

CAPITULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.- Antecedentes.

Rápidamente, han transcurrido los años, desde que el mundo escuchó por primera vez, el rugir, del primer diseño, del famoso modelo de motor Otto, bautizado así en honor a su ingenioso constructor: Nikolaus August Otto, alemán de nacimiento, que junto con su coideario, y compatriota Eugen Lancen construyeron el primer motor de combustión interna de cuatro tiempos, al cual mas tarde se le denominaría el motor de ciclo Otto.

Su principio de funcionamiento es simple, un eje, al cual se encuentra anclado un brazo, denominado biela, y a esta, un émbolo o pistón, alojado dentro de un cilindro, que aspira combustible, en este caso nafta de petróleo o gasolina, la cual se combina con aire formando una mezcla homogénea la cual es comprimida y a continuación es inflamada por la chispa que salta de una bujía, ocasionando una violenta explosión la cual obliga a girar al cigüeñal obteniendo así el torque o par motor.

El éxito de este principio radica en que desde aquel entonces, hasta la actualidad, este motor es la principal fuente de energía que mueve la mayoría de los vehículos que circulan en el mundo y las nuevas tecnologías ambientalistas y futuristas también lo incorporan como tal, prolongando de forma indefinida su existencia y producción masiva en el planeta.

1.2.- Planteamiento del problema.

Una de las más grandes marcas de vehículos a nivel mundial, como Chevrolet, se encuentra radicada en nuestro país, por tal motivo su insignia dorada se ha convertido en el símbolo de la movilidad y transportación ecuatoriana, a tal punto que según las estadísticas realizadas por este constructor, en las carreteras y caminos de nuestra patria, “De cada dos vehículos que circulan por ellas, uno es un Chevrolet”, y particularmente modelos como Steem, y Vitara, este último con una elevada demanda y fuerte producción, vehículos que mantienen una cualidad en común, son equipados con motores Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt. MPFI., maquinas con grandes cualidades y prestaciones.

El creciente parque automotor de nuestro medio, camina de la mano con los aficionados, y adeptos al deporte tuerca, los cuales encuentran en los mencionados modelos de la marca, ciertas características favorables que juntas con este espíritu deportivo, hacen que estos autos sean los favoritos en los circuitos de carreras, pero con un pequeño atenuante, el cual radica en que sus motores les proveen de una conservadora aptitud para las carreras, es decir el motor en las condiciones que lo envía el fabricante no cumple con los requerimientos para certámenes deportivos, porque es un motor para turismo, por tanto una de las más notables limitaciones radica en su baja potencia, para este efecto, claro está que para mencionar este particular, se debe tomar en cuenta, su diseño, estructura, tecnología y componentes, los cuales dispuestos de formas alternativas y con ciertas modificaciones altamente técnicas, lograrían situarse fácilmente en las primeras posiciones razón por lo cual se propone preparar un motor G16B de turismo para elevarlo al nivel que se requiere en una competencia deportiva.

1.3.- Formulación del problema.

De esta manera se puede determinar que el limitante para que un motor de turismo como el G16B de Suzuki, abandone esta condición y pase a ser un motor preparado alcanzando el nivel, y un buen desempeño en el mundo de las competencias deportivas es la baja potencia que este posee al momento de competir.

1.4.- Delimitación.

Geográfica: Ecuador – Imbabura – Ibarra

Temporal: Octubre/2008 – Julio/ 2 009

Espacial: Talleres Mecánica Automotriz FECYT

Técnica: Preparación de motor de combustión interna

1.5.- Objetivos:

1.5.1.- Objetivo General.

“Elevar en un 5% la potencia de un motor Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt. MPFI, equipado en un vehículo Chevrolet Esteem modelo 1997 para participar en competencias deportivas”

1.5.2.- Objetivos Específicos.

1. Diagnosticar el estado actual del motor Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt. MPFI, equipado en un vehículo Chevrolet Esteem modelo 1997.
2. Investigar la base teórica para preparar motores Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt. MPFI, para competencia.

3. Aplicar en forma practica la metodología investigada acerca de la preparación en un motor Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt. MPFI, para elevar su potencia.

4. Someter al motor Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt. MPFI, a pruebas, sobre un dinamómetro, antes y después de la preparación, para obtener los resultados de efectividad de la preparación.

1.6.- Justificación.

Los motores de turismo, Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt. MPFI presentan una estructura básica y con ciertas limitaciones, proporcionando una potencia hasta cierto punto aceptable, pero, posee unas cualidades que permiten mejorar su potencia luego de realizar ciertas técnicas que aprovechen de mejor manera su diseño.

Al elevar la potencia se amplían las prestaciones del motor, es decir que el vehículo equipado con este motor preparado podrá recorrer las mismas distancias en menor tiempo, lo que se refleja en ahorro de combustible y tiempo, los cuales son sinónimos de dinero, además mejorar la respuesta del motor en condiciones de carga y/o en el ascenso de pendientes.

Con la preparación del motor se regulariza las exigencias del conductor, o del camino, es decir conlleva un conjunto de pasos, dentro de los cuales se debe cumplir ciertas regularidades técnicas dentro de la categoría de la que se desea incorporar al motor, como por ejemplo no rebasar el límite de cilindraje del motor, continuar utilizando el mismo tipo de combustible y mantener una alimentación netamente atmosférica.

Entonces se deben aplicar técnicas que eleven la potencia del motor hasta llevarlo a nivel competitivo, pero tratando de mantener el volumen original, lo que se logra con aplicación de métodos técnicos científicos.

La comprobación autentica de la verdadera elevación de la potencia de un motor se la hace con un equipo destinado exclusivamente para ese fin, denominado dinamómetro, el cual arrojará resultados que serán jueces de si los métodos de preparación han funcionado.

1.7 Preguntas de investigación.

1.7.1.- ¿Con las modificaciones que se realicen en el motor Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt. MPFI, se logrará mejorar la potencia en un 5%?

1.7.2.- ¿Los resultados obtenidos de esta investigación ayudará a los estudiantes de ingeniería, a los técnicos mecánicos automotrices y personal que trabaja en comercialización de repuestos, a mejorar la calidad de su trabajo?

1.8 Resumen Capitulo I

En el capítulo I se hace un estudio referente a los problemas y causas que consecuentemente conllevan a objetar la necesidad de elevar la potencia de un motor Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt. MPFI, nombre de este trabajo de tesis, y se hace mención acerca de los problemas técnicos que esto conlleva, y que se desea sobrellevar, además, se toma en todo instante la contribución que esta investigación aportará a la sociedad y a la comunidad técnica automotriz.

CAPITULO II

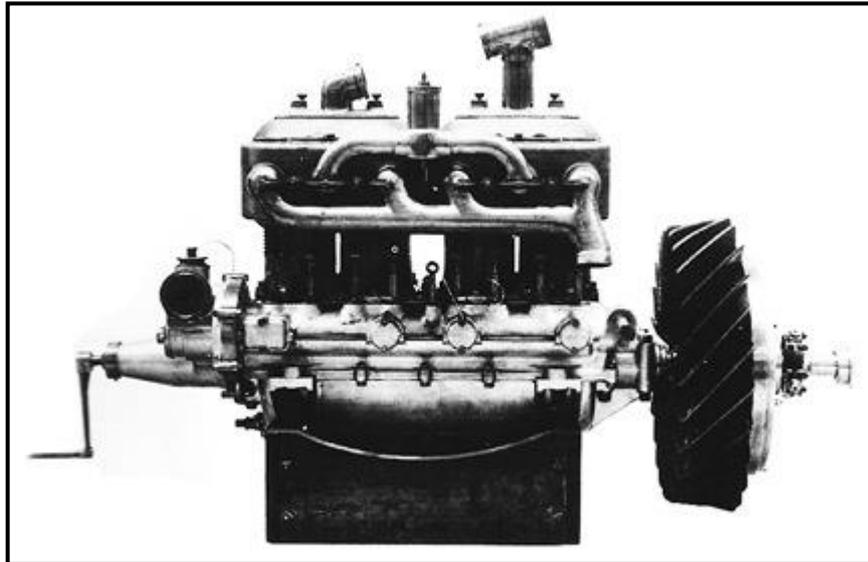
2.- MARCO TEÓRICO

2.1.- Reconociendo el motor de combustión interna

Previo al estudio de todos y cada uno de los aspectos que se deben tomar muy en cuenta en el momento de preparar un motor, se debe realizar una breve reseña acerca del motor de combustión interna.

2.1.1.- Breve historia del motor de combustión interna

FIGURA # 1 El motor Otto de 1906



FUENTE: <http://cochesmiticos.com/el-motor-otto-historia/>

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Para **Microsoft** ® **Encarta** ® **2006**. “En 1866 el especialista en maquinaria y empresario alemán Nikolaus August Otto (1832-1891) construyó, junto con su compatriota Eugen Langen, un motor de gas que poco después dio origen al motor de combustión interna de cuatro

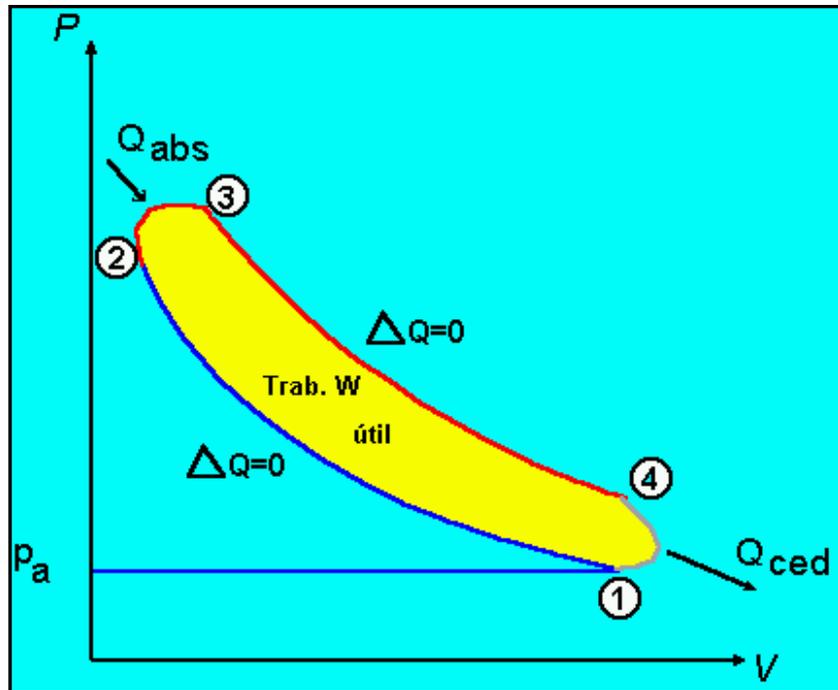
tiempos. Otto desarrolló esta máquina, que después llevaría su nombre (motor cíclico Otto), en versiones de cuatro y dos tiempos.” (p. 1)

2.1.2.- Ciclos de trabajo Otto

Según Pérez A. J. M. (1981), “El ciclo de trabajo en los motores Otto está compuesto por 4 carreras de pistón ADMISIÓN, COMPRESIÓN, EXPLOSIÓN, ESCAPE, en las cuales realiza una operación diferente.

- **-Admisión:** En este momento el pistón realiza una carrera descendente, creando un vacío en el cilindro y propiciando así la entrada de la mezcla a través de la válvula de admisión que en este instante se encuentra abierta.
- **-Compresión:** Cuando el pistón sube lo que se consigue es comprimir la mezcla en un espacio reducido, como es la cámara de combustión, aumentando así la temperatura y presión de la mezcla, consiguiendo de este modo una mezcla muy homogénea. Al final de la carrera del pistón (justo antes de llegar al PMS) salta una chispa desde la bujía.
- **-Explosión o Trabajo:** Cuando ya ha saltado la chispa, con la cual conseguimos “explotar” la mezcla y obtener una elevadísima presión que empuja el pistón hacia abajo, se transforma la energía calorífica en energía mecánica, haciendo así descender al pistón y creando una bajada rápida de la presión en el cilindro.
- **-Escape:** al final de la carrera de expansión la válvula de escape se abre para evacuar así todos los gases producidos en la explosión. Esta evacuación es favorecida por la carrera ascendente del pistón que empuja a los gases a salir.” (p. 44)

Figura # 2 Diagrama del ciclo de trabajo Otto



FUENTE: Microsoft ® Encarta © 2006

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

En el diagrama del ciclo de trabajo Otto se interpreta de la siguiente manera:

- 0-1: Admisión a presión constante
- 1-2: Compresión
- 2-3: Combustión, aporte de calor a volumen constante. La presión se eleva rápidamente antes de comenzar el tiempo útil
- 3-4: Fuerza, expansión o parte del ciclo que entrega trabajo
- 4-1: Escape, cesión del calor residual al ambiente a volumen constante
- 1-0: Escape, vaciado de la cámara a presión constante.

2.2.- Metodología para elevar la potencia de un motor

A continuación se encuentra detalladamente los aspectos netamente técnicos que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo la preparación de un motor de combustión interna elevando su potencia, razón por la cual se procederá a estudiar minuciosamente cada parte que será modificada en el motor.

Toda acción que se realice con el fin de llevar a cabo el desarrollo de esta investigación cabe recalcar que cuenta con un respaldo técnico científico, y de ningún modo se ha intentado caer en la faceta empírica a la cual usualmente se hallan ligados trabajos adyacentes a la técnica automotriz.

2.2.1.- El cabezote

Figura # 3 Vista de un cabezote modificado



Fuente: "http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:K20_head.jpg"

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

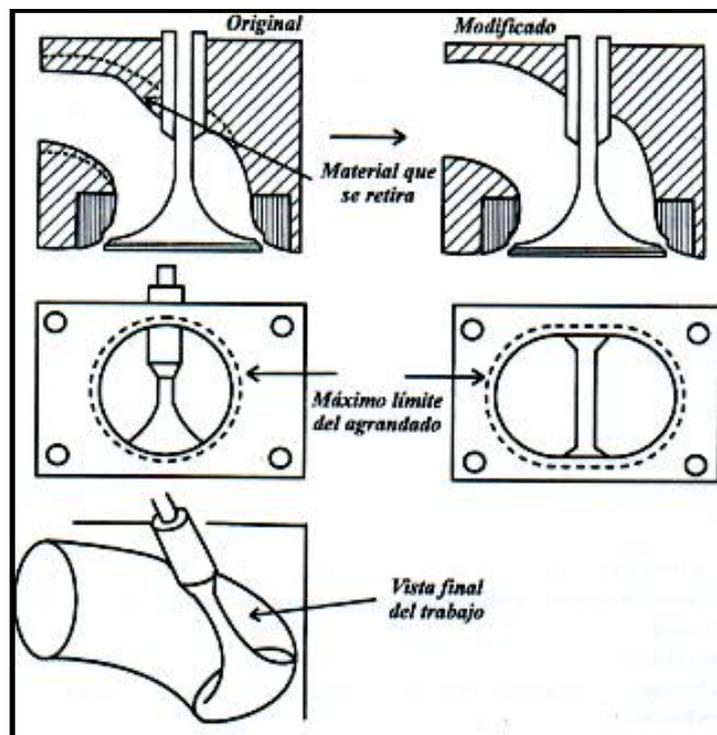
2.2.1.1.- Toberas de admisión

Según Coello E. (2003), En un motor de competencia es necesario mejorar estas características, debido a que de ello depende en gran parte la respiración del motor.

Esta modificación consiste básicamente en agrandar estas toberas hasta un mayor diámetro posible, es decir hasta que permita la fundición original agrandarla... Para mejorar la entrada de combustible en los cilindros” (p.11, 12)

También se debe tomar en cuenta la cilindrada del motor para calcular cuánto aire aspirará el motor en cualquier régimen que se encuentre, y que la accesibilidad del aire o de la mezcla siempre recorra la distancia más corta hasta entrar al motor.

Figura # 4 Modificaciones en las toberas de admisión



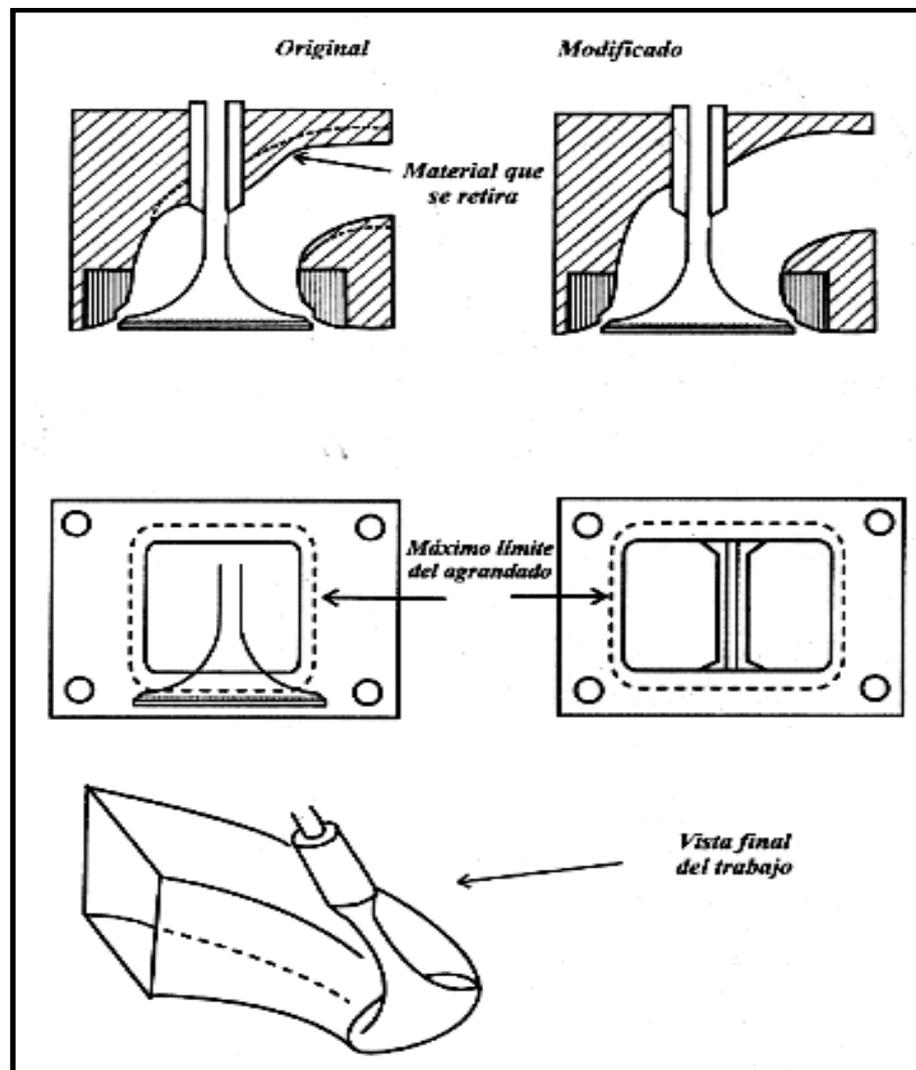
Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 15)

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.2.- Toberas de escape

Como en la explicación anterior sobre las toberas de admisión, los procedimientos son idénticos a los anteriores, con la única diferencia de que las toberas de escape están diseñadas en una sección cuadrada, debido a que se intenta desalojar a los gases quemados lo más rápidamente posible.

Figura # 5 Modificaciones en las toberas de escape



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 15).

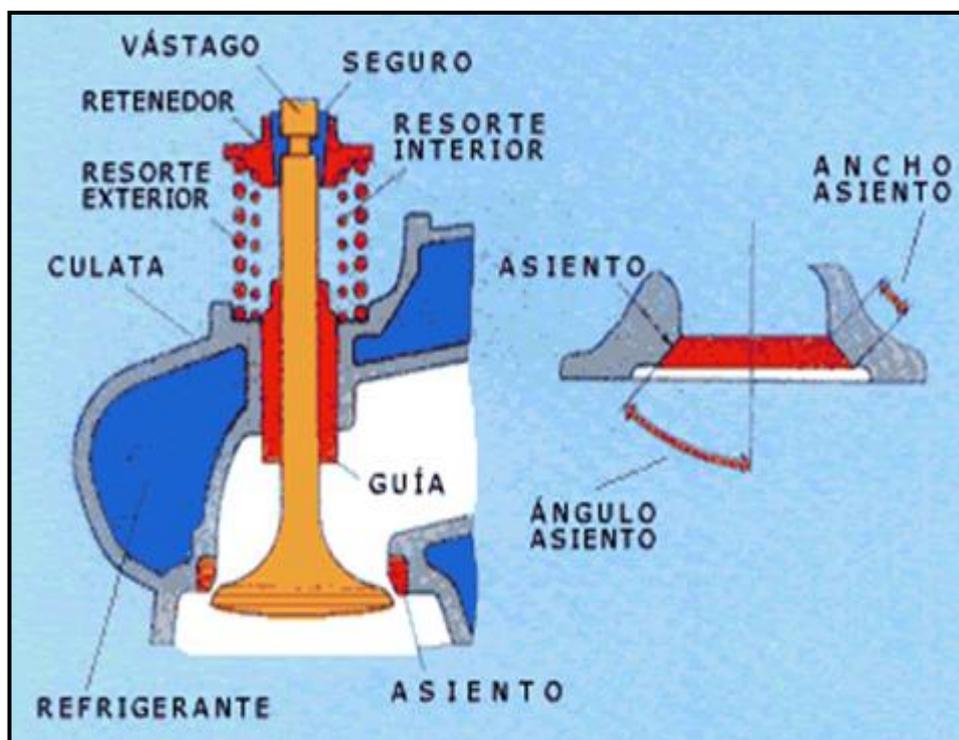
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.3.- Válvulas de admisión

Este es uno de los elementos de mayor atención en la preparación de un motor, ya que como sabemos, la respiración del motor o el llenado del cilindro equivalen a un incremento significativo en la potencia del motor.

Las válvulas de admisión son aquellas que permitirán el flujo de entrada de los gases frescos al motor, de allí su importancia.

Figura # 6 Partes de una válvula



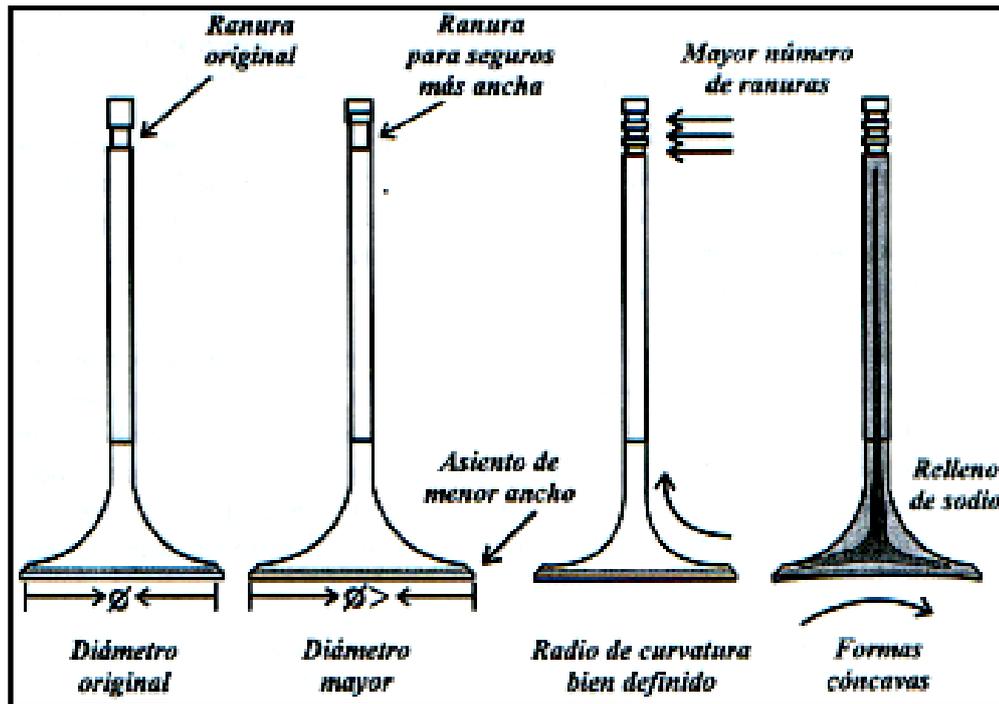
Fuente: "http://www.todomotores.cl/competicion/valvulas_carrera.htm"

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Para lograr un mayor diámetro de la válvula que inicio diseñando una cámara de combustión semiesférica y con válvulas en forma de "V", lo cual permite agrandarlas pero con el pasar de los tiempos se han logrado mejoras en este sentido colocando un mayor número de válvulas, es decir tres, cuatro o cinco.

Además se la debe rebajar y pulir, bajando simultáneamente el peso de ella, puesto que esto disminuye el trabajo torsional del árbol de levas y aliviana el motor en general.

