.
- Asegurarse de que las válvulas se muevan libremente y se sellen adecuadamente.

#### Pruebas y Ajustes:

- Se deben realizar pruebas de estanqueidad y compresión.
- Si es necesario realizar ajustes adicionales para optimizar el rendimiento.

#### **Asentamiento de válvulas**

El proceso de asentamiento de las válvulas en el cabezote es fundamental para asegurar un funcionamiento adecuado y duradero del tren de válvulas. Previamente se deben instalar las guías de válvula nuevas como se puede observar en la figura N.50.

**Figura 50**

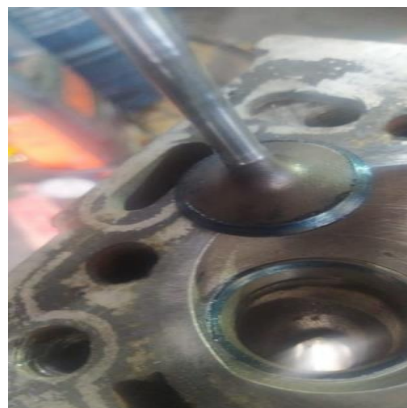
*Instalación de las guías de válvulas*



Se deben colocar las válvulas y los componentes en sus posiciones originales. Para realizar el proceso de pulido de asientos se debe aplicar pasta de pulir sobre las caras de las válvulas. Se debe utilizar un juego de mandriles de pulir válvulas con una herramienta eléctrica o manual para pulir las superficies. Como se puede ver en la figura N.51 la válvula nueva se pule contra el asiento construido para que el sellado sea el mejor. La superficie de contacto tanto del asiento como de la válvula debe ser exactamente el mismo ángulo, en este caso se construyeron asientos a 45° igualmente al ángulo de asiento de la válvula que se adquiere para el proyecto.

**Figura 51**

*Pulido de las válvulas contra el asiento.*



### ***Levas de mayor rendimiento:***

La instalación de levas de mayor alzada y duración mejora la apertura y cierre de las válvulas, optimizando el llenado y vaciado de las cámaras de combustión. La adaptación de un árbol de levas modificado es un paso fundamental para optimizar el rendimiento y la potencia de un motor. Para iniciar el proceso para llevar a cabo esta modificación es necesario acceder al árbol de levas original. A continuación, se realiza una inspección, se evalúa el estado del árbol de levas original y sus componentes. Se deben medir las dimensiones y tolerancias con un micrómetro. En la siguiente figura se puede observar el árbol de levas original sin modificaciones.

### **Figura 52**

*Árbol de levas original del vehículo.*



### **Modificación de las levas**

Este proceso debe llevarse a cabo con precisión y siguiendo las especificaciones del fabricante y las tolerancias recomendadas para garantizar un rendimiento óptimo y la durabilidad del motor. A continuación, se presenta el procedimiento para realizar esta modificación:

- Medir la altura actual de leva utilizando un calibrador y tomar nota de las especificaciones.
- Seleccionar el material para la modificación, elegir el material adecuado para aumentar la altura de leva, como soldadura de aleación resistente al calor.

- Soldadura para aumento de altura: aplicar cuidadosamente la soldadura en la parte superior de las levas, agregando material para aumentar la altura.
- Perfilado y Ajuste: Después de que la soldadura se enfríe, perfilar la nueva forma de la leva utilizando herramientas adecuadas. Ajustar la forma para lograr la duración y elevación deseadas.
- Pulido y Acabado: Pulir la leva para suavizar cualquier aspereza y asegurar un perfil de leva preciso. Aplicar un acabado adecuado para resistir el desgaste y la fricción.

En la figura N.53 se puede apreciar el árbol de levas modificado en el cual se añadió 0.2 mm a cada leva.

### **Figura 53**

*Árbol de levas con las modificaciones realizadas.*



### ***Muelles de válvulas***

Cuando se realiza un aumento en el rendimiento y potencia de un motor, especialmente a través de modificaciones como un árbol de levas de mayor rendimiento, válvulas más grandes o cambios en la configuración de la culata, es necesario el reemplazo de los muelles de válvulas.

