

Universidad Internacional del Ecuador  
Facultad de Ingeniería Automotriz

Repotenciación y preparación para competencia de un motor de combustión  
interna, marca mini Austin de origen inglés en su respectiva carrocería

Tesis de grado para la obtención del título de:  
Ingeniero en Mecánica Automotriz

Héctor Iván Pozo Hernández y  
Óscar Andrés Cabezas López

Director:  
Ing. Miguel Granja

Quito, Abril 2014



## Certificación

Héctor Iván Pozo Hernández y Oscar Andrés Cabezas López, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



---

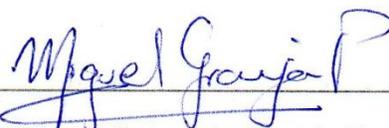
Héctor Iván. Pozo Hernández  
172115678-2



---

Oscar Andrés Cabezas López  
171466282-0

Yo Ing. MIGUEL ESTUARDO GRANJA PAREDES, certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo el responsable exclusivo de su originalidad, autenticidad y contenido.



---

Ing. Miguel Estuardo Granja Paredes  
171192078-3

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios por habernos iluminado y habernos permitido realizar todos nuestros sueños de una manera honesta. Por habernos guiado por un buen camino y ser parte productiva de la sociedad.

A la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales.

Al Ing. Miguel Granja, director de tesis, por su dedicación y guía, porque con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación, ha logrado que terminemos este proyecto con éxito.

A nuestros padres que durante toda la vida son guía, protección, y fortaleza, con amor y comprensión, sin ellos, nuestra formación como personas y como profesionales no se cristalizarían.

**Andrés Cabezas**

**Iván Pozo**

## **Dedicatoria**

A mis padres Gustavo y Anita por sus consejos, por ser la motivación constante para la superación, por el ejemplo de luchadores y trabajadores para ayudarme a cumplir el propósito de ser profesional, pero sobre todo por su infinito cariño amor.

A mis hermanos Gustavo y Carlos, por su alegría, por su presencia, por ser ejemplo de perseverancia, empeño y constancia, por el valor y la madurez y ayuda mostrada para salir adelante en todo aspecto.

A mi novia Alejandra que día a día me acompaña a todo lugar sin importar la hora y con solo su presencia me motiva a ser una persona de bien.

**Andrés Cabezas**

## **Dedicatoria**

A mis padres, esposa e hija que con esfuerzo, constancia y motivación hacen que este sueño se haga realidad, sin dejar el amor que resume como el pilar más grande que conserva nuestras vidas, la mejor inspiración para lograr esta meta profesional.

Muchas gracias por todo!!!

**Iván Pozo**

## Resumen

En un motor de combustión interna, manteniendo sus principios básicos de funcionamiento, se procederá a modificar su torque y potencia. El objetivo de la preparación es conseguir que el motor se encuentre en condiciones óptimas para competencia de carreras elevando el torque y potencia de su motor, para esto se debe realizar modificaciones en los sistemas, cambiando o simplemente retocando sus elementos. Para lograr que un motor tenga mejor torque y potencia son varios puntos que se basan en:

- Aumentar la cilindrada.
- Aumentar la relación de compresión.
- Aumentar el régimen de giro.
- Aumento de entrada aire-combustible

Realizando los puntos descritos, obtendremos un mayor ingreso de aire-combustible a un determinado régimen de giro, con piezas alivianadas y a presiones más altas, de modo que se evidencia el aumento de torque y potencia mediante un dinamómetro, comparando respecto a un motor de Mini Austin 99h estándar.

## **Abstract**

In an internal combustion engine, maintaining its basic principles of operation, proceed to modify its power. The purpose of the preparation is to get a higher torque and power of an engine, so this should make changes to the systems, changing or just tweaking its elements. To achieve a better engine torque and power has several points that are based on:

- Increased displacement
- The larger the volumetric capacity
- Increasing the diameter of the cylinder.

In any case obtain a greater intake of air equal revs effected so that the power increase with respect to the engine arranged to modify.

## Tabla de contenido

Capítulo I.....	1
Capítulo II.....	5
Marco teórico .....	5
2.1. Partes y medidas del motor estándar del Mini Austin.....	5
2.1.1. Generalidades motor estándar .....	5
2.1.2. Principios de funcionamiento de motores de combustión interna .....	6
2.2. Rendimiento volumétrico .....	7
2.3. Rendimiento mecánico .....	9
2.3.1. Datos del motor .....	9
2.4. El sistema principal de lubricación del motor .....	15
2.5. Los émbolos y rines del Motor del Mini Austin .....	16
2.5.1. Volumen situado en la corona del pistón.....	17
2.5.2. Consideraciones acerca del ajuste del eje del émbolo.....	18
2.5.3. Función de los anillos o rines .....	19
2.6.1. La relación de compresión.....	21
2.6.2. Volumen en la cámara de compresión .....	21
2.7. La respiración del motor del Mini Austin.....	24
2.8. Válvulas del motor del Mini Austin .....	25
3. Modificaciones esenciales realizadas en el motor estándar del Mini Austin para convertirlo en un motor preparado para competencias de velocidad .....	26
3.1. Generalidades del motor repotenciado .....	26
3.1.1. Importancia del aumento de la cilindrada .....	28
3.1.2. Procedimiento de transformación de cilindros .....	30
3.1.3. Operaciones de rectificado y pulido de los cilindros .....	31
3.1.4. Importancia del aumento de relación de compresión .....	32
3.1.5. Rectificado de la superficie del plano superior del bloque .....	32
3.1.6. Limpieza del bloque de cilindros.....	33
3.1.7. Reducción de la planicie del cabezote y su modificación .....	34

3.1.7.1. Rebaje del plano del cabezote .....	35
3.1.8. Dimensionamiento de las válvulas .....	39
3.1.8.1. Condiciones de funcionamiento de las válvulas y temperatura del funcionamiento.....	40
3.1.8.2. Mecanizado de conductos de admisión y escape .....	41
3.1.8.3. Flujometría.....	42
3.1.8.4. Procedimiento del mecanizado de conducto de admisión .....	49
3.1.8.5. Procedimiento del mecanizado de conducto de escape.....	55
3.1.8.6. Precauciones para el desbaste de toberas .....	56
3.1.9. Árbol de levas de competencia para motor Mini Austin.....	58
3.1.9.1. Pistones de cabeza plana.....	62
3.1.9.2. Lubricación de la falda de los pistones .....	63
3.1.10. Segmentos o rines para motor repotenciado .....	64
3.1.11. Importancia de la reducción del peso de las piezas .....	66
3.1.11.1. Pulido de bielas y cigüeñal .....	66
3.1.12. Velocidad, aceleración y desplazamiento del pistón .....	70
3.1.13. Fuerzas alternas de inercia .....	75
3.1.14. Múltiple de escape o header.....	76
3.1.15. Particularidades del sistema de escape .....	77
3.1.16. Supresión de los silenciadores .....	77
3.1.17. Creación de header de motor para Mini Austin .....	77
3.1.18. Doble carburador y múltiple de admisión .....	80
3.1.19. Lubricación del motor .....	81
3.1.20. Sistema de encendido .....	83
3.1.21. Pruebas en dinamómetro motor estándar vs motor repotenciado.....	87
4. Conclusiones .....	91
5. Recomendaciones .....	92
Bibliografía .....	94
Glosario .....	96
ANEXOS .....	98

## Tabla de figuras

Figura 2. 1 Motor de combustión interna del Mini Austin.....	5
Figura 2. 2 Volumen antes de comprimir estándar.....	14
Figura 2. 3 Bomba de aceite del Motor Mini Austin .....	16
Figura 2. 4 Piston estandar del motor de Mini Austin .....	17
Figura 2. 5 Anillos para pistones de motor Mini Austin.....	19
Figura 2. 6 Aros montados en pistones de motor Mini Austin .....	20
Figura 2. 7 Medición del volumen de la cámara de combustión.....	22
Figura 2. 8 Válvula de motor mini Austin.....	25
Figura 3. 1 Sobre medida del diámetro de los cilindros del Motor Mini Austin .....	28
Figura 3. 2 Motor Mini Austin rectificado .....	31
Figura 3. 3 Plano superior del bloque de cilindros y sus pistones planos .....	33
Figura 3. 4 Bloque cepillado y cilindros rectificados.....	34
Figura 3. 5 Rectificadora de superficies planas.....	36
Figura 3. 6 Volumen antes de comprimir preparado .....	37
Figura 3. 7 Volumen después de comprimir preparado.....	38
Figura 3. 8 Válvula para motor Mini Austin.....	41
Figura 3. 9 Velocidad de gases colector de admisión y escape .....	44
Figura 3. 10 Velocidad de gases en el colector de admisión estándar Vs. Modificado.....	49
Figura 3. 11 Comparación del conducto de admisión del motor estándar y modificado.....	49

Figura 3. 12 Recorte de guía de válvula antes y después.....	51
Figura 3. 13 Velocidad de gases colector escape estándar vs modificado .....	55
Figura 3. 14 Comparación del conducto de escape estándar Vs modificado .....	55
Figura 3. 15 Exceso de desgaste en toma de admisión.....	57
Figura 3. 16 Características de árbol de competencia CA4 para motor de Mini Austin .....	60
Figura 3. 17 Características de árbol de competencia CA4 para motor de Mini Austin .....	60
Figura 3. 18 Diagrama comparativo entre árbol de levas estándar y árbol de levas de competencia .....	61
Figura 3. 19 Pistones de cabeza plana .....	62
Figura 3. 20 Lubricación de la falda del pistón de motor Mini Austin.....	63
Figura 3. 21 Falda desgastada del pistón .....	64
Figura 3. 22 Segmentos para pistones de motor Mini Austin .....	65
Figura 3. 23 Pulido de Bielas.....	68
Figura 3. 24 Mecanizado del cigüeñal de Mini Austin .....	68
Figura 3. 25 Velocidad angular del pistón estándar Vs. Modificado del motor Mini Austin .....	72
Figura 3. 26 Aceleración del émbolo .....	73
Figura 3. 27 Desplazamiento del Pistón .....	74
Figura 3. 28 Diagrama de fuerzas de Inercia .....	75
Figura 3. 29. Header creado para motor modificado .....	78
Figura 3. 30 Creación de header de motor.....	78
Figura 3. 31 Header para el motor repotenciado de Mini Austin .....	79

Figura 3. 32 Doble carburador para Mini Austin .....	81
Figura 3. 33 Radiador de aceite para el motor modificado del Mini Austin.....	82
Figura 3. 34 Cojinete de biela utilizado motor Mini Austin .....	83
Figura 3. 35 Comparación de lubricación de cojinetes.....	83
Figura 3. 36 sistema de encendido .....	84
Figura 3. 37 Cables MSD de alto voltaje para motor de mini Austin .....	85
Figura 3. 38 Distribuidor para mini Austin .....	86
Figura 3. 39 Pruebas en el dinamómetro para mini Austin.....	87
Figura 3. 40 Resultados de Potencia y torque del motor estándar de mini Austin	88
Figura 3. 41 Resultados de Potencia y torque del motor repotenciado de mini Austin .....	88
Figura 3. 42 Comparación de potencia de motor estándar vs motor repotenciado	89
Figura 3. 43 Comparación de torque de motor estándar vs motor repotenciado ..	89

### **Tabla de Cálculos**

Cálculos N° 1 Rendimiento volumétrico motor estándar .....	8
Cálculos N° 2 Cilindraje del motor estándar del Mini Austin.....	14
Cálculos N° 3 Volumen antes de compresión del motor estándar.....	14
Cálculos N° 4 Relación de compresión motor estándar .....	23
Cálculos N° 5 Relación de compresión motor estándar con pistones planos.....	23
Cálculos N° 6 Modificación de las dimensiones de los cilindros de un motor estándar a un motor repotenciado del Mini Austin .....	29
Cálculos N° 7 Límite de rectificación de culata del Motor Mini Austin .....	36
Cálculos N° 8 Volumen antes de compresión motor preparado .....	37

Cálculos N° 9 Relación de compresión motor preparado .....	38
Cálculos N° 10 Velocidad del pistón.....	71
Cálculos N° 11 Aceleración del Pistón del motor Mini Austin .....	73
Cálculos N° 12 Desplazamiento del pistón.....	74

### **Tabla de Tablas**

Tabla N° 1 Resumen del funcionamiento de un motor de combustión interna .....	6
Tabla N° 2 Características del Motor Mini Austin .....	9
Tabla N° 3 Medidas del tren motriz del motor Mini Austin .....	10
Tabla N° 4 Culata y válvulas del motor Mini Austin .....	10
Tabla N° 5 Distribución y encendido del motor Mini Austin .....	11
Tabla N° 6 Pares de apriete del motor Mini Austin.....	12
Tabla N° 7 Capacidad y tipos de fluidos del motor Mini Austin .....	12
Tabla N° 8 Ajustes y tolerancias del motor Mini Austin .....	13
Tabla N° 9 Lubricación del Motor del Mini Austin .....	15
Tabla N° 10 Comparación de medidas del motor estándar con el motor repotenciado del Mini Austin .....	27
Tabla N° 11 Formulas para calcular flujometría .....	43
Tabla N° 12 Flujometría para toma de admisión .....	45
Tabla N° 13 Flujometría para toma de escape .....	52
Tabla N° 14 Árbol de levas estándar y de competencia CA4 para Mini Austin ...	58
Tabla N° 15 Comparación de los pesos estándar y modificados .....	69
Tabla N° 16 Tabla de peso de elementos no modificados .....	70
Tabla N° 17 Características del distribuidor de Mini Austin.....	85

## Capítulo I

### Importancia y justificación

El automovilismo es un deporte aceptado mundialmente por su gran trayectoria y la competencia entre las marcas más reconocidas por demostrar sus avances tecnológicos. En la actualidad, los diseños automotrices han ido mejorando de acuerdo a los avances tecnológicos y exigencias vanguardistas de la mecánica.

La reparación y adaptación del Mini Austin, permite que los estudiantes de la UIDE, plasmen los conocimientos adquiridos en las aulas y en los talleres en una situación real, como la modificación y repotenciación de un motor clásico de combustión interna, comprobando así, las metodologías de enseñanza-aprendizaje, aplicadas por los docentes de la FIA para el beneficio de los nuevos profesionales automotrices.

Deportistas, mecánicos profesionales y aficionados, utilizan las últimas tecnologías en motores, aerodinámica, suspensión y neumáticos, para lograr el máximo rendimiento en las competencias, promoviendo el crecimiento e innovación de la fabricación automotriz con sus respectivos componentes y accesorios, estableciéndose como una de las industrias más productivas en cuanto a empleos y recursos económicos a nivel mundial, además de ser un medio de entretenimiento de las masas.

(Gillieri, 2008), refiere que un motor repotenciado, es aquel que ha sido refabricado, utilizando cálculos específicos, en piezas seleccionadas, para brindar el máximo rendimiento, en cuanto a torque y potencia, tomando en cuenta no sobrepasar los límites de resistencia de materiales, para evitar posibles desgastes y rupturas de las piezas modificadas.

(Challege, 2013), menciona que el Mini Austin es un pequeño automóvil producido por la *British Motor Company* y sus empresas sucesoras entre los años 1959 y 2000. El modelo original está considerado como un icono de los años 60 y su distribución ahorradora de espacio con tracción delantera influyó sobre una generación de fabricantes de automóviles.

El Mini Austin tiene un motor completamente fabricado en hierro fundido, desde su bloque hasta su cabezote, lo que garantiza su resistencia frente a altas presiones, regímenes de giro y temperatura evitando la fatiga prematura del material.

El automóvil en cuestión, tiene un diseño para ciudad por su caballaje que limita la velocidad y la potencia, lo que ocasiona que no sea un automóvil óptimo para competencias, por lo tanto, al repotenciar el motor del Mini Austin, se conseguirá un aumento de rendimiento volumétrico y mecánico con el objetivo de instalar componentes que igualen o superan la calidad del desempeño del equipo original.

(Council, 2013) Menciona que en algunas ocasiones, los motores repotenciados son mejores que algunos de los motores instalados originalmente en la fábrica. Estos motores son seguros, confiables y además respaldados por excelentes garantías.

El objetivo del presente trabajo es repotenciar el motor estándar de un Mini Austin haciendo modificaciones mediante adaptaciones y cálculos para lograr que sea apto para competencias.

Además, se describirá detalladamente las partes y medidas del motor estándar del Mini Austin, especificará las modificaciones esenciales que se han realizado en el motor estándar del Mini Austin para convertirlo en un motor preparado para competencias de velocidad y comparará las medidas del motor estándar del Mini Austin con el nuevo motor modificado para competencias de velocidad.

Logrando estos objetivos, se pretende conseguir que la modificación de las piezas de un motor estándar a un motor repotenciado, ocasione un incremento de torque y potencia.

Tomando en cuenta la capacidad volumétrica del motor del Mini Austin, se modificó el cilindraje, capacidad de llenado, régimen de giro, recirculación de gases y relación de compresión, con el objetivo de aumentar el torque y potencia.

Del motor estándar del Mini Austin se conservó el cigüeñal, las bielas, el bloque (chapas de biela y bancada), el cabezote (guías, seguros, muelles, balancines), debido a que el compuesto de hierro fundido de las piezas originales, proporciona resistencia a las grandes exigencias de presión y temperatura.

Los pistones, cojinetes de biela y bancada, válvulas, guías y sellos de válvulas, árbol de levas, doble carburador (weber), múltiple de admisión, header, radiador de aceite y panel adicional de radiador de agua, se cambiaron debido a la necesidad de reabastecimiento y control de temperatura, por las exigencias de los nuevos regímenes de giro de las piezas modificadas.

Todas las modificaciones fueron realizadas con piezas originales del Mini Austin, con excepción del múltiple de admisión, header y el radiador de aceite que fueron elaborados en el país.

El lugar donde se realizó la repotenciación comprobación y medición de partes y piezas del motor del Mini Austin, fue en el “Taller Automotriz Pozo” en un periodo de 8 meses.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### 2.1. Partes y medidas del motor estándar del Mini Austin

##### 2.1.1. Generalidades motor estándar

(Billet, 2009). La automoción abarca todo un conjunto de tecnologías que permiten el movimiento autónomo de un vehículo capaz de transportar seres humanos o cargas como menciona

En el Mini Austin la automoción funciona mediante un motor OTTO de combustión interna de 4 ciclos (admisión, compresión, combustión y escape).

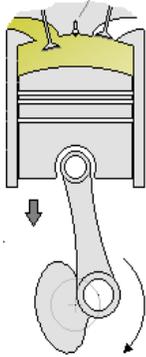
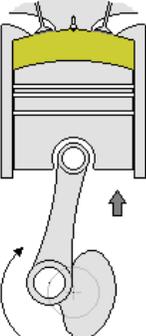


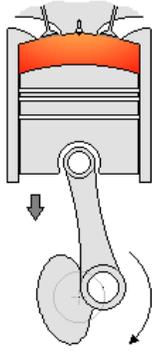
**Figura 2. 1 Motor de combustión interna del Mini Austin**  
Fuente: Cabezas, A. & Pozo, IVÁN. 2013

### 2.1.2. Principios de funcionamiento de motores de combustión interna

(Alonso, 2009), menciona que todo motor de combustión interna, para su funcionamiento, necesita de cuatro tiempos o fases distintas para producirse la combustión en la cámara, estas fases se repiten continuamente mientras opera el motor; cada uno de estos tiempos, le corresponde una carrera del pistón en el interior de los cilindros generando un vaivén producido por el trabajo de la combustión.

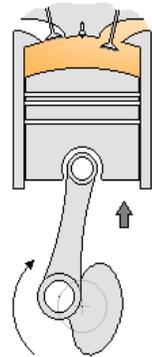
**Tabla Nº 1 Resumen del funcionamiento de un motor de combustión interna**

<b>CICLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
	<p data-bbox="954 1115 1138 1146"><b>Primer ciclo</b></p> <p data-bbox="711 1188 1390 1367"><b>Admisión.-</b> El pistón baja en el momento en que la válvula de admisión se abre, permitiendo el ingreso de la mezcla aire/gasolina.</p>
	<p data-bbox="938 1514 1159 1545"><b>Segundo Ciclo</b></p> <p data-bbox="711 1587 1390 1766"><b>Compresión.-</b> El pistón sube comprimiendo la mezcla aire/gasolina, las dos válvulas están cerradas.</p>



### Tercer Ciclo

**Explosión.-** El pistón llega al máximo de su recorrido TDC, la bujía entrega la chispa, se produce la explosión y el pistón es impulsado hacia abajo



### Cuarto Ciclo

**Escape.-** El pistón sube nuevamente, pero esta vez la válvula de escape se encuentra abierta permitiendo la salida de los gases quemados.

---

Fuente.- Manual de Automóviles (Arias-Paz, 2010, pág. 55)  
Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

## 2.2. Rendimiento volumétrico

(Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica de UV, 2008), la relación entre la masa de aire que hay en el cilindro en el punto muerto inferior (PMI), dado el volumen de la cámara y la presión atmosférica, se conoce como el rendimiento volumétrico. Que es del 100% si ambas masas son iguales; es inferior al 100% si existe menos aire del que podría haber a presión atmosférica; es superior al 100% si hay más aire del que podría haber a presión atmosférica.

## Cálculos Nº 1 Rendimiento volumétrico motor estándar

### Nomenclatura

$Nf$  = Grado de admisión (Rendimiento volumétrico)

$vf$  = Cantidad de gas nuevo (cc. o lt)

$vh$  = Cilindrada unitaria

$Vfmin$  = Cantidad de gas nuevo por minuto  $\frac{l}{min}$

### Datos

$Vh = 251,56cc$

$Vf = 220cc$

$$\text{Grado de Admisión (rendimiento volumetrico)} = \frac{\text{Cantidad de Gas Nuevo}}{\text{Cilindrada}}$$

$$Nf = \frac{vf}{vh} \qquad Nf = \frac{220cm^3}{251,96cm^3} \qquad Nf = 0,8$$

$$Vf = Nf \cdot Vh \text{ [cm}^3 \text{ o' l]} \qquad Vf = 0,87 \cdot 251,96cm^3 \qquad Vf = 219,20cm^3$$

$$Vfmin = \frac{nf \cdot Vh \cdot i \cdot n}{2} \qquad Vfmin = \frac{0,87 \cdot 0,25L \cdot 4 \cdot 2700 rpm}{2}$$

$$Vfmin = 1779,19 \left[ \frac{l}{min} \right]$$

## 2.3. Rendimiento mecánico

(Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica de UV, 2008). El rendimiento mecánico es resultado del trabajo producido por motivo de la combustión de la mezcla contenida en una cámara, el efecto de inflamación de la mezcla que se produce en el interior del cilindro, la magnitud de la onda hace que su fuerza ejercida sobre la cabeza del pistón actúe y mueva hacia el punto muerto inferior (PMI) del cilindro, el cual por su forma y construcción del cigüeñal efecto manivela haga que se efectúe mientras que un pistón baje y el otro suba.