Figura # 7 Modificaciones en las válvulas de admisión



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 18).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

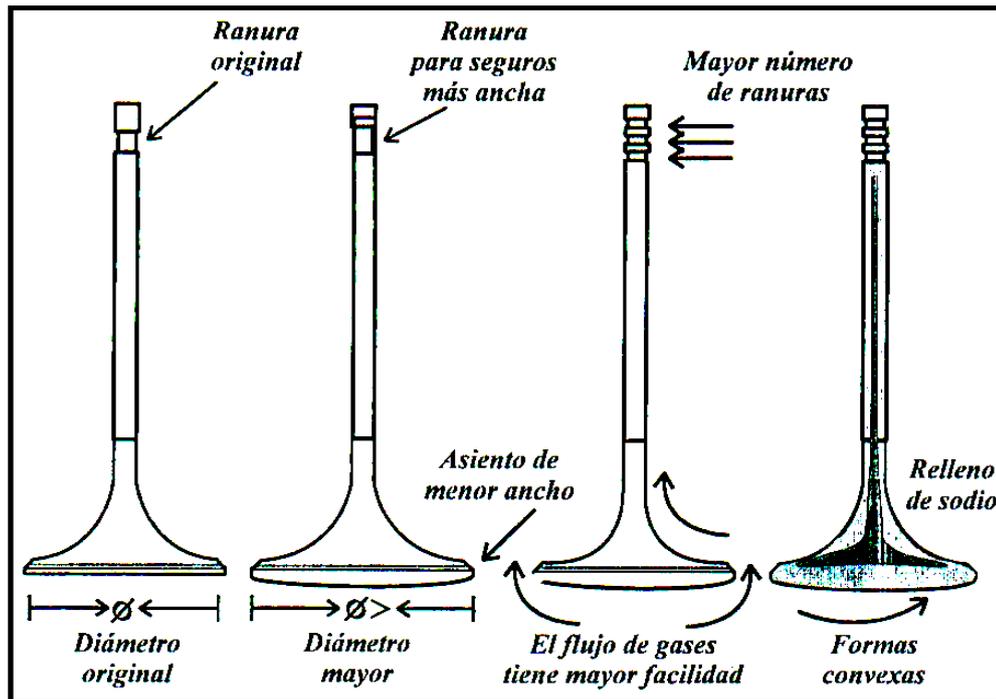
2.2.1.4.- Válvulas de escape

Como en el caso de las válvulas de admisión las modificaciones posibles son similares. La diferencia básica entre la válvula de admisión y la válvula de escape, está en que estas últimas están expuestas a mayores esfuerzos térmicos.

Por lo que se toma en cuenta las válvulas de sodio, que tienen excelentes características térmicas, por lo que se refrigera mucho más y mantiene en mejores condiciones el trabajo exigido en motores de

competencia, siendo así se logra mejorar varias características de la máquina ya que su reacción al abrir y cerrar será mucho más inmediata, en cualquier exigencia del motor.

Figura # 8 Modificación en las válvulas de escape



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 19)

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.5.- Resortes de válvulas

Los resortes son una de las partes más importantes en el motor y en el conjunto cabezote en general, puesto que estos son los que obligan a que las válvulas retomen su posición original sellando la cámara para el tiempo de compresión.

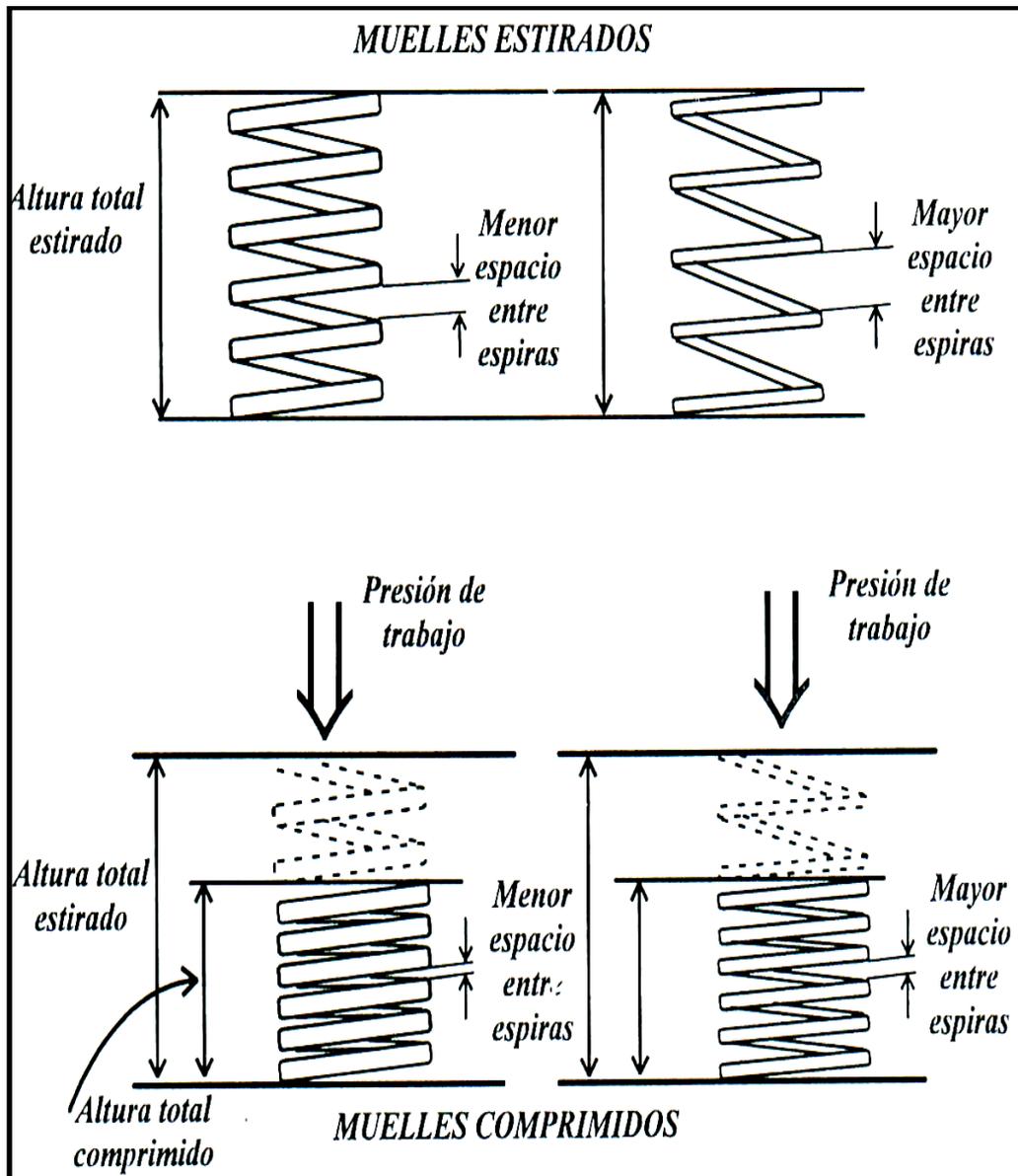
Esta modificación puede ser en dos sentidos:

Si se ha cambiado el peso de la válvula y se requiere que el motor gire a mayores revoluciones, se necesitara dar mayor fuerza al resorte.

Si se ha cambiado el eje de levas con uno de mayor alza y cruce se requerirá un resorte más duro pero de menor número de espiras o de igual número de espiras pero de alambre más delgado.

Como se puede apreciar en la gráfica:

Figura # 9 Modificación de los resortes de válvulas



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 20).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.6.- Eje de levas

Figura # 10 Vista del eje de levas



Fuente: "<http://www.estilomotor.com/el-taller/arbol-de-levas.php>"

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Es tal vez si no el elemento más importante en la preparación del motor, uno de los principales, debido que a este eje depende la calidad y el tiempo de "reparación" del motor, es decir de su llenado y consecuentemente su potencia obtenida.

Pero el inconveniente que trae es el desequilibrio en bajas revoluciones, inestabilidad y posiblemente falta de potencia, pero con el incremento de aceleración inicia una etapa de gran potencia, acompañada de mayores revoluciones y torque del motor, mucho mayores a los que entregaba un motor sin modificar.

2.2.1.7.- Modificación del perfil de las levas

La modificación del perfil de las levas significa que podemos cambiar el inicio de apertura de la válvula y el final del cierre de la misma.

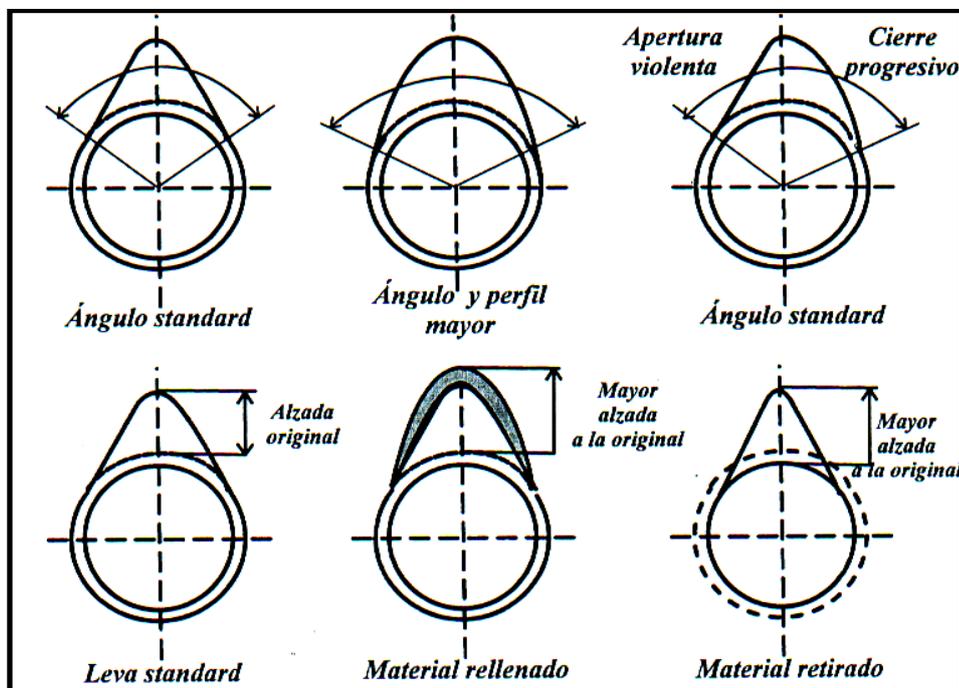
Este incremento en ángulos significara que se estará permitiendo abrir a las válvulas un mayor tiempo que el que se tenía en un motor estándar.

2.2.1.8.- Modificación de la altura de empuje

La segunda modificación posible es la de mayor altura de empuje de válvulas, que adicionalmente pueden estar acompañadas con mayor ángulo de acción.

Esta modificación permite que las válvulas se abran más de la altura convencional a la que ha sido originalmente diseñada, logrando con ello un mayor llenado del cilindro, en el caso de las válvulas de admisión y una mejor evacuación de los gases quemados, en el caso de las válvulas de escape.

Figura # 11 Variaciones en los perfiles y ángulos de levas



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 23).

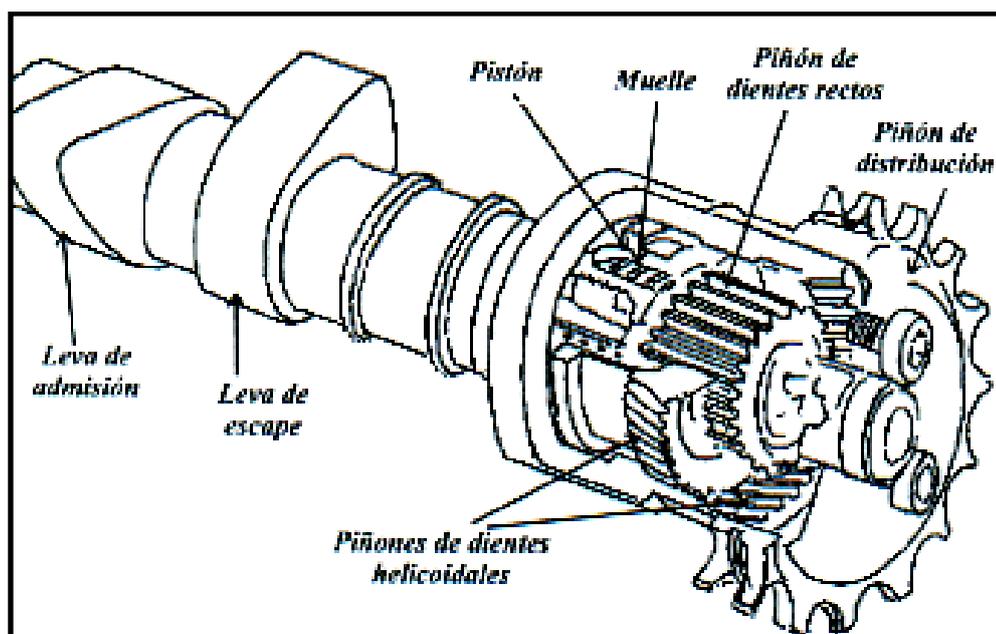
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.9.- Sincronización variable de válvulas

Al hablar de sincronización habíamos mencionado dos ejemplos importantes: el Variador de Fase, variando el ángulo de sincronización del eje de levas y otro novedoso utilizado por Honda VITEC, sistema que varía la alzada o empuje de las Válvulas.

Este sistema se basa en el Giro angular del eje de levas, modificando la Sincronización original con el eje Cigüeñal, variando esta en varios grados. Se utiliza este sistema con ejes de levas de mayor ángulo de apertura de válvulas y mayor alzada de las levas, pero como ello daría una inestabilidad mayor en bajas revoluciones al motor, se “retarda” la sincronización en estas revoluciones y se la va “adelantando” con el incremento de las mismas, de tal manera que el motor puede ganar potencia de mejor manera, con gran estabilidad en todos sus rangos. Se puede ver las partes del sistema del Variador de fase.

Figura # 12 El variador de fase instalado en el piñón del eje de levas



Fuente: “Preparación de motores de competencia” Efrén Coello (2003). (p.25)

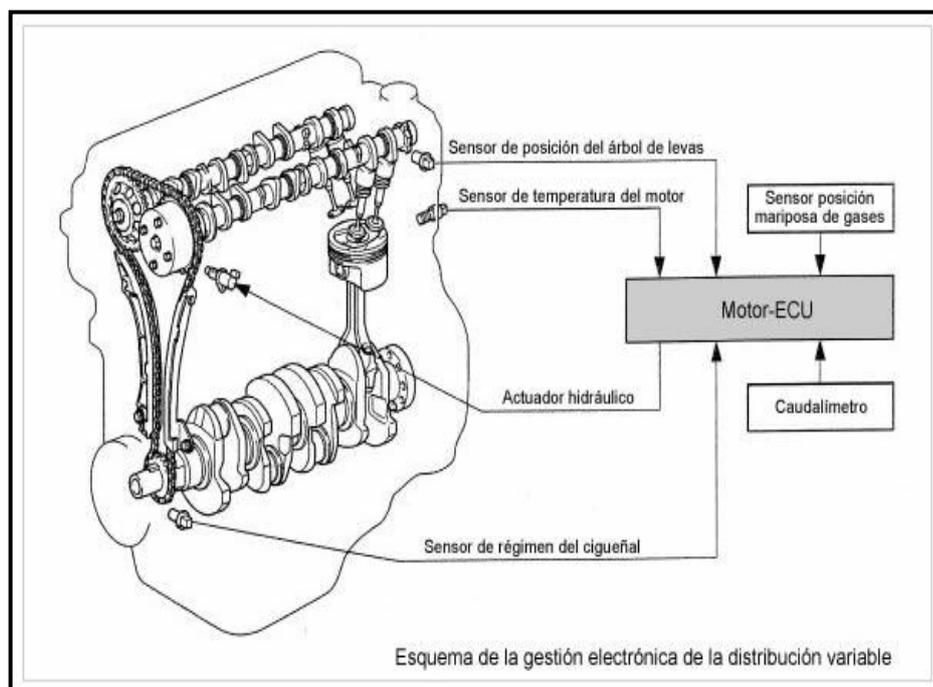
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

El sistema, es decir el que trabaja de forma similar, pero controlada la apertura y el cierre de la Válvula Solenoide por una computadora, tiene innumerable ventajas con relación al sistema anterior.

En el caso anterior, era controlada la válvula una sola vez a partir de las mil ochocientas RPM, pero en este caso adoptado por TOYOTA con el sistema VVTI ,Variable Valve Timing Intelligent.

Una computadora controla la apertura o cierre de la válvula de control de presión de aceite de tal manera que puede realizar con ello un porcentaje de mayor o menor actuación, tanto en el sentido de “avance” como de “retardo” de la sincronización con ello el incremento de POTENCIA del motor y su estabilidad resultan favorablemente controladas para obtener adicionalmente una gran estabilidad y reducción en el consumo de combustible.

Figura # 13 Sistema VVTI



Fuente: “<http://www.mecanicavirtual.org/images-distribucion/vvti2a.jpg>”

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

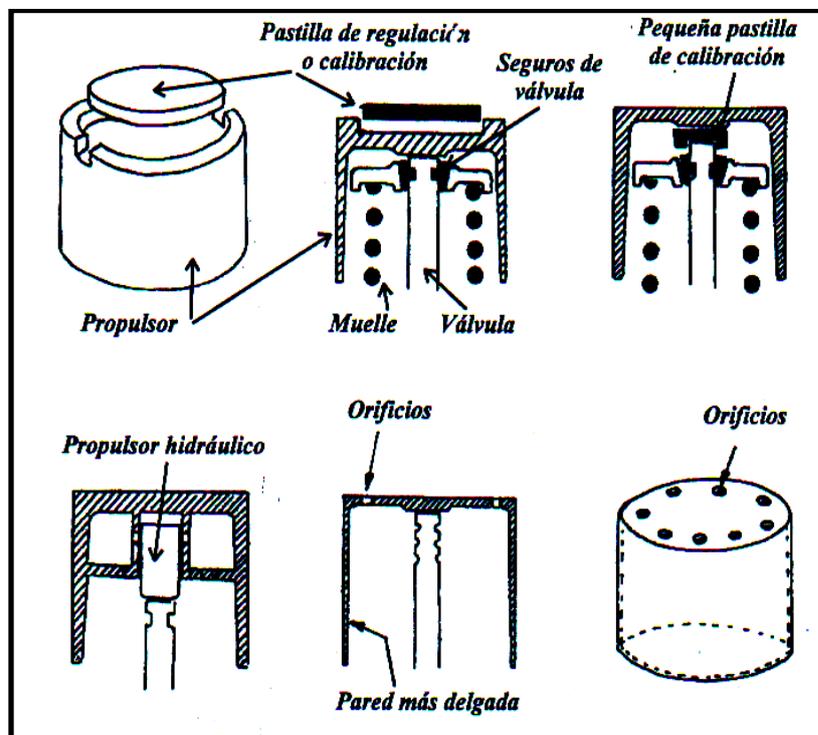
2.2.1.10.- Propulsores de válvulas

Los vasos empujadores o propulsores son de dos tipos básicos: los de calibración de válvulas por medio de regulación manual y el auto regulable o propulsores hidráulicos.

En el primer caso se puede modificar el peso (alivianándolos) y la resistencia al movimiento, ocasionado por el baño de aceite de lubricación.

Generalmente se los tornea en sus paredes interiores para retirar material, lo que podría ocasionar menor vida útil, pero menor inercia en su trabajo en conjunto.

Figura # 14 Diferentes formas de propulsores de válvulas



Fuente: "Preparaci3n de motores de competencia" Efr3n Coello (2003). (p.27).

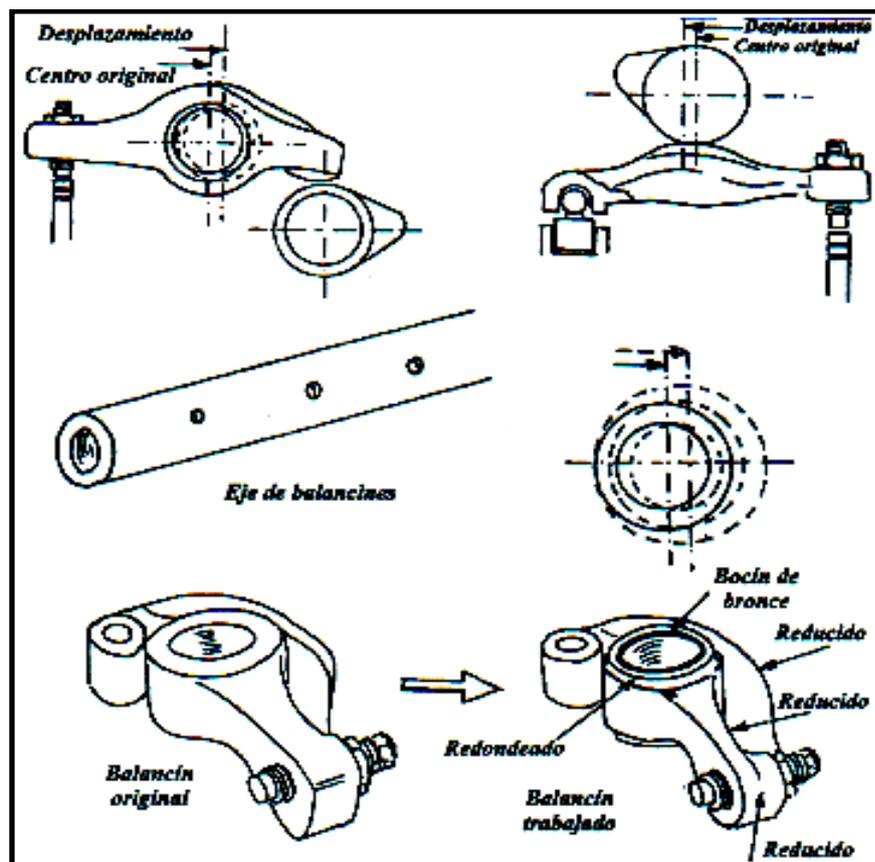
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.11.- Balancines

En algunos casos es posible modificar el punto de apoyo de ellos para lograr una mayor palanca, consiguiendo con ello empujar mayor cantidad a la válvula. También es importante mencionar que los balancines juegan un papel importante en el tren del árbol de levas y existen balancines de diferente longitud y dureza dependiendo de las cualidades que se desee en el motor. De todas maneras, se puede aliviar el peso de los balancines con el objeto de quitar inercia.

En la figura notamos los posibles lugares para quitarles peso.

Figura # 15 Modificaciones en los balancines y en el eje



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 29).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.12.- Cámara de combustión modificada

Generalmente la cámara de combustión de un motor es una parte principal de modificación. Puesto que en ella es en donde se realizará el tiempo de explosión y de ella gran parte de la potencia del motor y del tipo de combustible con que deberá funcionar sin producir daños en otra partes del motor tales como el pistoneo, es decir una cámara de combustión reducida obliga al uso de combustibles con mayor número de octanos, o componentes que mejoren o reduzcan la calidad detónante de la gasolina.

Figura # 16 Cabezote mostrando la modificación en las cámaras



Fuente:“<http://www.msmotorservice.com/content2.asp?area=hauptmenue&site=produkte&cls=05&pcat=14>”

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

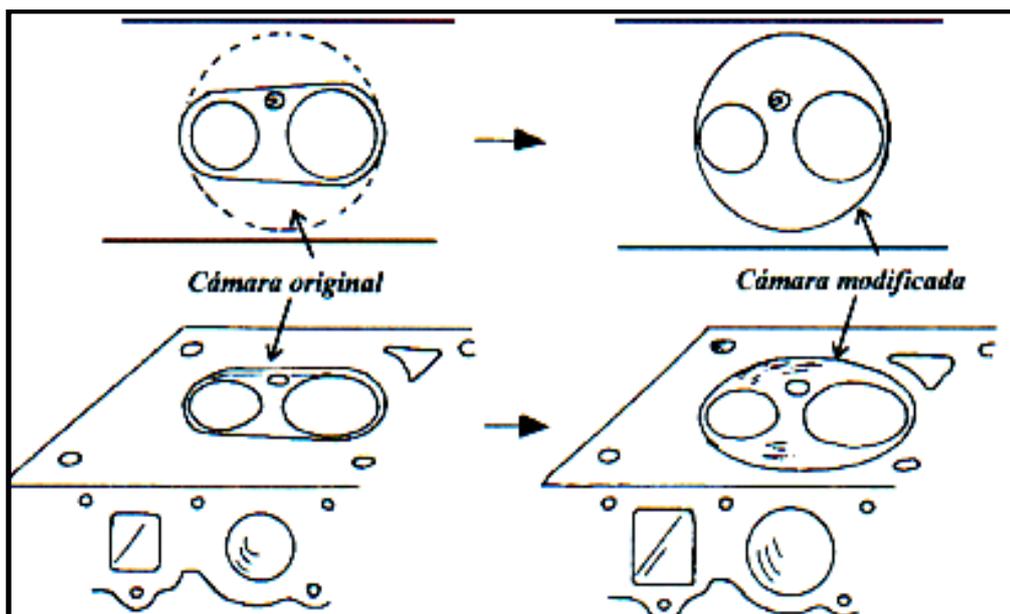
El diseño de la cámara de combustión modificada es un asunto de un estudio más profundo, ya que se debe tomar en cuenta algunos factores, como son por ejemplo:

1. El flujo de los gases frescos de admisión

2. Un llenado optimo del cilindro
3. Una salida rápida de los gases quemados
4. Ausencia de lugares pronunciados que pueden producir puntos de incandescencia
5. Concordancia con la forma de la cabeza de pistón
6. Al modificarla, deberá mantener los índices de compresión requeridos.
7. Si se la trabaja en mucha profundidad al modificarla, no llegar cerca o hasta las cámaras de refrigeración.
8. Para la buena modificación necesariamente entra el diseño, el trabajo y la forma de las válvulas, así como la bujía de encendido.