Es crucial seleccionar muelles de válvulas que estén diseñados para trabajar en conjunto con las modificaciones específicas realizadas en el motor. Un ajuste adecuado de los muelles de

válvulas es esencial para garantizar la durabilidad y el rendimiento óptimo del motor modificado. Por lo tanto, se decide reemplazar todos los muelles originales por componentes de mejores características. En la siguiente figura N.54 se muestra los nuevos muelles con diferentes números de espiras a utilizar

### Figura 54

*Muelles de válvulas.*



*Nota.* El conjunto de válvulas posee dos muelles uno de 8 espirales y el otro de 6 espirales respectivamente.

### Altura Libre

Es la longitud del muelle de válvulas cuando no está sometido a carga. La altura libre es una medida importante al seleccionar muelles para asegurarse de que encajen correctamente en la culata sin comprimirse demasiado. En la figura N.55 se aprecia la medida de la altura de los muelles.

### Figura 55

Medición de altura del resorte.



### Diámetro Exterior

Se refiere al diámetro externo del muelle de válvulas. Un diámetro mayor generalmente proporciona más resistencia al colapso, pero la elección del diámetro depende de varios factores, incluido el espacio disponible en la culata.

#### Figura 56

*Diámetro exterior de los muelles.*



### Diámetro del Alambre

Es el grosor del alambre que constituye el muelle de válvulas. Puede influir en la rigidez del muelle.

#### Figura 57

*Diámetro de la espira de los muelles.*





Es importante seleccionar muelles de válvulas que se adapten a las especificaciones del motor y a cualquier modificación realizada para garantizar un rendimiento confiable y duradero. En la figura N.58 se observan los muelles instalados con sus válvulas sobre el cabezote. Cada separación de espiral a espiral debe medir (entre 0.25 a 0.30mm)

### **Figura 58**

*Muelle instalado en reposo.*



### ***Construcción y adaptación de header***

Adaptar un header a un motor de gasolina tiene varios propósitos y beneficios, principalmente relacionados con la mejora del rendimiento del motor y la eficiencia del sistema de escape. Un header bien diseñado puede mejorar el flujo de los gases de escape desde los cilindros hacia el sistema de escape. Esto reduce la resistencia y permite una evacuación más rápida de los gases. Primeramente, para la construcción del header se procede a obtener el molde para las bases que sujetaran a cada tubo individual al cabezote. Como se puede observar en la siguiente figura N.59.

**Figura 59**

*Elaboración de bases para adaptación de header.*



Para crear un diseño personalizado del header se tiene en cuenta la geometría del motor y las restricciones de espacio en el compartimento del motor. Es necesario calcular la longitud óptima de los tubos primarios para aprovechar las ondas de presión y mejorar el rendimiento en diferentes rangos de RPM.

**Figura 60**

*Proceso de construcción del header.*



A continuación, se debe determinar el diámetro adecuado de los tubos primarios para mantener una velocidad de escape óptima y mejorar el flujo. Soldar las juntas de manera cuidadosa para evitar fugas de gases. Garantizar una unión sólida y resistente al calor.



**Figura 61***Header finalizado.*

Realizar pruebas de ajuste del header en el motor para verificar la compatibilidad y asegurar que no haya interferencias con otros componentes. Es necesario aplicar aislamiento térmico en áreas cercanas a componentes sensibles al calor para protegerlos. En la figura se aprecia el header instalado en los conductos de escape del motor, se determinan las condiciones favorables para su buen funcionamiento.

**Figura 62***Header instalado***Pernos**

Los pernos de sujeción de la culata suelen estar fabricados con acero de alta resistencia o aleaciones especiales para soportar cargas y temperaturas elevadas. Los pernos utilizados en este motor tienen las siguientes características: M12 X 144 mm de largo paso de rosca 1.25. Para realizar el apriete a estos elementos se debe emplear un torque de 60 lbf.ft. en

el proceso de modificación o reparación del motor se recomienda realizar la sustitución de los pernos del cabezote por unos nuevos, debido a que por las altas temperaturas y presiones a las que se somete el cabezote, el material de estos elementos se ve comprometido. De tal forma que mediante el trucaje los parámetros de funcionamiento se elevan y es necesario poseer componentes nuevos de ajuste.