### 2.3.1. Datos del motor

Las tablas de características principales son necesarias para efectuar las modificaciones en el motor, el cual ayudará a establecer la comparación entre el motor con medidas estándar con el motor del presente estudio.

**Tabla N° 2 Características del Motor Mini Austin**

Tipo de motor	99h
Diámetro [mm]	64,5
Carrera [mm]	76,9
Cilindrada [cm <sup>3</sup> ]	1007,87
Relación de compresión	8.52:1
Presión de Compresión [kg/cm <sup>2</sup> ]	10,5
Potencia Máxima [CV]	38
Régimen correspondiente RPM	5250
Par Máximo [m.kg]	7.28
Régimen correspondiente RPM	2700

Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
Fuente: Manual de reparación del British Leyland Mini

**Tabla Nº 3 Medidas del tren motriz del motor Mini Austin**

**Bielas**

Distancia entre ejes [mm]	146,5
---------------------------	-------

---

**Cigüeñal**

Diámetro de muñones [mm]	44.46
--------------------------	-------

Diámetro de muñequillas [mm]	41.28
------------------------------	-------

---

Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
Fuente: Manual de reparación del British Leyland Mini

**Tabla Nº 4 Culata y válvulas del motor Mini Austin**

---

Diámetro de cabeza de válvula

---

Admisión [mm]	29.8
---------------	------

---

Escape [mm]	25.6
-------------	------

---

Levantamiento de válvula [mm]	7,14
-------------------------------	------

---

Admisión [mm]	29.8
---------------	------

---

Escape [mm]	25.6
-------------	------

---

Admisión [mm]	24.6
---------------	------

---

Escape [mm]	23.05
-------------	-------

---

Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
Fuente: Manual de reparación del British Leyland Mini

**Tabla Nº 5 Distribución y encendido del motor Mini Austin**

Juego de balancines en frío [mm]	0.3
Juego teórico puesta a punto distribución [mm]	0.48
<hr/> <b>Admisión</b>	
• Apertura avance	5°
• Cierre retraso	45°
<hr/> <b>Escape</b>	
• Apertura avance	40°
• Cierre retraso	10°
Separación de contactos del ruptor [mm]	0,32 a 0,50
Bujías	N5
Separación de electrodos [mm]	0,63
<hr/> <b>Reglaje de encendido</b>	
• Estático antes de PMS	4°
• Estroboscopio a 1000 [rpm] antes de PMS	7°

Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
Fuente: Manual de reparación del British Leyland Mini

**Tabla Nº 6 Pares de apriete del motor Mini Austin**

<b>Pares de apriete</b>	
Muñones [m.kg]	8,3
Bielas [m.kg]	4,8
Bomba de aceite [m.kg]	1,2
Caja de volante [m.kg]	2,5
Soporte de balancines [m.kg]	3,4
Tapa de balancines [m.kg]	0,56
Volante del motor [m.kg]	15,2 - 15,9
Culata [m.kg]	5,5
Polea del cigüeñal [m.kg]	9,6
Colectores [m.kg]	2,1

Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
Fuente: Manual de reparación del British Leyland Mini

**Tabla Nº 7 Capacidad y tipos de fluidos del motor Mini Austin****Refrigeración**

Capacidad del circuito [Lts]	3,57
Presión del circuito [kg/cm <sup>2</sup> ]	0,91
Apertura del termostato [°C]	82
Anticongelante 25% [°C]	-13

**Sistema de Alimentación**

Capacidad del depósito [Lts]	25
Carburador	SU HS 2
Muelle del pistón	Rojo
Surtidor [mm]	2,29
Agujas	GX

Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
Fuente: Manual de reparación del British Leyland Mini

**Tabla N° 8 Ajustes y tolerancias del motor Mini Austin**

**Ajustes y tolerancias**

Juego pistón - cilindro

- Parte inferior de la falda [mm] 0,013 - 0,028
- Parte superior de la falda [mm] 0,066 - 0,081

Juego axial de biela [mm] 0,203 - 0,305

Juego radial de biela [mm] 0,025 - 0,063

Juego diametral del cigüeñal [mm] 0,025 - 0,069

Juego axial [mm] 0,051 - 0,076

Juego guía - vástago del válvula

- Admisión [mm] 0,038 - 0,064
- Escape [mm] 0,051 - 0,076

Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
Fuente: Manual de reparación del British Leyland Mini

La medición se expresa en Newton por metro. En las cámaras de combustión del motor, se genera una presión por la entrada de la mezcla aire - combustible cuando el pistón está en su carrera desde el PMS al PMI, al subir el pistón se cierra la válvula de admisión, creando una presión, el distribuidor procede a enviar la chispa a las bujías, produciendo una presión por la combustión de la mezcla, la fuerza de tal presión, desplaza los pistones hacia abajo, de tal modo que mueve el cigüeñal y este hace girar el eje del motor en el extremo del cigüeñal para pasar el movimiento a la transmisión.

## Cálculos Nº 2 Cilindraje del motor estándar del Mini Austin

$$V_h = \frac{(D)^2 \cdot \pi \cdot S}{4}$$

$$V_h = \frac{(6,45 \text{ cm})^2 \cdot \pi \cdot 7,69 \text{ cm}}{4}$$

$$V_h = 251,96 [\text{cm}^3]$$

$$V_{h\text{Total}} = V_h * 4$$

$$V_{h\text{total}} = 1007,87$$

## Cálculos Nº 3 Volumen antes de compresión del motor estándar

### Datos

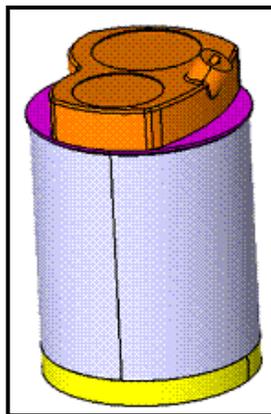
Volumen Cámara de Combustión = 24,5 cm<sup>3</sup>

Volumen Corona del pistón = 9 cm<sup>3</sup>

Volumen Cilindro = 251,96 cm<sup>3</sup>

*Volumen antes compresión estándar* = 24,5 + 9 + 251,96

*Resultado* = 258,46 {cm<sup>3</sup>}



**Figura 2. 2 Volumen antes de comprimir estándar**

Fuente: <http://www.sportmini.es/>

## 2.4. El sistema principal de lubricación del motor

(Alonso, 2009), menciona que la lubricación del motor se efectúa a presión, mediante una bomba de engranajes que es accionada por el árbol de levas. La bomba produce un caudal que conduce aceite a través de toda la longitud del bloque de los cilindros, comunicando con las canalizaciones de los cojinetes de la línea de bancada, apoyos del árbol de levas, bielas, pistones y cilindros, obteniendo una lubricación en todas las partes móviles del motor, con un correcto caudal y presión de aceite, se mantendrá al eje de giro separado de su elemento de soporte.

**Tabla N° 9 Lubricación del Motor del Mini Austin**

<b>Lubricación</b>	
Tipo de aceite	20W50
Capacidad del circuito (filtro) [Lts]	5
Capacidad del filtro [Lts]	0,57
Cambio del filtro cada [Kms]	5000
Cambio de aceite cada [Kms]	5000

Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
Fuente: Manual de reparación del British Leyland Mini



**Figura 2. 3 Bomba de aceite del Motor Mini Austin**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

## **2.5. Los émbolos y rines del Motor del Mini Austin**

(Ruigi, 2011), dice que los émbolos son órganos esenciales para el funcionamiento del motor y desempeñan tres funciones: hacen de pared móvil del cilindro en el que se expansionan los gases, transmitir la fuerza generada en la expansión a la biela y así, lograr el movimiento del giro del cigüeñal, además de impedir que los gases inflamados pasen del cilindro al cárter en el que se alojan los elementos móviles destinados a producir el movimiento de giro.



**Figura 2. 4 Piston estandar del motor de Mini Austin**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

Este componente es el que más desgaste sufre en el motor por su gran actividad y desplazamiento constante de arriba - abajo; dependiendo del tipo de cabeza o corona del pistón, reducen el espacio en la cámara de combustión, aumentando ligeramente la relación de compresión y la potencia del motor.

#### **2.5.1. Volumen situado en la corona del pistón**

Este volumen está situado en la corona del pistón de forma cóncava. La medición se debe realizar de la siguiente manera:

- a) Situar el pistón con la corona hacia arriba y se coloca una regla sobre su parte superior.

- b) Llenar una jeringuilla de  $12 \text{ cm}^3$  con gasolina o con un aceite fluido tipo SAE 10, hasta un nivel determinado en la escala de graduación.
- c) Vertir la gasolina en la parte cóncava del pistón, hasta llegar a tener un mínimo contacto con la regla, esto se realiza para conocer el máximo llenado en la corona del pistón.
- d) La diferencia entre el volumen de la jeringuilla llena de gasolina y la jeringuilla después de depositar la gasolina o el fluido SAE 10, es el volumen de la corona del pistón equivalente a  $9 \text{ cm}^3$  en el pistón estándar para el motor del mini Austin.

### **2.5.2. Consideraciones acerca del ajuste del eje del émbolo**

La articulación de los émbolos con sus respectivos pies de biela, está sometida a determinados efectos de frenado que limitan la velocidad del cambio de posición angular de las bielas, ocasionando el cascabeleo del émbolo contra las paredes internas de los cilindros.

Estos efectos son originados porque los ejes de émbolo se ajustan a presión en los alojamientos, por esta razón el resultado obtenido por este procedimiento ocasiona que el eje del embolo pivota únicamente sobre el cojinete del pie de biela y en cada carrera del tren alternativo, se genera un esfuerzo torsional que actúa como freno al movimiento de articulación que provoca el golpe de este contra las paredes del cilindro a la frecuencia de dos veces por ciclo.

### 2.5.3. Función de los anillos o rines

(AUTOMotriz, 2013) Estas piezas de sección rectangular que forman círculos, se adaptan en una ranura practicada en el émbolo, que sirve para hermetizar la cámara de combustión de las paredes del cilindro; los anillos son de gran importancia y se fabrican con hierro dúctil (X), cromo (KC) y molibdeno (K), que son materiales de alta aleación y durabilidad.



**Figura 2. 5 Anillos para pistones de motor Mini Austin**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

La instalación de los anillos siempre debe tener un proceso de montaje correcto, es imperativo usar el expansor de anillos, para evitar su deformación, caso contrario se producirá un atascamiento del anillo en la ranura del pistón.

En los émbolos del motor del Mini Austin existen 3 aros, la función principal del aro superior, es mantener las presiones de combustión dentro del cilindro,

además de mantener la mezcla aire/combustible; el segundo aro de compresión, al mismo tiempo que sella los gases de combustión, también barre hacia abajo el exceso de lubricante en la pared del cilindro; y el tercer aro, controla la lubricación del cilindro, manteniendo una película "medida" de aceite sobre su pared.



**Figura 2. 6 Aros montados en pistones de motor Mini Austin**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

## **2.6. La culata de cilindros del Motor del Mini Austin**

Es la parte superior del motor, está compuesta de hierro fundido, en la que se produce el control de la entrada y salida de gases mediante conductos internos, que los transportan a la cámara de combustión. En la culata del motor estándar del Mini Austin, se alojan 4 válvulas de admisión y 4 válvulas de escape, con sus respectivos resortes, guías y sellos, 4 bujías y los balancines.

### **2.6.1. La relación de compresión**

(Alonso, 2009). La relación de compresión es el volumen del cilindro contenido en el volumen de la cámara de combustión. Cuando el pistón llega al PMI terminando el tiempo de admisión, la cantidad de mezcla ingresada se reducirá hasta que el pistón suba al punto muerto superior (PMS). El aumento de la relación de compresión mejora el rendimiento del motor, ya que incrementa el aprovechamiento energético del combustible.

#### Nomenclatura

V= volumen de cilindro

Vc =volumen de cámara

RC=relación de compresión

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

### **2.6.2. Volumen en la cámara de compresión**

Este volumen está situado en la cámara de compresión del cabezote; las cámaras del cabezote del motor mini Austin, tienen superficies irregulares con forma de corazón, también se encuentran las válvulas de admisión, escape y el electrodo de la bujía. La medición se debe realizar de la siguiente manera:

- a) Se limpia las cámaras de combustión con un cepillo de alambre giratorio, para lograr una correcta medición, deben estar colocadas todas las válvulas de admisión, válvulas de escape, y las bujías.
- b) Situar la culata con la cámara hacia arriba y se coloca una regla sobre su parte superior
- c) Llenar una jeringuilla de 12cc con gasolina o con un aceite fluido tipo SAE 10, hasta un nivel determinado en la escala de graduación
- d) Vertir la gasolina en la cámara de combustión, hasta que la gasolina o el fluido tipo SAE 10 tenga un mínimo contacto con la regla
- e) La diferencia entre el volumen de la jeringuilla llena de gasolina y la jeringuilla después de depositar la gasolina, es el volumen de cámara de combustión equivalente a  $24.5 \text{ cm}^3$  en una cámara estándar.



**Figura 2. 7 Medición del volumen de la cámara de combustión**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

#### **Cálculos Nº 4 Relación de compresión motor estándar**

Para obtener la relación de compresión en un motor estándar de mini Austin, se debe tomar en cuenta el Volumen Cámara de Combustión, Volumen Corona del pistón, Volumen Cilindro, calculando de la siguiente manera:

Volumen Cámara de Combustión = 24.5 cm<sup>3</sup>

Volumen Corona del pistón = 9 cm<sup>3</sup>

Volumen Cilindro = 251.96 cm<sup>3</sup>

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c} \quad \varepsilon = \frac{251.96 \text{ cm}^3 + 33.5 \text{ cm}^3}{33.5 \text{ cm}^3} \quad \varepsilon = \frac{285.46 \text{ cm}^3}{33.5 \text{ cm}^3}$$
$$\varepsilon = \mathbf{8.52:1}$$

#### **Cálculos Nº 5 Relación de compresión motor estándar con pistones planos**

Una vez obtenido el valor de relación de compresión estándar, se puede comparar cuánto se aumentó la relación de compresión con el cambio a pistones de cabeza plana, reduciendo 9 cm<sup>3</sup> en cada una de las cámaras de combustión, logrando una mayor presión dentro de la cámara de combustión; por lo tanto la cámara estándar del mini Austin es de 33,5cm<sup>3</sup> y se redujo a 24,5cm<sup>3</sup>.

Volumen Cámara de Combustión = 24.5 cm<sup>3</sup>

Volumen Cilindro = 251.96 cm<sup>3</sup>

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c} \quad \varepsilon = \frac{251.96 \text{ cm}^3 + 24.5 \text{ cm}^3}{24.5 \text{ cm}^3} \quad \varepsilon = \frac{276.46 \text{ cm}^3}{24.5 \text{ cm}^3}$$

$$\varepsilon = \mathbf{11.28:1}$$

## 2.7. La respiración del motor del Mini Austin

(Gillieri, 2008). La respiración es la capacidad de admitir la mezcla aire-combustible al interior de cada uno de los cilindros y evacuar los gases quemados en el tiempo preciso según la cilindrada, para que el ciclo de funcionamiento se realice con el mayor rendimiento.

El rendimiento de un motor depende directamente de las condiciones de alimentación de aire; la admisión y expulsión de los gases se efectúa en los motores de combustión interna con trabajo de cuatro ciclos, regulados mediante la apertura y cierre de las válvulas como en el motor del Mini Austin.

## 2.8. Válvulas del motor del Mini Austin

(LSC, 2012). Las válvulas de admisión permiten que ingrese a la cámara de combustión la mezcla aire-combustible procedente del carburador; las válvulas de escape permiten la expulsión de los gases que se generan provocados por la combustión dentro del cilindro.

Las características de las válvulas del motor Mini Austin, se encuentran en la tabla N° 4



**Figura 2. 8 Válvula de motor mini Austin**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

## Capítulo III

### 3. Modificaciones esenciales realizadas en el motor estándar del Mini Austin para convertirlo en un motor preparado para competencias de velocidad

#### 3.1. Generalidades del motor repotenciado

El objetivo de la repotenciación es incrementar el torque y potencia del motor estándar para lograr mayor régimen de giro y lograr que el motor sea apto para competencias automovilísticas. Los puntos principales que se modificaron son:

- a) Aumento de la cilindrada
  - Rectificando los cilindros + 0.60
  - Pistones + 0.60
- b) Aumento de la relación de compresión
  - Colocando pistones con cabeza plana
  - Cepillado de cabezote.
  - Cepillado de la planicie del bloque
- c) Reducción del peso de piezas
  - Pulido y desbaste de bielas y pie de bielas.
  - Pulido del cigüeñal.
  - Corte y agujeros en las faldas de los pistones
- d) Aumento de la entrada de la mezcla aire-combustible
  - Carburador Doble Weber
  - Apertura y pulida de conductos de admisión y escape
  - Múltiple de escape Header

**Tabla Nº 10 Comparación de medidas del motor estándar con el motor repotenciado del Mini Austin**

<b>Elemento</b>	<b>Estándar</b>	<b>Modificado</b>
<b>Motor</b>		
Cilindrada [cm <sup>3</sup> ]	1007,87	1052,86
Diámetro [mm]	64,58	66
Carrera [mm]	76,9	76,9
Relación de compresión	8,52:1	12,19:1
Presión de compresión [kg/cm <sup>2</sup> ]	10,5	10,5
Potencia Máxima Manual [CV]	38	
Par Máximo Manual [kg.m]	7,28	
Régimen correspondiente Manual [RPM]	5250	
Potencia Máxima Dinamómetro	76.5	124.5
Par Máximo Dinamómetro [kg.m]	11.4	13.9
Régimen correspondiente Dinamómetro[RPM]	4800	6500
<b>Cabezote</b>		
Diámetro conducto admisión [mm]	28,5	32
Diámetro conducto escape [mm]	27	30
Diámetro paso valvular admisión [mm]	29,8	33,2
Diámetro paso valvular escape [mm]	25,6	29,8
<b>Válvula</b>		
Admisión [mm]	29,8	33,2
Escape [mm]	25,6	29,8
<b>Volumen Cámara Combustión</b>		
Con Pistón en PMI	285,46	286,59
Con Pistón en PMS	33,5	23,5

Fuente: Manual de reparación del British Leyland Mini; Pozo, IVÁN. & Cabezas, A. 2013  
Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### 3.1.1. Importancia del aumento de la cilindrada

Al aumentar el cilindraje se obtiene mayor capacidad de llenado de mezcla aire-combustible hacia la cámara de combustión; la manera más adecuada de aumentar la cilindrada en el motor Mini Austin, es modificar los diámetros, tanto de cilindros, como de pistones, manteniendo la carrera en 72.9 [mm].

El bloque de cilindros, como la totalidad de los elementos que constituyen el motor, fue sometido a una serie de transformaciones, para adaptarlo a las mayores exigencias de rendimiento que las del motor estándar del Mini Austin, que posee una cilindrada de 1007.87 cm<sup>3</sup>, con una carrera (S) de 76,9[mm].

MOTORES DE 1000cc.								
diámetro pistón estándar= 64,59mm (64,59")								
Sobremedida		diámetro pistón		culata	carrera estánd	cilindrada	cilindrara real	
pulgadas	milímetros	Milímetros	pulgadas	camara culata cc	mm	c.c		
0	0	64,59	2,54291339	según culata	76,9	1000	1007,87	
0,02	0,508	65,098	2,56291339	según culata	76,9	1020	1023,79	
0,04	1,016	65,606	2,58291339	según culata	76,9	1030	1039,83	
0,06	1,524	66,114	2,60291339	según culata	76,9	1050	1052,86	

Figura 3. 1 Sobre medida del diámetro de los cilindros del Motor Mini Austin

Fuente.- [www.sportmini.es](http://www.sportmini.es)

(Sportmini, 2013), en su página web de sugiere que se puede aumentar su capacidad de llenado, ampliando los cilindros a un límite máximo de 0.06" (1.524 mm) porque al exceder estas medidas, se podrían ocasionar fisuras entre los cilindros y el plano superior del bloque del motor.

El motor estándar del Mini Austin tiene una cilindra de 1007,87 cm<sup>3</sup> y se modificó a 1052,86 cm<sup>3</sup>.

### **Cálculos Nº 6 Modificación de las dimensiones de los cilindros de un motor estándar a un motor repotenciado del Mini Austin**

#### Nomenclatura

$D^2 = \text{diámetro al cuadrado}$

$i = \text{número de cilindros}$

Fórmula.-Calcula la cilindrada total, comparando la cilindrada anterior con la

actual.  $(VH = \frac{D^2 \cdot \pi \cdot S \cdot i}{4})$

Datos.- Cilindros a rectificar con medida de 0,060" cada cilindro

$D = 64.5 \text{ [mm]} + 0.060" (1,524 \text{ [mm]}) = 66.02 \text{ [mm]}$

$S = 76.9 \text{ [mm]}$

$i = 4$

$$Vh = \frac{(D)^2 \cdot \pi \cdot S}{4} \quad Vh = \frac{(6,60 \text{ cm})^2 \cdot \pi \cdot 7,69 \text{ cm}}{4}$$

$Vh = 263.09 \text{ [cm}^3\text{]} \text{ Cilindrada unitaria}$

$$VH = Vh * 4$$

**$VH = 1052.36 \text{ [cm}^3\text{]} \text{ Cilindrada Total del motor repotenciado}$**

### 3.1.2. Procedimiento de transformación de cilindros

Para hacer la transformación en este tipo de bloque, se debe realizar una toma de medidas para comprobar si las modificaciones y dimensiones esperadas son factibles.