Al final del proceso se necesitara medir perfectamente el volumen de todas y cada una de ellas, ya que no debe existir diferencia, y es por esta razón que se recomienda medir frecuentemente su volumen mientras se está trabajando en ella.

Figura # 17 Modificación de la cámara de combustión



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.32).

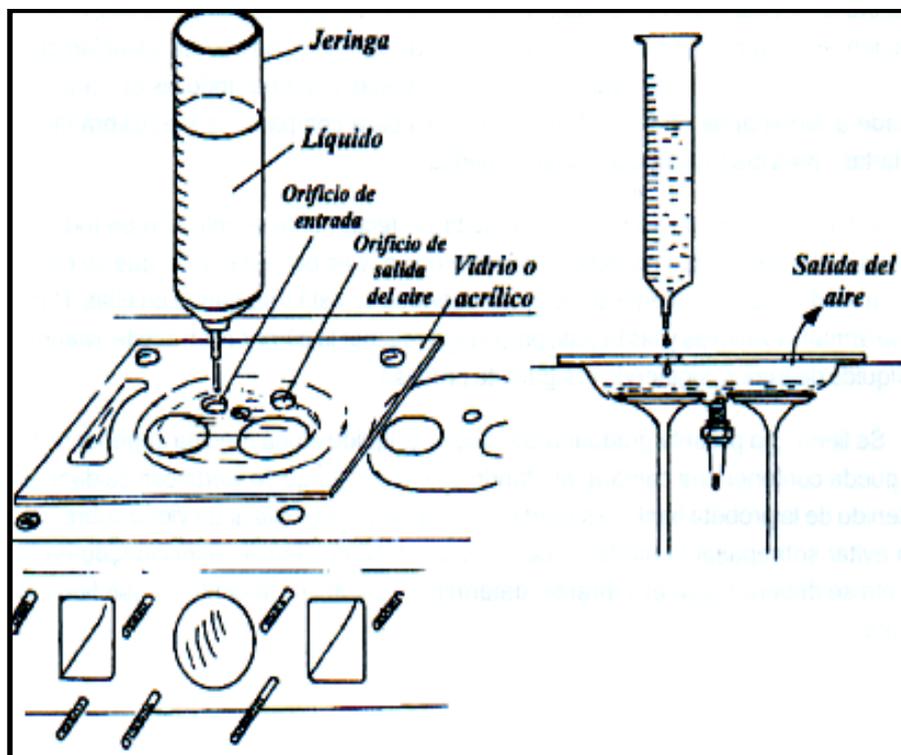
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Se llena una probeta graduada con aceite o líquido a una medida superior de la que puede contener una cámara, anotando este valor; luego se vierte con cuidado el contenido de la probeta hasta la superficie plana (se puede utilizar un vidrio sobre ella para evitar sobrepasar la medida).

Del volumen total del líquido seleccionado en la probeta se deberá restar el sobrante, determinando con ello la cantidad que tiene la cámara.

Es de vital recomendación que el líquido con el se realice la medición debe poseer propiedades físico químicas que no dañen ni corroan a los materiales con los que está compuesto la cámara y todas su partes adyacentes, como válvulas y pistones ya que siempre quedarán residuos luego de la medición.

Figura # 18 Medición del volumen de la cámara de combustión



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p32).

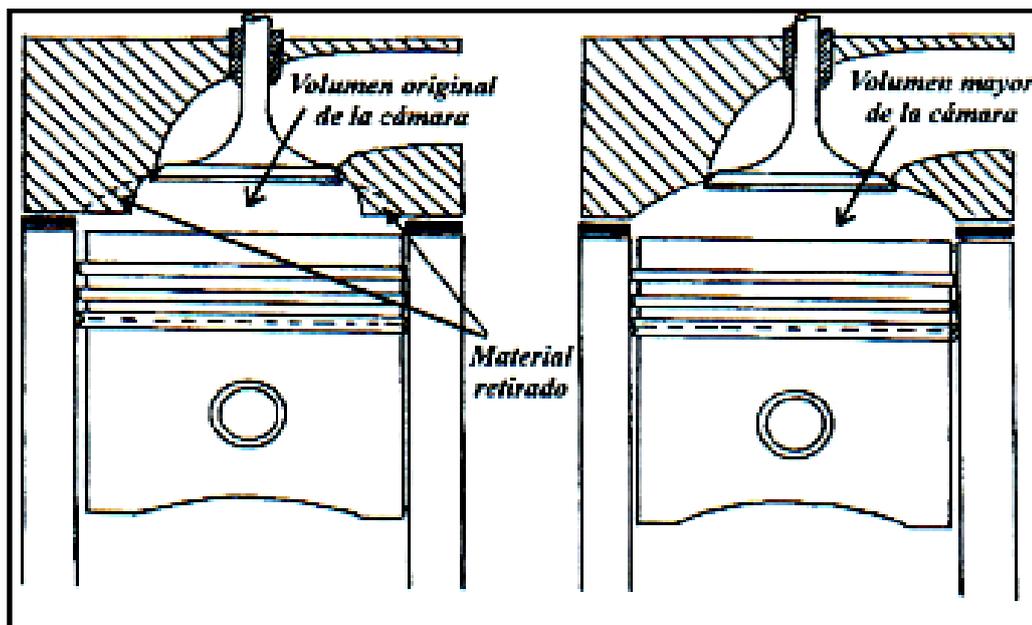
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.13.- Relación de compresión modificando la cámara de combustión.

Sabemos también que el motor adquiere mayor potencia si la relación o índice de compresión es mayor que el original, siempre y cuando no se sobrepase de un valor racional, ya que se debe tomar en cuenta que al sobrepasarlo empezaremos a tener problemas de “picado” o pistoneo por este exceso, el cual podría ser compensado únicamente elevando el octanaje del combustible que se utilice posteriormente.

La modificación de la cámara de combustión cuando se la agrando serviría perfectamente cuando se ha realizado esta para otros propósitos, como son por ejemplo la utilización de un sistema de “sobrealimentación” como un turbocompresor o un supercargador, los cuales, por sus características, elevan notablemente el llenado del cilindro y varían la relación de compresión del motor.

Figura # 19 Modificaciones en la cámara de combustión



Fuente: “Preparación de motores de competencia” Efrén Coello (2003). (p34).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.14.- Método de medición de la cámara de compresión.

Esta es una de las formas usuales de modificar la relación de compresión original del motor.

En el caso de que se haya decidido modificar la relación de compresión rectificando la superficie plana del cabezote, se deberán seguir estos procedimientos:

1. Se mide inicialmente el volumen de la cámara de combustión del cabezote
2. Si la forma de la cámara es completamente redonda o tiene una forma geométrica definida, el cálculo a continuación resulta más fácil. De lo contrario se inicia un cálculo aproximado, midiendo la forma y dividiéndola en lo posible en formas geométricas para su cálculo exacto. En el otro caso, se mide la cámara con líquido de frenos o aceite liviano, similar al utilizado en el caso anterior.
3. Se calcula el área del espacio que se rebajaría en el cabezote y se multiplica por el espesor o altura de la superficie a rebajarse, para que de esta manera se reste este volumen saliente del volumen original de la cámara.
4. Con este valor calculado de la cámara de combustión final se puede calcular ahora si la relación de compresión a la que se desea llegar.
5. Cuando los cálculos han dado el resultado esperado, se puede iniciar la rectificación con la maquina rectificadora de superficies planas.
6. Como recomendación se debería medir nuevamente después de la rectificación de la superficie, pero ahora si con el procedimiento del liquido o del aceite liviano.

NOTA: En el procedimiento de la medición de compresión es muy importante tomar en cuenta que, el empaque del cabezote es una de las

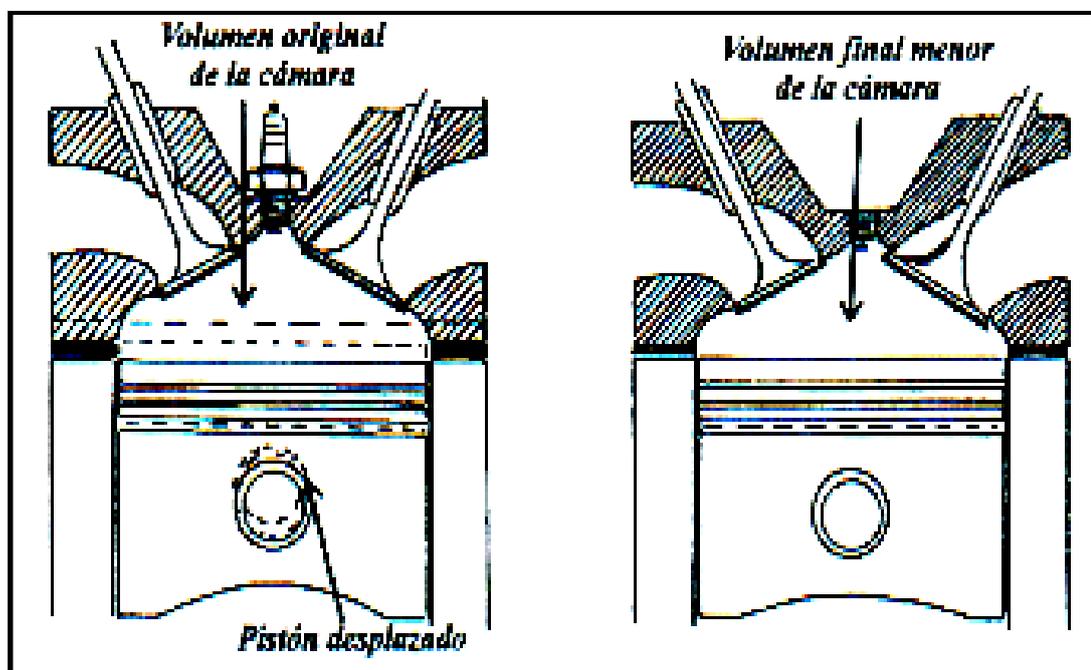
partes fundamentales para hacerlo, ya que el volumen que ocupa incide en este cálculo.

2.2.1.15.- Empaques especiales del cabezote

Hemos mencionado la importancia del espesor del empaque del cabezote en la medición de la relación de compresión del motor. Ahora es importante mencionar también que otra de las formas de modificar esta relación es aumentar o disminuir el espesor del empaque, lo que causa la disminución o el aumento respectivamente.

Estas modificaciones se las puede ver en los esquemas a continuación.

Figura # 20 Modificación de la relación de compresión variando superficie y empaque del cabezote



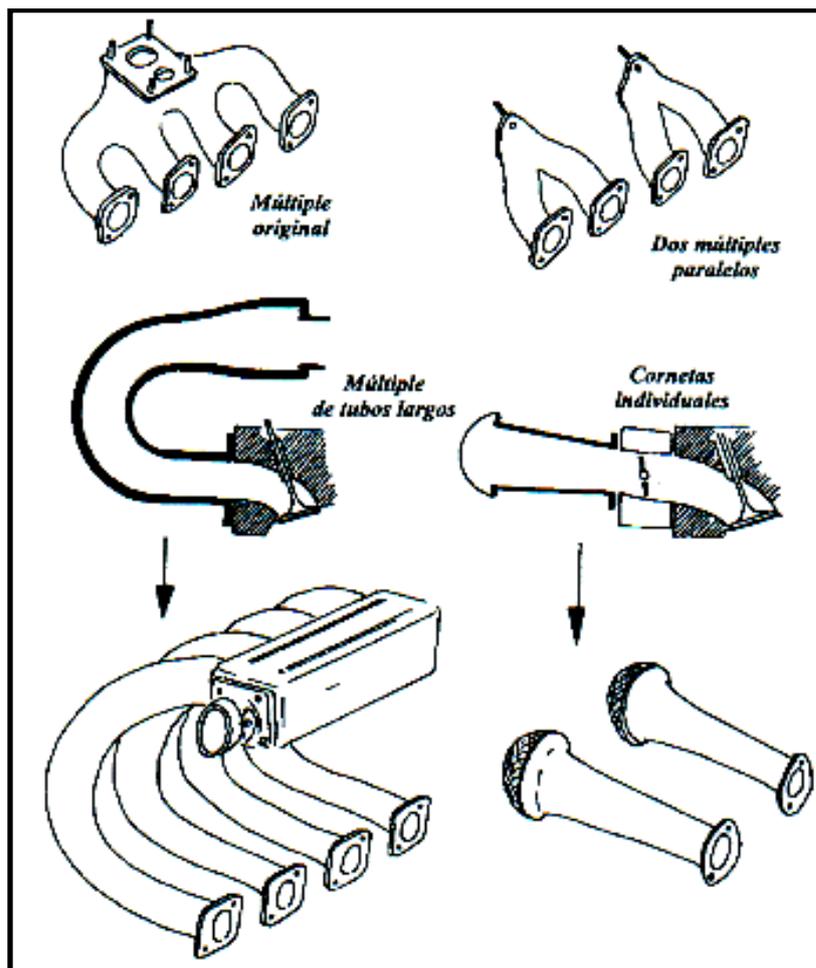
Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p36).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.16.- Múltiple de admisión

El diseño del múltiple de admisión no ha sido pensando en ofrecer la mayor potencia posible sino más bien un rendimiento racional con la mayor estabilidad y economía. En un motor modificado para recibir mayor potencia se puede mejorar el diseño de este múltiple, por otro que permita, a diferencia del original, el mayor paso posible del aire de admisión para obtener el mejor llenado de los cilindros y en lo posible tubos de mayor diámetro, los cuales le permitan adquirir mayor velocidad del aire o de la mezcla al motor.

Figura # 21 Formas de los múltiples o colectores de admisión



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p38).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Los tubos deben tender a formar superficies amplias, sin curvas forzadas ni lugares de choque del aire de aspiración. En algunas preparaciones se construyen verdaderas “cornetas” de gran longitud y conicidad, justamente pensado en estos elementos.

Figura # 22 Vista de un colector de admisión con ductos individuales para cada cilindro



Fuente: “<http://img.saliraganar.com/2008/10/motorf1.jpg>”

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

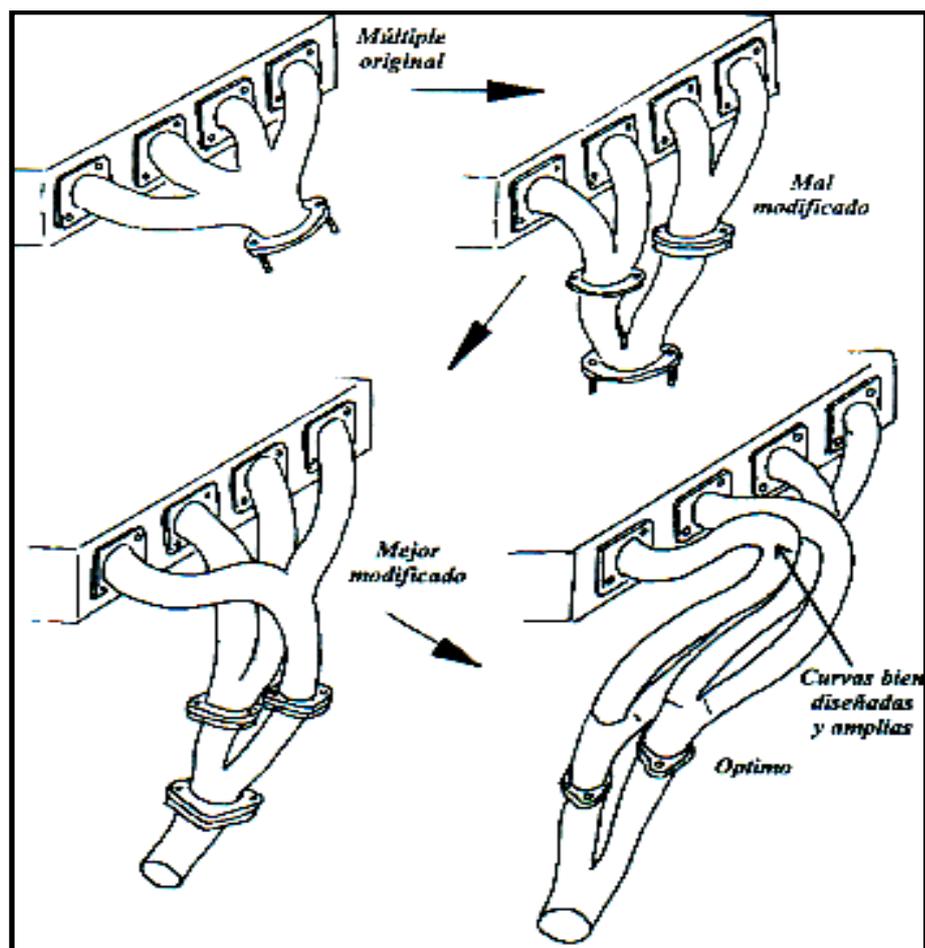
Cuando el sistema de alimentación lo amerita, se requiere juntar estos tubos en una parte común. Como es el caso claro de los sistemas de inyección a gasolina, ya que requieren un punto de medición del aire aspirado y debido a que se necesita la importante “cámara de amortiguación” que no es más que el punto de convergencia y de igualdad de la depresión del motor.

2.2.1.17.- El múltiple o colector de escape

Al hablar de múltiple realmente estamos hablando de varias partes individuales juntadas en una parte común, que es en este caso una salida

de los tubos de escape de un motor estándar. Al hablar de un motor modificado estamos hablando de salidas individuales del escape de todos los cilindros del motor. El sistema de tubos individuales permite al motor a desfogar rápidamente estos gases quemados, permitiendo a su vez el ingreso rápido de la mezcla fresca de admisión. Con ello se logra mejorar la respiración del motor y consecuentemente el incremento de la potencia entregada. A estos tubos individuales o "header" se los diseña, al igual que un buen múltiple de admisión, con tubos de igual longitud, de un poco más diámetro que el que permite la válvula de escape; es decir la salida del gas se amplía paulatinamente, para que no exista una limitación.

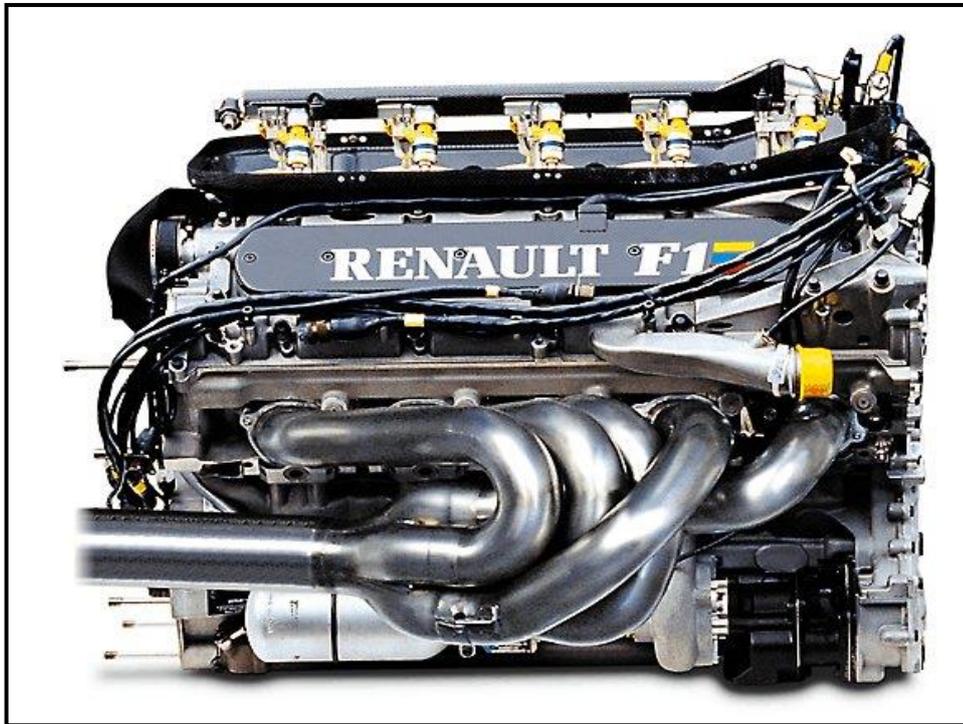
Figura # 23 Formas de los colectores de escape



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p41).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Figura # 24 Vista de un diseño óptimo de un "Header" para un motor



Fuente: "http://www.powerpage.dk/tuning_turbomanifold_1eksempler-filer/motor_turbo_03.jpg"
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

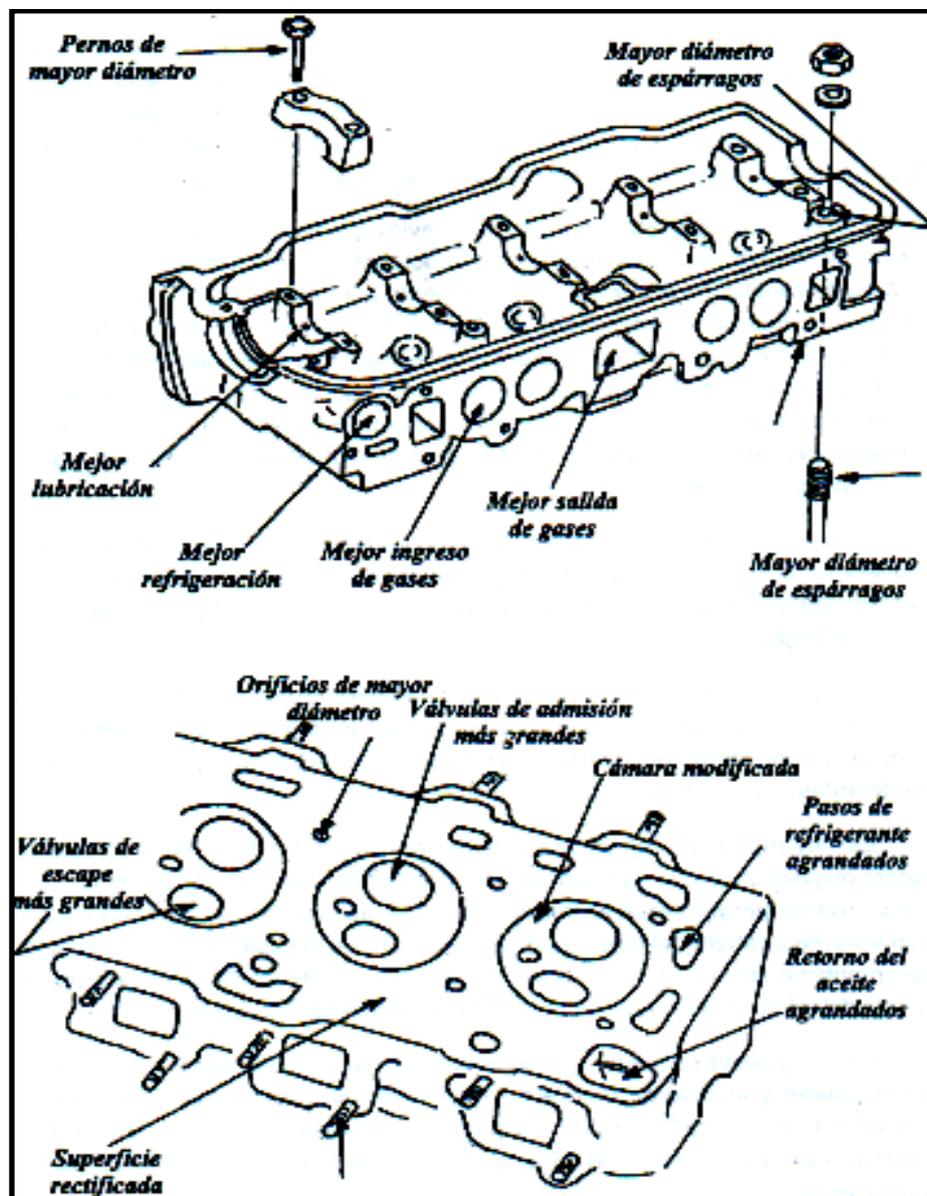
2.2.1.18.- Mejoras en la refrigeración del cabezote

Como es sabido, al realizar alguna modificación en un motor, especialmente si se lo requiere para entregar mayor potencia que la que entregaba originalmente, el motor tendera a producir mayor energía calorífica.