### **Figura 63**

Pernos de fijación del cabezote



### ***Proceso de puesta a punto del motor***

La puesta a punto del sistema de distribución de válvulas en un motor es un proceso crucial para asegurar el correcto funcionamiento del motor y evitar daños. Es crucial seguir las especificaciones del fabricante y utilizar las herramientas adecuadas para realizar una puesta a punto precisa del sistema de distribución. A continuación, se presenta una guía práctica para la puesta a punto del motor

- Consultar el manual de servicio del vehículo para identificar las marcas de tiempo en el cigüeñal y en el árbol de levas. Estas marcas suelen ser puntos o líneas en los engranajes.
- Utilizar la herramienta de bloqueo del volante motor para fijar el cigüeñal en la posición especificada en el manual. Asegurarse de que la marca de tiempo en el cigüeñal esté alineada con la marca de referencia.
- Introducir el árbol de levas para poner en cruce de válvulas en el 4to cilindro, como se observa en la figura N.64

**Figura 64**

*Instalación del árbol de levas.*



- Fijar el árbol de levas, ubicar el 1er cilindro en el punto muerto superior como se aprecia en la siguiente imagen.

**Figura 65**

*Proceso de sincronización del motor.*



- Colocar la cadena de distribución, contando 14 eslabones del punto grabado en el piñón del cigüeñal con respecto al punto del piñón del árbol de levas.

**Figura 66**

*Templado de cadena de distribución*



- Liberar la tensión del templador, verificar y ajustar su tensión según las especificaciones del fabricante.

**Figura 67**

*Comprobación de ajuste de la distribución.*



- Seguido se debe colocar la tapa de distribución como se aprecia en la siguiente figura. Verificar el ensamblaje completo e inspeccionar las uniones así como los componentes móviles para evitar daños al momento de arrancar el motor.

**Figura 68**

*Puesta a punto finalizada.*



Es necesario realizar una revisión final, girar el cigüeñal varias veces para asegurarse de que todas las marcas de tiempo vuelvan a alinearse correctamente después de un ciclo completo. Esto garantiza que no haya saltos en la sincronización. Colocar la polea Damper revisando en la marca graduada que la misma coincida con los 0° en la tapa de distribución.

**Figura 69**

*Punto de referencia y sincronización*



Una vez concluido el proceso de modificación del cabezote del motor a prueba se procede al montaje de todos sus sistemas complementarios. Se debe proceder de forma técnica y haciendo uso de las herramientas y el torque adecuado. Como se puede observar en la figura N.70 el resultado final de las operaciones de truceje del motor. Adicionalmente se tuvo



que realizar la adaptación de un nuevo carburador ya que el que poseía tenía fugas de gasolina por un desgaste interno del mismo, por lo cual se decidió colocar un carburador nuevo de la Datsun 1500 de doble aleta una para bajas RPM y otra para altas RPM que se abre por medio de la succión del propio motor.

### Figura 70

*Resultado final de modificaciones al motor.*



*Nota.* Acabado de trabajos de trucaje y repotenciación del motor Peugeot 504.

A continuación se plantea la ejecución de mediciones de compresión del motor para verificar los resultados obtenidos. De esta manera comprobar que las modificaciones realizadas mejoran los parametros de funcionamiento y rendimiento de un motor de combustion interna. Como se puede observar en la figura N.71 efectuadas las mediciones en cada cilindro se tiene un valor equivalente en todos los cilindros de 125 Psi.

### Figura 71

*Medida de compresión después de las modificaciones.*



## **Conclusiones**

La investigación sobre procesos, técnicas, materiales y piezas potenciales para el trucaje del cabezote del motor (504 LS) del vehículo Peugeot 504 modelo 1980 proporcionó una base sólida de conocimientos. Se recopilaron datos bibliográficos detallados, lo que contribuyó al entendimiento profundo de las prácticas de preparación de motores a gasolina.