- ✓ El diámetro interno de los cilindros que deberá poseer el motor repotenciado y el espacio comprendido entre cada dos cilindros consecutivos en el bloque a transformar.

En la página de [www.sportmini.es](http://www.sportmini.es), se menciona que se debe tomar en cuenta que el diámetro de los cilindros en todo motor comercial con pistones sin modificar es de 64,5mm, para incrementar la cilindrada a un total 1052,36 [cm<sup>3</sup>], se elije colocar pistones + 0,60", como está recomendado en la Figura 3.1 que menciona la medida del diámetro de los cilindros del Motor Mini Austin.

Este es el diámetro exterior de los cilindros que se modificó en el bloque y procediendo con la ayuda de una máquina para rectificar los cilindros del bloque en la misma forma de reacondicionamiento normal, con la diferencia que se procede un arranque de material mucho mayor al usual que se realiza en un rectificado de cilindros normal.

### 3.1.3. Operaciones de rectificación y pulido de los cilindros

Una vez que se cerciora que los cálculos para cilindro y bloque son factibles, se envió el motor Mini Austin a la “Rectificadora Ecuador” a un costo de \$ 450 (Ver anexo 1), en donde se realizaron las operaciones de rectificación, pulida y bruñido de las paredes internas de los cilindros.



**Figura 3. 2 Motor Mini Austin rectificado**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

Para comprobar si los pistones son los adecuados para los cilindros, se introduce una galga de lámina con bordes redondeados entre las superficies del cuerpo del pistón y el cilindro; si el ajuste es el adecuado, el calibrador de láminas se podrá retirar del cilindro con una ligera tracción. Para evidenciar la holgura en un diámetro de 60 a 70mm, se debe utilizar la galga de 0.05 pulgadas.

En el caso no obtener el resultado deseado, se debe rectificar la medida con una pulidora hasta obtener el ajuste adecuado a las dimensiones del pistón.

#### **3.1.4. Importancia del aumento de relación de compresión**

(tecno-racing.com, 2013). Es primordial aumentar la relación de compresión, ya que así se incrementa la cantidad de energía calorífica liberada al momento de la combustión, obteniendo como resultado una mejor inflamación de la mezcla, por lo que se eleva los valores de presión dentro de la cámara, logrando un considerable acrecentamiento de la potencia.

Para elevar los valores de presión en el motor Mini Austin, fue necesario reducir la planicie del bloque hasta que el pistón esté al ras de la parte superior, rebajar la planicie del cabezote mediante cálculos (ver calculo N° 7) y colocar pistones con cabeza plana.

#### **3.1.5. Rectificado de la superficie del plano superior del bloque**

En esta transformación del bloque de cilindros, se realizó un corte para la reducción de superficies planas; el plano del bloque se verificó después de las operaciones efectuadas en los cilindros, con el fin de dejar al ras la corona del pistón cuando llega a su PMS, reduciendo la cámara de combustión y aumentando la relación de compresión. Es de suma importancia verificar que el pistón modificado, no golpee a las válvulas cuando llegue a su PMS, porque de no comprobarlo podría ocasionar daño en las válvulas.



**Figura 3. 3 Plano superior del bloque de cilindros y sus pistones planos**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### **3.1.6. Limpieza del bloque de cilindros**

Una vez realizado los trabajos de rectificación de cilindros y cepillado del plano superior del bloque al ras del PMS para que corone el pistón, siempre quedan limallas, las cuales pueden ocasionar daños como rayaduras, si llegan a rosar con pistones o chaquetas, por lo que es necesario realizar la limpieza de todas las piezas mecanizadas eliminando los residuos abrasivos y virutas metálicas que se encuentra en el bloque, tomando en cuenta que deben quedar limpias las tomas internas de refrigeración y lubricación del bloque.

La manera correcta para realizar la limpieza del bloque, es pulverizando gasolina en su totalidad, tomando en cuenta que los conductos de lubricación y refrigeración también deben ser pulverizados a presión, de esta manera se garantiza la seguridad que las limallas salgan del sistema y no ocasionen daños.



**Figura 3. 4 Bloque cepillado y cilindros rectificados**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### **3.1.7. Reducción de la planicie del cabezote y su modificación**

El proceso de preparación de la culata es básico para la Repotenciar un motor, porque en él, se produce el control de la entrada de la mezcla aire-combustible, la salida de los gases de escape y alojamiento de la cámara de combustión, asientos y guías de válvulas, que se modificó para obtener un importante incremento de potencia.

El cabezote del motor Mini Austin, está compuesto de hierro fundido, lo que le da una mayor resistencia a las altas presiones y temperaturas, con la propiedad de tener una buena conductibilidad térmica, que alcanza una temperatura optima de funcionamiento (90°C), además de facilitar su propia refrigeración para evacuar el exceso de calor debido al funcionamiento normal del motor.

El trabajo realizado en el cabezote, permite aumentar la relación de compresión, incremento del diámetro de los conductos de admisión y escape con el fin de aumentar la velocidad de los gases tanto en la entrada como en la evacuación de los mismos, el pulido para evitar torbellinos dentro de los conductos y recorte de guías de admisión, para un ingreso y salida de los gases sin obstrucciones.

#### 3.1.7.1. Rebaje del plano del cabezote

Después de realizar los cálculos respectivos para conocer la tolerancia máxima del rebaje del plano del cabezote, se envía ésta pieza a la rectificadora, quien es la encargada de modificar la superficie.



**Figura 3. 5 Rectificadora de superficies planas**  
Fuente: Samaniego G-C, investigadores

### **Cálculos N° 7 Límite de rectificación de culata del Motor Mini Austin**

Es primordial asegurar que el motor cumpla con los parámetros establecidos, debido a que la máquina está sometida a mayores esfuerzos mecánicos y térmicos por el aumento de la relación de compresión.

$$Aplanado = \frac{\text{carrera}}{\text{relación de compresión estándar}} - \frac{\text{carrera}}{\text{relación de compresión deseada}}$$

$$= [\text{milímetros}]$$

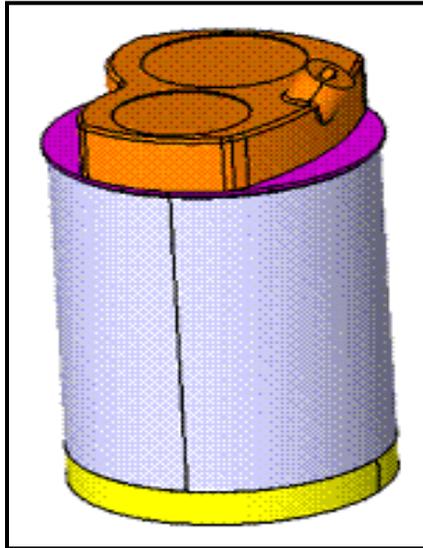
$$X = \frac{S}{RC1-1} - \frac{S}{RC2-1} [mm] \qquad X = \frac{76.9}{11.28-1} - \frac{76.9}{12.19-1} [mm]$$

$$X = 0.61 [mm]$$

### Cálculos Nº 8 Volumen antes de compresión motor preparado

Este volumen es la suma del volumen de la cámara de combustión más el volumen del cilindro. De esta forma queda:

Volumen Cámara de Combustión	23.5 cm <sup>3</sup>
Volumen Cilindro	263.09 cm <sup>3</sup>
Volumen Antes compresión preparado	23.5+263.09
Resultado	286.59 cm <sup>3</sup>



**Figura 3. 6 Volumen antes de comprimir preparado**

Fuente: <http://www.sportmini.es/>

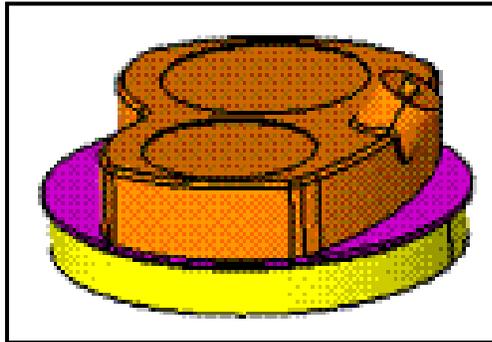
## Cálculos Nº 9 Relación de compresión motor preparado

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

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

$$\varepsilon = \frac{263.09\text{cm}^3 + 23.5\text{cm}^3}{23.5\text{cm}^3}$$

$$\varepsilon = \mathbf{12,19:1}$$



**Figura 3. 7 Volumen después de comprimir preparado**

Fuente: <http://www.sportmini.es>

Para aumentar la potencia, se modificó la relación de compresión en el motor, la cifra alcanzada es de 12,19:1, desarrollando explosiones más fuertes, pero con los siguientes riesgos:

- La temperatura aumenta cuando es un motor con alta relación de compresión, por lo que será necesario instalar un radiador de aceite para que exista un mejor intercambio de temperatura.
- La gasolina de 92 octanos debe ser de uso obligatorio debido a que tiene mejor resistencia al autoencendido que se puede provocar debido a las altas presiones dentro de la cámara de combustión.

### 3.1.8. Dimensionamiento de las válvulas

La sección de paso de los gases por las válvulas de asiento cónico, el área del cual depende del diámetro inferior de asiento de válvula, la altura de levantamiento del mismo y el ángulo del asiento que es de 45° (Ver anexo 2). Las fórmulas que permiten calcular esta sección S, son las siguientes:

Para ángulo de asiento de 45°:

$$S = \pi \cdot (\text{sen} \alpha \cdot d_2 \cdot h.) + \left(\frac{\text{sen} \alpha}{2} \cdot h^2\right)$$

$$S = 3,1416 \cdot (\text{sen } 45^\circ \cdot 27,45\text{mm} \cdot 6,3\text{mm}) + \left(\frac{\text{sen} 45^\circ}{2} \cdot (6.3\text{mm})^2\right)$$

$$S = 384,16 + 14,03\text{mm}^2$$

$$S = 398,19 \text{ mm}^2$$

En las que:  $d_2$  = diámetro inferior del asiento y  $h$  = altura de levantamiento de la válvula.

Aparentemente, por las formulas anteriores bastaría con aumentar la altura de la válvula para aumentar la sección de salida de los gases, sin embargo esta sección queda también determinada por la sección del conducto de salida, de diámetro  $d_2$ , a la que se debe restar la sección del vástago de la válvula; así la altura útil de levantamiento de la válvula queda limitada por estos últimos valores

### **3.1.8.1. Condiciones de funcionamiento de las válvulas y temperatura del funcionamiento**

Las condiciones de funcionamiento a las que se encuentran sometidas las válvulas de un motor de competencia son muy exigentes, dado que deben funcionar a elevadas temperaturas, altas revoluciones, grandes presiones y bajos esfuerzos de choques repetidos, así como hallarse expuestas al poder corrosivo de la mezcla aire-combustible o al de los gases de combustión a temperatura elevada.

(Gillieri, 2008). La temperatura normal de trabajo de las válvulas de escape a plena carga es de 800°C aproximadamente y es suficiente para que las válvulas se pongan al rojo vivo y sufran un recalentamiento, por lo que es necesario que se refrigeren de inmediato para disipar el calor. El tamaño de las cabezas de las válvulas tienen una gran influencia en la temperatura, a mayor diámetro de la válvula, mayor será la dificultad de transmisión del calor hacia el vástago de la válvula, por la cual esta se refrigera. Este es uno de los motivos para que las válvulas de escape se construyan con el menor diámetro admisible por las exigencias de respiración de los cilindros.

(Ruigi, 2011), menciona que el mecanizado se realiza para reducir las restricciones e incrementar el flujo de los gases de entrada y salida es importante no poner al límite de la resistencia mecánica del cabezote para evitar la ruptura de las toberas.



**Figura 3. 8 Válvula para motor Mini Austin**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### **3.1.8.2. Mecanizado de conductos de admisión y escape**

(Gillieri, 2008). En los conductos de menor diámetro el volumen disminuye el flujo y su velocidad es alta, mejorando su eficiencia a revoluciones medias; en altas revoluciones, los conductos de mayor diámetro aumentan el flujo y lo hace muy eficiente, por lo que es necesario, realizar un cálculo de flujometría, para saber cuánto es lo máximo que se puede ampliar los conductos de admisión y escape.

Dentro del conducto de admisión y escape, se encuentra el asiento de válvula, la toma del conducto, la zona de ampliación del conducto y la guía de válvula. El mecanizado de los asientos de válvula es superior al diámetro interno

de los anillos, de igual manera se debe mecanizar mediante fresas especiales, dando a esta zona una inclinación de 45°.

(Ruigi, 2011) recalca que La inclinación a 45° es la más empleada por los constructores de motores, por ser la que mejor cierre ofrece a las cámaras de combustión, ocasionando que el borde de las cabezas de las válvulas mecanizadas tengan un mayor espesor y por consiguiente, menor riesgo de deformación térmica. Esta técnica garantiza un mayor periodo de dilatación del material, sin embargo, la desventaja es que el paso de los gases se dificulta más que en aquellas cuyo asiento posee una inclinación de 30°.

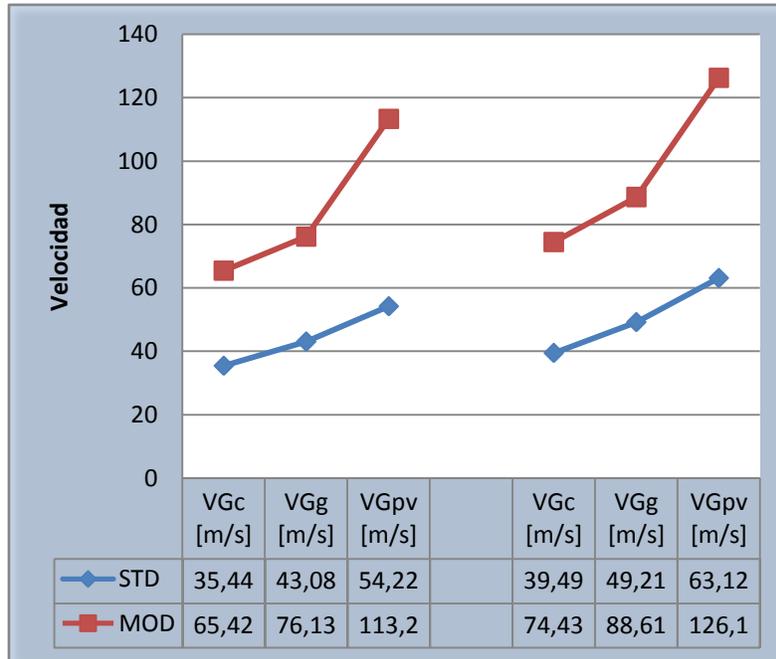
### **3.1.8.3. Flujometría**

Mediante cálculo se demuestra, que la modificación generada en las toberas son efectivas, tanto de admisión como de escape, ya que se aumentó la velocidad de gases en  $V_{Gc}$ ,  $V_{Gg}$ ,  $V_{Gpv}$ , teniendo como resultado la propulsión para generar mejor potencia y rendimiento a el motor del Mini Austin; con estos cambios se evitan las turbulencias y se aminora el defecto de sufrir una alteración del cambio de dirección del paso del aire hacia la cámara de combustión lo que puede formar remolinos que ocasionarían pérdida de velocidad de los gases, por lo tanto, la transformación de las toberas de admisión y de escape, dejan como resultado la ganancia de velocidad de gases en el colector.

**Tabla N° 11 Formulas para calcular flujometría**

Sc: Superficie de Conducto	$Sc = \frac{\pi.D^2}{4}$	
Sgv: Superficie de Guía de válvula	$SG = (Sc - Sg)$	$SG = \frac{\pi.D^2}{4} - \frac{\pi.D^2}{4}$
Spv: Superficie Paso Valvular	$Spv = \pi. \phi v. \cos \alpha. H$	
Vmp: Velocidad Media del Pistón	$VMP = \frac{s.RPM}{30}$	
VGc: Velocidad gases colector	$VGc = \frac{VMP.SP}{Sx}$	
VGg: Velocidad gases guía	$VGg = \frac{VMP.SP}{Sg}$	
VGpv: Velocidad paso valvular	$Vgpv = \frac{VMP.SP}{Spv}$	
Sp: Superficie del Pistón	$Sp = \frac{\pi.D^2}{4}$	
V: Velocidad	$v \left[ \frac{m}{s} \right]$	

Fuente: Castillo, Andrés. Automovilismo Deportivo  
Elaborado por: Pozo, IVÁN. & Cabezas, A. 2013



**Figura 3. 9 Velocidad de gases colector de admisión y escape**

Fuente. Base de datos motor repotenciado Mini Austin  
Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

Una vez realizado los cálculos para determinar la Velocidad de los gases en el colector de admisión y escape con las formulas de la tabla N° 11, para saber en teoría cuánto es la abertura ideal de las toberas para el número de revoluciones al que va a ser sometido el motor, ya que se necesita permitir el paso de la mezcla a mayor velocidad en los conductos de admisión y escape, basándose en la ampliación y pulido hasta dejar un acabado de espejo. En la Figura 3.9, se verifica que hay un incremento de la velocidad con las partes modificadas, lo que genera mayor depresión cuando los gases de escape evacuen del motor a alta velocidad, creando una succión dentro de la cámara para un ingreso de la nueva mezcla, incrementando el rendimiento volumétrico.

Tabla N° 12 Flujo metría para toma de admisión

Estándar	Modificado
Sc= 28.50 [mm]	Sc= 32 [mm]
Sg=12 [mm]	Sg= 12[mm]
αv= 45°	αv = 45°
H= 6.3 [mm]	H= 6.3 [mm]
Φv= 29,80 [mm]	Φv= 33,20 [mm]
$Sc = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$Sc = \frac{\pi \cdot (32mm)^2}{4}$
$Sc = \frac{\pi \cdot 28,50mm^2}{4}$	$Sc = 804,24mm^2$
$Sc = 637,93mm^2$	

Tobera de admisión

Superficie de Conducho

Estándar	Modificado	
$SG = (Sc - Sg)$ $SG = \frac{\pi.D^2}{4} - \frac{\pi.D^2}{4}$ $SG = \frac{\pi.28,50mm^2}{4} - \frac{\pi.12mm^2}{4}$ $SG = 637,93mm^2 - 113,09mm^2$ $SG = 524,84mm^2$	$SG = (Sc - Sg) \quad SG = \frac{\pi.D^2}{4} - \frac{\pi.D^2}{4}$ $SG = \frac{\pi.(32mm)^2}{4} - \frac{\pi.(12mm)^2}{4}$ $SG = 804,24mm^2 - 113,09mm^2$ $SG = 691,15mm^2$	Superficie de Guía de válvula
$Spv = \pi. \emptyset v. \cos \alpha * H$ $Spv \pi. \emptyset 29,80[mm]. \cos 45 . ( 6,3[mm])$ $Spv = 417,05mm^2$	$Spv = \pi. \emptyset v. \cos \alpha 45. H$ $Spv = \pi. (\emptyset 33,20[mm]). \cos 45 . ( 6,3[mm])$ $Spv = 464,63 mm^2$	Superficie paso Valvular
$Sp = \frac{\pi.D^2}{4}$ $Sp = \frac{\pi.(64,5mm)^2}{4}$ $Sp = 3267,45mm^2$	$Sp = \frac{\pi.D^2}{4}$ $Sp = \frac{\pi.(66mm)^2}{4}$ $Sp = 3421,19mm^2$	Superficie del pistón

**Estándar****Modificado**

$$S=76,9[\text{mm}] = 0,0769[\text{m}]$$

$$VMP = \frac{S \cdot \text{RPM}}{30}$$

$$VMP = \frac{0,076 \cdot 2700 [\text{rpm}]}{30}$$

$$VMP = 6,921 \text{ m/s}$$

$$S=76,9[\text{mm}] = 0,0769[\text{m}]$$

$$VMP = \frac{S \cdot \text{RPM}}{30}$$

$$VMP = \frac{0,0769 \cdot 6000 [\text{rpm}]}{30}$$

$$VMP = 15,38 \text{ m/s}$$

Velocidad media del pistón

$$VGc = \frac{VMP \cdot SP}{Sc}$$

$$VGc = \frac{6,921 \text{ m/s} \cdot 3267,45 \text{ mm}^2}{637,93 \text{ mm}^2}$$

$$VGc = 35,44 \text{ m/s}$$

$$VGc = \frac{VMP \cdot SP}{Sc}$$

$$VGc = \frac{15,38 \text{ m/s} \cdot 3421,19 \text{ mm}^2}{804,24 \text{ mm}^2}$$

$$VGc = 65,42 \text{ m/s}$$

Velocidad de gases colector  
admisión

$$VGg = \frac{VMP \cdot SP}{Sg}$$

$$VGg = \frac{6,921 \text{ m/s} \cdot 3267,45 \text{ mm}^2}{524,84 \text{ mm}^2}$$

$$VGg = 43,08 \text{ m/s}$$

$$VGg = \frac{VMP \cdot SP}{Sg}$$

$$VGg = \frac{15,38 \text{ m/s} \cdot 3421,19 \text{ mm}^2}{691,15 \text{ mm}^2}$$

$$VGg = 76,13 \text{ m/s}$$

Velocidad de gases  
sección guía de admisión

**Estándar****Modificado**

$$VG_{pv} = \frac{VMP.SP}{Spv}$$

$$VG_{pv} = \frac{6,921 \text{ m/s} \cdot 3267,45 \text{ mm}^2}{417,05 \text{ mm}^2}$$

$$VG_{pv} = 54,22 \text{ m/s}$$

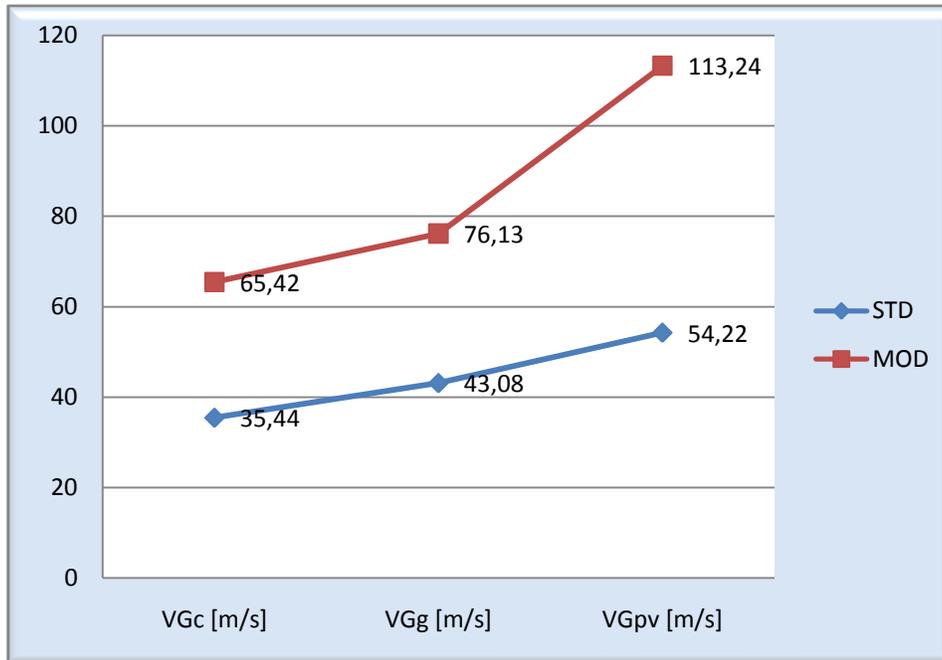
$$VG_{pv} = \frac{VMP.SP}{Spv}$$

$$VG_{pv} = \frac{15,38 \text{ m/s} \cdot 3421,19 \text{ mm}^2}{464,63 \text{ mm}^2}$$

$$VG_{pv} = 113,24 \text{ m/s}$$

Velocidad de gases sección  
paso valvular admisión

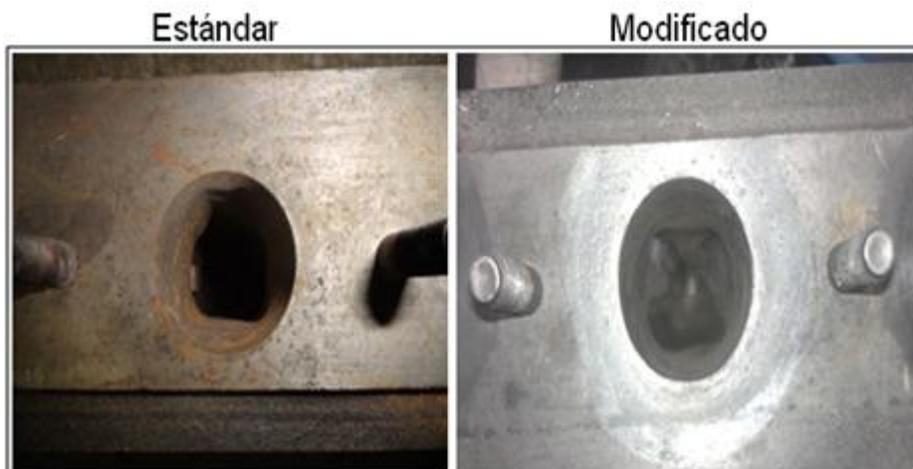
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013