Para mejorar estas características, se deberán mejorar y aumentar los conductos de refrigeración, los cuales permiten al cabezote entregar rápidamente el calor al medio refrigerante y al sistema de refrigeración en general. También será necesario mejorar a este último, ya que no será capaz de enfriar suficientemente si la temperatura que genera es nuevo motor por las modificaciones generadas en el son mayores.

Otro elemento de modificación podría ser el valor de apertura del termostato, ya que las piezas del motor modificado tenderán a dilatarse mayormente, se requerirá mantenerlas en una temperatura un tanto más baja. Veamos los esquemas, en los cuales están señalados los puntos importantes que debemos tomar en cuenta, dependiendo de las características originales de cada uno de ellos.

Figura # 25 Posibles mejoras en un cabezote



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p44).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.1.19.- Pernos y espárragos de ajuste

Figura # 26 Vista de espárragos modificados de un cabezote



Fuente: "http://www.todomotores.cl/mecanica/images/culata/pernos_culata.jpg"

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

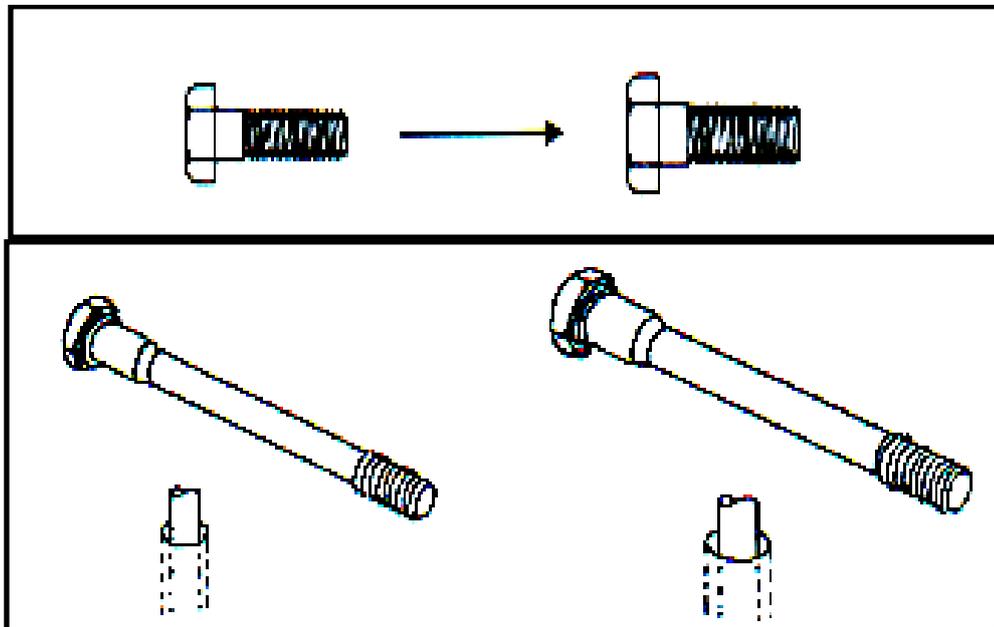
Cuando hemos aumentado la relación de compresión del motor aumentara la energía de la combustión creada en la cámara.

Como esta cámara de combustión está alojada en el cabezote, los pernos o espárragos de ajuste que lo mantienen unido al bloque de cilindros estarán automáticamente expuestos a una mayor tracción y estiramiento.

Por lo dicho, el esfuerzo calculado de los espárragos de un motor estándar será mucho menor al de un motor modificado, requiriendo aumentar su resistencia, lo cual se logra incrementando el diámetro y el material de ellos, siguiendo el procedimiento requerido.

Se puede ver un ejemplo en la modificación de ellos.

Figura # 27 Modificaciones de los pernos y espárragos de un cabezote



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p46).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.2.- Los pistones del motor

Según Coello E., (2003), "Es tal vez el elemento del motor que está expuesto a los mayores esfuerzos tanto térmicos como mecánicos en un motor de combustión interna, por lo que su modificación debe ser realizada con mucha atención.

Existen muchos fabricantes de pistones que han mejorado notablemente las características básicas de ellos, pero por lo general resulta muy difícil conseguir en el mercado un juego de pistones modificado, (p. 47).

2.2.2.1.- Pistones originales modificados

Figura # 28 Vista de un pistón modificado



Fuente: "<http://8000vueltas.com/2007/08/31/el-ultimo-latido-de-cosworth>"

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Para Llinger H., (1992) Los pistones modificados "son aquellos que se han fabricado no a base de fundición centrifugada, como son construidos los pistones estándar, sino que son además forjados, lo cual concentra mejor las partículas del material, haciéndolo consecuentemente más resistente y más liviano" (p. 77)

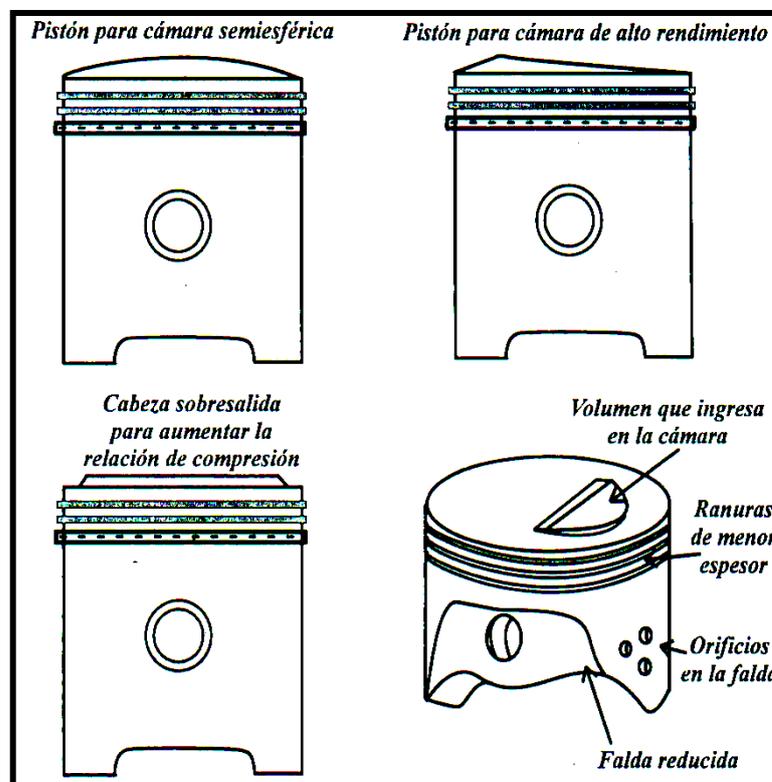
Existen también modificaciones más complejas, como son la de utilizar pistones con la cabeza de materiales cerámicos, material que soporten altísimas temperaturas de funcionamiento, pero que generalmente no están al alcance del público, ya que son diseñados de preparadores de alta categoría y en especial de motores de competencia de formula2 y formula1.

Al pistón se lo puede bajar de peso, retirando el material a los costados de la falda hasta el cubo del bulón, sin bajar la resistencia del mismo. Algunos preparadores acostumbran también tornear toda la falda, pero se quitan totalmente las características de centrado en el cilindro que debe realizar esta, lo cual perjudica al trabajo que debe realizar.

En las paredes laterales del pistón, las cuales están dirigidas hacia la falda, se puede taladrar con orificios de lubricación, mejorándola notablemente.

Estos orificios deberán ser cuidadosamente estudiados, para evitar quitar la resistencia del pistón y que no permitan producir fisuras durante su trabajo.

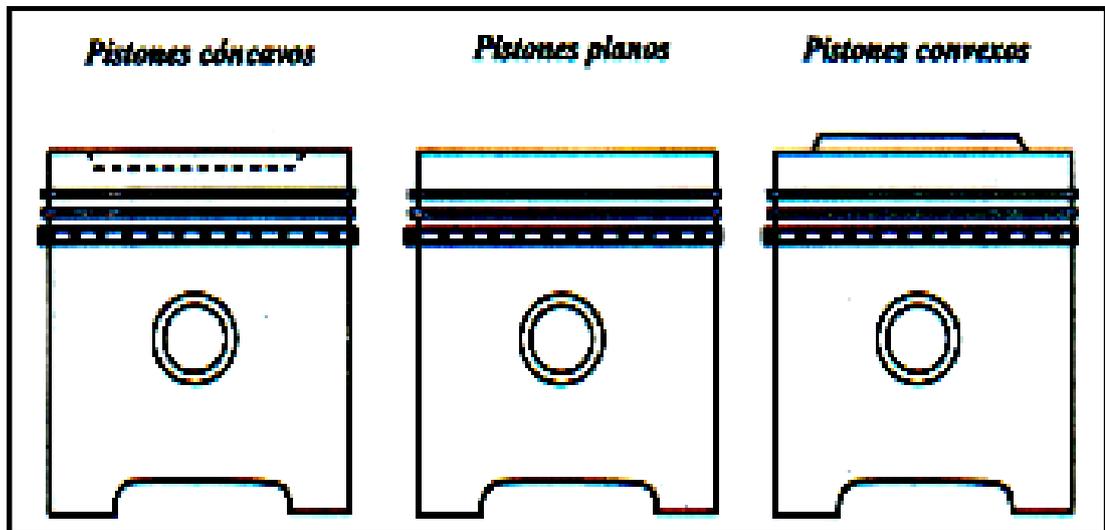
Figura # 29 Modificaciones posibles a pistones originales



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.49).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Figura # 30 Clases de pistones



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.50).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Entre estas diferencias podríamos mencionar por ejemplo un peso menor con mejores diseños, menor espesor de los anillos y una mejor forma de la cabeza del pistón.

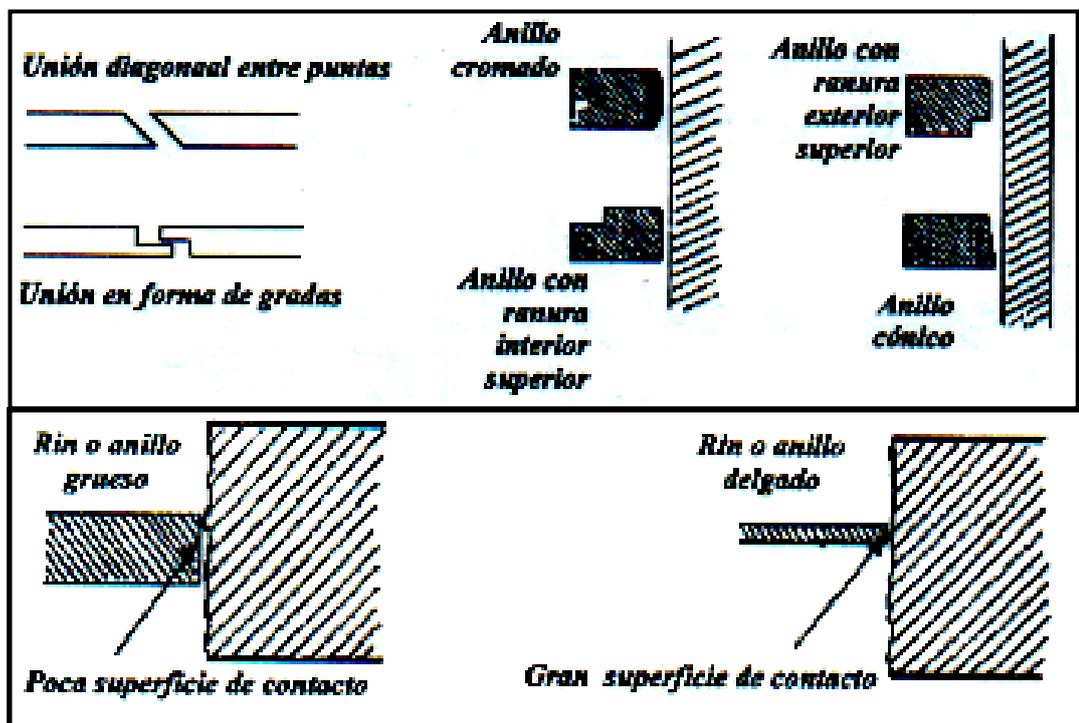
2.2.2.2.- Rines o anillos de pistón mejorado

Según Coello E., (2003), "Un motor estándar está normalmente diseñado, como se ha mencionado, para ofrecer características de funcionamiento normales, buscando una estabilidad y economía en el motor, así como una prudencial durabilidad.

Los anillos del pistón son parte del diseño original, pero también se lo puede mejorar notablemente, reducido posiblemente su durabilidad, pero ofreciendo otras ventajas, las cuales no toman necesariamente cuenta de su durabilidad prolongada y de su costo bajo, ya que es en lo menos que se piensa al convertir un motor, solamente pensando en su incremento en potencia.

Entendiendo estas diferencias, podremos darnos cuenta que el espesor de anillo es un factor muy importante en esta mejora. Si el espesor es mínimo, la superficie de contacto del anillo sobre las paredes del cilindro será menor, lo cual permite un excelente cierre hermético contra el cilindro, evitando fugas de compresión, indeseada en estas modificaciones.

Figura # 31 Mejoras en los anillos del pistón



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.51).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Otra mejora en los anillos de pistón de la utilización de anillos cromados o endurecidos, de mejor calidad que el estándar y de menor desgaste, siendo también muy resistentes a los ácidos creados y en proceso de la combustión. (p. 50,51).

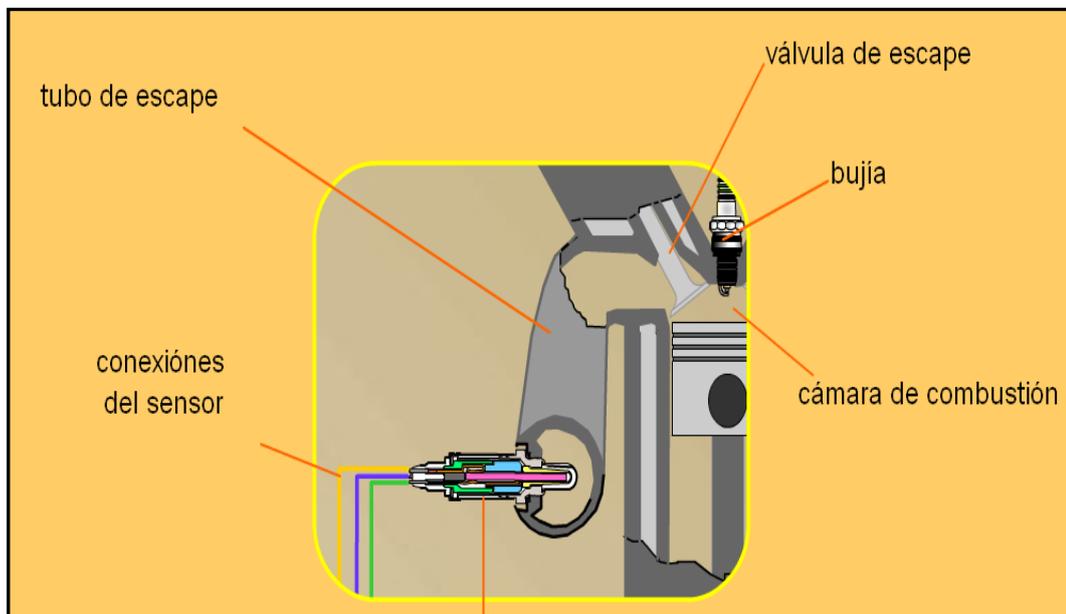
2.2.2.3.- Pistones forjados

Para lograr una excelente modificación se construyen pistones forjados, que no son más que el resultado de un pistón, que además de ser fundido y centrifugado, se lo forja, como lo dice este término.

Adicionalmente, el Material para este tipo de Pistón ha requerido de un estudio más minucioso, adicionándole otros materiales que resistan mayores esfuerzos térmicos y de rozamiento.

Los nuevos avances de la metalurgia han sido de gran aporte al desarrollo de los pistones de motores de alto desempeño, puesto que con las nuevas aleaciones se logra gran resistencia mecánica pero con menor peso.

Figura # 32 Ubicación del pistón en el motor



Fuente: "http://www.autotech.com/prod_engine_piston.htm"

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Figura # 33 Vista de un pistón forjado en servicio



Fuente: “http://www.autotech.com/prod_engine_piston.htm”

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

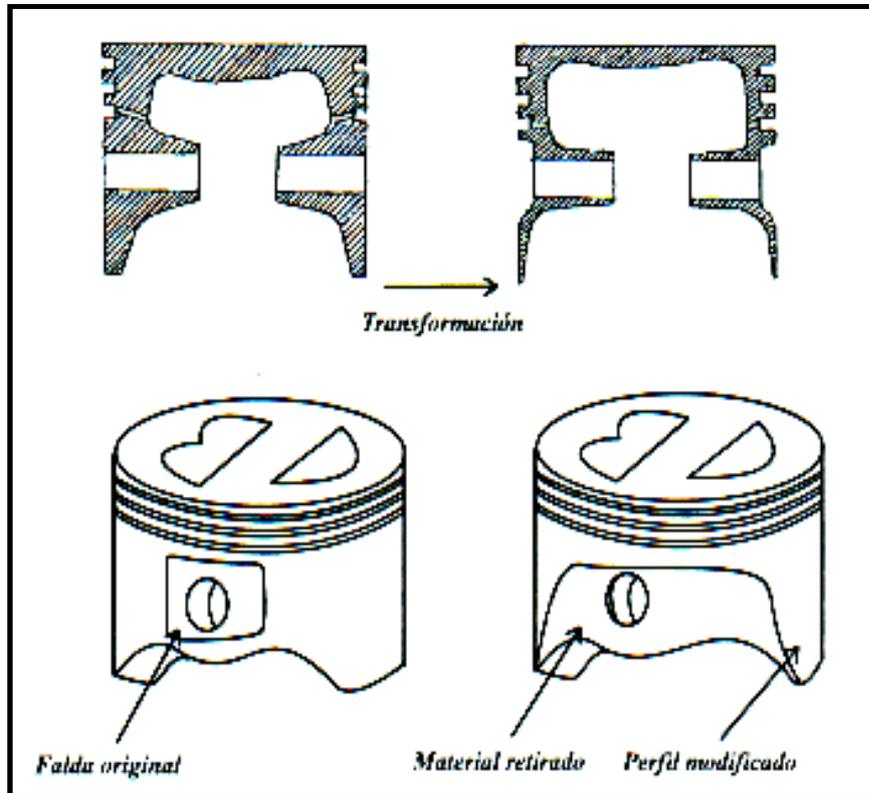
El forjado del pistón permite concentrar o compactar más las moléculas del material, logrando con esto crear un elemento muy resistente al esfuerzo térmico y mecánico al que está expuesto un motor modificado.

Adicionalmente se logra alivianar al pistón en cierto grado.

Un pistón forjado puede tener también mejor diseño y mayor calidad de materiales, en adición al aluminio, el cual es la base de construcción de un pistón moderno.

Por ejemplo se utilizan mayores porcentajes de Silicio, Cromo, Molibdeno, ganado con ello tenacidad, resistencia y mejores características de deslizamiento dentro del cilindro.

Figura # 34 Corte comparativo entre un pistón de serie con un pistón forjado



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.54).

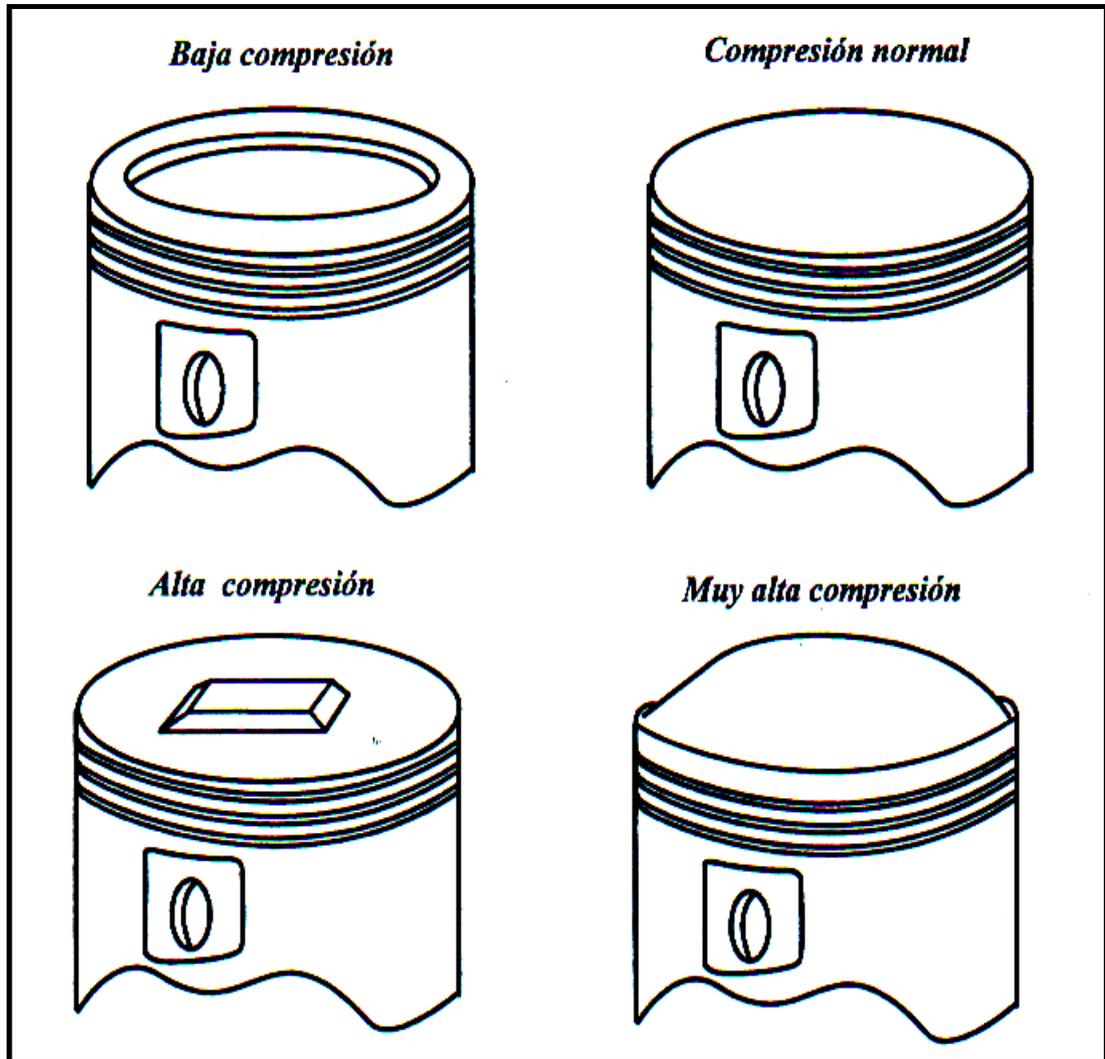
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.2.4.- Relación de compresión modificando los pistones

Para Chilton – Limusa , "Para modificar la relación de compresión además de los trabajos que se pueden realizar en las otras partes del motor, también se puede modificar la relación de compresión cambiando los pistones por unos de mayor altura, reduciendo así el volumen de la cámara de combustión, cosa que eleva la potencia del motor". (p.93)

Siempre en todos los casos para elevar la potencia se trata en lo posible de comprimir mas los gases en volúmenes mucho menores pero todo esto debe tener un respaldo metro lógico, es decir saber cuanto y porque.