La sistematización de la información teórica mediante el diagnóstico del funcionamiento del motor y la identificación de características clave para la repotenciación permitió una comprensión clara de los procesos a realizar. Se estableció un marco de referencia sólido para las etapas posteriores del proyecto.

La aplicación con éxito de los procesos de trucaje en el cabezote del motor, que incluyeron la rectificación y el cambio de válvulas con una cara de contacto de 45°, demostró un enfoque técnico preciso. Estos procesos optimizaron el ingreso y expulsión de aire y gases, mejorando el rendimiento general del motor.

El trucaje efectuado en los conductos de admisión y escape del cabezote resultó en un aumento significativo del flujo de aire al cilindro y una mejora en la salida de gases de escape. Estas modificaciones contribuyeron directamente al aumento de la potencia del motor.

La adaptación exitosa de un sistema de evacuación de gases escape tipo header utilizando tubos de acero inoxidable eliminó eficazmente la contrapresión del múltiple. Esta modificación mejoró la eficiencia en la salida de los gases de escape, impactando positivamente en el rendimiento general del motor.

## Recomendaciones

Antes de iniciar cualquier proceso de trucaje en la culata, es esencial tener un conocimiento profundo del motor específico y de los componentes involucrados. Entender las características del motor permitirá realizar modificaciones más precisas y efectivas. Optar por componentes de alta calidad es crucial para el éxito del trucaje. Desde válvulas hasta resortes y guías de válvulas, elegir piezas de calidad garantizará durabilidad y rendimiento óptimo.

Durante el proceso de rectificación de la culata, se debe prestar especial atención a la precisión. Asegurarse de que las superficies sean suaves y planas contribuirá a un sellado hermético y eficiente, esencial para el rendimiento del motor. Construir un perfil de levas específico para el motor puede mejorar significativamente el rendimiento. Un perfil de levas adecuado puede influir en la apertura y cierre de las válvulas, optimizando la eficiencia de combustión.

Cambiar el ángulo de asiento de las válvulas a menudo se asocia con mejoras en el flujo de aire y en la eficiencia de combustión. Un ángulo de asiento de válvulas de 45 grados es comúnmente utilizado para maximizar el rendimiento. La instalación de guías de válvulas mejoradas puede reducir la fricción y mejorar la estabilidad de las válvulas. Esto puede tener un impacto positivo en la longevidad del motor y en su capacidad para alcanzar revoluciones más altas. Trabajar en los conductos de admisión y escape para permitir un mayor flujo de aire puede mejorar la eficiencia del motor. Es esencial adaptar estos conductos de manera coherente para un rendimiento equilibrado.

Mantenerse al tanto de los avances en tecnologías, procesos y materiales relacionados con la preparación de motores a gasolina. La investigación continua permitirá estar al día con las últimas innovaciones y técnicas, asegurando que futuras modificaciones se beneficien de los últimos desarrollos.

Se aconseja mantener una documentación detallada de todas las intervenciones realizadas en el motor, incluyendo especificaciones, fechas y resultados obtenidos. Esto facilitará futuras referencias y servirá como guía para posibles ajustes o mejoras. Asegurarse de cumplir con todas las normativas y regulaciones locales relacionadas con modificaciones en motores de vehículos. Esto es crucial para garantizar la seguridad y la conformidad legal del vehículo modificado.