**Figura 3. 10 Velocidad de gases en el colector de admisión estándar Vs. Modificado**

Fuente. Base de datos motor repotenciado Mini Austin  
Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

#### 3.1.8.4. Procedimiento del mecanizado de conducto de admisión



**Figura 3. 11 Comparación del conducto de admisión del motor estándar y modificado**

Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

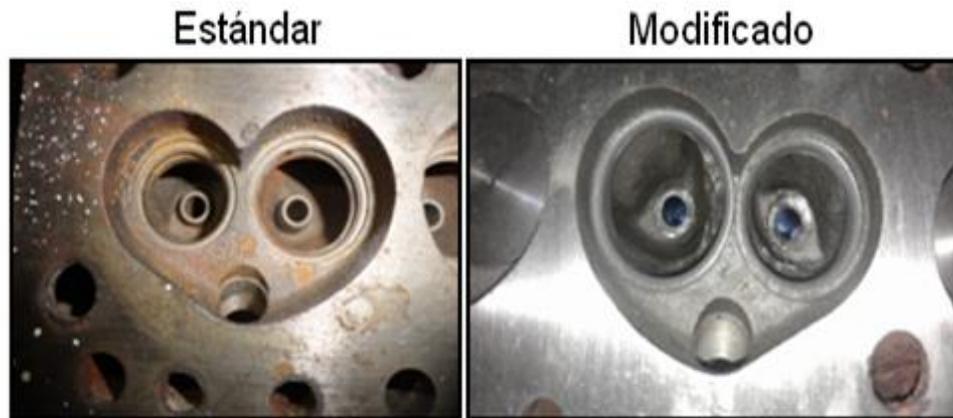
Una vez realizado el cálculo, para saber la cantidad óptima para pulir las toberas de admisión, se ejecutó el mecanizado, logrando que este nuevo diseño del conducto de admisión, incremente el flujo de la mezcla.

Se mantiene una sección cilíndrica hasta la zona de ampliación del conducto en el codo.

Con una fresa se desbastó la parte externa, para luego ir penetrando el conducto, tomando en cuenta las medidas para no excederse porque si existe un excesivo desbaste, se podría llegar a tener contacto con los conductos de refrigeración ocasionando la avería del motor (Ver anexo 3).

Se utilizan piedras abrasivas para eliminar rugosidades producidas por la fresa, es importante tener cuidado en el desgaste excesivo, hay que recordar que este proceso es solo para conseguir una superficie uniforme.

Después del desbaste y el fresado, se continuó dando un pulido con gratas, empezando en el orden desde la #60 - #80 - #120 y para luego terminar un acabado de espejo con las lijas #300 - #600 - #1200.



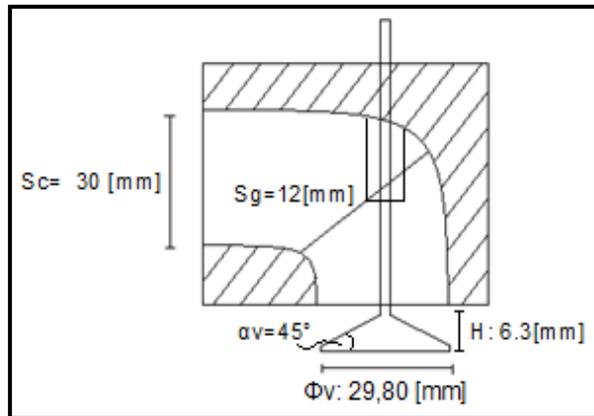
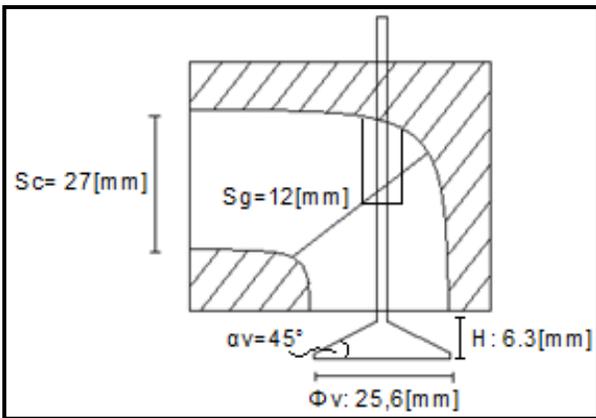
**Figura 3. 12 Recorte de guía de válvula antes y después**  
Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

Se procede a desbastar la guía de válvula de admisión al ras con una fresa, para disminuir las restricciones del flujo de la mezcla, dejando expuesta el vástago de la válvula a la acción de los fuegos y gases calientes. Por lo que se conservó a la guía de escape para mantener una refrigeración adecuada en la válvula. Se realiza la limpieza interna del conducto con un cepillo de alambre de taladro, para eliminar los residuos de carbón. Con un marcador se señala el diámetro a mecanizar en la periferia del conducto, para guiar el proceso de mecanizado.

Para evitar la acción destructora de estas condiciones de funcionamiento en el motor repotenciado, se utilizan válvulas construidas con acero de alta calidad, con el objetivo que disipe el calor con mayor rapidez, debido a la mayor superficie de contacto con la guía.

Tabla N° 13 Flujometría para toma de escape

Estándar	Modificado	Tobera de admisión
Sc= 27 [mm]	Sc = 30 [mm]	
Sg=12 [mm]	Sg = 12 [mm]	
$\alpha_v = 45^\circ$	$\alpha_v = 45^\circ$	
H: 6.3 [mm]	H: 6.3 [mm]	
$\Phi_v$ : 25.6 [mm]	$\Phi_v$ : 29.80 [mm]	



$$Sc = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$Sc = \frac{\pi \cdot (27mm)^2}{4}$$

$$Sc = 572,55mm^2$$

$$Sc = \frac{\pi \cdot (30mm)^2}{4}$$

$$Sc = 706,85mm^2$$

Superficie de  
Conducto de escape

**Estándar**

$$SG = (Sc - Sg)$$

$$SG = \frac{\pi.D^2}{4} - \frac{\pi.D^2}{4}$$

$$SG = \frac{\pi.27mm^2}{4} - \frac{\pi.12mm^2}{4}$$

$$SG = 572,55mm^2 - 113,09mm^2$$

$$\mathbf{SG = 459,46 mm^2}$$

**Modificado**

$$SG = (Sc - Sg)$$

$$SG = \frac{\pi.D^2}{4} - \frac{\pi.D^2}{4}$$

$$SG = \frac{\pi.(30mm)^2}{4} - \frac{\pi.(12mm)^2}{4}$$

$$SG = 706,85 mm^2 - 113,09mm^2$$

$$\mathbf{SG = 593,76 mm^2}$$

$$Spv = \pi. \emptyset v. \cos \alpha 45. H$$

$$Spv = \pi. \emptyset 25,60[mm]. \cos \alpha$$

$$45 . ( 6,3[mm])$$

$$\mathbf{Spv = 358,27 mm^2}$$

$$Spv = \pi. \emptyset v. \cos \alpha 45. H$$

$$Spv = \pi. (\emptyset 29,80[mm]). \cos 45 . ( 6,3[mm])$$

$$\mathbf{Spv = 417,05 mm^2}$$

$$VGc = \frac{VMP.SP}{Sc}$$

$$VGc = \frac{6,921m/s.3267,45mm^2}{572,55mm^2}$$

$$\mathbf{VGc = 39,49 m/s}$$

$$VGc = \frac{VMP.SP}{Sc}$$

$$VGc = \frac{15,38m/s.3421,19mm^2}{706,85 mm^2}$$

$$\mathbf{VGc = 74,43 m/s}$$

**Estándar**

$$VGg = \frac{VMP.SP}{Sg}$$

$$VGg = \frac{6,921 m/s \cdot 3267,45 mm^2}{459,46 mm^2}$$

$$VGg = 49,21 m/s$$

**Modificado**

$$VGg = \frac{VMP.SP}{Sg}$$

$$VGg = \frac{15,38 m/s \cdot 3421,19 mm^2}{593,76 mm^2}$$

$$VGg = 88,61 m/s$$

Velocidad de gases  
sección guía de escape

$$VGpv = \frac{VMP.SP}{Spv}$$

$$VGpv = \frac{6,921 m/s \cdot 3267,45 mm^2}{358,27 mm^2}$$

$$VGpv = 63,12 m/s$$

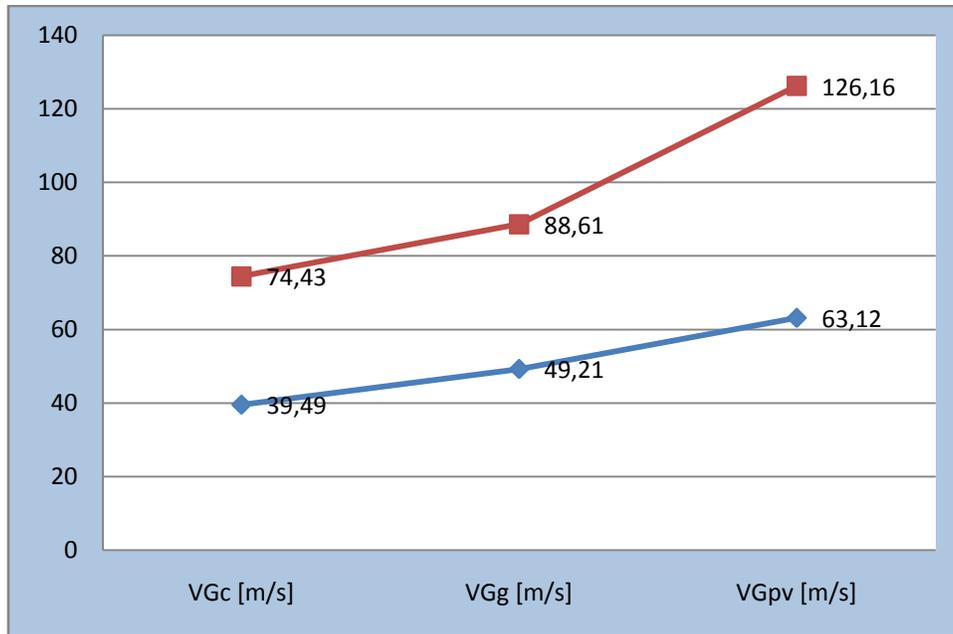
$$VGpv = \frac{VMP.SP}{Spv}$$

$$VGpv = \frac{15,38 m/s \cdot 3421,19 mm^2}{417,05 mm^2}$$

$$VGpv = 126,16 m/s$$

Velocidad de gases  
sección paso valvular  
escape

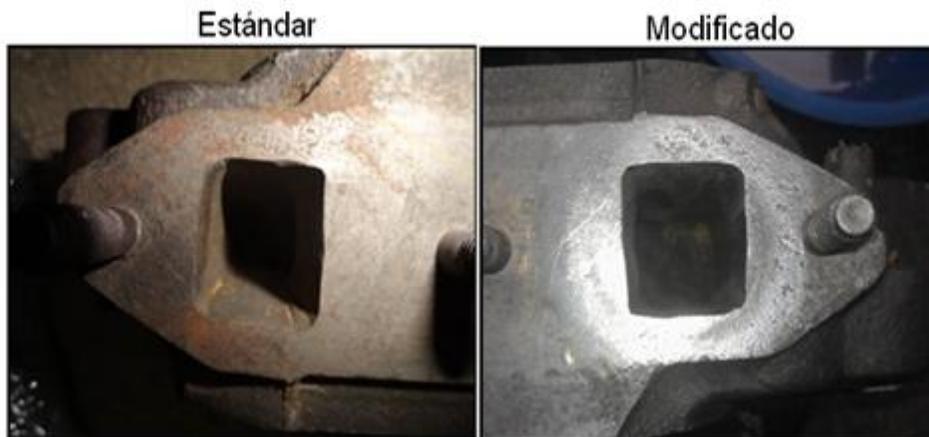
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013



**Figura 3. 13 Velocidad de gases colector escape estándar vs modificado**

Fuente. Base de datos motor repotenciado Mini Austin  
Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### 3.1.8.5. Procedimiento del mecanizado de conducto de escape



**Figura 3. 14 Comparación del conducto de escape estándar Vs modificado**

Fuente.- Pozo, Iván. & Cabezas, A. 2013

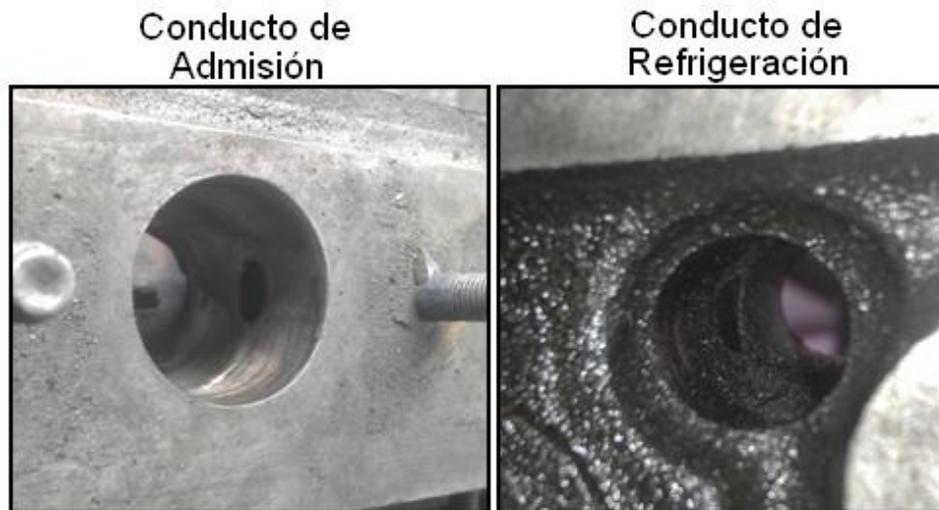
Básicamente se realizó el mismo proceso de apertura de la toma en el conducto de admisión que en el de escape: Desbastar, fresar, pulir y limpiar con las mismas herramientas y lijas consiguiendo el acabado deseado (Ver anexo 3).

#### **3.1.8.6. Precauciones para el desbaste de toberas**

Cuando se va a realizar el proceso de la ampliación de las toberas, se debe tomar en cuenta de sobremanera, la medida del valor óptimo obtenido en el cálculo de flujometría, porque esto permite demarcar los límites de tolerancia al que van a ser sometidos las diferentes piezas modificadas, evitando la comunicación directa entre el conducto de admisión y el conducto de refrigeración; si esto llegara a ocurrir, el refrigerante ingresa a los cilindros ocasionando daños en los cilindros.

En la práctica personal, cuando se estuvo realizando este proceso ocurrió este exceso de desbaste, para solucionarlo, se llevó el cabezote a un taller de soldas especiales para que selle el orificio entre ambos conductos y para garantizar que la suelda va a resistir la presión que ejerce el agua a temperatura de funcionamiento, se llevó el cabezote reparado a la Rectificadora Pazmiño donde se realizaron las pruebas hidráulicas, obteniendo resultados positivos para evitar la comunicación entre el conducto de admisión y la cámara de refrigeración.

A pesar de que la suelda ocupa un espacio dentro del conducto de admisión, el cual puede formar torbellinos al momento del ingreso de la mezcla aire – combustible, se pulió la suelda con la precaución de no desbastar en exceso nuevamente y así eliminar las rugosidades de la suelda, para que el aire ingrese libremente a la cámara de combustión.



**Figura 3. 15 Exceso de desbaste en toma de admisión**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### 3.1.9. Árbol de levas de competencia para motor Mini Austin

Tabla N° 14 Árbol de levas estándar y de competencia CA4 para Mini Austin

Características

**Estándar** Grados

---

**Admisión**

- Apertura avance 5°
- Cierre retraso 45°

---

**Escape**

- Apertura avance 40°
- Cierre retraso 10°

**De competencia CA4**

---

**Admisión**

- Apertura avance 34°
- Cierre retraso 74°

---

**Escape**

- Apertura avance 63°
- Cierre retraso 39°

---

Fuente: [www.minisport.com](http://www.minisport.com)

En el ciclo de admisión del motor del mini Austin, se produce el Adelanto a la Apertura de Admisión (AAA), consiste en que la válvula de admisión se abre antes de que el pistón inicie su recorrido descendente; al llegar el pistón al PMI, el cigüeñal ha girado 180°; al comenzar el ciclo de compresión, el pistón comienza su recorrido ascendente, pero la válvula de admisión permanece abierta, a esto se le conoce como Retraso de Cierre de Admisión (RCA), después del PMI.

En el ciclo de combustión, el pistón comienza la carrera descendente por la presión de los gases combustionados, antes de llegar el pistón al PMI se abre la válvula de escape con un adelanto a la Apertura de Escape (AAE), al llegar al PMI el cigüeñal ha girado 180° y por último, el pistón comienza su carrera ascendente para completar el ciclo de escape, pero antes de llegar al PMS se abre la válvula de admisión, mientras permanece abierta la válvula de escape, en un Retraso al Cierre de Escape (RCE), después de llegar a su PMS.

En este momento las válvulas de admisión y escape permanecen abiertas al mismo tiempo, esto se conoce como traslape valvular; en el cuál se consigue un mejor llenado del cilindro de la mezcla aire-combustible, aprovechando la inercia de los gases de admisión y la velocidad de salida de los gases de escape que originan una depresión.

El árbol de levas que se utilizó en el motor del Mini Austin, es el CA4 que magnifica su eficiencia desde las 2500 RPM hasta las 6500 RPM a nivel del mar.

TECHNICAL INFORMATION				
CAM PART NO	CAM KIT NO	APPLICATION	POWER BAND (RPM)	VALVE TIMING
MS 260		FAST ROAD	1000-6500	24-56/61/29
MS 265		MILD ROAD/TURBO	1000-6000	24-60/60-24
MS 270I		FAST ROAD INJ.	1500-6500	16-56/62-22
MS 285		RALLY	2000-7500	34-66/71-39
MS 295		RACE	3250-8000	39-71/76-44
CA1	CA1K	MILD ROAD	2000-6500	10-50/50-21
CA2	CA2K	FAST ROAD	2000-6500	16-56/51-21
CA3	CA3K	ROAD/RALLY	2500-7000	24-64/59-29
CA4	CA4K	RALLY/RACE	2500-6500	34-74/63-39
CA5	CA5K	FULL RACE	3000-7500	50-70/75-45
CA6	CA6K	RALLY	2800-7500	34-74/75-45
CA7	CA7K	GROUP 'A' INJECTION RALLY	3500-8000	49-77/81-45

1282 778731 Online: [www.minisport.com](http://www.minisport.com)

ps Include VAT

Figura 3. 16 Características de árbol de competencia CA4 para motor de Mini Austin

Fuente: [www.minisport.com](http://www.minisport.com)

TECHNICAL INFORMATION			
DURATION (DEGREES)	VALVE LIFT	VALVE CLEARANCE	FULL LIFT ATDC (DEGREES)
2600-2700	0.320"/0.330"	0.016"	1060
2640	0.350"	0.012"	1080
2520	0.331"/0.350"	0.016"	1100
2800-2900	0.388"/0.400"	0.016"	1060
2900-3000	0.400"/0.420"	0.016"	1060
2400-2520	0.318"	0.015"	1100
2520	0.318"	0.015"	1100
2680	0.320"	0.016"	1100
2880	0.387"	0.016"	1100
3000	0.394"	0.016"	1000
2880-3000	0.387/0.394"	0.016"	1030
3060	0.412/0.410	0.014/0.016"	1040

Sales Hotline: 01282 778731 Online: [www.rti](http://www.rti)

Figura 3. 17 Características de árbol de competencia CA4 para motor de Mini Austin

Fuente: [www.minisport.com](http://www.minisport.com)

Para calcular los grados del cruce de válvulas, los tiempos que las válvulas están abiertas y cerradas, sumamos el ángulo de avance y de retardo de la siguiente manera.