Figura # 35 Diseños de pistones para la modificar relación de compresión



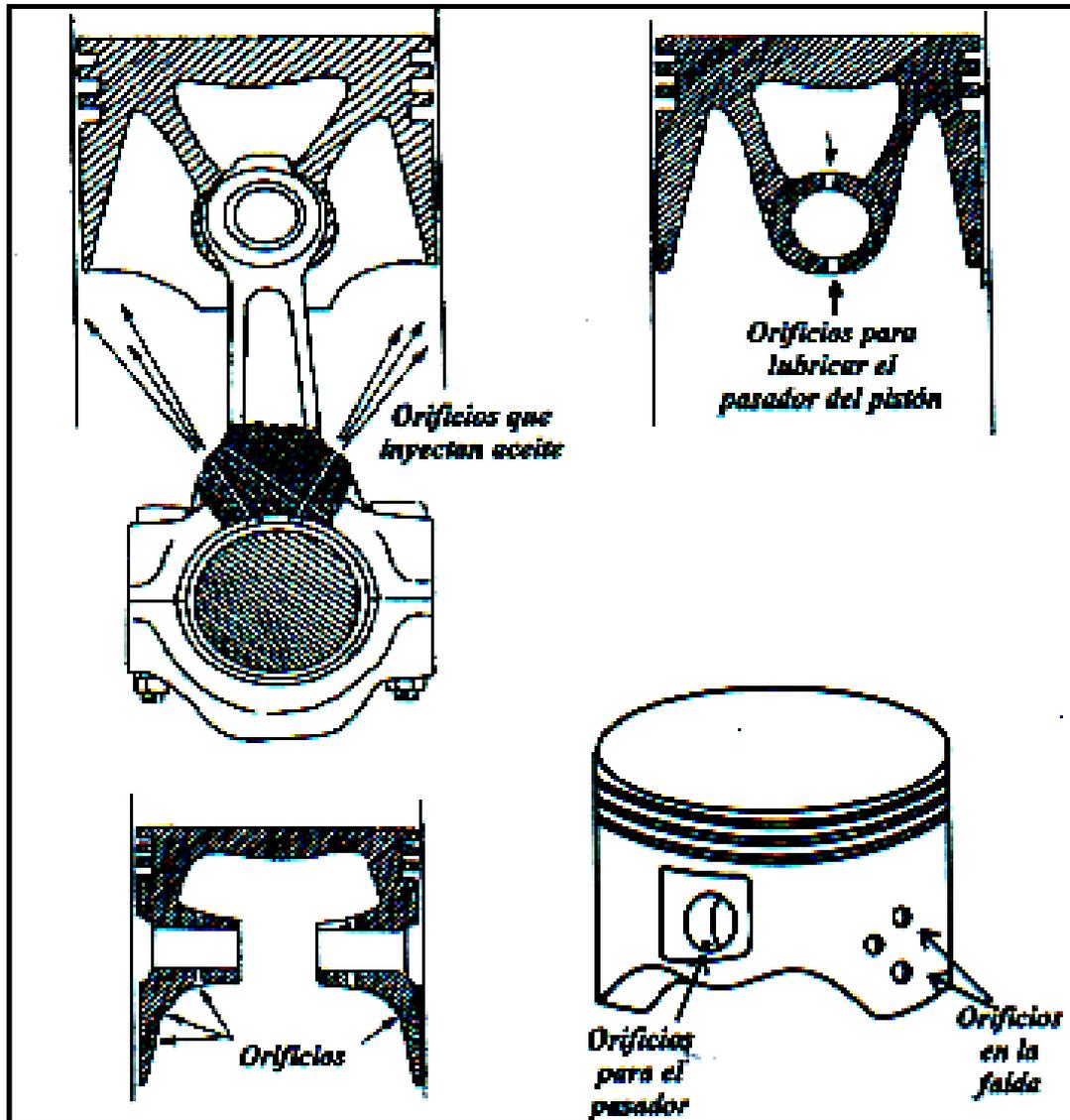
Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.55).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.2.5.- Lubricación en los pistones

Una modificación posible es perforar convenientemente en la falda del pistón, para que el salpique de la biela y el retorno de aceite de los anillos rascadores logren lubricar estas paredes de la falda, lugar más alejado de la lubricación y debido a que es la parte más cercana al cilindro.

Figura # 36 Lubricación en los pistones del motor



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.56).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.2.6.- Dilatación de los pistones

En los motores modificados para competencia se obtiene como resultado un aumento de presión y temperatura que deberán soportar los pistones, y por tanto su dilatación será mayor lo que hace necesario que la holgura entre el pistón y el cilindro sea mayor que lo normal.

2.2.3.- Los cilindros del motor

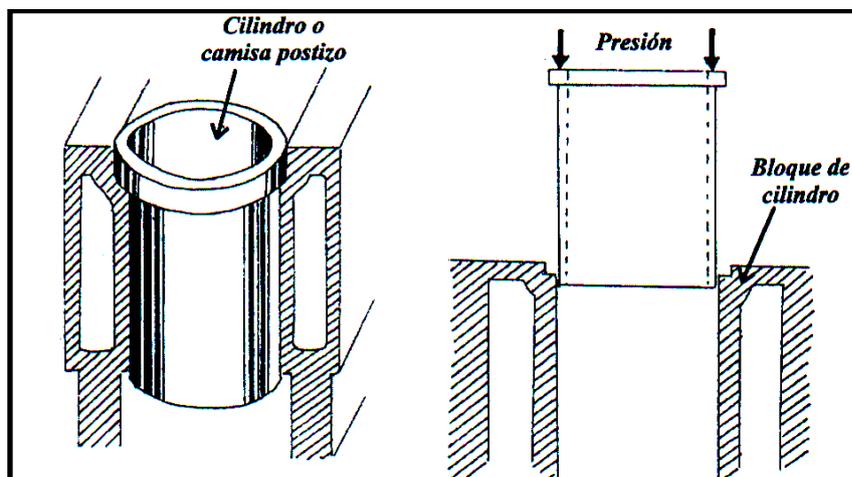
Como entendemos, el cilindro original de un motor es bastante difícil de cambiarlo, a menos que el bloque de cilindros este construido de camisas cambiables, porque al formar parte de la misma función del bloque, solamente se lo podrá mejorar encamisándolos o dándoles un tratamiento térmico, trabajos que solamente podrá realizar un taller especializado.

2.2.3.1.- Materiales

Se dijo que el material básico es la fundición de Hierro, material que por su costo obliga a un motor de serie a abaratarlo.

En el caso de mejoras, se podría utilizar camisas secas de altas aleaciones acaradas, que tienen características superiores al anterior, pero que requieren del maquinado de los oficios básicos del bloque, agrandándolos, para luego ingresar el cilindro postizo. En la figura se puede ver el proceso para encamisar un cilindro.

Figura # 37 Forma de encamisar un cilindro



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.59).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.3.2.- Rectificaciones y sobre medidas

Para Chilton – Limusa. (1987) “En una rectificación normal de un motor, cuando existe demasiado desgaste de sus cilindros, se requiere agrandar hasta la próxima sobre medida o hasta dos sobre medidas, dependiendo de la cantidad del desgaste que se ha presentado en el cilindro, para lo cual se rectifica la superficie, para luego “bruñirla”. (p.143)

La rectificación aproximada al diámetro del cilindro terminado, pero la bruñida la finaliza y le da el acabado y la medida exacta., además esto un buen bruñido alarga la vida de los anillos.

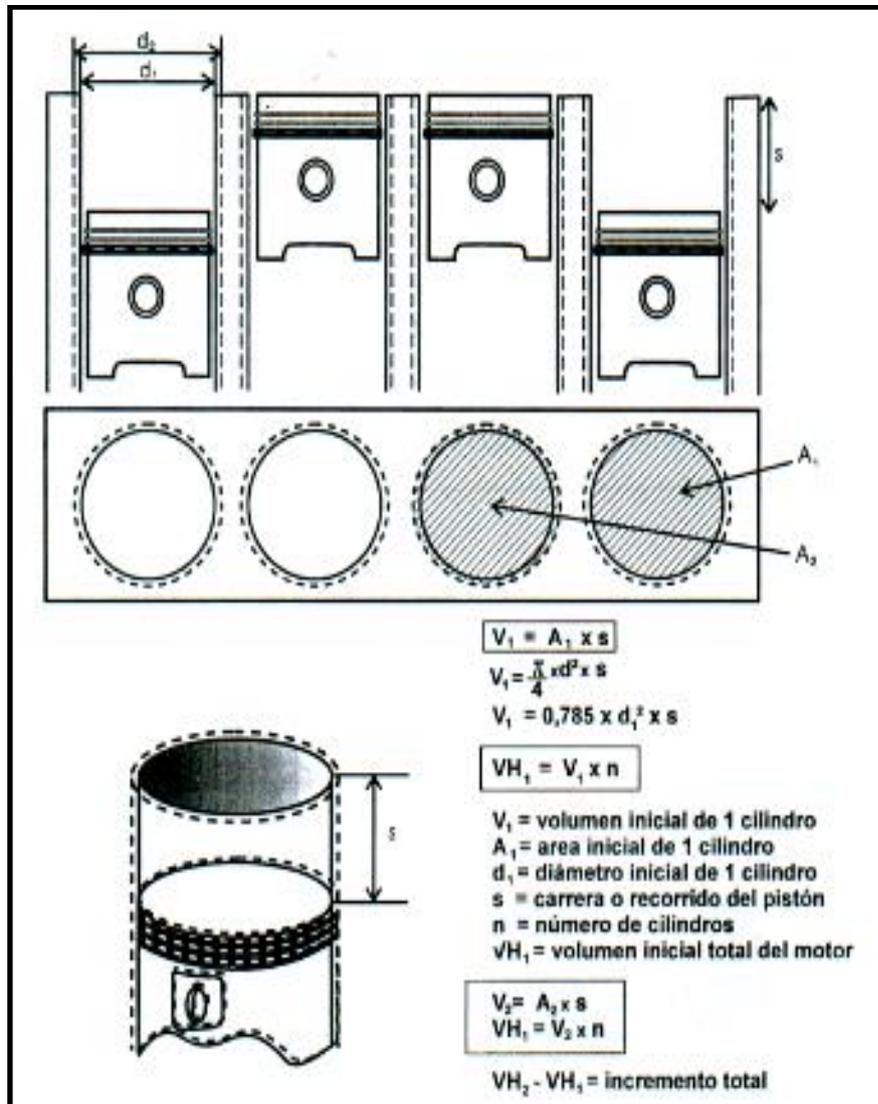
Generalmente se debería pasar de la medida estándar hasta 0.25 mm más que la medida original (0.010 plg.), luego a la segunda que sería de 0.50mm (0.020 plg.), a pesar de que existen constructores que llegan solamente a una segunda sobre medida y otros llegan hasta seis sobre medidas, todo esto dependiendo de la calidad, el diseño y la concepción de los materiales del bloque de cilindro.

2.2.3.3.- Ajustar el cilindraje del motor

Para Gil H. (2004) “Este procedimiento se lo debe realizar para llegar a un cilindraje o volumen total del motor determinado y exacto, es decir para obtener mayor potencia, pero sin sobre pasar las normas de una categoría, en el cual se limita en un cierto volumen máximo.

Es decir se puede lograr aumentar la potencia pero aumentando también el cilindraje del motor, pero esto se lo debe realizar solo si no desea conservar al motor de forma estándar , alteración que podría provocar que el motor no califique para una cilindrada original pero es posible realizarlo.” (p.127)

Figura # 38 Método para incrementar del cilindraje del motor



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.61).

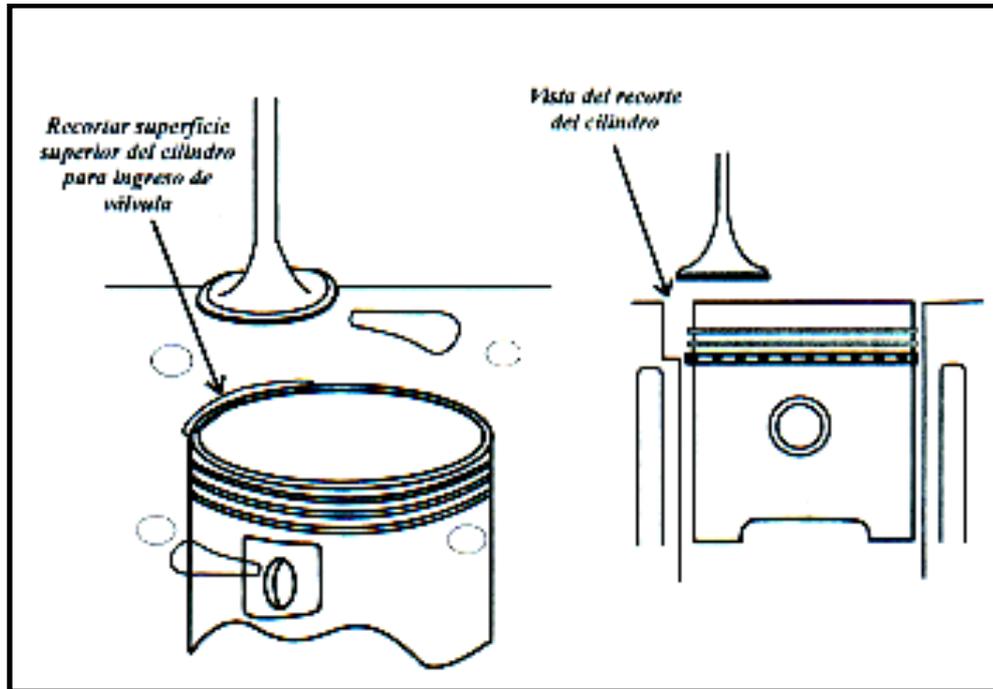
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.3.4.- Modificaciones en los cilindros

Una modificación que es posible dijimos es encamisar los cilindros, con camisas secas de mejor aleación, lo que da una mejor resistencia al desgaste. También es posible cromar los cilindros, para usar anillos de

pistón de material suave, pero este proceso, además de requerir un taller muy especializado, se lo debe realizar con mucho cuidado.

Figura # 39 Recorte de una sección del cilindro como alojamiento de la válvula



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.62).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.3.5.- Relación de compresión variada al modificar el cilindraje total del motor

Quando aumentamos el cilindraje total del motor, sin haber modificado la cámara de combustión en el cabezote, automáticamente aumentamos la relación de compresión, debido a que el volumen del cilindro es mayor.

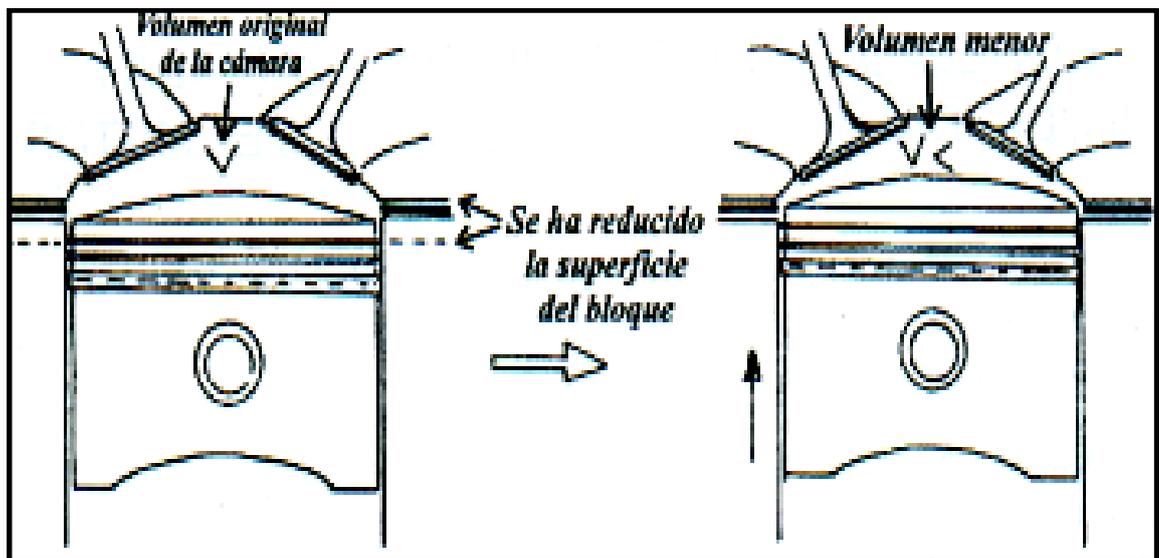
Quando esto sucede y no se requiere aumentar la relación inicial, es decir manteniendo la compresión original, de deberá agrandar la cámara en el cabezote, aumentar el espesor del empaque o utilizar un pistón de cabeza baja, cóncava o de menor penetración en la cámara.

2.2.3.6.- Relación de compresión aumentada con la rectificación de la superficie plana del bloque de cilindros

Este tipo de trabajo se puede realizar, teniendo mucho cuidado de que el pistón no choque contra el cabezote, ya que en la mayoría de motores el pistón “corona” al cilindro lo que significa que el canto superior del pistón, estando en Punto Muero Superior esta exactamente a la misma altura tope de los cilindros.

Por esta razón esta modificación deberá ser realizada con mucho de cuidado, teniendo en la mayoría de casos que modificar la cabeza del pistón, para evitar choque, sobre el cabezote y sobre el mismo empaque.

Figura # 40 Rectificación de la superficie plana del bloque de cilindros



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.64).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.3.7.- Lubricación de los cilindros

Una de ellas se indicó cuando hablábamos de las perforaciones en las faldas de los pistones, lo cual además de lubricarlos, no permitirá el

rozamiento contra los cilindros. Otra parte explicaba que en los canales de los anillos de aceite, los orificios o ranuras originales o modificadas modificaban la lubricación en la parte superior del pistón.

Como mejoras podemos también mencionar a los taladros realizados en los cuerpos de biela, a través de los cuales se inyecta un pequeño chorro de aceite hacia los cilindros.

Por último, el bruñido de los cilindros es un trabajo muy importante para permitir que el aceite, al quedarse en el ranurado cruzado, permita lubricar a los pistones.

2.2.3.8.- Refrigeración mejorada

Para Coello E., (2003), "Para enfriar mejor a los cilindros de un bloque modificado, es conveniente dar mayores facilidades al refrigerante (no solamente agua) para que permita una mejor circulación entre cilindros." (p. 65).

Para ello se necesita agrandar los conductos, quitar las aristas que se forman en la misma función, quitar en lo posible las rugosidades en los bordes de los conductos, tanto del bloque de cilindros como del cabezote.

2.2.4.- Bloque de cilindros

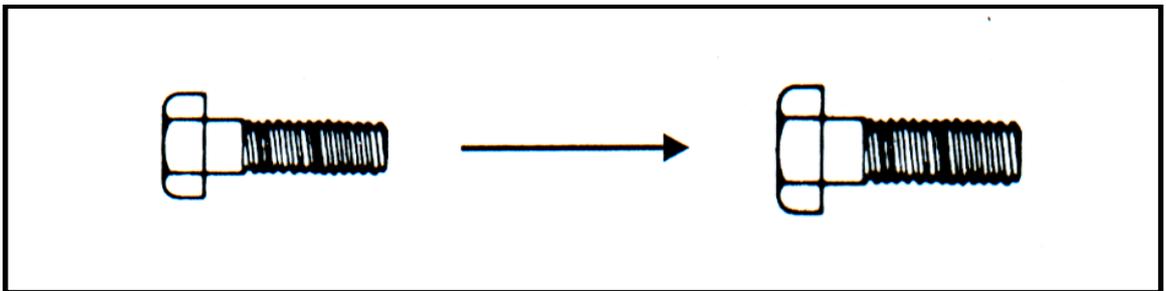
Vamos a analizar las partes que se pueden modificar, para luego verlo en conjunto, y así poder determinar qué efectos se logra mejorar en el motor como tal.

2.2.4.1.- Pernos y espárragos de ajuste

Como en el caso de los pernos y espárragos del cabezote, en el caso del bloque de cilindros, deberemos modificarlos de igual o similar forma, para compensar los mayores esfuerzos a los que los obligamos.

La intención es doble, es decir, mejorar las características de sujeción y alivianar en lo posible el peso de cada uno de ellos, lo que permitirá elevar el número de revoluciones del motor.

Figura # 41 Modificación de los pernos y espárragos de ajuste del bloque



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.67).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

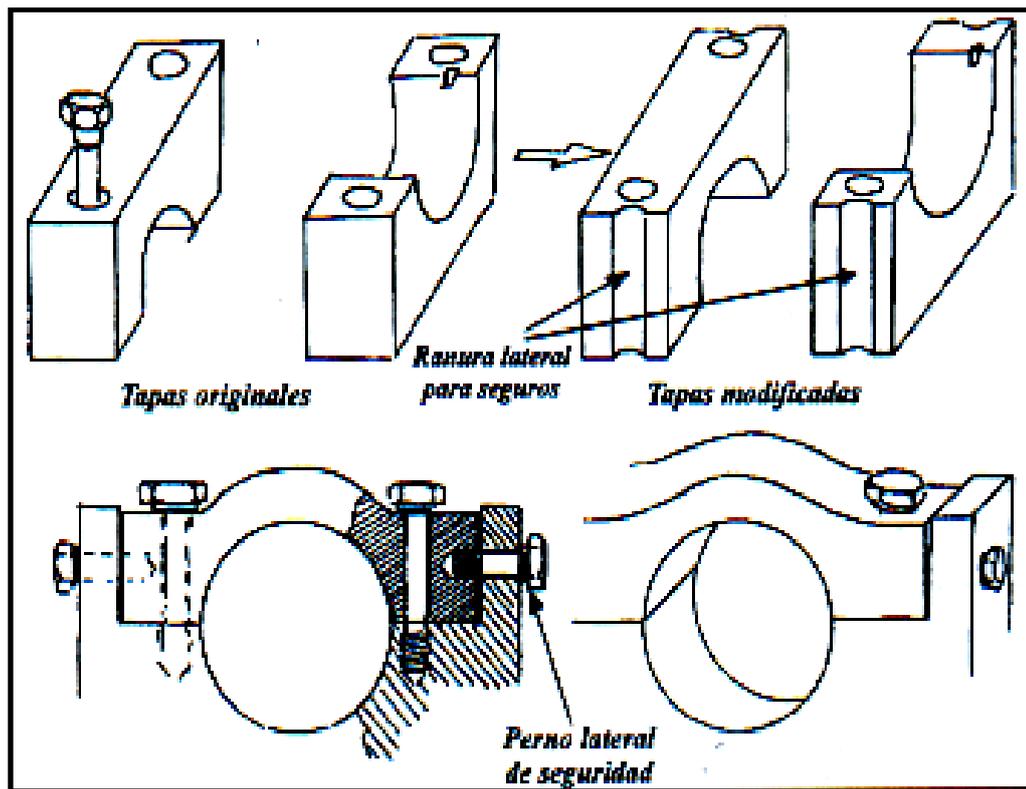
2.2.4.2.- Modificación de los pernos de bancada

Para Tobolldt J. (2001) "Los pernos son partes muy importantes en la sujeción de las partes del motor y poseen una cualidad en especial, la cual es que a medida que se aprieta un perno este se estira, debido a esto el material por el que esta compuesto debe poseer altas cualidades elásticas, pero esto también conlleva fatiga, por lo cual es indispensable que en cada armada del motor se utilicen perno nuevos." (p.87)

En un motor de serie, generalmente se los ha diseñado para que las tapas de bancada estén sujetas con un solo perno a cada lado, pero se

puede modificar esta estructura original, si instalamos pernos laterales de sujeción, que evitan movimiento lateral y deslizamiento de estas tapas, como lo podemos apreciar en la figura.

Figura # 42 Pernos y guías laterales en las tapas de bancada



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.68).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

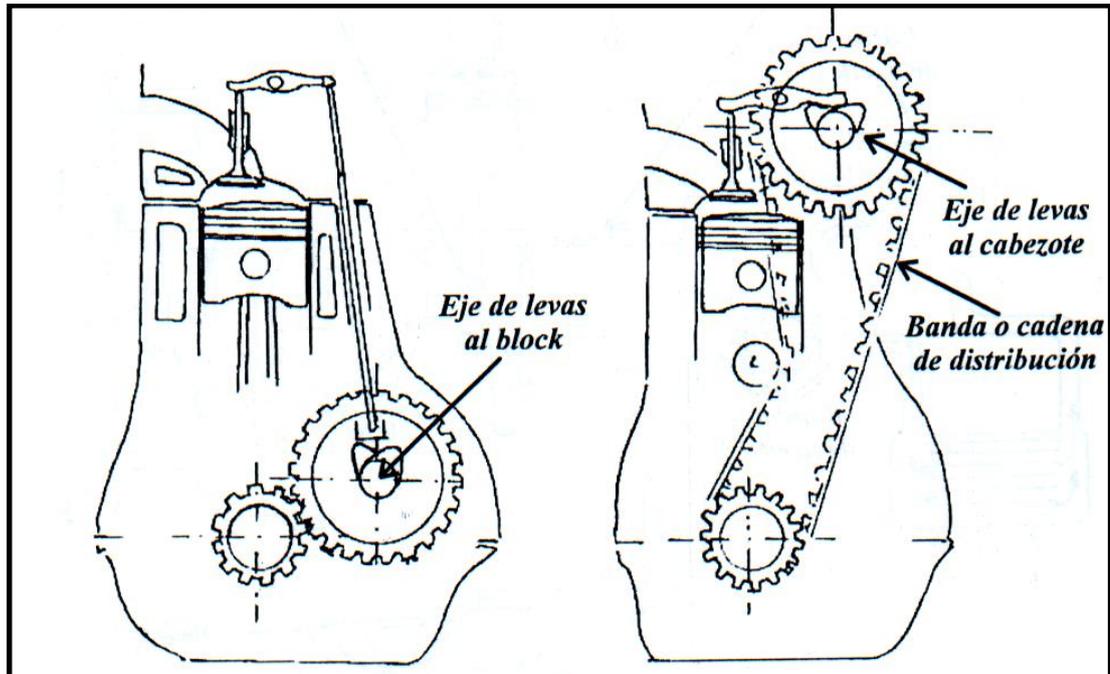
2.2.4.3.- Modificación de la distribución en su tapa delantera

Para Coello E., (2003), "Esta modificación requiere un buen estudio de posibilidades, ya que se trata de cambiar casi totalmente las características originales de diseño." (p. 68).