## Bibliografía

- Alejandro, M. S. (2015). *Medición del cambio de potencia de un motor de combustión interna ciclo otto al modificar el árbol de levas bajo el procedimiento de destalonado*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira .
- Almeida, A., & Calderón, P. (2016). REPOTENCIACIÓN DEL MOTOR DEL CORSA WIND 1.4 DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. *Tesis de pregrado*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, Ibarra.
- Álvarez, E. (2018). Repotenciación de un motor estándar para competencias deportivas. *Tesis de licenciatura*. Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Álvarez, R. J. (2016). *Trucaje de cabezote para competición*. Quito: USFQ.
- Barre, D., Pilco, A., & Tenesaca, M. (28 de 05 de 2019). *Guía práctica de trucaje de cabezote*. Obtenido de Guía práctica de trucaje de cabezote: <https://es.scribd.com/document/411724608/Guia-de-Practica-de-Trucaje-de-Cabezote>
- Bayas, J., Wankar, A. y Jadhav, NP (2016). Un artículo de revisión sobre el efecto de la geometría del colector de admisión en el rendimiento del motor IC. *Revista Internacional de Investigación Avanzada e Ideas Innovadoras en Educación*, 2 (2), 101-106.
- Carlos, S., & Geovanny, S. (2006). *Comparación de las características de eficiencia de un motor suzuki forsa g10 sohc al variar secuencialmente elementos posibles de trucaje para competición a través de un banco de pruebas*. obtenido de comparación de las características de eficiencia de un motor suzuki forsa g10 sohc al variar secuencialmente elementos posibles de trucaje para competición a través de un banco de pruebas": repositorio.espe.edu.ec
- Carrera, R. (20 de 12 de 2016). TRUCAJE DE CABEZOTE PARA COMPETICIÓN. *Tesis de pregrado*. Universidad San Francisco de Quito, Quito. Obtenido de TRUCAJE DE CABEZOTE PARA COMPETICION: repositorio.usfq.edu.ec
- Desterrar, G. (2011). *Gestión del motor: Tuning avanzado* (Vol. 135). CarTech Inc.
- Fuentes, C. (2021). Implementación de una estructura de entrenamiento para la enseñanza aprendizaje del sistema de suspensión independiente tipo McPherson de un vehículo. *Tesis de pregrado*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga.
- Gillieri, S. (2016). *Preparación de motores de serie para competición*. Barcelona: Ceac.
- Hushim, MF, Noranai, Z., How, DLY, Abidin, ZAI, Razali, MA, Sapit, A. y Mohamed, AN (abril de 2020). Análisis de motor de parámetro único y optimización del rendimiento de un motor de gasolina de servicio mediano. En Serie de conferencias IOP: Ciencia e ingeniería de materiales (Vol. 824, No. 1, p. 012003). Publicación PIO.
- Jawad, B., Yee, K., Arslan, S. y Liu, L. (2013). Mejora del rendimiento del motor mediante el diseño de admisión (Nº 2013-01-1404). Documento técnico SAE.
- López Pineda, M. J., & Chicaiza Sánchez, D. A. (2017). Análisis comparativo del flujo de aire en

una culata estándar y una preparada de un motor Grand Vitara 1600 CC  
Sohc (Bachelor's thesis).

Lorton, N. R. (2018). *ANÁLISIS DINÁMICO Y CONTROL AUTOMÁTICO DEL MECANISMO LEVA-VALVULA DEL MOTOR*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya  
BarcelonaTech.

Pabón, W., & Andrade, M. (2012). REPOTENCIACIÓN DEL MOTOR NISSAN Z 1600 C.C. A GASOLINA Y LABORACIÓN DE UNA GUÍA DE TRABAJO DOCUMENTADA ACERCA DEL PROCESO SEGUIDO. *Monografía de pregrado*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

RHEINMETALL . (2017). *Guías de válvula*. Obtenido de Guías de válvula: <https://www.ms-motorservice.com/es/tecnipedia/post/guias-de-valvula/RHEINMETALL>. (s.f.). *Guías de válvula*.

Salazar, D., & Barros, B. (2021). Trucaje de la culata del motor G10 del vehículo SUZUKI FORSA I y validación en un dinamómetro de rodillos para verificar el cambio de las curvas paramétricas de torque y potencia. *Tesis de ingeniería*. Universidad Politécnica del Chimborazo, Riobamba.

Todomecanicabasica. (2018). *Ciclo de cuatro tiempos otto*. obtenido de ciclo de cuatro tiempos otto: <https://sites.google.com/site/todomecanicabasica/home/ciclo-de-cuatro-tiempos-otto>

## Anexos