Árbol de levas estándar:

Traslape de válvulas = AAA + RCE

$5^\circ + 10^\circ = 15^\circ$

TA = AAA + 180° + RCA

$5^\circ + 180^\circ + 45^\circ = 230^\circ$

TC = 180° - RCA

$180^\circ - 45^\circ = 135^\circ$

TEX = 180° - AAE

$180^\circ - 40^\circ = 140^\circ$

TES = AAE + 180° + RCE

$40^\circ + 180^\circ + 10^\circ = 230^\circ$

Árbol de levas para competencia:

Traslape de válvulas = AAA + RCE

$34^\circ + 39^\circ = 73^\circ$

TA = AAA + 180° + RCA

$34^\circ + 180^\circ + 74^\circ = 288^\circ$

TC = 180° - RCA

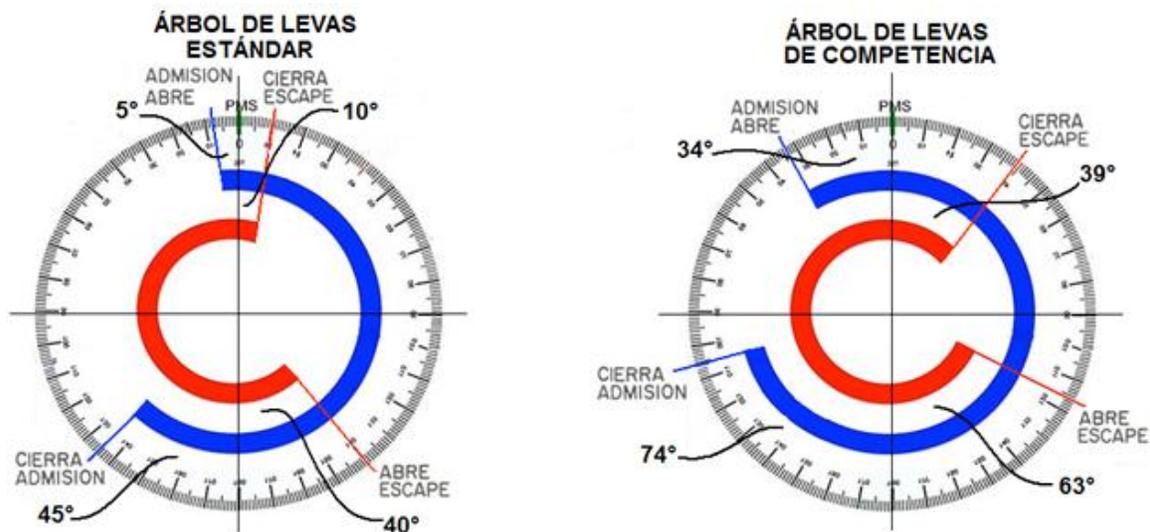
$180^\circ - 74^\circ = 106^\circ$

TEX = 180° - AAE

$180^\circ - 63^\circ = 117^\circ$

TES = AAE + 180° + RCE

$63^\circ + 180^\circ + 39^\circ = 282^\circ$



**Figura 3. 18 Diagrama comparativo entre árbol de levas estándar y árbol de levas de competencia**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### 3.1.9.1. Pistones de cabeza plana

(AUTOMOTRIZ, 2013). Los pistones de cabeza plana reducen el espacio en la cámara de combustión, lo que aumenta la relación de compresión y por ende, se da un mejor encendido de la mezcla aire-combustible, desarrollando mayor fuerza en el motor.

Para resistir las altas presiones que se originan sobre la cabeza del pistón, es necesario que contengan un espesor de aceite importante, capaz de resistir las presiones elevadas y fatiga de material, manteniéndolos siempre con una buena lubricación y refrigeración. Además las fuerzas de inercia aumentan directamente en función de las velocidades y masa en movimiento.



**Figura 3. 19 Pistones de cabeza plana**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### 3.1.9.2. Lubricación de la falda de los pistones

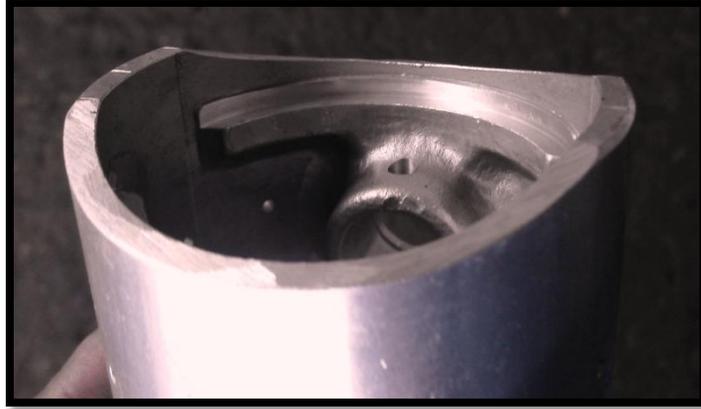
Para mantener el elevado régimen de temperaturas y revoluciones al que están sometidos los pistones del motor, se necesita mejorar el sistema de lubricación y refrigeración que asegure su desempeño. El sistema a emplearse consiste en practicar un determinado número de perforaciones en las superficies de contacto de las faldas de los pistones de 2 [mm], dispuestos en estructuras triangulares, manteniendo siempre una capa de aceite a lo largo de la falda del pistón, con este procedimiento no solo se gana mejor lubricación y refrigeración, sino que también se reduce peso en los pistones (Ver anexo 4).



**Figura 3. 20 Lubricación de la falda del pistón de motor Mini Austin**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

Para rebajar el peso de los pistones, en este trabajo se desbastó en un torno, una parte de la falda, con esto se aumentó el régimen de giro del motor y una menor superficie de contacto entre las paredes del cilindro con el pistón, disminuyendo el rozamiento entre los mismos (Ver anexo 4).



**Figura 3. 21 Falda desbastada del pistón**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### **3.1.10. Segmentos o rines para motor repotenciado**

Los rines están compuestos de fundición gris lo que garantiza con una buena elasticidad y dureza.

(Alonso, 2009) El acoplamiento entre el pistón y las paredes del cilindro, debe ser lo más hermético posible, con el fin de evitar fugas de gases entre ambos y las fases de combustión y expansión; tienen la misión de asegurar la estanqueidad a la presión del gas e impedir que el aceite que baña las paredes del cilindro pase a la cámara de combustión, donde se quemaría formando carbonilla, que se puede adherir a las paredes de la cámara, de las válvulas y cara superior del pistón

El motor modificado del Mini Austin cuenta con pistones para cuatro segmentos: uno de fuego que sirve para transmitir el calor producido por el pistón hacia las paredes del cilindro, dos de compresión para evitar el paso de los gases al cárter del motor y uno de lubricación que garantiza la película de aceite entre los cilindros y pistones. Es fundamental que los cortes de los segmentos estén colocados a 120° y no en línea, con el fin de evitar la fuga de gases.

Es muy importante considerar la posición de la parte superior “top” marcada en los anillos por el fabricante; los anillos deben ser lubricados con aceite antes de instalarlos. Se debe tener en cuenta no abrir excesivamente el segmento a fin de evitar el riesgo de sobrepasar el límite de elasticidad del material, lo cual, aparte de la posible rotura del anillo, podría producirse la pérdida de la adecuada repartición de la tensión radial.



**Figura 3. 22 Segmentos para pistones de motor Mini Austin**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### **3.1.11. Importancia de la reducción del peso de las piezas**

Como las altas velocidades de régimen constituye una necesidad primordial para el motor, es necesario que el peso de todos los elementos que constituye el tren alternativo, se debe reducir la mayor medida posible, dentro de los límites de seguridad para que los fenómenos de inercia sean los más relevantes y no perturben el funcionamiento del motor al originarse sobre el cigüeñal vibraciones.

El procedimiento que se utilizó para aumentar el régimen de giro, es el de aligerar las masas de las piezas móviles del motor, tales como el cigüeñal, pistones, árbol de levas y bielas obteniendo, un régimen de giro superior que el que está diseñado, logrando que en un mismo tiempo determinado, el motor gire a mayor número de revoluciones que un motor estándar, el resultado es un mayor consumo de la mezcla aire-combustible, aumentando potencia de nuestro motor.

Para realizar este trabajo es muy importante tomar en cuenta de no exceder los límites de aligeramiento, ya que a las altas revoluciones y presiones que se somete en nuestro motor, puede tener rupturas o fisuras de las piezas.

#### **3.1.11.1. Pulido de bielas y cigüeñal**

(Gillieri, 2008). Al acelerar el motor, la masa del cigüeñal y el tren alternativo ejercerán un efecto retardador con esfuerzos combinados de tracción, compresión, torsión y flexión, pues parte de la energía puesta en juego para la aceleración será

necesaria para vencer la inercia de estos órganos, por ello es necesario reducir la masa del cigüeñal y de las bielas, pero tal reducción puede ser aún mayor reduciendo la masa de los contrapesos, siempre y cuando se hayan aligerado los órganos del tren alternativo (Ver anexo 5)

En primera instancia se debe tomar un peso antes de modificar, el de las bielas de 0.66 Kg y cigüeñal de 10.09 Kg, los cuales se reducen para aumentar el régimen de giro de motor; después, se procede a limpiar las bielas y el cigüeñal con un cepillo de alambre

Se empieza a desbastar las partes rugosas y desniveles con una piedra abrasiva, que gira gracias a un Motor Tool, el acabado con lijas y gratas #60 y #80 para empezar a alisar la pieza, posteriormente se realiza el acabado de espejo con lijas y gratas finas de pulido #120, #600 y #1200, este acabado de espejo ayuda a un mejor deslizamiento de aceite, optimizando el intercambio de temperatura, aumentando el régimen de giro por disminución de peso evitando el recalentamiento y fatiga del material.

Peso transformado 0.66 a 0.60 Kg en bielas y de 10.09 a 9.8 Kg en cigüeñal.



**Figura 3. 23 Pulido de Bielas**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013



**Figura 3. 24 Mecanizado del cigüeñal de Mini Austin**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

Es imprescindible comprobar el balanceo del cigüeñal en un torno, equilibrando los contrapesos, para reducir a un mínimo admisible las fuerzas y vibraciones, que pueden perturbar el rendimiento del motor e incluso provocar la rotura de alguno de sus órganos o el desgaste prematuro de los cojinetes de línea.

**Tabla N° 15 Comparación de los pesos estándar y modificados**

<b>Elemento</b>	<b>Estándar [Kg]</b>	<b>Modificado [Kg]</b>	<b>Estándar [Lb]</b>	<b>Modificado [Lb]</b>
<b>Biela</b>				
1	0,66	0,6	1,45	1,32
2	0,68	0,6	1,50	1,32
3	0,66	0,6	1,45	1,32
4	0,68	0,6	1,50	1,32
<b>Muñón de biela</b>				
1	0,50	0,46	1,1	1,01
2	0,52	0,46	1,32	1,01
3	0,50	0,46	1,14	1,01
4	0,52	0,46	1,4	1,01
<b>Bulón de biela</b>				
1	0,16	0,14	0,35	0,30
2	0,16	0,14	0,35	0,30
3	0,16	0,14	0,35	0,30
4	0,16	0,14	0,35	0,30
<b>Pistones</b>				
1	0,24	0,26	0,53	0,57
2	0,24	0,26	0,53	0,57
3	0,24	0,26	0,53	0,57
4	0,24	0,26	0,53	0,57

<b>Árbol de levas</b>				
1	2,6	1,8	5,72	3,96
<b>Cigüeñal</b>				
1	10,09	9,8	22,20	21,56
<b>Cabezote</b>				
1	12,63	11,81	27,8	26

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

**Tabla Nº 16 Tabla de peso de elementos no modificados**

<b>Elemento</b>	<b>Estándar [Kg]</b>	<b>Estándar [Lb]</b>
<b>Bulón</b>	0,06	0,13
NOTA: Cada bulón pesa 0.06 Kg, en total son cuatro bulones		
<b>Volante de inercia</b>	7,72	16,98

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### **3.1.12. Velocidad, aceleración y desplazamiento del pistón**

Para obtener la velocidad y la aceleración, se aplican ecuaciones del desplazamiento, velocidad y aceleración del pistón en un mecanismo Biela-Manivela; a partir de su diagrama, se compara la ganancia de velocidad, aceleración y desplazamiento, para demostrar la rendimiento que obtuvo el motor, que a su vez, se refleja en un mayor número de revoluciones.

En la página web de (km77, 2013) se menciona que por cada vuelta que da el cigüeñal del motor, el pistón recorre una distancia que es igual a dos veces la carrera, se puede calcular su velocidad media, expresada en metros por cada segundo. Es un dato importante, pues las fuerzas alternas de inercia que provocan esfuerzos mecánicos en el motor dependen de la velocidad media del pistón y de la cilindrada unitaria

### **Cálculos Nº 10 Velocidad del pistón (Ve)**

*velocidad del pistón*

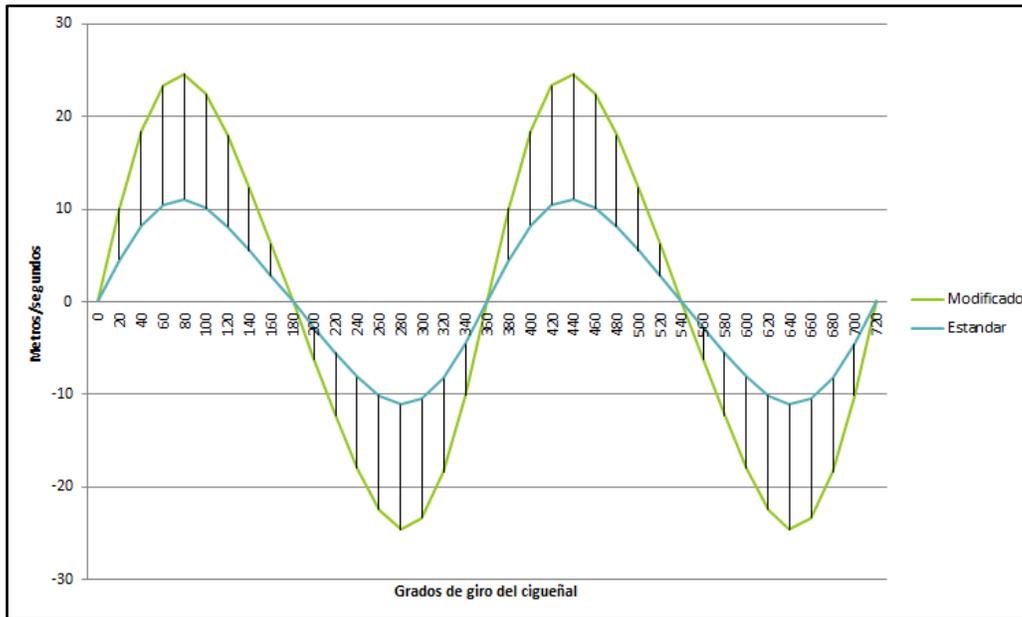
= *radio de giro del cigüeñal (m)*

\* *velocidad angular del cigüeñal (sen  $\alpha$  + relación biela manibela*

\* *sen 2  $\alpha$ )*

$$\mathbf{Ve = R W (Sen \alpha + \lambda/2 * Sen 2 \alpha)}$$

NOTA: El cálculo de la velocidad del pistón fue realizado cada 20 grados del giro del cigüeñal para motor estándar y motor repotenciado. (Ver anexo 6)



**Figura 3. 25 Velocidad angular del pistón estándar Vs. Modificado del motor Mini Austin**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

- (Castillo, 2013) La velocidad del embolo se considera positiva cuando esta parte de los puntos muertos y es negativa, cuando se acerca después de alcanzar la máxima velocidad.
- En los puntos muertos la velocidad es de cero porque en estos puntos el pistón cambia de sentido.
- En el motor estándar la velocidad está entre 10 y 13 m/s a 5000 rpm, elevándose en el motor de repotenciado entre 23 y 26 m/s a 6000 rpm.

## Cálculos Nº 11 Aceleración del Pistón del motor Mini Austin

(Ver anexo 7)

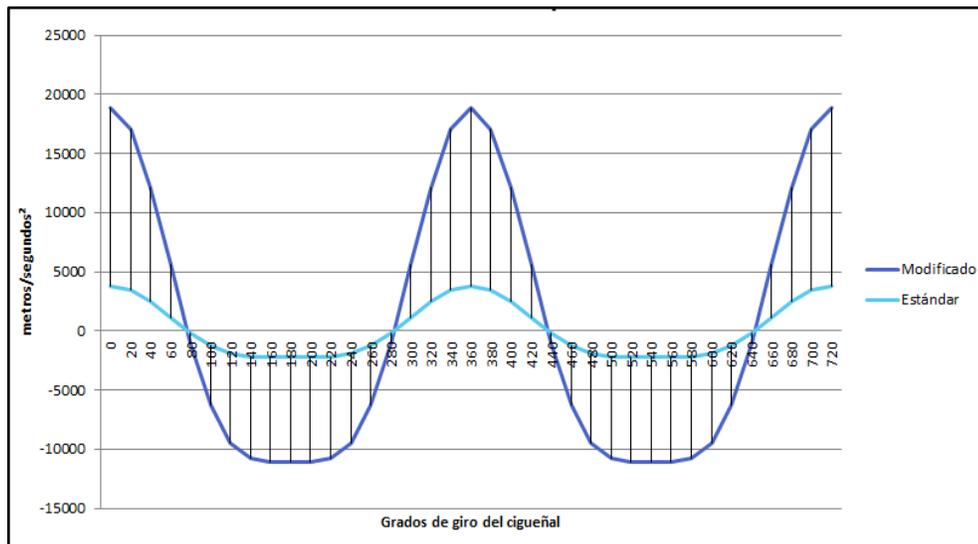
$$W_e = R \cdot \omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cos 2 \alpha)$$

aceleración del pistón  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

= radio de giro del cigueñal

\* (velocidad angular del cigueñal<sup>2</sup> (cos  $\alpha$

+ relación biela manibela \* cos 2  $\alpha$ )



**Figura 3. 26 Aceleración del émbolo**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

- (Castillo, 2013) La aceleración es positiva cuando aumenta la velocidad lineal desde los puntos muertos hasta la velocidad máxima y es negativa cuando velocidad disminuye.
- La máxima aceleración se encuentra en los puntos muertos. En el motor estándar la aceleración es de 4500 m/s<sup>2</sup> y en motor repotenciado es de 18000 m/s<sup>2</sup>.

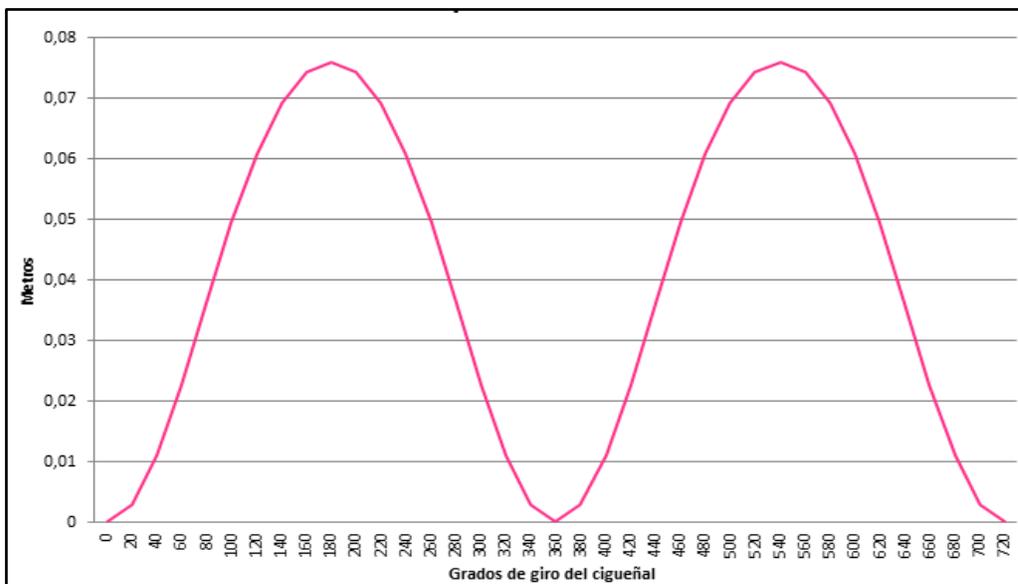
## Cálculos Nº 12 Desplazamiento del pistón

(Ver anexo 8)

*Desplazamiento del pistón = radio del cigueñal  $\left(1 + \frac{\lambda}{4}\right) - \text{radio del cigueñal} *$*

*$\cos \alpha - \text{radio del cigueñal} \left(\frac{\lambda}{4} \cos 2 \alpha\right)$*

$$Se = R \left(1 + \frac{\lambda}{4}\right) - R \cos \alpha - R \left(\frac{\lambda}{4} \cos 2 \alpha\right)$$



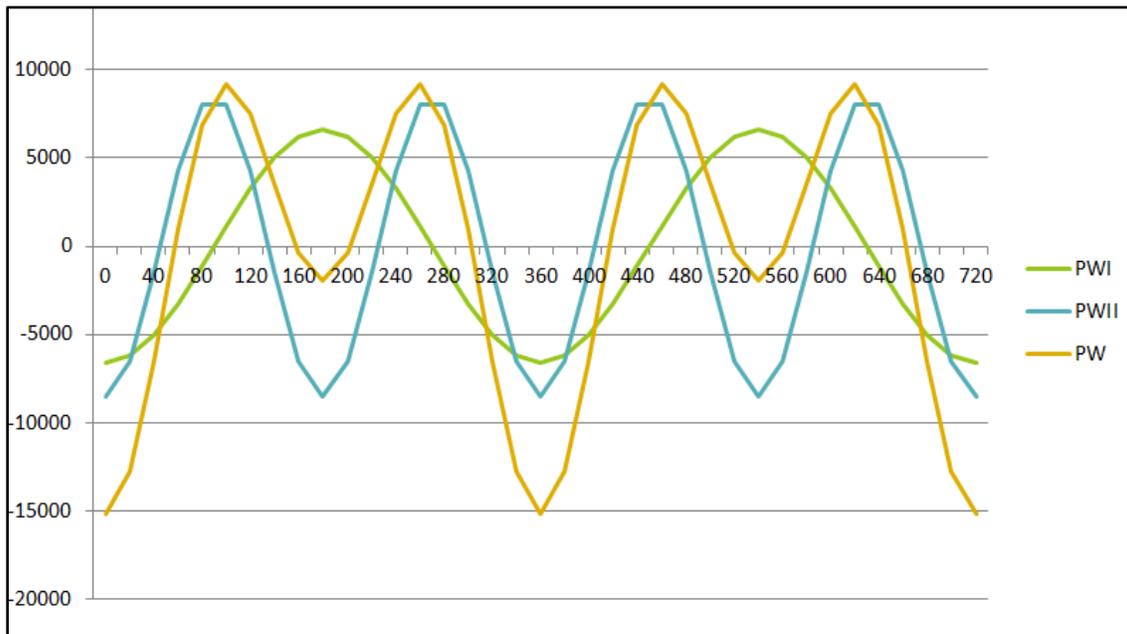
**Figura 3. 27 Desplazamiento del Pistón**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

- (Castillo, 2013).El mayor desplazamiento se alcanza cuando el pistón llega al PMI ( $\alpha = 1800$ ) y es igual a la carrera.
- En el motor estándar y en el motor repotenciado, la distancia que recorre el pistón es la misma, ya que la carrera no fue modificada

### 3.1.13. Fuerzas alternas de inercia

En la página web de (km77, 2013) menciona que el cigüeñal del motor está equilibrado estáticamente, es decir, se mantiene quieto en cualquier posición angular si lo sujetamos por su eje de rotación. Pero cuando gira, aparecen una serie de fuerzas alternas que es necesario contrarrestar. Se denominan fuerzas alternas de inercia de primer orden a las que giran a la misma velocidad que el cigüeñal, y se eliminan mediante contrapesos en el mismo que generan pares de fuerzas contrarias. Las de segundo orden giran a doble velocidad que el cigüeñal, y se equilibran según el número y disposición de los cilindros (Ver anexo 9).