Se la puede realizar cuando se quiere cambiar un sistema de distribución de cadena por un sistema de banda dentada, para lograr alivianar pesos, para cambiar el comando del eje de Levas desde el

Bloque de cilindros al cabezote o simplemente para permitir mayor acceso al sistema.

Figura # 43 Variación en la distribución del motor



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.69).

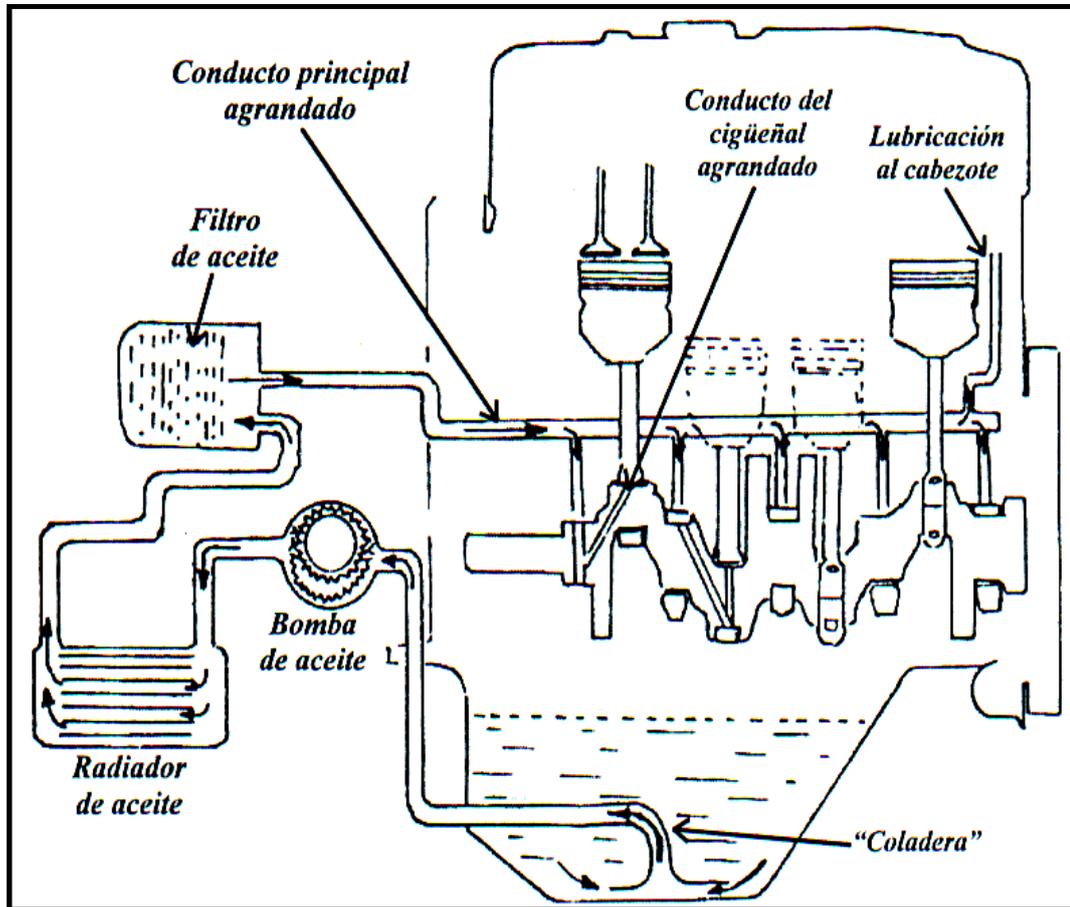
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.4.4.- Sistema de lubricación en el bloque de cilindros

Si el motor que está modificando deberá girar a mayor número de revoluciones, soportar mayor compresión en sus cilindros, mayor temperatura de funcionamiento, se requerirá también mejorar el sistema de lubricación de estas partes móviles, elementos de mayor importancia en el motor, para evitar desgastes prematuros.

Para ello se recomienda aumentar el tamaño de la bomba de aceite, el cual nos dará mayor caudal. Aunque los valores de presión se mantengan similares a los del motor original.

Figura # 44 Mejoras en la lubricación del bloque de cilindros



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.70).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

También se recomienda agrandar el conducto principal de alimentación desde la bomba de aceite hasta el conducto, puliendo las rebabas de la fundición, dando mayor facilidad al flujo de aceite.

Pero es importante tomar en cuenta la presión de salida de la bomba, y que este agrandamiento no afecte la presión y el caudal.

Por último, se puede agrandar convenientemente los conductos de distribución para los orificios de bancada, para que este lubricante llegue a ellos sin restricciones.

2.2.5.- Mejoras en el eje cigüeñal

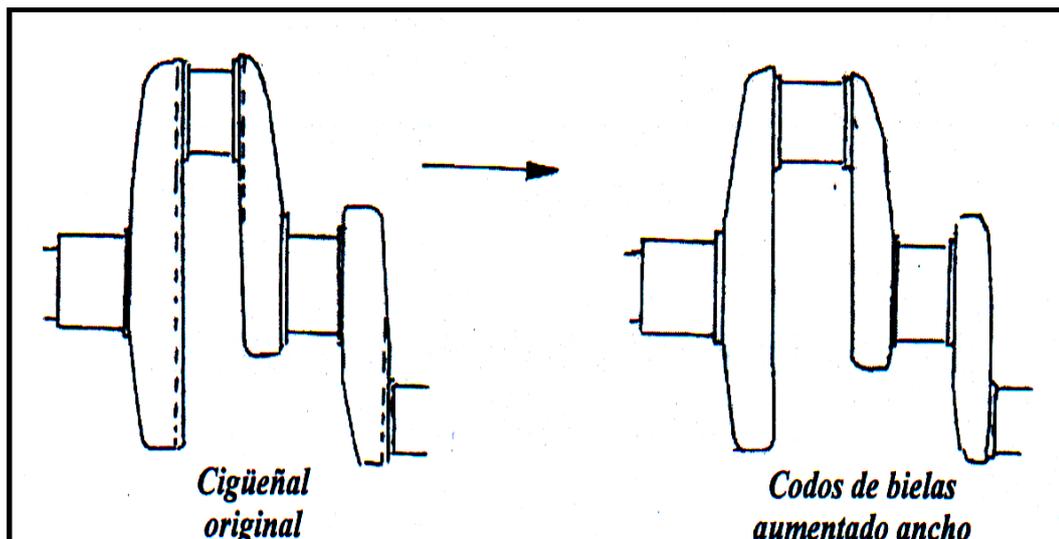
Es uno de los principales elementos de un motor, ya que el recibe toda la energía de la combustión a través de las bielas y las transporta por medio del volante de inercia al embrague, caja de cambios, diferencial y ruedas. Como es el eje principal motor, se debe dar una gran importancia a este eje en las modificaciones posible que se desee realizar.

2.2.5.1.- Codos de biela

Una modificación de las características originales es ensanchar el codo, para que la mayor compresión y revoluciones del motor tengan un mayor apoyo de la fuerza generada.

Por lo tanto será necesario rectificar esta superficie hacia los costados, teniendo la preocupación de mantener al final de las superficies planas un radio de curvatura, con lo cual se evitan las posibles fisuras.

Figura # 45 Ensanchar la superficie de los codos de biela en el cigüeñal



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.73).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

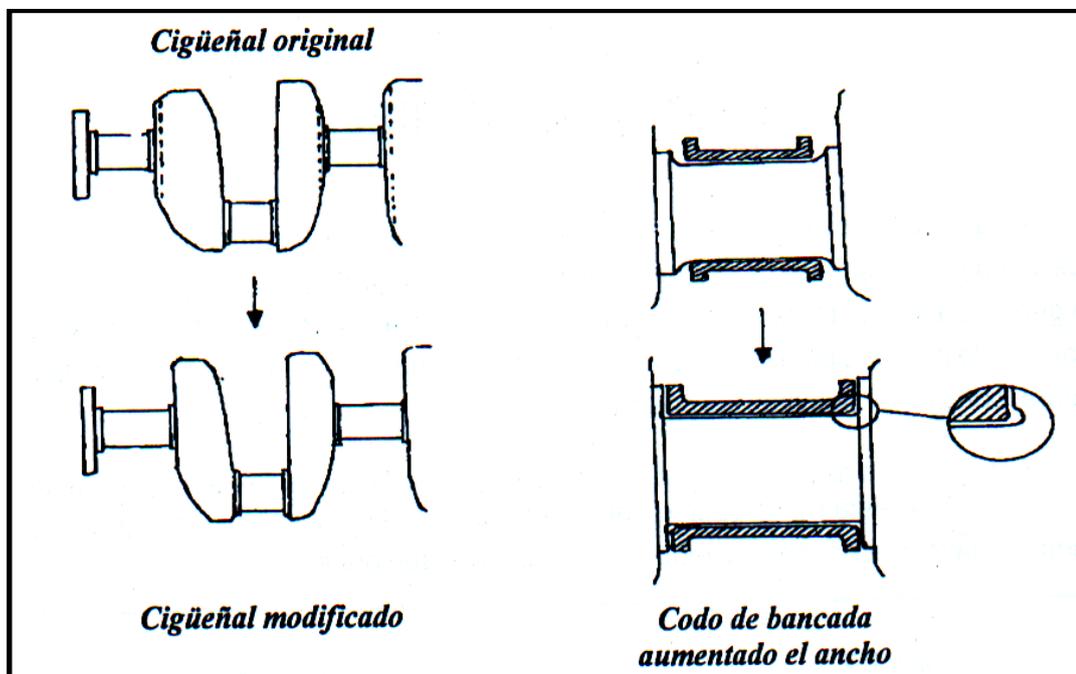
2.2.5.2.- Codos de bancada

Al igual que en caso anterior, se puede agrandar la superficie de apoyo de los codos de bancada del cigüeñal, con el mismo cuidado que en el anterior caso.

Pero para ello deberá ser necesario también que el bloque de cilindros tenga adicionalmente un mayor ancho de los apoyos, ya que no ser posible esta mejora, no estaríamos ganando nada con la modificación.

Otra modificación posible es instalar en los codos de bancada cojinetes con bordes laterales, lo cual compensa el juego axial del eje cigüeñal y mantiene en los cojinetes la presión de aceite de lubricación, sin manifestarse fugas del mismo.

Figura # 46 Ensanchamiento de los codos de bancada



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.74).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

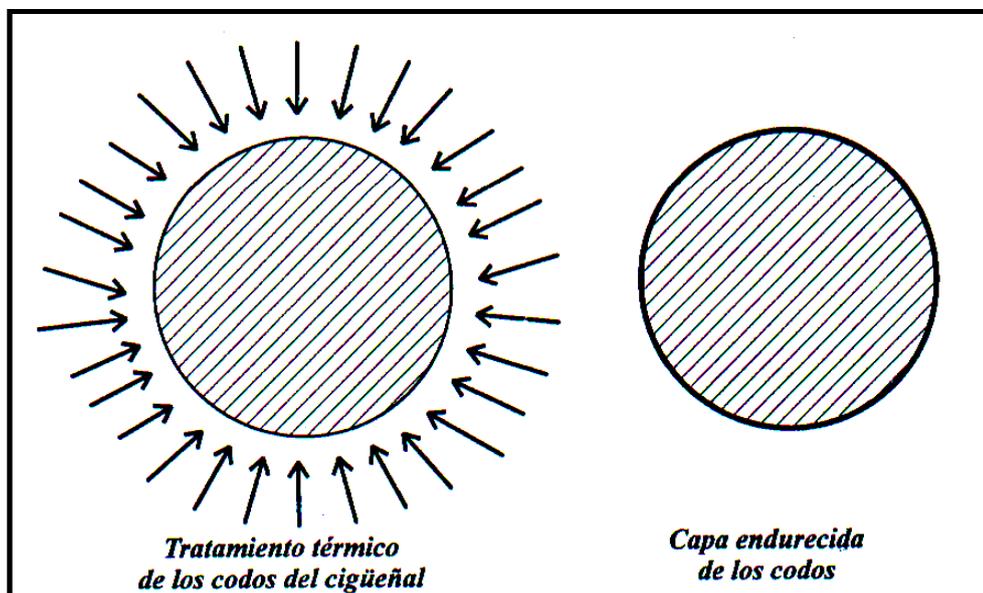
2.2.5.3.- Endurecimiento de los codos del cigüeñal

Para Coello E., (2003), "En casi todos los motores de serie, en el cigüeñal, por motivos de costos especialmente, sus codos de biela y bancada son solamente rectificados, luego de su construcción." (p. 74).

En un motor mejor concebido o de altas prestaciones, se da un tratamiento térmico a todos los codos, para que puedan soportar mucha fricción inclusive en las peores condiciones, es decir, altas temperaturas del aceite lubricante o con mala lubricación y altas revoluciones del motor.

Este endurecimiento de los codos se logra con un tratamiento térmico más complejo, el cual, además de ser costoso.

Figura # 47 Endurecimiento de los codos del cigüeñal



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.75).

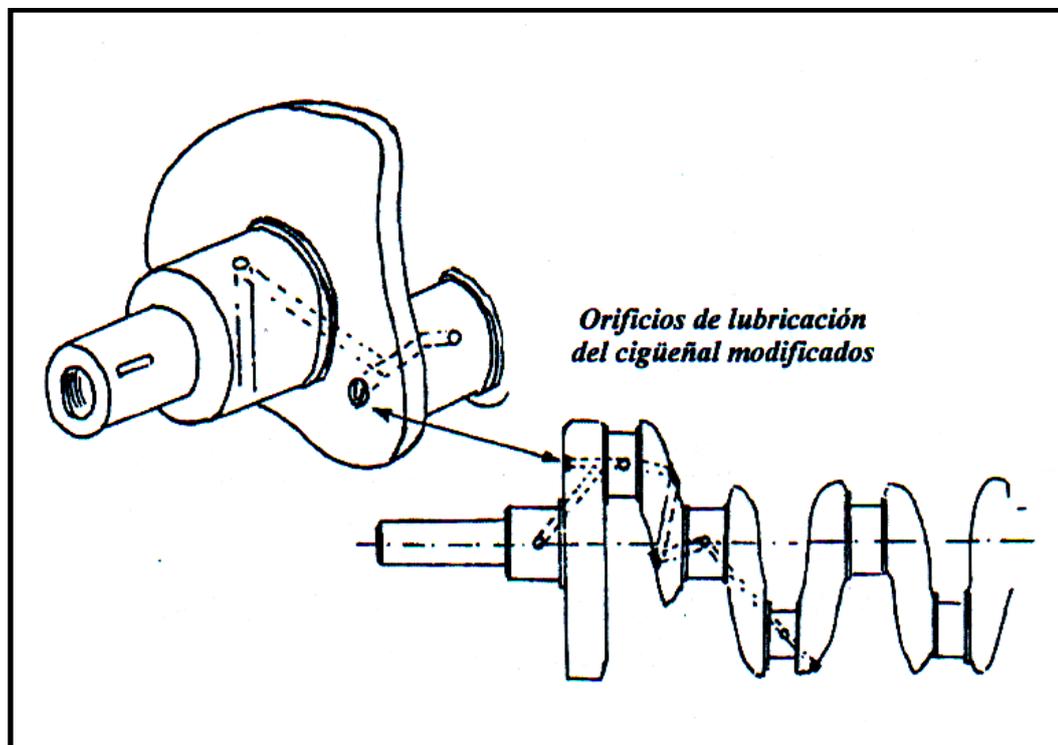
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Los costos de este tratamiento son demasiado elevados, razón por la cual, la aplicación del mismo se realiza solo en casos en los que el motor tendrá aplicaciones que puedan remunerar la inversión.

2.2.5.4.- Mejoras en la lubricación del cigüeñal

Se debe realizar un aumento en el diámetro de los conductos dentro del cigüeñal, un mejor “avellanado” de los inicios de los orificios de los codos y un control exacto de su buena comunicación con los codos de biela, ya que a través de los codos de bancada se llega el lubricante hasta los codos de biela.

Figura # 48 Mejoras en la lubricación del cigüeñal



Fuente: “Preparación de motores de competencia” Efrén Coello (2003). (p.76).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.5.5.- Sobre medidas y rectificaciones

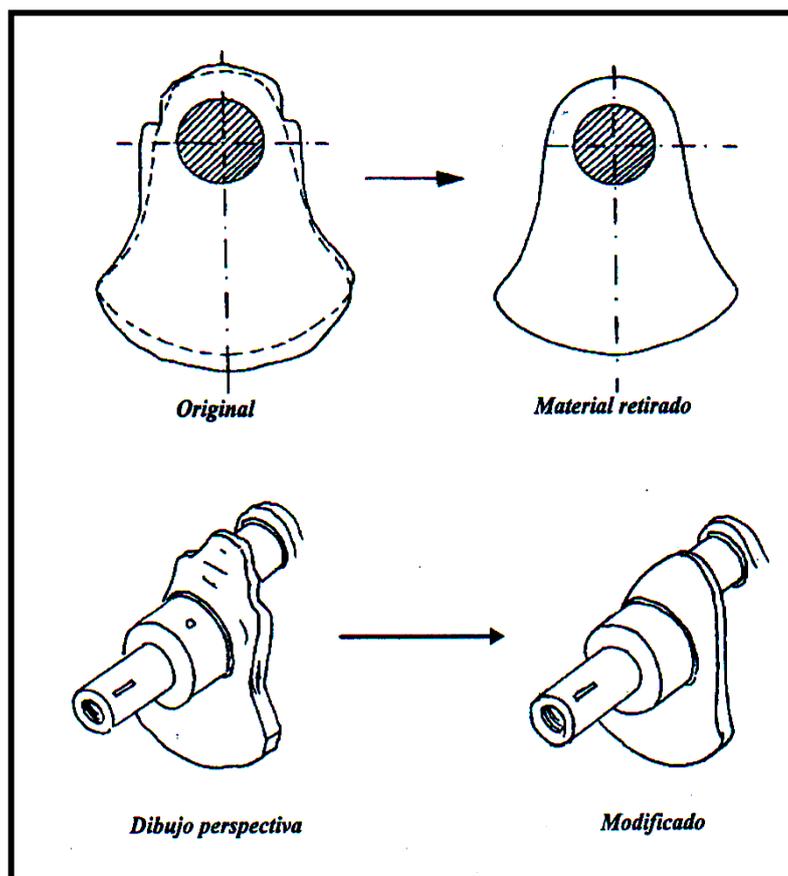
Cuando se hace necesario rectificarlo, es muy importante tener la medida exacta en los codos, para lograr mantener la exacta tolerancia con el cojinete. Cuando el cigüeñal es endurecido, la rectificación de los

codos va a retirar la capa de endurecimiento, con lo cual la buena resistencia se perdería; en estos casos no se recomienda rectificar las superficies.

2.2.5.6.- Alivianar los pesos del cigüeñal

A pesar de que el fabricante ha diseñado al cigüeñal para dar los mejores resultados, se puede alivianar su peso original, reduciendo con ello la inercia producida, elevando con esto el número de revoluciones. Para alivianarlo se necesita retirar el material, en especial de los contrapesos, pero para ello se requiere estudiarlo antes de proceder.

Figura # 49 Alivianado del cigüeñal



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Coello (2003). (p.78)

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

El tema del balanceo del cigüeñal es un tema muy importante, especialmente si se ha modificado sus pesos, ya que solamente una maquina equilibradora sería capaz de encontrar una diferencia entre los pesos del eje, independientemente que el trabajo haya sido muy bien realizado, puesto que el altas velocidades de giro del motor este peso excesivo destrozaría al motor.

2.2.5.7.- Balanceo y equilibrado del cigüeñal

Para Pérez A. (2004) “Como el eje del motor debe girar a muchas revoluciones, tanto en casos de un motor Standard y no se diga en un motor mejorado, en donde el número de revoluciones se incrementara notablemente.

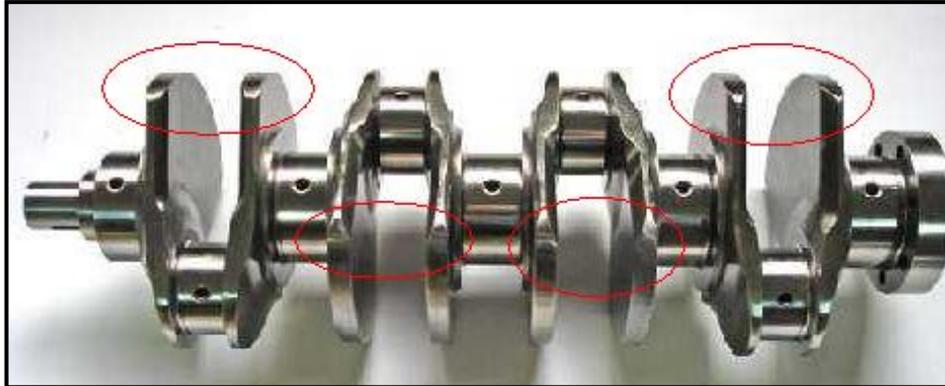
El balanceo o equilibrado del cigüeñal es importante, ya que si no lo está, se producirán vibraciones tremendas, capaces de dañar las partes móviles, evitando una buena lubricación, restando mucha potencia del motor mejorado.” (p. 99)

Para el equilibrado se debe utilizar una maquina especial, la cual logra detectar el exceso de material en algunas de las partes del eje o la falta del peso en otras.

Es recomendable balancear al eje cigüeñal primeramente y luego hacerlo en conjunto con el volante de inercia y el conjunto del embrague, así como la polea delantera del cigüeñal.

Al final se debe balancear todo el grupo y a las revoluciones en las que girará en el trabajo real, lo que evitará futuras fallas del cigüeñal y del grupo en general por efecto de vibraciones nocivas para la vida y desempeño del motor.

Figura # 50 Vista de los lugares de donde se retira material para balancear el cigüeñal



Fuente: “<http://www.mercadoracing.org/imagenes-anuncios/49/62059/ciguenyales-de->”

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.6.- Las bielas del motor

Para Gerschler S. (2005) “Es otro de los elementos muy importantes del motor, que es posible modificarlo, especialmente en lo que se refiere a su peso y a las mejoras en la lubricación, cuando se utilizan a las mismas bielas originales del motor, cuidadosamente diseñadas por su constructor, pero que se las puede “mejorar o perfeccionar”. (p. 156)

2.2.6.1.- Modificación de las bielas

Figura # 51 Vista de una biela forjada de competencia



Fuente:“https://suzukird1.sslpowered.com/62pro/catalog/images/suzuki_swift_forged_rods.jpg”

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Se debe retirar material de las bielas pero hay que tener en cuenta a los esfuerzos que está sometido cada sector de la biela, retirando lo indispensable, sin llegar a límites peligrosos, los cuales debilitarían su estructura original.

Adicionalmente, si se pulen las partes retiradas se puede lograr que la biela gire a mayor número de revoluciones, debido a su menor peso ya que evita resistencia al aire y al mayor peso de lubricante que se adhiere sobre su cuerpo en las partes de fundición original.

Figura # 52 Vista de los lugares donde se debe pulir la biela



Fuente: "http://1.bp.blogspot.com/_m6Meg1hRWdg/SYDaTcyhSLI/AAAAAAAAAAEU/B6-C9UWhJ7o/s320/kit-pistones-forjados-y-bielas-forjadas_3.jpg"

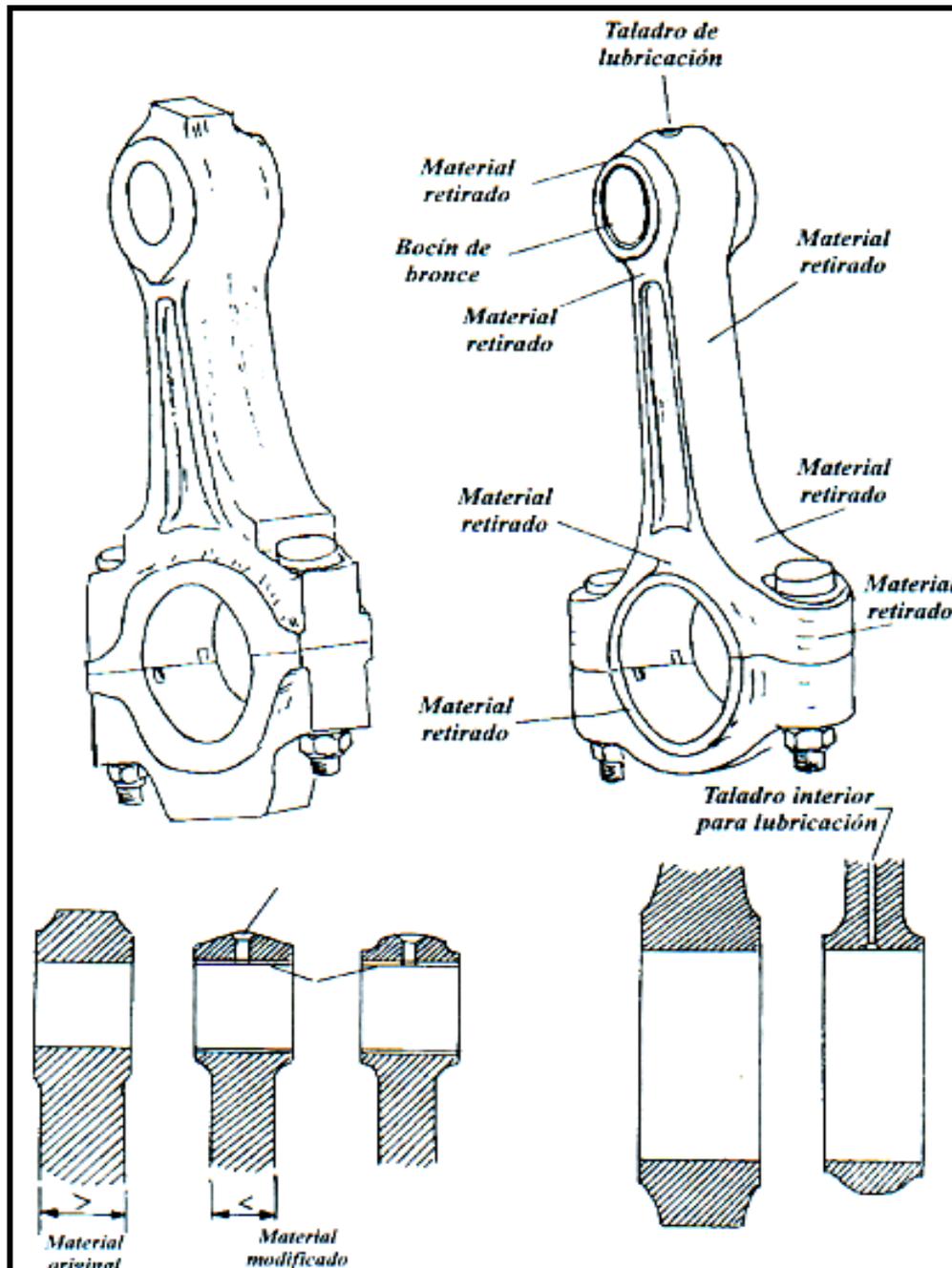
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

En los esquemas se puede ver la forma de retirar el material de una biela y los sectores apropiados en donde se lo puede hacer, viendo la diferencia entre una biela estándar y una biela modificada.

NOTA: Las modificaciones deben realizarse con un criterio técnico, ya que de no hacerlo, pelagra la vida del motor, inclusive en aceleraciones

normales, debido, en especial a que un motor modificado va a tener mayores índices de compresión, lo cual aumenta los esfuerzos en este elemento.

Figura # 53 Lugares de donde se obtiene la reducción del peso de la biela



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.83)

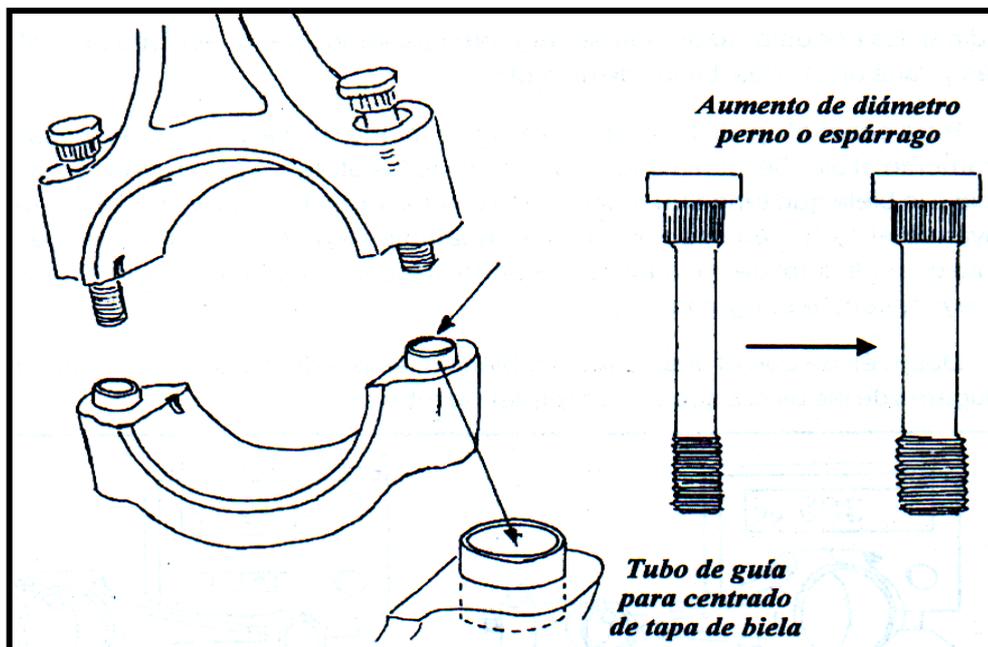
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.6.2.- Pernos y espárragos de la biela

Al igual que los pernos y espárragos de las bandas del eje cigüeñal o del cabezote, se pueden mejorar los espárragos y pernos de sujeción de las tapas de biela, con el objeto de reforzar.

Para ello se pueden utilizar pernos de mayor diámetro o de mejor calidad de acero, del utilizado estándar.

Figura # 54 Modificación de los pernos y espárragos de la biela



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.85)

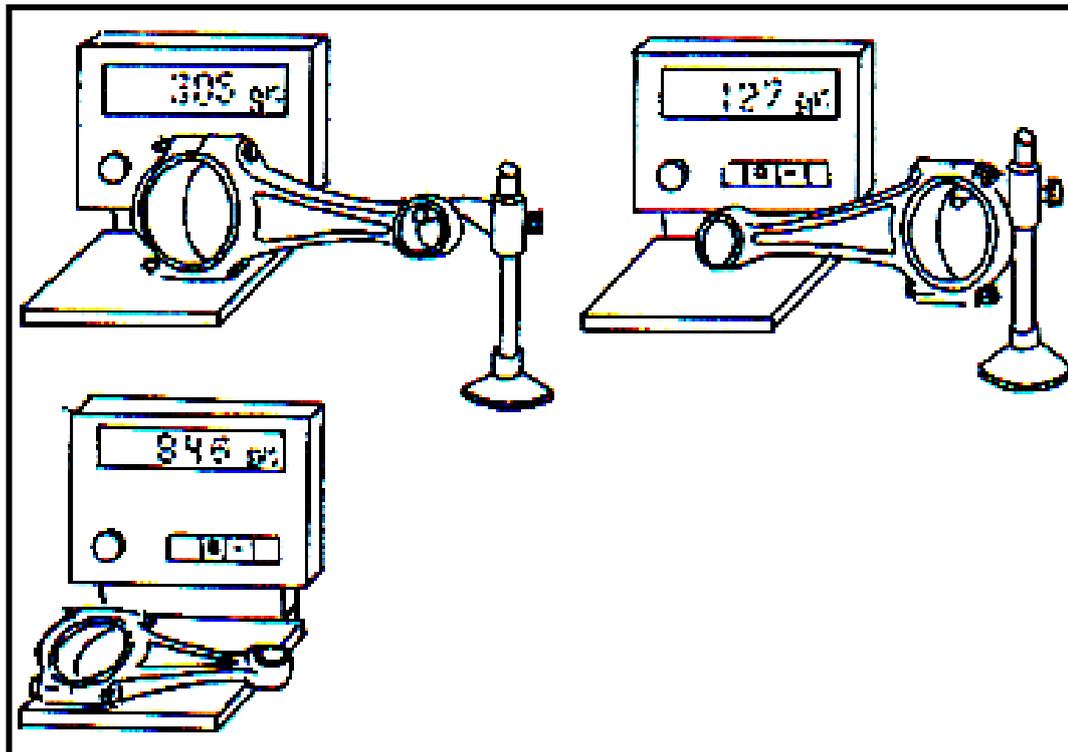
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.6.3.- Balanceo de las bielas

Después de realizar todos los trabajos de reducción de peso, retirando el material y puliendo las partes trabajadas, es imprescindible nivelar el peso entre bielas, es decir, pesándolas e igualando sus pesos.

Esta operación de igualar los pesos de las bielas se la debe realizar en tres etapas, la primera es ver el peso del ojo de la biela, luego el peso de pie de biela y finalmente el peso total, debiendo coincidir estos pesos lo más exacto posible.

Figura # 55 Igualar los pesos de las bielas y forma de pesar



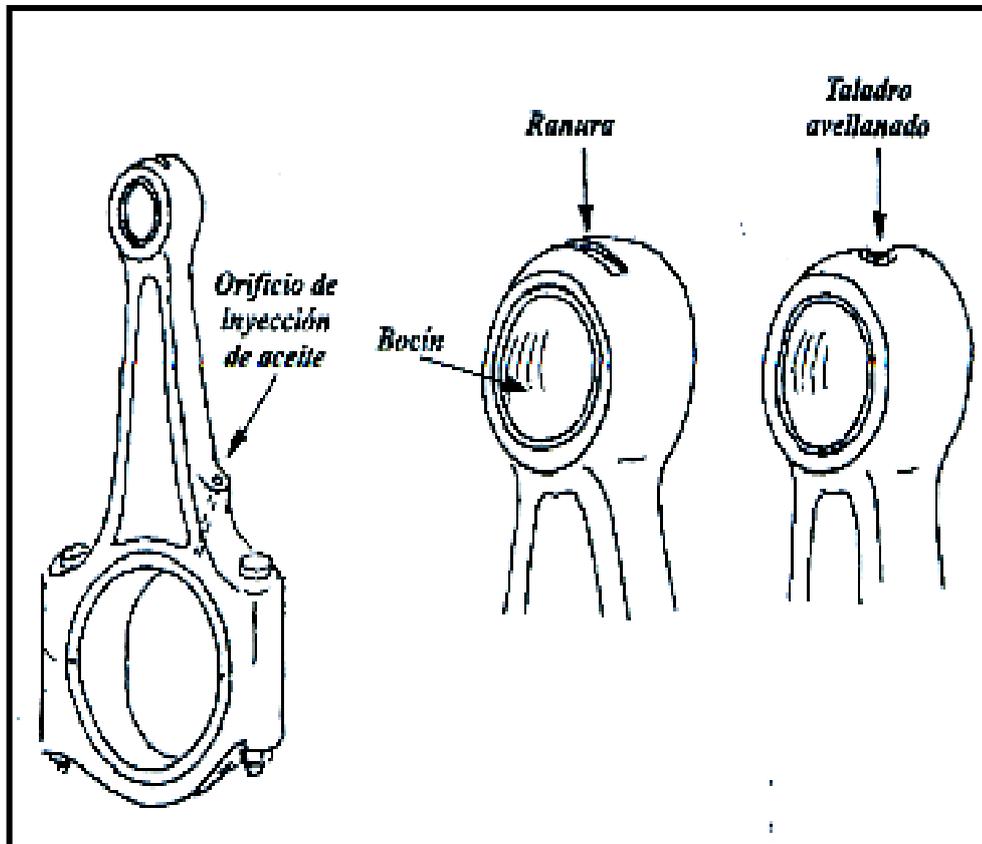
Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p.86)

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.6.4.- Lubricación de las bielas

Cuando hablamos de mejorar la lubricación de las bielas de un motor, podemos mencionar que es posible realizar un orificio en el ojo de la biela, para que el lubricante ingrese hasta el pasador del pistón y el bocín del ojo de biela. Este orificio se recomienda "avellanarlo" para que el lubricante que caiga del pistón logre insertarse en el.

Figura # 56 Lubricación en las bielas



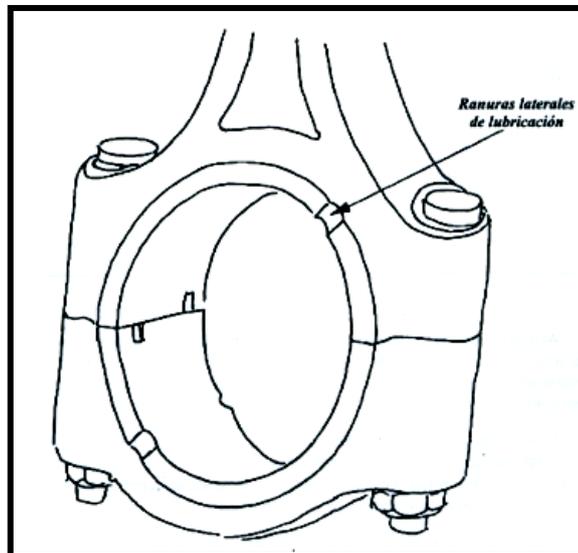
Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 87)

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

En el mismo ojo se puede instalar un buje o bocín de bronce, el cual le da gran facilidad de deslizamiento al pasador del pistón. Para ello es necesario agrandar el orificio básico e instalar el bocín con un buen ajuste, teniendo en cuenta el espacio para el lubricante y la compensación de la dilatación térmica.

Claro está que esto no se lo puede hacer a la ligera, sino que se debe investigar el material preciso del que se encuentra hecha la parte y de esta manera también investigar el coeficiente de dilatación para saber el comportamiento de la parte cuando se encuentre sometida en trabajo y condiciones extremas.

Figura # 57 Lubricación en las bielas



Fuente: "Preparación de motores de competencia"
Efrén Coello (2003). (p. 88).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.7.-El volante de inercia

Para Coello E., (2003), "Cada motor ha sido diseñado para un vehículo definido, con características de potencia, confort, consumo de combustible y otros parámetros importantes que han sido tomados en cuenta. Entre lo mas importantes esta la potencia del motor y el torque del mismo. (p. 89).

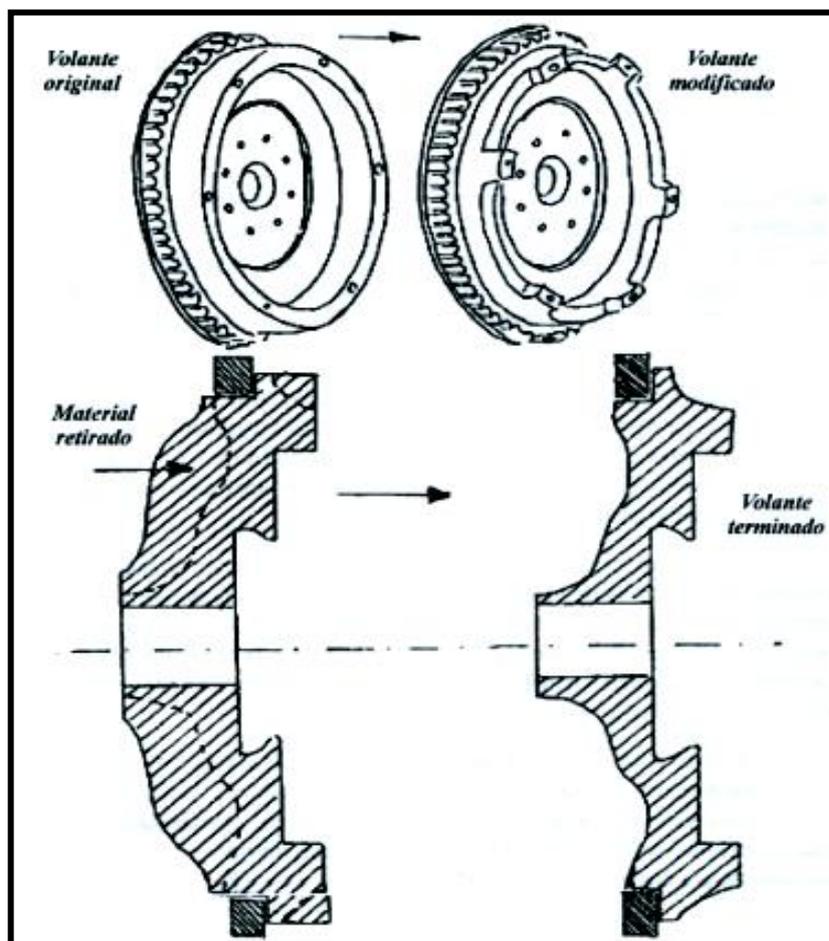
Cuando se modifica a un motor, se requiere aumentar su potencia, sacrificando posiblemente muchas desventajas, como son en este caso el buen torque del motor.

Como la intención es aumentar su potencia y ella se ve incrementada, entre otras cosas, por el incremento de revoluciones, se requerirá rebajar los pesos de las partes móviles del motor; el elemento indicado es el volante de inercia.

2.2.7.1.- Disminución del peso del volante

Para rebajar el peso del volante existe la posibilidad de tornearse la superficie posterior del volante, es decir la que nos sirve de apoyo de fricción del embrague, retirando tanto material que sea posible, para dejar un peso conveniente.

Figura # 58 Alivianar el peso del volante de inercia



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 90).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.7.2.- Rectificación del volante

Además de rebajar el peso en el caso de necesidad o de modificación, a veces es necesario, al igual que en el caso de un motor standard, rectificar la superficie de rozamiento del disco de embrague.

Es por esta razón que muchas veces, al no encontrar un plato de mayor dureza de sujeción del disco, especialmente cuando el motor que se ha modificado ha adquirido una buena potencia, se rectifica la superficie de apoyo del plato de presión un poco más que la superficie del disco, para dar mayor presión de soporte, evitando el patinaje durante el arranque con altas revoluciones.

2.2.7.3.- Balanceo dinámico con el eje cigüeñal

Como habíamos dicho anteriormente, el balanceo del volante deberá ser en conjunto con el cigüeñal, pero posterior al balanceo individual del cigüeñal. Para ello se identifica en la maquina el punto exacto del exceso de peso y se taladra convenientemente en el otro extremo, midiendo permanentemente el material retirado. Al final se balancea nuevamente, hasta llegar a una medida no mayor a 1 gramo de desbalance, lo que dará al motor una gran estabilidad de aceleración.

2.2.8.- Mejoras en el sistema de lubricación

Como cualquier modificación en un motor estándar cambia totalmente el número de revoluciones de trabajo, los esfuerzos mayores a los que está sometido, su lubricación debe ser por lo tanto mejorada.

2.2.8.1.- Bomba de aceite

Para ello se pueden montar una bomba de mayores dimensiones, pero cuando el espacio físico o su diseño no lo permiten, se puede optar por montar una bomba en otro lugar que el original.

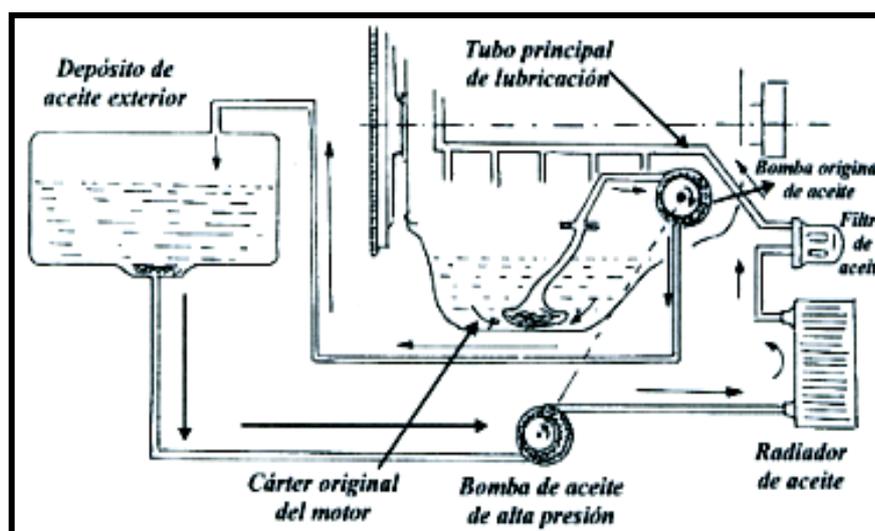
2.2.8.2.- Aumento del tamaño del cárter de aceite

Una forma adecuada de mejorar el sistema de lubricación de un motor modificado es aumentar el tamaño del cárter original del motor. Para ello se debe revisar los espacios disponibles, ya que al agrandarlo hacia la parte baja es una solución peligrosa.

2.2.8.3.- Carter seco

Es un depósito adicional de aceite, de donde toma aceite la bomba y la devuelve al mismo sitio garantizando así que en todas las condiciones el motor este lubricado.

Figura # 59 Sistema de lubricación por cárter seco



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 95).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.8.4.- El radiador de aceite

Para Remling L. (2004) “El radiador o enfriador de aceite no es más que un enfriador del aceite, por donde circula el aceite del motor. Este radiador debe estar ubicado en algún lugar conveniente en el vehículo, para que el aire de choque disipe la temperatura adquirida”. (p.207)

Figura # 60 Vista de un radiador de aceite del motor



Fuente: “http://www.llantas-ats.es/pics/oelkuehler/oelkuehler_1.jpg”

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.8.5.- Filtro de aceite

Es recomendable utilizar un filtro con una base exterior. Ya que permita su reemplazo más fácil y para ello se necesitara ubicarlo convenientemente, utilizando mangueras o cañerías de alta presión, preferiblemente flexibles para evitar recibir las vibraciones del motor y con ello una posible ruptura de ellas, así como las de radiador de aceite.

2.2 8.6.- EL MANÓMETRO DE PRESIÓN

Es recomendable que se utilice un manómetro de una escala amplia, en donde se detecte claramente cualquier variación de la presión.

Debería ser un manómetro de acción rápida, porque al no ser así, confiaríamos que cualquier mediada baja es por su diseño y no por la misma falta de presión, momento en el cual ya podría haberse ocasionado un daño considerable en el motor.

Figura # 61 Vista de un manómetro de escala amplia



Fuente: “<http://imgs.segundamano.es/images/519/51909551375.jpg>”

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2 8.7.- Aceites sintéticos

Generalmente los aceites diseñados para un vehículo de serie tienen buenas características lubricantes, suficientes para el trabajo que realiza el motor, pero si hemos cambiado estas características será necesario

utilizar aceites sintéticos, que han sido cuidadosamente fabricados para cumplir con estas extremas condiciones de trabajo.

2.2.9.- Mejoras en el sistema de refrigeración

Para Coello E., (2003), “Así como hemos modificado el sistema de lubricación del motor modificado, deberemos preocuparnos de mejorar algunos elementos de este sistema de enfriamiento. Principalmente será necesario analizar si los elementos estándar que han sido instalados en el vehículo, pueden soportar las nuevas exigencias del motor o si las deberemos mejorar, buscando la mayor eficiencia. (p. 99).

2.2.9.1.- Bomba de agua

Generalmente la bomba de agua del motor de serie está bastante sobredimensionada para su trabajo, de tal manera que no se requiere cambiarla como una parte imprescindible. La capacidad de arrastre de refrigerante es suficiente si sabemos que el motor tendera a girar a un mayor número de revoluciones que las anteriores de su modificación, por lo que se incrementara su capacidad.

Pero el alto número de revoluciones de giro podría más bien destruirla, por lo que se recomienda modificar la relación de transmisión de las poleas.

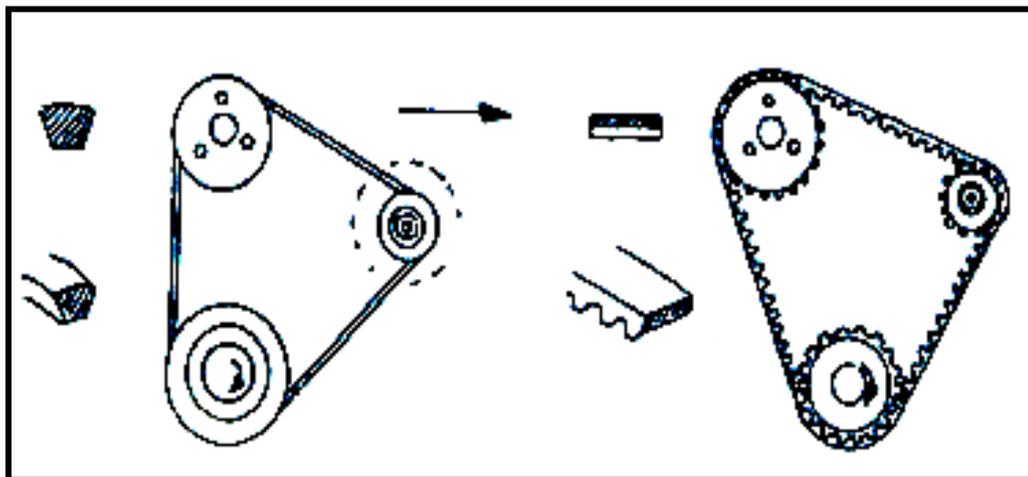
Es mejor revisar los conductos de entrada y salida de la bomba, para que no ofrezcan resistencia al flujo normal y sobredimensionado de este motor. Para ello se pueden pulir las paredes de los conductos o del bloque del motor en donde va alojada, así como el empaque de unión, quitando los bordes que dificulten el paso del refrigerante.