**Figura 3. 28 Diagrama de fuerzas de Inercia**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### **3.1.14. Múltiple de escape o header**

Por efecto de haber modificado las toberas de escape, es necesario modificar la salida de estos gases, proporcionando un header bajo ciertos parámetros calculados que nos generan una mejor salida y evitando la turbulencia de los gases de escape.

Por consiguiente, para mejorar el motor, se ensancha y pule los conductos de escape de la culata con la finalidad de obtener un mayor rendimiento volumétrico de los cilindros, equipamos con tubuladuras con acoples para no dificultar la salida de los gases de escape. Se debe tomar en cuenta el diseño del colector de escape, en los siguientes puntos:

- El diámetro interno de las tubuladuras corresponden a las cavidades y conductos de las válvulas que se modificaron.
- Las paredes deberán ser completamente lisas, sin asperezas ni rugosidades que obstaculicen la libre salida de los gases.
- Teniendo estos cuidados debemos elaborar el diseño de los colectores de escape para evitar que los gases se encuentren con un obstáculo, producido por la onda de retroceso de los gases de los cilindros que les han precedido en el escape, impidiéndose así la rápida evacuación de los gases quemados, produciendo una propulsión.

### **3.1.15. Particularidades del sistema de escape**

Disponer el sistema de escape en forma adecuada para que no se produzcan contrapresiones. Las soluciones corrientemente adoptadas consisten en dar a los conductos de escape independientes una longitud bastante grande antes de que se reúnan en el tubo de escape común.

### **3.1.16. Supresión de los silenciadores**

Los silenciadores producen una pérdida de potencia del motor, ya que ponen resistencia a la evacuación de los gases quemados del escape. El eliminar los silenciadores se optimiza la velocidad de salida de los gases de escape.

A los tubos de escape se les da una forma cónica, aumentando la sección hacia el extremo de salida, denominándose megáfonos a esta parte concreta de las tuberías de escape. La forma cónica de los megáfonos facilita la salida de los gases, ya que el aumento de sección compensa la pérdida de velocidad que experimentan al circular a lo largo del tubo. (Ver anexo 10)

### **3.1.17. Creación de header de motor para Mini Austin**

Para que un motor desarrolle su potencia generada es necesario que mantenga un flujo continuo de gases, este flujo debe tener especificaciones de propulsión por cada cilindrada unitaria y los grados que mantiene el accionamiento de

válvulas en la leva diseñada, considerando los ángulos de adelanto apertura de escape (AAE), retraso cierre de escape (RCE), más los 180° de giro cigüeñal para el ciclo de escape. En el diseño del header, la primera y la cuarta salida se unen, para después articularse en la parte final, con el segundo y tercer tubo que ya vienen juntos en un solo compartimento.



**Figura 3. 29. Header creado para motor modificado**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

Datos

AAE:63°

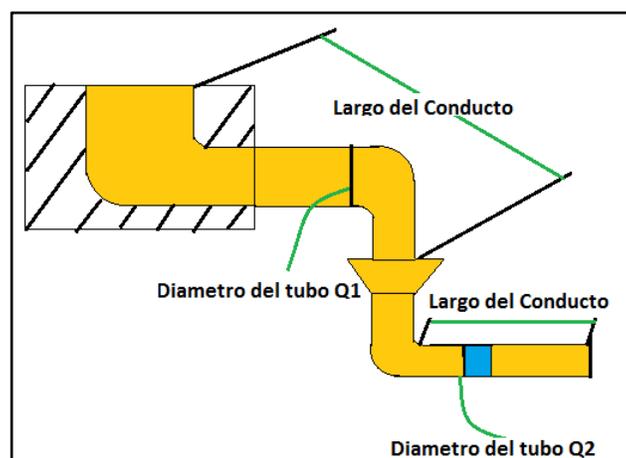
RCE:39°

Vh = 263.09 cm<sup>3</sup>

VH = 1052.36 cm<sup>3</sup>

GE: AAE + RCE + 180°

GE: 63° + 39° + 180° GE: 282°



**Figura 3. 30 Creación de header de motor**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

---

## Nomenclatura Header

---

Lc: Largo del conducto

Q1: Diámetro del tubo 1

Q2: Diámetro del tubo 2 (empieza desde la unión de tubos )

---

$$LC = \frac{13000 \times GE}{6000 \text{rpms} \times 6}$$

$$Q1 = 2 \sqrt{\frac{vh \times 2}{LC \times \pi}}$$

$$Q2 = 2 \sqrt{\frac{VH}{LC \times \pi}}$$

$$LC = \frac{13000 \times 282^\circ}{36000}$$

$$Q1 = 2 \sqrt{\frac{263.09 \times 2}{319.90}}$$

$$Q2 = 2 \sqrt{\frac{1052.36}{319.90}}$$

$$LC = 101.83 \text{ cm}$$

$$Q1 = 2,56 \text{ cm}$$

$$Q2 = 3,62 \text{ cm}$$

## Ganancia

El diseño de tubos que tienen un diámetro calculado, permite generar velocidad en los gases de escape, provocando una depresión en el interior de la cámara de combustión, haciendo que su llenado sea más eficiente y por lo tanto la potencia se vea incrementada.



**Figura 3. 31 Header para el motor repotenciado de Mini Austin**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### **3.1.18. Doble carburador y múltiple de admisión**

(Bosh, 2010) Define al carburador como el dispositivo que se encarga de preparar la mezcla de aire-combustible en los motores de gasolina. A fin de que el motor funcione más económicamente y obtenga la mayor potencia de salida, es importante que la gasolina esté mezclada con el aire en las proporciones óptimas. Estas proporciones, denominadas factor lambda, son de 14,7 partes de aire en peso, por cada 1 parte de gasolina; es lo que se llama "mezcla estequiométrica"; es el dispositivo que se encarga de preparar la mezcla de aire-combustible en los motores de gasolina. A fin de que el motor funcione más económicamente y obtenga la mayor potencia de salida, es importante que la gasolina esté mezclada con el aire en las proporciones óptimas. Estas proporciones, denominadas factor lambda, son de 14,7 partes de aire en peso, por cada 1 parte de gasolina; es lo que se llama "mezcla estequiométrica";

El carburador selecto a ser utilizado en el motor Mini Austin repotenciado es el carburador Weber Dellorto 40-40, por su gran capacidad de llenado y mezcla rica de 12,5:1

Al entrar más aire por las modificaciones efectuadas en los conductos de admisión y el cambio de un árbol de levas con mayor ángulo de apertura, el doble carburador permite ingresar más combustible para lo que fue diseñado, compensando la gran cantidad de aire, lo que evidencia la alta potencia, ya que si se instalara el carburador de tipo estándar no abastecería la demanda de mezcla aire-combustible para desarrollar un alto régimen de giro.



**Figura 3. 32 Doble carburador para Mini Austin**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

### **3.1.19. Lubricación del motor**

El sistema de lubricación se conservó en el motor del Mini Austin debido a que existe un abastecimiento suficiente gracias a su gran capacidad de contención de aceite (1½ gl), en su cárter, además de solventarse con el sistema de radiador de aceite incorporado entre la salida de la bomba de aceite y la entrada al filtro; este radiador fue ubicado en la parte frontal del motor para aprovechar el golpe de viento y disminuir la temperatura del aceite.



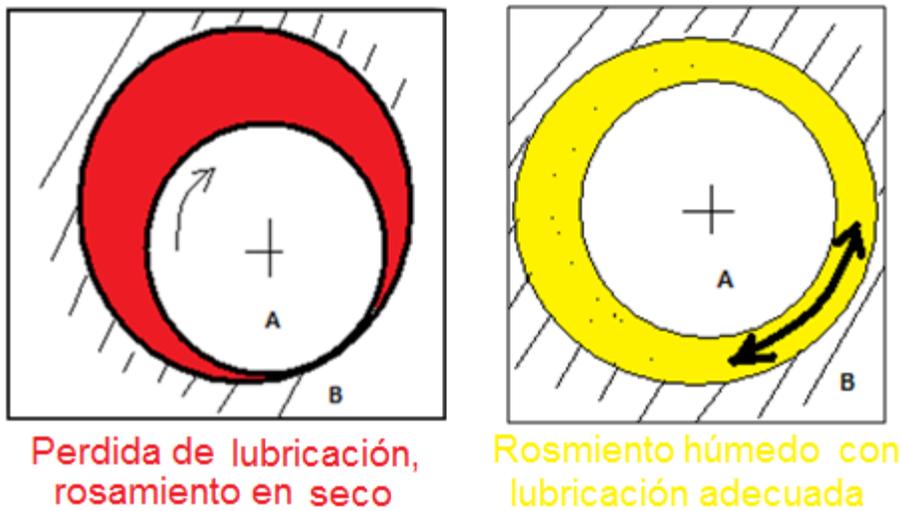
**Figura 3. 33 Radiador de aceite para el motor modificado del Mini Austin**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

(Ruigi, 2011), menciona que en un motor preparado, los cojinetes de biela y bancada tienen la función de suavizar el giro y evitar que se produzca un rozamiento en seco por pérdida de lubricación entre las piezas.

Los cojinetes están hechos de aluminio, cobre, estaño, silicio, que tienen una propiedad anti friccionante el cual tiene un orificio por donde circula el aceite del motor, formando una capa de aceite que circula a través de los muñones de bielas y bancadas. Con un correcto caudal y presión de aceite se mantendrá al eje de giro separado de su elemento de soporte.



**Figura 3. 34 Cojinete de biela utilizado motor Mini Austin**  
 Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

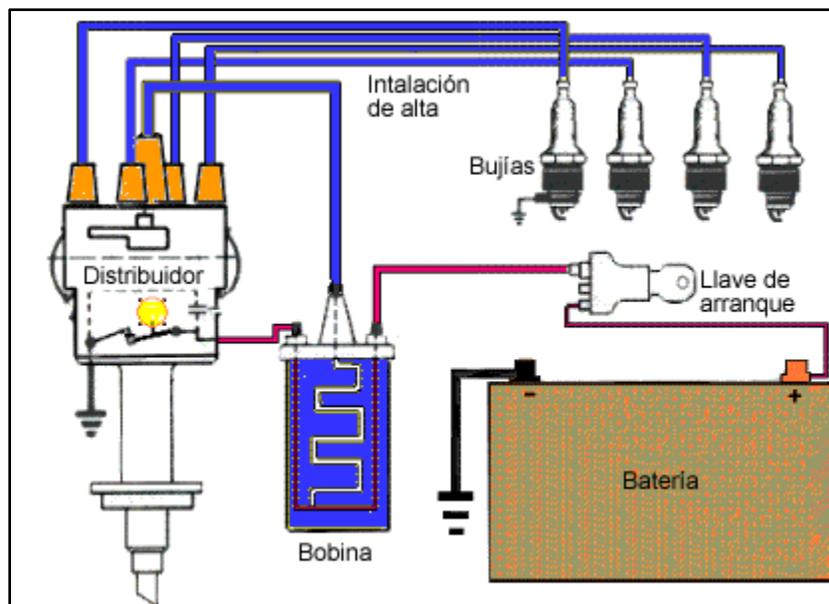


**Figura 3. 35 Comparación de lubricación de cojinetes**  
 Fuente.- <http://www.sportmini.es>

### 3.1.20. Sistema de encendido

Para permitir dar inicio al ciclo modificado de principios fundamentales en motores Otto, es necesario que combusione la mezcla aire-combustible, de esta manera entra en funcionamiento el distribuidor de corriente, bobina de encendido (MSD),

cables de corriente (MSD). Al aumentar la cantidad y velocidad de aire-combustible, es necesario modificar la inflamación potenciando la chispa, para esto se emite aproximadamente 45.000 voltios desde la bobina (MSD). Por otra parte los cables de corriente (MSD) tienen una baja resistencia, lo cual, permite que la chispa no disminuya y sea más larga, consumiendo así toda la mezcla contenida.



**Figura 3. 36 Sistema de encendido**

Fuente.- Anónima, 2013

(Arias-Paz, 2010), describe que el polo positivo de la batería envía la corriente a la bobina, cuando el contacto de arranque está cerrado, ocasionando que se energice por medio de platinos y envía la corriente al distribuidor, que es el encargado de repartir en un orden de encendido 1 – 3 – 4 – 2 mediante un rotor a las bujías, para encender la mezcla de aire-combustible y así empezar el ciclo de combustión.



**Figura 3. 37 Cables MSD de alto voltaje para motor de mini Austin**  
 Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013

**Tabla Nº 17 Características del distribuidor de Mini Austin**

Separación de electrodos en mm	0.35 – 0.40
Angulo de cierre	60° ± 3°
Angulo de apertura	30° ± 3°
Avance a 1600 rpm	9° a 13°
Avance a 3400 rpm	16° a 20°
Avance máximo	22° a 26°

Elaborado por: Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2013  
 Fuente: Manual de reparación del British Leyland Mini

El distribuidor que se encuentra en el vehículo, es el original de fábrica y por el hecho de ser un distribuidor con sus años de uso, se debe dar un mantenimiento preventivo o una afinación para que esté en óptimas condiciones al momento de funcionamiento del vehículo. En esta inspección es imperativo poner atención en los siguientes puntos:

- Limpiar la tapa y verificar si tiene grietas o si tiene algún paso conductor carbonizado.
- Comprobar que la escobilla de carbón gire sin dificultad.
- Verificar que el electrodo de metal no se encuentre flojo o quemado.
- Realizar una limpieza de los platinos o cambiar si es necesario.
- Ajustar el rotor, los contrapesos y el conjunto de leva.



**Figura 3. 38 Distribuidor para mini Austin**  
Fuente.- [www.mercado libre.com](http://www.mercado libre.com), 2013

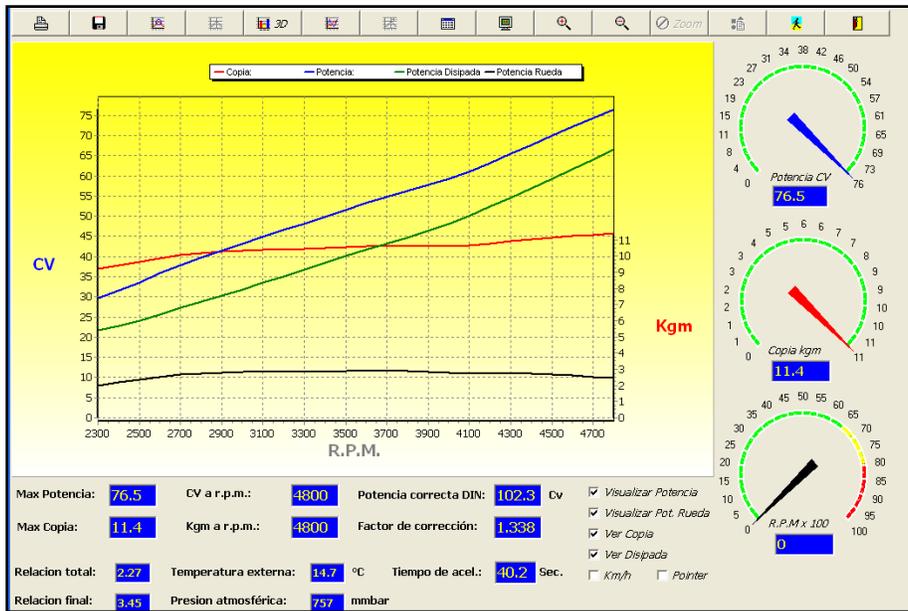
### 3.1.21. Pruebas en el dinamómetro del motor estándar vs motor Repotenciado.

Con la ayuda del dinamómetro de la Universidad Internacional, se hicieron las pruebas para comparar cuánto es el torque y la potencia obtenida entre un motor estándar y un motor repotenciado de Mini Austin, determinando cuántos CV se aumentó al implementar y modificar las diferentes partes en el motor, anteriormente expuestas.

La comparación se la realizó contra un vehículo similar, de marca Mini Austin con motor 99H de 1000 cm<sup>3</sup> (Ver anexo 11), que cuenta con motor estándar vs el Mini Austin que lleva el motor repotenciado, partiendo desde las 2000 RPM y en tercera marcha para ambos motores a una altura de 2800 msnm, la medida de las llantas para ambos vehículos son 165/70R10.

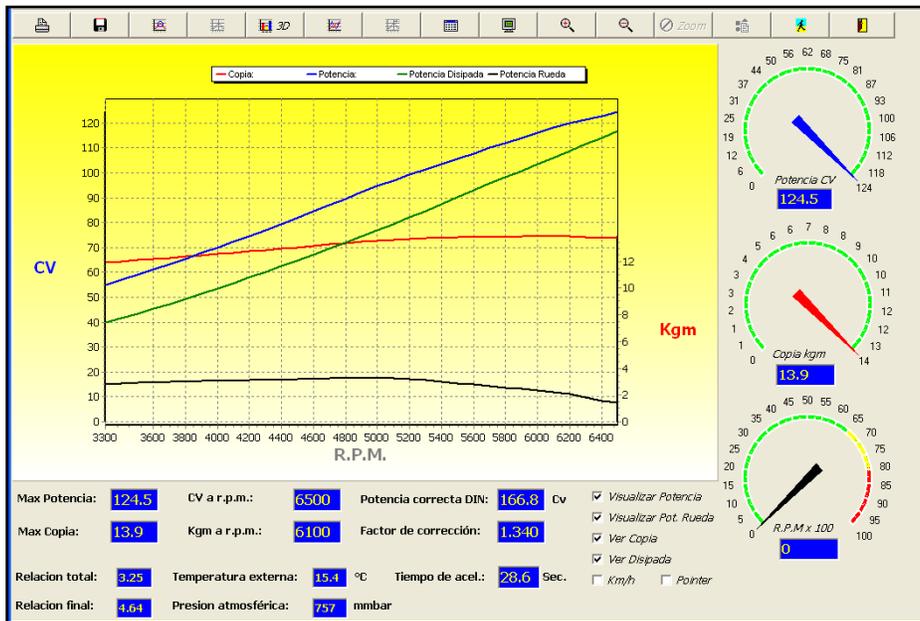


**Figura 3. 39 Pruebas en el dinamómetro para mini Austin**  
Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2014



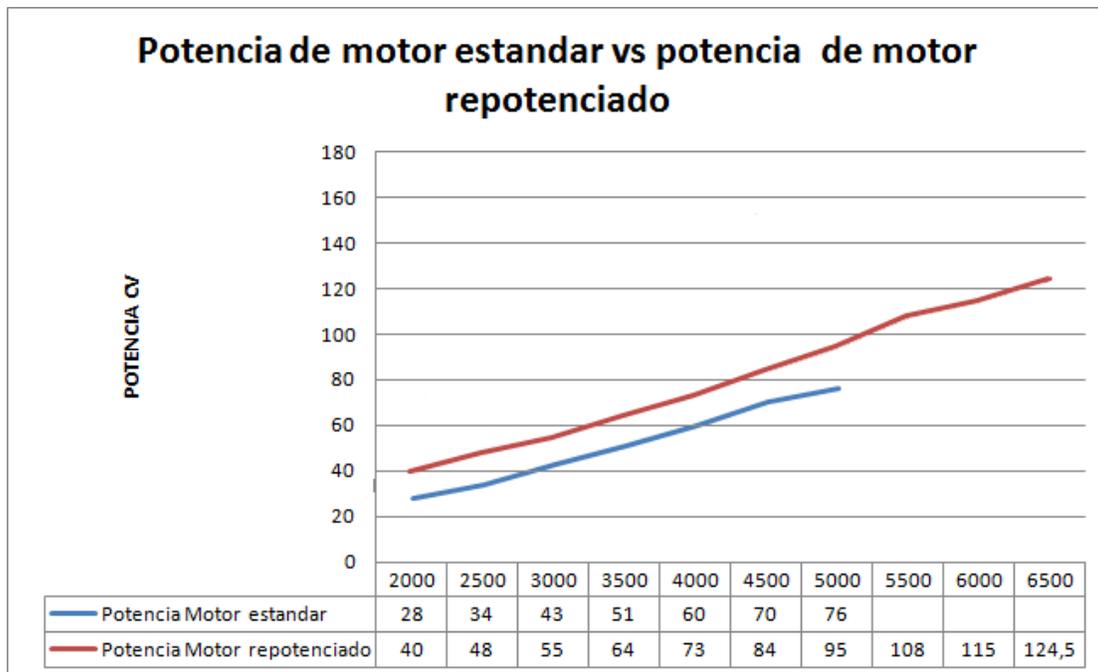
**Figura 3. 40 Resultados de Potencia y torque del motor estándar de mini Austin**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2014



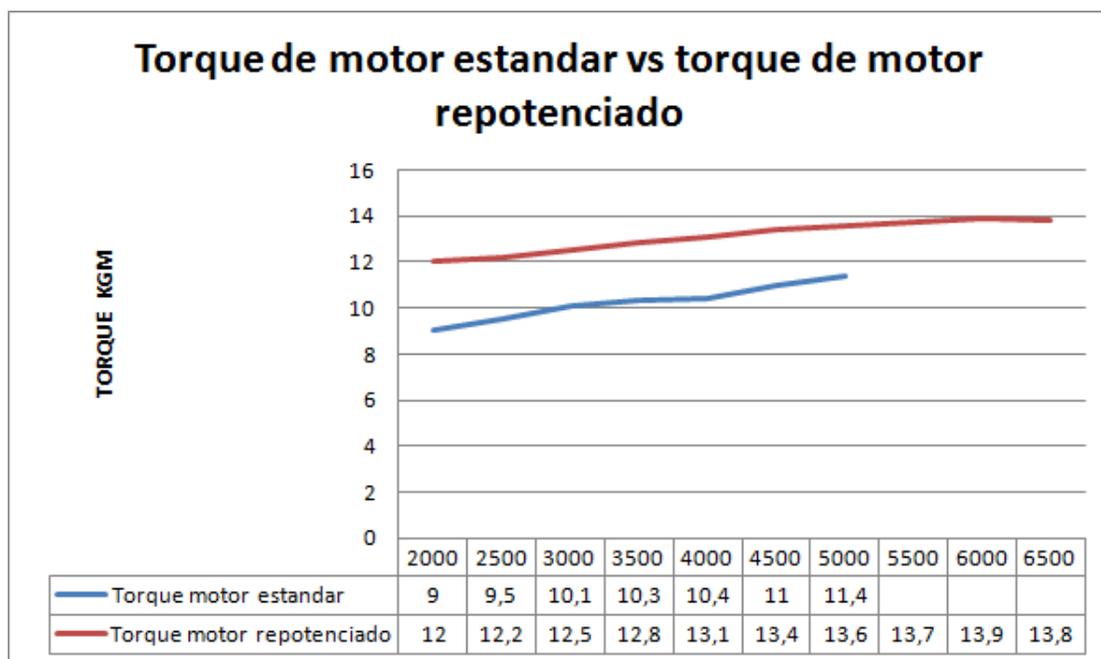
**Figura 3. 41 Resultados de Potencia y torque del motor repotenciado de mini Austin**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2014



**Figura 3. 42 Comparación de potencia de motor estándar vs motor repotenciado**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2014



**Figura 3. 43 Comparación de torque de motor estándar vs motor repotenciado**

Fuente.- Pozo, Iván & Cabezas, Andrés. 2014

En la figura 3.40 se observa las curvas de potencia y torque de un vehículo Mini Austin con motor estándar, el cual parte desde las 2000 RPM, empezando con 28 CV, ascendiendo hasta su tope máximo de 76.5 CV a 4800 RPM; el tiempo que se demoró en desarrollar la prueba fue de 40.2 segundos.

El torque del motor estándar comienza desde los 9 kgm a 2000 RPM y asciende hasta llegar a su tope máximo de 11.4 kgm a 4800 RPM.

En la figura 3.41 se evidencia las curvas de potencia y torque de un vehículo Mini Austin con motor repotenciado, que parte desde las 2000 RPM, empezando con 40 CV, ascendiendo hasta su tope máximo de 124.5 CV a 6500 RPM; el tiempo que se demoró en desarrollar la prueba fue de 28.6 segundos.

El torque del motor repotenciado comienza desde los 12 kgm a 2000 RPM y asciende hasta llegar a su tope máximo de 13.9 kgm a 6100 RPM.

Con estas pruebas se concluye que todas las modificaciones y adaptaciones realizadas en el motor de Mini Austin, dieron resultados positivos, evidenciados en un incremento de torque y de potencia, en comparación a un motor estándar de Mini Austin de su misma categoría.

#### **4. Conclusiones**

En función de haber realizado el análisis de torque y potencia en un motor estándar con la ayuda del dinamómetro, se comparó los mismos valores con el motor repotenciado, los cuales obtuvimos los siguientes resultados:

Según los datos obtenidos en las pruebas realizadas en el dinamómetro Universidad Internacional, las modificaciones efectuadas en el motor de Mini Austin, elevaron la potencia del motor de 76.5 CV a 124.5 CV

De igual manera, se logró aumentar el torque del motor estándar de 11.4 kgm a 13.9 kgm en el motor repotenciado.

La flujometría dentro de la repotenciación de motores fue indispensable, porque mediante cálculo en la Admisión, se elevó la velocidad de los gases en el conducto de 35.44 m/s a 65.42m/s, consiguiendo que la velocidad de los gases en la guía aumente 43.08 m/s a 73.13 m/s y la velocidad de los gases del paso valvular se eleve de 54.22 m/s a 113.24 m/s.

Los valores de flujometría obtenidos por los trabajos realizados en el conducto de Escape aumentaron, la velocidad de los gases en el conducto incrementó de 39.49 m/s a 74.43 m/s, la velocidad de los gases en la guía aumentó de 49.21 m/s a 88.61 m/s y la velocidad de gases por el paso valvular subió de 63.12 m/s a 126.16

## 5. Recomendaciones

Después de haber trabajado detenidamente sobre el motor estándar de combustión interna, del Mini Austin, manteniendo sus principios básicos de funcionamiento y de haber realizado modificaciones en los sistemas, cambiando o simplemente retocando sus elementos, hasta conseguir un mayor torque y potencia del motor, se ha llegado a las siguientes recomendaciones:

Los puntos centrales para la repotenciación se concentran en el aumento de cilindrada, ya que por su capacidad volumétrica se produce mayor potencia, por cuanto las cámaras de combustión se llenan de mayor cantidad de aire y de combustible.

El aumento del diámetro del cilindro, permiten también mayor ingreso de aire a igual régimen de giro, de modo que se efectuará un aumento de potencia del motor a modificar.

No todos los motores son susceptibles de modificación, por el aumento de la cilindrada, ya que habría que modificar el block del motor y el cigüeñal, para lo cual es necesario analizar cada motor en particular.

La Facultad de Ingeniería Automotriz (FIA), de la Universidad Internacional de Ecuador (UIDE), permite llevar a la práctica todos los conocimientos adquiridos en las aulas y prepara los mejores profesionales en mecánica automotriz, y la FIA cuenta con un amplio taller completamente equipado con maquinaria y herramientas de última tecnología, que facilita el desarrollo profesional, la ciencia y la tecnología

El Ecuador cuenta con profesionales que pueden desarrollar nuevas propuestas de innovación logrado en la UIDE, como fuente primigenia de talento formado por ella, para conducir al descubrimiento de nuevas oportunidades de desarrollo técnico y humano

En el mercado del Mini Austin, a pesar de tener más de cuarenta años de fabricación, se encuentran piezas originales para la modificación, a excepción del múltiple de admisión, header y el radiador de aceite que fueron elaborados en el país, en el “Taller Automotriz Pozo”, donde se realizó la repotenciación comprobación y medición de partes y piezas del motor del Mini Austin, en un periodo de 8 meses.

## Bibliografía

- Alonso, J. (2009). *Técnicas del Automovil*. Madrid: Paraninfo.
- Arias-Paz, M. (2010). *Manual de Automóviles*. Madrid: Dossat.
- AUTOMotriz. (2013). *Los anillos o aros para pistones*. Recuperado el 22 de junio de 2013. de <http://www.automotriz.net/cms/>
- Billet, W. (2009). *Entretimiento y reparación de Motores*. Chicago: Reverté.
- Bohner M, Gobweiler, H. (2009). *Tecnología del Automovil*. Barcelona: Reverté.
- Bosh. (2010). *Manual de la técnica del automóvil*. Madrid: Isbn.
- CHALLENGE, M. (16 de junio de 2013). *MINIPEDIA CHALLENGE!* Recuperado el 16 de junio de 2013, de <http://www.minipedia.net/historia>
- Council, E. R. (2013). *¿Qué es un motor repotenciado?* Recuperado el 29 de marzo de 2013, de <http://www.enginebuilder.org/esp/repower.shtml>
- Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica de UV. (2008). *Motores Térmicos*, . Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Dictionary, F. (10 de febrero de 2013). *Diccionario Gratuito*. Obtenido de <http://www.thefreedictionary.com/>
- Gillieri, S. (2008). *Preparación de Motores de seri para competición*. Italia: CEAC.
- Gómez, M. (2006). *Procedimientos de macanizado*. Madrid: Paraninfo.
- Kalpajian, Serope; Schimd, Steven. (2010). *Procesos de maquinado para producir formas diversas*. Mexico, DF: Ediciones Técnicas.
- km77. (2013). *Velocidad media del pistón*. Recuperado el 1 de agosto de 2013, de <http://www.km77.com/glosario/v/velomedipist.asp>
- LSC, a. (2012). *Así Funciona*. Recuperado el 25 de junio de 2013, de <http://www.asifunciona.com>

- Ruigi, L. (2011). *Preparación de motores de competición*. Barcelona : CEAC.
- Sportmini. (2013). *UN RINCÓN A MEDIDA PARA EL MiNi*. Recuperado el 16 de enero de 2013, de <http://www.sportmini.es/>
- Tecnologiafuentenueva. (2013). *Mecanizado de Metales*. Recuperado el 7 de agosto de 2013, de [http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Maq\\_herr1.pdf](http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Maq_herr1.pdf)
- tecno-racing.com. (2013). *Los caminos para aumentarla potencia de un motor de combustión interna*. Recuperado el 1 de agosto de 2013, de <http://www.tecno-racing.com.ar>
- Thermolle, M & Gonzalez, A. (78). *Manual de Reparación del British Leyland Mini*. *Manual de Reparación del British Leyland Mini*. Madrid: ATIKA.

## Glosario

Caballaje.- Se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente a la velocidad. (Bohner M, Gobweiler, H, 2009)

Cárter.- sitio donde se almacena el aceite para lubricar todo el motor. (Ruigi, 2011)

CV.- Caballo Vapor [Kgm]

Estanqueidad.- Capacidad de mantener la presión dentro del sistema. (Dictionary, 2013)

Fundición Gris.- Tipo de aleación de hierro, carbono y silicio que lo hacen de gran resistencia y durabilidad. (<http://es.wikipedia.org>, 2013)

Fresa.- Herramienta rotativa de varios filos que corta y/o pule el material trabajado. (Gómez, 2006)

Gratas.- Escobilla metálica o de lija que sirve para limpiar, raspar, pulir o bruñir. (Kalpajian, Serope; Schimd, Steven, 2010)

Mecanizado.- Proceso de fabricación que comprende un conjunto de conformación de piezas mediante la eliminación de material. (Tecnologiafuentenueva, 2013)

Motor Otto.- Es una máquina de combustión interna que utiliza la explosión de un combustible, provocada mediante una chispa, para expandir un gas empujando así un pistón para convertir energía calorífica en energía cinética.

Msnm.- Metros sobre el nivel del mar

Newton.- Fuerza necesaria para proporcionar una aceleración de  $1 \text{ m/s}^2$  a un objeto de  $1 \text{ kg}$  de masa. Es una unidad derivada del SI que se compone de las unidades básicas.  $N = \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2}$ . (Alonso, 2009).

PMI.- Punto muerto inferior

PMS.- Punto muerto superior

Torque.- Fuerza de la combustión aplicada a la biela y transmitida por esta, al codo del cigüeñal para hacerle girar. (Alonso, 2009)

# **ANEXOS**

# Anexo 1. Rectificación de cilindros

**RECTIFICADORA ECUADOR**  
R.U.C. 1801648757001

Factura No. \_\_\_\_\_  
O.T. No. S 000451

Masero: Juan Pozo      Teléfono: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_  
R.U.C.I.: \_\_\_\_\_

Cliente: \_\_\_\_\_  
Dirección: AUSTIN 1000      Modelo: \_\_\_\_\_  
Marca: \_\_\_\_\_      F. Egreso: \_\_\_\_\_  
F. Ingreso: 3-08-11      F. pago: \_\_\_\_\_

TRABAJOS	REFERENCIA	TOTAL
<input type="checkbox"/> RECTIFICAR CIGUEÑAL B <input type="checkbox"/> V		
<input type="checkbox"/> RECTIFICAR <input type="checkbox"/> BANCADA <input type="checkbox"/> BIELA		
<input type="checkbox"/> RELLENAR LATERAL DE CIGUEÑAL		
<input type="checkbox"/> RECTIFICAR LATERAL RELLENO		
<input type="checkbox"/> ENDEREZAR CIGUEÑAL		
<input type="checkbox"/> RELLENAR CODO DE CIGUEÑAL CON METALIZACIÓN		
<input type="checkbox"/> RECTIFICAR CODO METALIZADO		
<input checked="" type="checkbox"/> PULIR CIGUEÑAL <u>fHO</u>		
<input type="checkbox"/> ADAPTAR CHAQUETAS		
<input checked="" type="checkbox"/> RECTIFICAR CILINDROS <u>con usades 460</u>		
<input type="checkbox"/> ENCAMISAR CILINDROS		
<input type="checkbox"/> CAMBIO DE CAMISAS		
<input type="checkbox"/> HECHURA DE LUMBRERAS		
<input type="checkbox"/> PULIR CILINDROS		
<input type="checkbox"/> VOLAR CEJAS EN CILINDROS		
<input type="checkbox"/> CEPILLAR BLOCK		
<input type="checkbox"/> SUELDAS EN BLOCK		
<input type="checkbox"/> RECTIFICAR ALOJAMIENTO DE BANCADAS		
<input type="checkbox"/> RELLENAR ALOJAMIENTO DE BANCADAS		
<input type="checkbox"/> RECTIFICAR ALOJAMIENTO RELLENADO DE BANCADAS		
<input type="checkbox"/> RELLENAR Y RECTIFICAR ALOJAMIENTO DE 1/2 LUNAS		
<input type="checkbox"/> RELLENAR ALOJAMIENTO DE ARBOL DE LEVAS		
<input type="checkbox"/> RECTIFICAR ALOJAMIENTO DE ARBOL DE LEVAS		
<input type="checkbox"/> RECONSTRUIR BRAZO DE BIELA		
<input type="checkbox"/> PULIR BRAZO DE BIELA		
<input type="checkbox"/> RECTIFICAR BOCINES DE BIELA		
<input type="checkbox"/> ALINEAR BRAZOS DE BIELA		
<input type="checkbox"/> CAMBIO DE PISTONES		



## Anexo 2. Rectificación de asiento de válvula a 45°

<input type="checkbox"/>	RELLENAR ALOJAMIENTO DE ÁRBOL DE LEVAS		
<input type="checkbox"/>	RECTIFICAR ALOJAMIENTO DE ÁRBOL DE LEVAS		
<input type="checkbox"/>	RECONSTRUIR BRAZO DE BIELA		
<input type="checkbox"/>	PULIR BRAZO DE BIELA		
<input type="checkbox"/>	RECTIFICAR BOCINES DE BIELA		
<input type="checkbox"/>	ALINEAR BRAZOS DE BIELA		
<input type="checkbox"/>	CAMBIO DE PISTONES		
<input checked="" type="checkbox"/>	CEPILLAR CABEZOTE		
<input checked="" type="checkbox"/>	RECTIFICAR ASIENTOS DE VÁLVULAS X8		
<input type="checkbox"/>	RECTIFICAR VÁLVULAS		
<input type="checkbox"/>	RECTIFICAR VÁLVULAS Y ASIENTOS		
<input checked="" type="checkbox"/>	CAMBIO DE GUÍAS		
<input checked="" type="checkbox"/>	CAMBIO DE ANILLOS		
<input checked="" type="checkbox"/>	HECHURA DE ANILLOS		
<input checked="" type="checkbox"/>	HECHURA DE GUÍAS		
<input checked="" type="checkbox"/>	PERFORAR PARA ANILLOS		
<input type="checkbox"/>	PERFORAR PARA GUÍAS		
<input type="checkbox"/>	ARMAR CABEZOTE		
<input type="checkbox"/>	CALIBRAR VÁLVULAS		
<input type="checkbox"/>	DESCARGAR PROPULSORES		
<input type="checkbox"/>	SUELDA CABEZOTE		
<input type="checkbox"/>	RELLENO DE SUPERFICIES		
<input type="checkbox"/>	REBAJAR GUÍAS		
<input type="checkbox"/>	PASADA DE BIMA		
<input type="checkbox"/>	CAMBIO DE PRECAMARAS		

## Anexo 3. Pulido de conductos de admisión y escape



#### Anexo 4. Perforación y desbaste de falda del pistón



#### Anexo 5. Reducción de peso bielas y cigüeñal



## Anexo 6. Calculo Velocidad del pistón estándar

$$V_e = R W (\text{Sen } \alpha + \lambda/2 * \text{Sen } 2 \alpha)$$

R	W	Sen $\alpha$	$\lambda/2$	Sen $2\alpha$	resultado	Grados	$\Pi$	Grados	Radianes
0,038	628,3	0,00	0,13	0,00	0	0	3,141593	180	0
0,038	628,3	0,34	0,13	0,64	10,1609532	20	3,141593	180	0,349066
0,038	628,3	0,64	0,13	0,98	18,40345957	40	3,141593	180	0,698132
0,038	628,3	0,87	0,13	0,87	23,36467431	60	3,141593	180	1,047198
0,038	628,3	0,98	0,13	0,34	24,57424183	80	3,141593	180	1,396263
0,038	628,3	0,98	0,13	-0,34	22,45111622	100	3,141593	180	1,745329
0,038	628,3	0,87	0,13	-0,87	17,98873155	120	3,141593	180	2,094395
0,038	628,3	0,64	0,13	-0,98	12,29016302	140	3,141593	180	2,443461
0,038	628,3	0,34	0,13	-0,64	6,170782261	160	3,141593	180	2,792527
0,038	628,3	0,00	0,13	0,00	2,16457E-15	180	3,141593	180	3,141593
0,038	628,3	0,34	0,13	0,64	-6,170782261	200	3,141593	180	3,490659
0,038	628,3	0,64	0,13	0,98	-12,29016302	220	3,141593	180	3,839724
0,038	628,3	0,87	0,13	0,87	-17,98873155	240	3,141593	180	4,18879
0,038	628,3	0,98	0,13	0,34	-22,45111622	260	3,141593	180	4,537856
0,038	628,3	0,98	0,13	-0,34	-24,57424183	280	3,141593	180	4,886922
0,038	628,3	0,87	0,13	-0,87	-23,36467431	300	3,141593	180	5,235988
0,038	628,3	0,64	0,13	-0,98	-18,40345957	320	3,141593	180	5,585054
0,038	628,3	0,34	0,13	-0,64	-10,1609532	340	3,141593	180	5,934119
0,038	628,3	0,00	0,13	0,00	-7,37123E-15	360	3,141593	180	6,283185
0,038	628,3	0,34	0,13	0,64	10,1609532	380	3,141593	180	6,632251
0,038	628,3	0,64	0,13	0,98	18,40345957	400	3,141593	180	6,981317
0,038	628,3	0,87	0,13	0,87	23,36467431	420	3,141593	180	7,330383
0,038	628,3	0,98	0,13	0,34	24,57424183	440	3,141593	180	7,679449
0,038	628,3	0,98	0,13	-0,34	22,45111622	460	3,141593	180	8,028515
0,038	628,3	0,87	0,13	-0,87	17,98873155	480	3,141593	180	8,37758
0,038	628,3	0,64	0,13	-0,98	12,29016302	500	3,141593	180	8,726646
0,038	628,3	0,34	0,13	-0,64	6,170782261	520	3,141593	180	9,075712
0,038	628,3	0,00	0,13	0,00	6,4937E-15	540	3,141593	180	9,424778
0,038	628,3	0,34	0,13	0,64	-6,170782261	560	3,141593	180	9,773844
0,038	628,3	0,64	0,13	0,98	-12,29016302	580	3,141593	180	10,12291
0,038	628,3	0,87	0,13	0,87	-17,98873155	600	3,141593	180	10,47198
0,038	628,3	0,98	0,13	0,34	-22,45111622	620	3,141593	180	10,82104
0,038	628,3	0,98	0,13	-0,34	-24,57424183	640	3,141593	180	11,17011
0,038	628,3	0,87	0,13	-0,87	-23,36467431	660	3,141593	180	11,51917
0,038	628,3	0,64	0,13	-0,98	-18,40345957	680	3,141593	180	11,86824
0,038	628,3	0,34	0,13	-0,64	-10,1609532	700	3,141593	180	12,2173
0,038	628,3	0,00	0,13	0,00	-1,47425E-14	720	3,141593	180	12,56637

### Velocidad del pistón con motor repotenciado

0,038	282,74	0,00	0,13	0,00	0	0	3,141593	180	0
0,038	282,74	0,34	0,13	0,64	4,5725098	20	3,141593	180	0,349066
0,038	282,74	0,64	0,13	0,98	8,281703261	40	3,141593	180	0,698132
0,038	282,74	0,87	0,13	0,87	10,51428937	60	3,141593	180	1,047198
0,038	282,74	0,98	0,13	0,34	11,05860439	80	3,141593	180	1,396263
0,038	282,74	0,98	0,13	-0,34	10,10318097	100	3,141593	180	1,745329
0,038	282,74	0,87	0,13	-0,87	8,095072349	120	3,141593	180	2,094395
0,038	282,74	0,64	0,13	-0,98	5,530671165	140	3,141593	180	2,443461
0,038	282,74	0,34	0,13	-0,64	2,776901125	160	3,141593	180	2,792527
0,038	282,74	0,00	0,13	0,00	9,74073E-16	180	3,141593	180	3,141593
0,038	282,74	0,34	0,13	0,64	-2,776901125	200	3,141593	180	3,490659
0,038	282,74	0,64	0,13	0,98	-5,530671165	220	3,141593	180	3,839724
0,038	282,74	0,87	0,13	0,87	-8,095072349	240	3,141593	180	4,18879
0,038	282,74	0,98	0,13	0,34	-10,10318097	260	3,141593	180	4,537856
0,038	282,74	0,98	0,13	-0,34	-11,05860439	280	3,141593	180	4,886922
0,038	282,74	0,87	0,13	-0,87	-10,51428937	300	3,141593	180	5,235988
0,038	282,74	0,64	0,13	-0,98	-8,281703261	320	3,141593	180	5,585054
0,038	282,74	0,34	0,13	-0,64	-4,5725098	340	3,141593	180	5,934119
0,038	282,74	0,00	0,13	0,00	-3,31711E-15	360	3,141593	180	6,283185
0,038	282,74	0,34	0,13	0,64	4,5725098	380	3,141593	180	6,632251
0,038	282,74	0,64	0,13	0,98	8,281703261	400	3,141593	180	6,981317
0,038	282,74	0,87	0,13	0,87	10,51428937	420	3,141593	180	7,330383
0,038	282,74	0,98	0,13	0,34	11,05860439	440	3,141593	180	7,679449
0,038	282,74	0,98	0,13	-0,34	10,10318097	460	3,141593	180	8,028515
0,038	282,74	0,87	0,13	-0,87	8,095072349	480	3,141593	180	8,37758
0,038	282,74	0,64	0,13	-0,98	5,530671165	500	3,141593	180	8,726646
0,038	282,74	0,34	0,13	-0,64	2,776901125	520	3,141593	180	9,075712
0,038	282,74	0,00	0,13	0,00	2,92222E-15	540	3,141593	180	9,424778
0,038	282,74	0,34	0,13	0,64	-2,776901125	560	3,141593	180	9,773844
0,038	282,74	0,64	0,13	0,98	-5,530671165	580	3,141593	180	10,12291
0,038	282,74	0,87	0,13	0,87	-8,095072349	600	3,141593	180	10,47198
0,038	282,74	0,98	0,13	0,34	-10,10318097	620	3,141593	180	10,82104
0,038	282,74	0,98	0,13	-0,34	-11,05860439	640	3,141593	180	11,17011
0,038	282,74	0,87	0,13	-0,87	-10,51428937	660	3,141593	180	11,51917
0,038	282,74	0,64	0,13	-0,98	-8,281703261	680	3,141593	180	11,86824
0,038	282,74	0,34	0,13	-0,64	-4,5725098	700	3,141593	180	12,2173
0,038	282,74	0,00	0,13	0,00	-6,63422E-15	720	3,141593	180	12,56637

## Anexo 7. Calculo aceleración del pistón estándar

$$We = R \cdot w^2 (\cos\alpha + \lambda \cos 2\alpha)$$

R	W <sup>2</sup>	Cosα	λ	cos2α	Grados	resultado	Π	Grados	radianes
0,038	394760,9	1	0,26	1	0	18901,15	3,141593	180	0
0,038	394760,9	0,939693	0,26	0,766044	20	17084	3,141593	180	0,349066
0,038	394760,9	0,766044	0,26	0,173648	40	12168,64	3,141593	180	0,698132
0,038	394760,9	0,5	0,26	-0,5	60	5550,338	3,141593	180	1,047198
0,038	394760,9	0,173648	0,26	-0,93969	80	-1060,14	3,141593	180	1,396263
0,038	394760,9	-0,17365	0,26	-0,93969	100	-6269,91	3,141593	180	1,745329
0,038	394760,9	-0,5	0,26	-0,5	120	-9450,58	3,141593	180	2,094395
0,038	394760,9	-0,76604	0,26	0,173648	140	-10814,1	3,141593	180	2,443461
0,038	394760,9	-0,93969	0,26	0,766044	160	-11108,5	3,141593	180	2,792527
0,038	394760,9	-1	0,26	1	180	-11100,7	3,141593	180	3,141593
0,038	394760,9	-0,93969	0,26	0,766044	200	-11108,5	3,141593	180	3,490659
0,038	394760,9	-0,76604	0,26	0,173648	220	-10814,1	3,141593	180	3,839724
0,038	394760,9	-0,5	0,26	-0,5	240	-9450,58	3,141593	180	4,18879
0,038	394760,9	-0,17365	0,26	-0,93969	260	-6269,91	3,141593	180	4,537856
0,038	394760,9	0,173648	0,26	-0,93969	280	-1060,14	3,141593	180	4,886922
0,038	394760,9	0,5	0,26	-0,5	300	5550,338	3,141593	180	5,235988
0,038	394760,9	0,766044	0,26	0,173648	320	12168,64	3,141593	180	5,585054
0,038	394760,9	0,939693	0,26	0,766044	340	17084	3,141593	180	5,934119
0,038	394760,9	1	0,26	1	360	18901,15	3,141593	180	6,283185
0,038	394760,9	0,939693	0,26	0,766044	380	17084	3,141593	180	6,632251
0,038	394760,9	0,766044	0,26	0,173648	400	12168,64	3,141593	180	6,981317
0,038	394760,9	0,5	0,26	-0,5	420	5550,338	3,141593	180	7,330383
0,038	394760,9	0,173648	0,26	-0,93969	440	-1060,14	3,141593	180	7,679449
0,038	394760,9	-0,17365	0,26	-0,93969	460	-6269,91	3,141593	180	8,028515
0,038	394760,9	-0,5	0,26	-0,5	480	-9450,58	3,141593	180	8,37758
0,038	394760,9	-0,76604	0,26	0,173648	500	-10814,1	3,141593	180	8,726646
0,038	394760,9	-0,93969	0,26	0,766044	520	-11108,5	3,141593	180	9,075712
0,038	394760,9	-1	0,26	1	540	-11100,7	3,141593	180	9,424778
0,038	394760,9	-0,93969	0,26	0,766044	560	-11108,5	3,141593	180	9,773844
0,038	394760,9	-0,76604	0,26	0,173648	580	-10814,1	3,141593	180	10,12291
0,038	394760,9	-0,5	0,26	-0,5	600	-9450,58	3,141593	180	10,47198
0,038	394760,9	-0,17365	0,26	-0,93969	620	-6269,91	3,141593	180	10,82104
0,038	394760,9	0,173648	0,26	-0,93969	640	-1060,14	3,141593	180	11,17011
0,038	394760,9	0,5	0,26	-0,5	660	5550,338	3,141593	180	11,51917
0,038	394760,9	0,766044	0,26	0,173648	680	12168,64	3,141593	180	11,86824
0,038	394760,9	0,939693	0,26	0,766044	700	17084	3,141593	180	12,2173
0,038	394760,9	1	0,26	1	720	18901,15	3,141593	180	12,56637

**Aceleración del pistón con motor  
Repotenciado**

0,038	79943,79	1	0,26	1	0	3827,709	3,141593	180	0
0,038	79943,79	0,939693	0,26	0,766044	20	3459,715	3,141593	180	0,349066
0,038	79943,79	0,766044	0,26	0,173648	40	2464,294	3,141593	180	0,698132
0,038	79943,79	0,5	0,26	-0,5	60	1124,01	3,141593	180	1,047198
0,038	79943,79	0,173648	0,26	-0,93969	80	-214,692	3,141593	180	1,396263
0,038	79943,79	-0,17365	0,26	-0,93969	100	-1269,73	3,141593	180	1,745329
0,038	79943,79	-0,5	0,26	-0,5	120	-1913,85	3,141593	180	2,094395
0,038	79943,79	-0,76604	0,26	0,173648	140	-2189,98	3,141593	180	2,443461
0,038	79943,79	-0,93969	0,26	0,766044	160	-2249,6	3,141593	180	2,792527
0,038	79943,79	-1	0,26	1	180	-2248,02	3,141593	180	3,141593
0,038	79943,79	-0,93969	0,26	0,766044	200	-2249,6	3,141593	180	3,490659
0,038	79943,79	-0,76604	0,26	0,173648	220	-2189,98	3,141593	180	3,839724
0,038	79943,79	-0,5	0,26	-0,5	240	-1913,85	3,141593	180	4,18879
0,038	79943,79	-0,17365	0,26	-0,93969	260	-1269,73	3,141593	180	4,537856
0,038	79943,79	0,173648	0,26	-0,93969	280	-214,692	3,141593	180	4,886922
0,038	79943,79	0,5	0,26	-0,5	300	1124,01	3,141593	180	5,235988
0,038	79943,79	0,766044	0,26	0,173648	320	2464,294	3,141593	180	5,585054
0,038	79943,79	0,939693	0,26	0,766044	340	3459,715	3,141593	180	5,934119
0,038	79943,79	1	0,26	1	360	3827,709	3,141593	180	6,283185
0,038	79943,79	0,939693	0,26	0,766044	380	3459,715	3,141593	180	6,632251
0,038	79943,79	0,766044	0,26	0,173648	400	2464,294	3,141593	180	6,981317
0,038	79943,79	0,5	0,26	-0,5	420	1124,01	3,141593	180	7,330383
0,038	79943,79	0,173648	0,26	-0,93969	440	-214,692	3,141593	180	7,679449
0,038	79943,79	-0,17365	0,26	-0,93969	460	-1269,73	3,141593	180	8,028515
0,038	79943,79	-0,5	0,26	-0,5	480	-1913,85	3,141593	180	8,37758
0,038	79943,79	-0,76604	0,26	0,173648	500	-2189,98	3,141593	180	8,726646
0,038	79943,79	-0,93969	0,26	0,766044	520	-2249,6	3,141593	180	9,075712
0,038	79943,79	-1	0,26	1	540	-2248,02	3,141593	180	9,424778
0,038	79943,79	-0,93969	0,26	0,766044	560	-2249,6	3,141593	180	9,773844
0,038	79943,79	-0,76604	0,26	0,173648	580	-2189,98	3,141593	180	10,12291
0,038	79943,79	-0,5	0,26	-0,5	600	-1913,85	3,141593	180	10,47198
0,038	79943,79	-0,17365	0,26	-0,93969	620	-1269,73	3,141593	180	10,82104
0,038	79943,79	0,173648	0,26	-0,93969	640	-214,692	3,141593	180	11,17011
0,038	79943,79	0,5	0,26	-0,5	660	1124,01	3,141593	180	11,51917
0,038	79943,79	0,766044	0,26	0,173648	680	2464,294	3,141593	180	11,86824
0,038	79943,79	0,939693	0,26	0,766044	700	3459,715	3,141593	180	12,2173
0,038	79943,79	1	0,26	1	720	3827,709	3,141593	180	12,56637

## Anexo 8. Desplazamiento del Pistón

Cos $\alpha$	R	$\lambda/4$	Cos $2\alpha$	Resultado	Grados	$\pi$	Grados	radianes
1	0,038	0,065	1	0	0	3,141593	180	0
0,939693	0,038	0,065	0,766044	0,0028696	20	3,141593	180	0,349066
0,766044	0,038	0,065	0,173648	0,0109314	40	3,141593	180	0,698132
0,5	0,038	0,065	-0,5	0,022705	60	3,141593	180	1,047198
0,173648	0,038	0,065	-0,93969	0,0361924	80	3,141593	180	1,396263
-0,17365	0,038	0,065	-0,93969	0,0493897	100	3,141593	180	1,745329
-0,5	0,038	0,065	-0,5	0,060705	120	3,141593	180	2,094395
-0,76604	0,038	0,065	0,173648	0,0691508	140	3,141593	180	2,443461
-0,93969	0,038	0,065	0,766044	0,0742862	160	3,141593	180	2,792527
-1	0,038	0,065	1	0,076	180	3,141593	180	3,141593
-0,93969	0,038	0,065	0,766044	0,0742862	200	3,141593	180	3,490659
-0,76604	0,038	0,065	0,173648	0,0691508	220	3,141593	180	3,839724
-0,5	0,038	0,065	-0,5	0,060705	240	3,141593	180	4,18879
-0,17365	0,038	0,065	-0,93969	0,0493897	260	3,141593	180	4,537856
0,173648	0,038	0,065	-0,93969	0,0361924	280	3,141593	180	4,886922
0,5	0,038	0,065	-0,5	0,022705	300	3,141593	180	5,235988
0,766044	0,038	0,065	0,173648	0,0109314	320	3,141593	180	5,585054
0,939693	0,038	0,065	0,766044	0,0028696	340	3,141593	180	5,934119
1	0,038	0,065	1	0	360	3,141593	180	6,283185
0,939693	0,038	0,065	0,766044	0,0028696	380	3,141593	180	6,632251
0,766044	0,038	0,065	0,173648	0,0109314	400	3,141593	180	6,981317
0,5	0,038	0,065	-0,5	0,022705	420	3,141593	180	7,330383
0,173648	0,038	0,065	-0,93969	0,0361924	440	3,141593	180	7,679449
-0,17365	0,038	0,065	-0,93969	0,0493897	460	3,141593	180	8,028515
-0,5	0,038	0,065	-0,5	0,060705	480	3,141593	180	8,37758
-0,76604	0,038	0,065	0,173648	0,0691508	500	3,141593	180	8,726646
-0,93969	0,038	0,065	0,766044	0,0742862	520	3,141593	180	9,075712
-1	0,038	0,065	1	0,076	540	3,141593	180	9,424778
-0,93969	0,038	0,065	0,766044	0,0742862	560	3,141593	180	9,773844
-0,76604	0,038	0,065	0,173648	0,0691508	580	3,141593	180	10,12291
-0,5	0,038	0,065	-0,5	0,060705	600	3,141593	180	10,47198
-0,17365	0,038	0,065	-0,93969	0,0493897	620	3,141593	180	10,82104
0,173648	0,038	0,065	-0,93969	0,0361924	640	3,141593	180	11,17011
0,5	0,038	0,065	-0,5	0,022705	660	3,141593	180	11,51917
0,766044	0,038	0,065	0,173648	0,0109314	680	3,141593	180	11,86824
0,939693	0,038	0,065	0,766044	0,0028696	700	3,141593	180	12,2173
1	0,038	0,065	1	0	720	3,141593	180	12,56637

## Anexo 9. Cálculo Fuerzas de inercia.

$$P_w = p_{wi} + p_{wii}$$

$$P_{WI} = - m_p R W^2 \cos \alpha$$

$$P_{WII} = - m_m R W^2 \lambda \cos 2 \alpha$$

$$M = m_p - m_m$$

### PWI

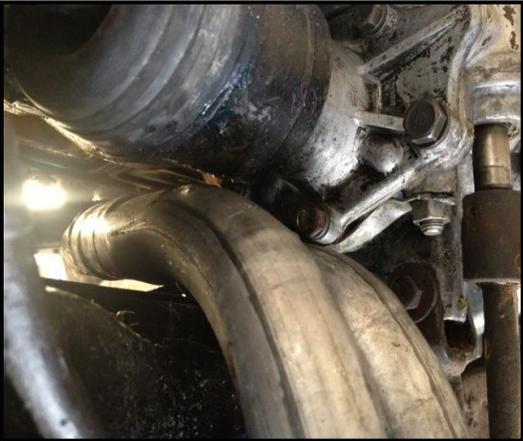
Mp -	R	W <sup>2</sup>	Cosα	Resultado	Grados	Π	Grados	Radianes	PW
-0,44	0,038	394760,9	1	-6600,4021	0	3,141593	180	0	-15141,9
-0,44	0,038	394760,9	0,939693	-6202,3491	20	3,141593	180	0,349066	-12745,5
-0,44	0,038	394760,9	0,766044	-5056,2013	40	3,141593	180	0,698132	-6539,42
-0,44	0,038	394760,9	0,5	-3300,201	60	3,141593	180	1,047198	970,5592
-0,44	0,038	394760,9	0,173648	-1146,1478	80	3,141593	180	1,396263	6880,256
-0,44	0,038	394760,9	-0,17365	1146,14779	100	3,141593	180	1,745329	9172,552
-0,44	0,038	394760,9	-0,5	3300,20104	120	3,141593	180	2,094395	7570,961
-0,44	0,038	394760,9	-0,76604	5056,20134	140	3,141593	180	2,443461	3572,982
-0,44	0,038	394760,9	-0,93969	6202,34913	160	3,141593	180	2,792527	-340,835
-0,44	0,038	394760,9	-1	6600,40208	180	3,141593	180	3,141593	-1941,12
-0,44	0,038	394760,9	-0,93969	6202,34913	200	3,141593	180	3,490659	-340,835
-0,44	0,038	394760,9	-0,76604	5056,20134	220	3,141593	180	3,839724	3572,982
-0,44	0,038	394760,9	-0,5	3300,20104	240	3,141593	180	4,18879	7570,961
-0,44	0,038	394760,9	-0,17365	1146,14779	260	3,141593	180	4,537856	9172,552
-0,44	0,038	394760,9	0,173648	-1146,1478	280	3,141593	180	4,886922	6880,256
-0,44	0,038	394760,9	0,5	-3300,201	300	3,141593	180	5,235988	970,5592
-0,44	0,038	394760,9	0,766044	-5056,2013	320	3,141593	180	5,585054	-6539,42
-0,44	0,038	394760,9	0,939693	-6202,3491	340	3,141593	180	5,934119	-12745,5
-0,44	0,038	394760,9	1	-6600,4021	360	3,141593	180	6,283185	-15141,9
-0,44	0,038	394760,9	0,939693	-6202,3491	380	3,141593	180	6,632251	-12745,5
-0,44	0,038	394760,9	0,766044	-5056,2013	400	3,141593	180	6,981317	-6539,42
-0,44	0,038	394760,9	0,5	-3300,201	420	3,141593	180	7,330383	970,5592
-0,44	0,038	394760,9	0,173648	-1146,1478	440	3,141593	180	7,679449	6880,256
-0,44	0,038	394760,9	-0,17365	1146,14779	460	3,141593	180	8,028515	9172,552
-0,44	0,038	394760,9	-0,5	3300,20104	480	3,141593	180	8,37758	7570,961
-0,44	0,038	394760,9	-0,76604	5056,20134	500	3,141593	180	8,726646	3572,982
-0,44	0,038	394760,9	-0,93969	6202,34913	520	3,141593	180	9,075712	-340,835
-0,44	0,038	394760,9	-1	6600,40208	540	3,141593	180	9,424778	-1941,12
-0,44	0,038	394760,9	-0,93969	6202,34913	560	3,141593	180	9,773844	-340,835
-0,44	0,038	394760,9	-0,76604	5056,20134	580	3,141593	180	10,12291	3572,982
-0,44	0,038	394760,9	-0,5	3300,20104	600	3,141593	180	10,47198	7570,961
-0,44	0,038	394760,9	-0,17365	1146,14779	620	3,141593	180	10,82104	9172,552
-0,44	0,038	394760,9	0,173648	-1146,1478	640	3,141593	180	11,17011	6880,256
-0,44	0,038	394760,9	0,5	-3300,201	660	3,141593	180	11,51917	970,5592

-0,44	0,038	394760,9	0,766044	-5056,2013	680	3,141593	180	11,86824	-6539,42
-0,44	0,038	394760,9	0,939693	-6202,3491	700	3,141593	180	12,2173	-12745,5
-0,44	0,038	394760,9	1	-6600,4021	720	3,141593	180	12,56637	-15141,9

## PWII

Mm -	R	W <sup>2</sup>	Λ	Cos2α	Grados	Π	Grados	Radianes	
-2,19	0,038	394760,9	0,26	1	0	3,141593	180	0	-8541,52
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,76604444	20	3,141593	180	0,349066	-6543,18
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,17364818	40	3,141593	180	0,698132	-1483,22
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,5	60	3,141593	180	1,047198	4270,76
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,9396926	80	3,141593	180	1,396263	8026,404
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,9396926	100	3,141593	180	1,745329	8026,404
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,5	120	3,141593	180	2,094395	4270,76
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,17364818	140	3,141593	180	2,443461	-1483,22
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,76604444	160	3,141593	180	2,792527	-6543,18
-2,19	0,038	394760,9	0,26	1	180	3,141593	180	3,141593	-8541,52
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,76604444	200	3,141593	180	3,490659	-6543,18
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,17364818	220	3,141593	180	3,839724	-1483,22
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,5	240	3,141593	180	4,18879	4270,76
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,9396926	260	3,141593	180	4,537856	8026,404
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,9396926	280	3,141593	180	4,886922	8026,404
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,5	300	3,141593	180	5,235988	4270,76
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,17364818	320	3,141593	180	5,585054	-1483,22
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,76604444	340	3,141593	180	5,934119	-6543,18
-2,19	0,038	394760,9	0,26	1	360	3,141593	180	6,283185	-8541,52
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,76604444	380	3,141593	180	6,632251	-6543,18
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,17364818	400	3,141593	180	6,981317	-1483,22
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,5	420	3,141593	180	7,330383	4270,76
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,9396926	440	3,141593	180	7,679449	8026,404
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,9396926	460	3,141593	180	8,028515	8026,404
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,5	480	3,141593	180	8,37758	4270,76
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,17364818	500	3,141593	180	8,726646	-1483,22
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,76604444	520	3,141593	180	9,075712	-6543,18
-2,19	0,038	394760,9	0,26	1	540	3,141593	180	9,424778	-8541,52
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,76604444	560	3,141593	180	9,773844	-6543,18
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,17364818	580	3,141593	180	10,12291	-1483,22
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,5	600	3,141593	180	10,47198	4270,76
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,9396926	620	3,141593	180	10,82104	8026,404
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,9396926	640	3,141593	180	11,17011	8026,404
-2,19	0,038	394760,9	0,26	-0,5	660	3,141593	180	11,51917	4270,76
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,17364818	680	3,141593	180	11,86824	-1483,22
-2,19	0,038	394760,9	0,26	0,76604444	700	3,141593	180	12,2173	-6543,18
-2,19	0,038	394760,9	0,26	1	720	3,141593	180	12,56637	-8541,52

**Anexo 10. Elaboración del header para el motor de Mini Austin**



**Anexo 11. Pruebas en el dinamómetro Mini Austin estándar vs Mini Austin repotenciado**