2.2.9.2.- La polea de la bomba de agua

Si calculamos el número de revoluciones máximas que deberá girar el motor y si calculamos la relación de transmisión de las poleas originales, nos daremos cuenta que la bomba, además de girar a un mayor número de vueltas, para las cuales no ha sido diseñada, también nos ofrecerá mayor resistencia. Habíamos dicho que generalmente la bomba está sobredimensionada en su capacidad de circulación de refrigerante, por lo que se gira a mayores revoluciones no hemos logrado mayor beneficio.

Por ello se recomienda aumentar el diámetro de la polea de la bomba de agua o reducir el diámetro de la polea motriz, que en este caso puede ser la polea del cigüeñal, para que con un buen cálculo, podamos llegar a las mismas revoluciones que daría en un motor estándar, sin ofrecer mayor resistencia en motor.

Figura # 62 Polea de la bomba de agua



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 100).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.9.3.- Mejoras en el radiador de agua

Para S.A. Mecánica Aplicada (2005) “Cuando se realizan modificaciones en el motor, su temperatura asciende peligrosamente, siendo incapaz muchas veces el radiador de disiparla convenientemente, por lo que se hace indispensable incrementar esta superficie de enfriamiento o simplemente mejorar su diseño.

Para ello se recomienda sobredimensionar al radiador. Para que este sea capaz de disipar rápidamente la temperatura de trabajo del refrigerante, producida principalmente por la alta compresión y el número elevado de revoluciones del motor modificado.

Adicionalmente se recomienda utilizar radiadores de disipadores de aluminio, incrementando también el número de panales o tubos de circulación del radiador, ya que este material es mejor disipador técnico, desplazando al radiador de tubos de bronce”. (p.157)

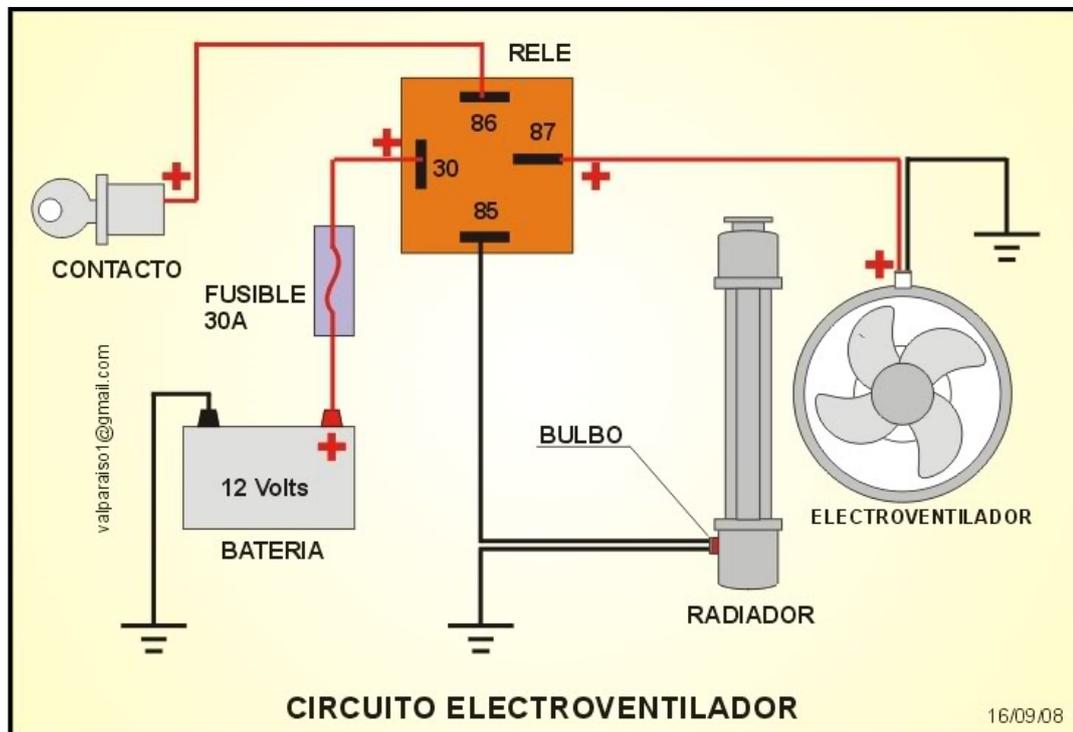
2.2.9.4.- Mangueras del refrigerante

Se puede pensar en mangueras flexibles de mayor diámetro, de mayor resistencia y blindaje, tratando de que estas tengan una curvatura muy discreta, evitando las curvas muy pronunciadas.

2.2.9.5.- El sistema del ventilador

Si el vehículo ha sido diseñado con un ventilador mecánico que gira en conjunto con la polea de la bomba de agua, por ejemplo se puede reemplazarlo como un electro ventilador, ya que este no frena al motor de forma directa, y puede usar un espacio razonablemente reducido.

Figura # 63 Instalación eléctrica de un electro ventilador



Fuente: "<http://media.photobucket.com/image/electroventilador/Valparaiso1/mix%20para%20el%20foro/circuitoventilador-1.jpg>"

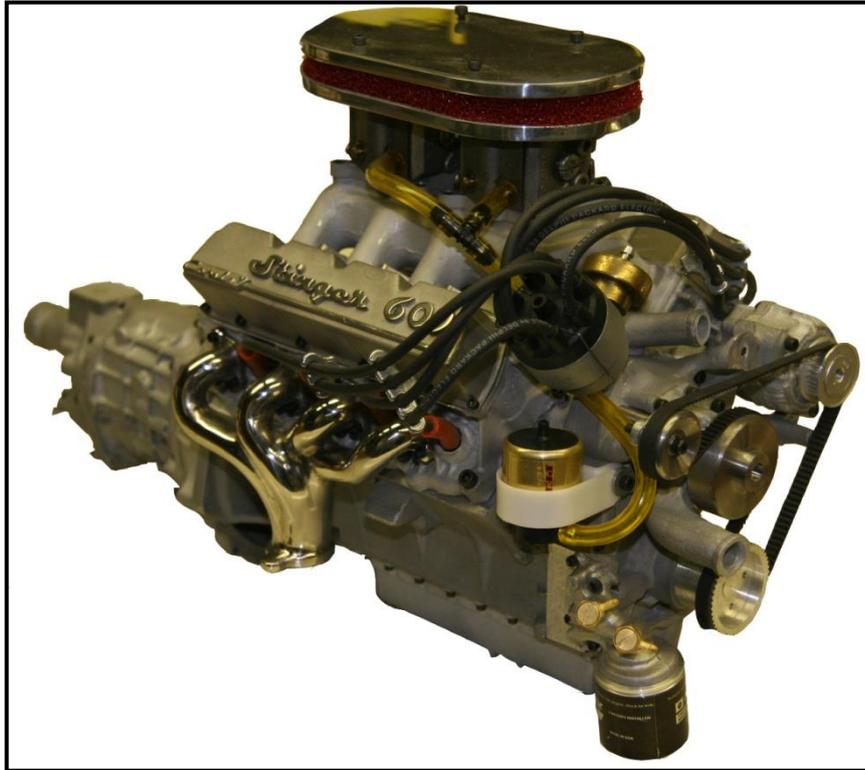
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

El uso del electro ventilador también ayuda a que el motor tenga menores resistencias a al giro ya que en ciertos modelos este gira solidario al cigüeñal, todo el tiempo y en este caso solo cuando es necesario.

2.2 .10.- Mejoras en el sistema de encendido

Además de todas las mejoras del motor y otras que aun no las hemos analizado, es conveniente mejorar el sistema de encendido del vehículo, especialmente cuando su diseño original lo requiere o simplemente porque su sistema original era muy sencillo.

Figura # 64 Vista de un Motor provisto de sistema de encendido electrónico



Fuente: "<http://www.conleyprecision.com/graphics/1August/6%20copy.jpg>"

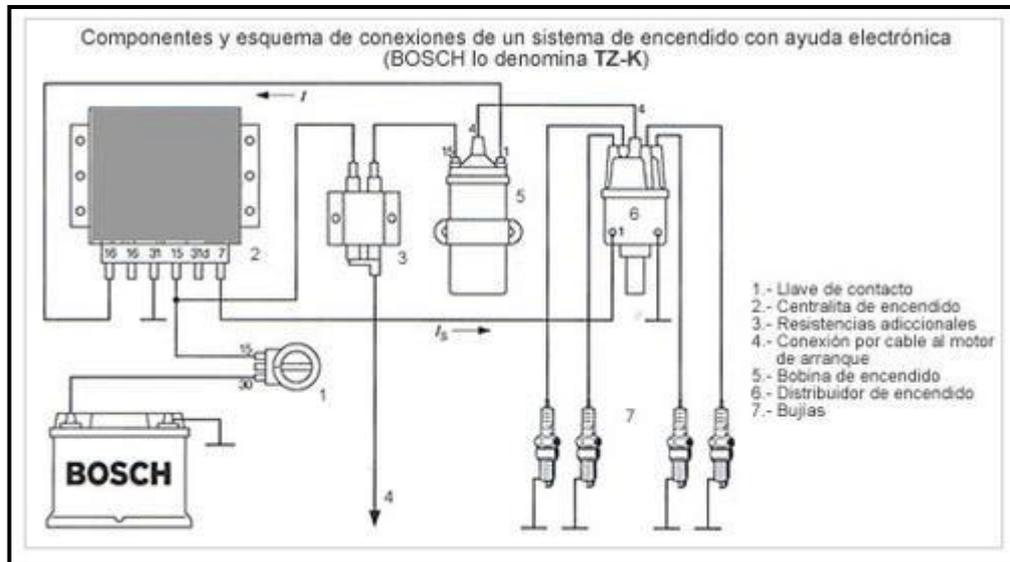
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.10.1.- Sistema de encendido electrónico

Si el motor original ha sido diseñado con un sistema de encendido por contactos o platinos, será indispensable instalarlo con un sistema de encendido electrónico, ya que sus características ofrecen una gran seguridad de funcionamiento.

Además la fiabilidad no tiene punto de comparación ya que como es sabido el sistema de encendido electrónico casi no necesita ningún tipo de mantenimiento, lo que garantiza que la fiabilidad es superior que el de contactos.

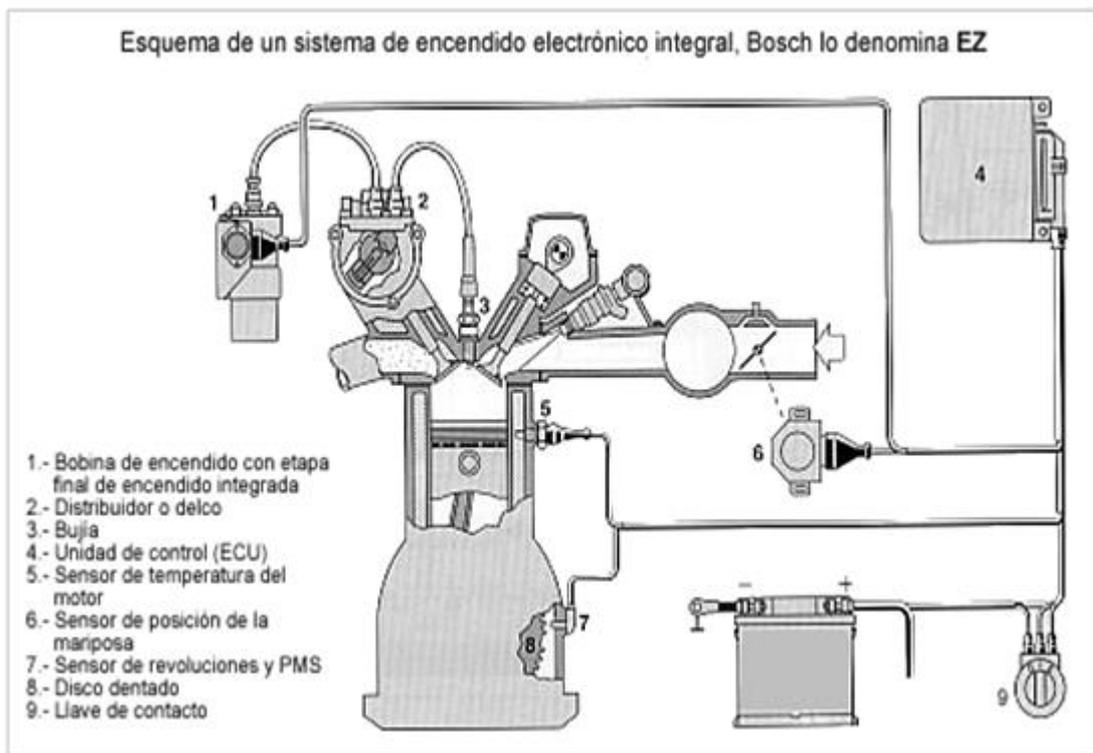
Figura # 65 Esquema de un sistema de encendido electrónico



Fuente: "http://spd.fotologs.net/photo/45/17/37/solomecanica/1152723624_f.jpg"

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Figura # 66 Sistema de encendido con inyección electrónica



Fuente: "<http://mecanicavirtual.iespana.es/INDEX.HTM>"

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.2.10.2.- Las bujías de encendido

En un motor de serie se utiliza una bujía que es suficiente para su buen desempeño pero en un motor modificado hay que analizar estas modificaciones para instalar las bujías que se acomoden a estas, por lo que se requerirá buscar el grado térmico adecuado, el mejor material existente, como por ejemplo electrodos de aleación de oro y platino.

2.2.10.3.- Mejoras con la bobina de encendido

Al igual que en caso de las bujías, el escoger una bobina adecuada que produzca la mayor alta tensión, que sea capaz de quemar la mezcla aire – combustible en la cámara de combustión es un asunto muy importante.

2.2.10.4.- Los cables de bujías

También los cables de alta tensión son elementos reemplazables en un sistema mejorado de encendido, los cuales tienen mejores características y mayor fiabilidad que los instalados en vehículo de serie.

Es recomendable reemplazar los cables originales del motor por cables de Nylon y especialmente cuando el equipo original tiene los cables de hilo único de alambre.

2.2.10.5.- Adelanto del punto de encendido

Cuando mejoramos al sistema estándar o si instalamos un sistema sofisticado se debe modificar los grados de avance del punto de encendido, de acuerdo al incremento de las revoluciones especialmente,

a pesar de que en el momento se toman en cuenta muchos otros parámetros, como los que mencionamos hace un momento.

2.2.11.- El sistema de alimentación del motor

Cada vehículo de serie ha sido diseñado con algún sistema de alimentación, el cual puede ser con un carburador sencillo, de doble boca o de cuatro bocas, es decir dos carburadores dobles alojados en un solo cuerpo, o sencillamente por un sistema de inyección mecánico o electrónico.

También hay que tomar en cuenta que cada constructor piensa en ahorro para instalar cualquier sistema en el motor.

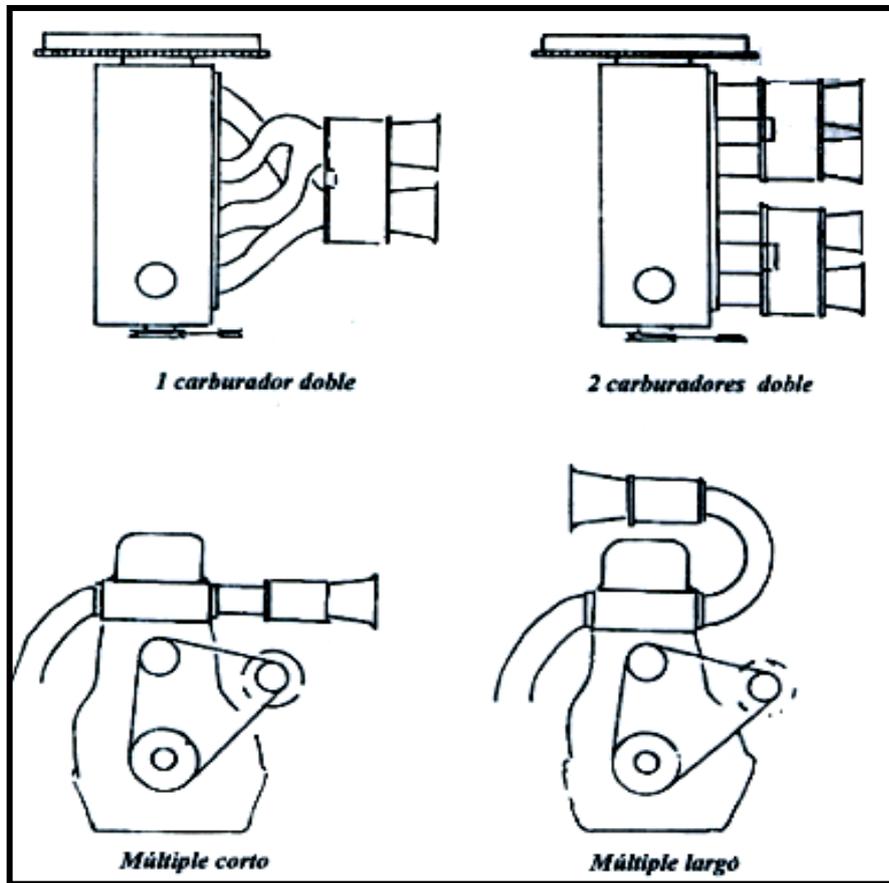
Es por esto que al modificar un motor, este ahorro no es lo más importante, si decimos obtener una gran potencia, ya que se requiere optimizar el sistema de alimentación, sin importar mayormente los costos de un sistema y de la instalación.

2.2.11.1.- El sistema de alimentación del motor por carburadores

Se han diseñado algunos sistemas en los cuales un carburador se lo instala para que alimente a un par de cilindros, por ejemplo, o también a un carburador doble para que cada boca del este alimentado a un cilindro, lo que convertiría al sistema en carburadores individuales.

La mejor opción sería si cada cilindro tuviera un carburador individual, pero su instalación, sus costos y su complejidad en calibrarlos serán mayores también, ya que se podría sentir en el funcionamiento global del motor el desempeño de cada uno de forma individual.

Figura # 67 Motor con uno y dos carburadores dobles



Fuente: "Preparación de motores de competencia" Efrén Coello (2003). (p. 115).

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

2.11.2. Sistema de alimentación por inyección electrónica

Los motores modernos se encuentran provistos de sistemas de inyección electrónica, los cuales como es de dominio público son los encargados de dosificar el combustible de acuerdo a las necesidades del motor y a las exigencias del piloto, para lo cual poseen un procesador o computador ECU que se encarga de realizar el cálculo del combustible a ser inyectado.

Por tanto en un motor modificado que por razones antes expuestas necesitará ser sobre alimentado de combustible ya que se ha mejorado la

admisión de aire, y también es de dominio común que la potencia es directamente proporcional al consumo de combustible, es decir para lograr elevar la potencia del motor, es también necesario elevar la cantidad de combustible que ingresa al mismo.

Por tanto pensando en este particular los constructores de motores han diseñado para este fin computadores capaces de ser reprogramados, o reprogramables, que permitan insertar las condiciones de cantidad de combustible que el motor requiere, no está demás mencionar que su costo es un tanto elevado y que su programación debe ser realizada por expertos.

Pero para los motores con computadores de fábrica, es posible realizar ciertos trabajos que permiten aumentar el caudal del combustible inyectado, y avanzar el tiempo de encendido, lo cual es requerido para un motor modificado, esto se puede realizar, avanzando el disco reluctor o en general todo lo que indique la posición del cigüeñal a la ECU.

2.2.3.- Resumen Capitulo II

Este capítulo se trata sobre la recopilación de todos los pasos aconsejables para realizar una meticulosa y efectiva preparación de un motor de combustión interna en serie para elevar la potencia del mismo, por lo cual los pasos o directrices son estrictamente de carácter técnico práctico, claro está que los resultados se debe comprobar sobre un banco de pruebas o un dinamómetro para ser exactos y emitir conclusiones acerca de los trabajos y cálculos realizados.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación.

La investigación que se llevó a cabo fue de naturaleza:

- Tecnológica - práctica

La tecnología es el principal sendero por el que transitó la presente investigación, ya que el objeto de la misma concibe un fin tecnológico, con resultados que contribuyen a innovaciones tecnológicas, lógicamente la evaluación de esta tecnología es netamente práctica, por ende se conjuga la tecnología y la practica en busca de un mismo fin.

3.2 Métodos.

En el siguiente cuadro se detallan los métodos y técnicas de la investigación acordes con los objetivos planteados.

Tabla Nro. 1 “Marco Metodológico”

ETAPA DE INVESTIGACIÓN	MÉTODOS	TÉCNICA	RESULTADOS
ESTUDIAR LAS BASES TEÓRICAS Y CIENTÍFICAS SOBRE LA POTENCIACIÓN DE MOTORES	Analítico - sintético lógico	Análisis documental y bibliográfico	Construcción de un marco teórico sustento para el estudio de la tesis.

REALIZAR UN DIAGNÓSTICO SITUACIONAL QUE PERMITA DETECTAR LOS PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL MOTOR SUZUKI G16B 16V. 1.6Lt. MPFI”	Analítico - sintético	Análisis - Pruebas en dinamómetro	Diagnostico del estado actual del motor Suzuki G16B 16v. 1.6lt. MPFI”
PLANIFICAR LAS ACCIONES A TOMAR PARA CONSEGUIR QUE EL MOTOR SEA ESTÁNDAR	Estudio Inductivo-deductivo Comparativo	La lógica e intuición	Motor Suzuki G16B 16v. 1.6lt. MPFI” estándar
PLANIFICAR Y APLICAR LAS MODIFICACIONES PARA ELEVAR LA POTENCIA DEL MOTOR SUZUKI G16B 16V. 1.6Lt. MPFI	Analítico	Aplicación sistemática teórica - práctica	Motor Suzuki G16B 16v. 1.6lt. MPFI, elevada la potencia
VALIDAR APLICACIÓN, CON CATEDRÁTICOS FECYT - UTN		Criterio de e Catedráticos FECYT - UTEN	Validación de la propuesta

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

3.3 RESUMEN CAPITULO III

En este capítulo se analizó y planificó los métodos y procedimientos, previos a realizar, para alcanzar el objetivo propuesto que es el de elevar 5% la potencia del motor Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt. MPFI.

4.2 Recursos

Humanos:

- Un director de Tesis
- Dos Tesistas

4.3 Gastos

Tabla Nro. 2 Gastos realizados

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Valor Unit.</i>	<i>Total</i>
1	Motor Suzuki G16B completo	1500	1500
2	Placas ICD-367	15	30
1	Parche llanta	3	3
4	Peajes Panavial	1	4
2	Peajes MOPQ	0,6	1,2
1	Tanqueada de gasolina extra	10	10
1	Biáticos	10	10
1	Cepillo de copa	7	7
1	Fresa aluminio	6,5	6,5
5	Kit de lijas de agua y gasolina	10	50
1	Impresiones Tesis	13	13
100	Horas de Internet	1	100
1	Lavada de partes en sosa recti Borja	30	30
1	Juego de rings	35	35
1	Gl. Tinhier	5	5
4	Gl. Gasolina	1,5	6
1	Azul de Prussian	5	5
5	Plastigage	1	5
1	Tanqueda Gasolina Extra	15	15
2	Biáticos 2 días	10	20
4	Peajes Panavial	1	4
2	Peajes MOPQ	0,6	1,2
1	Bruñido cilindros 3/4 Motor	100	100
3	Empaques múltiples	2	6
1	Spray negro	2,25	2,25
1	Rodamiento volante inercia	2,5	2,5
1	Juego guías válvula	25	25
1	Juego sellos válvula	10	10
1	Rectificación cabezote	150	150
2	Válvulas admisión usadas	4	8

1	Rectificación 16 válvulas	15	15
1	Filtro de aire	25	25
1	Gl. Aceite Shell SAE 20W50	17	17
1	Filtro de aceite	4	4
1	Empaque cabezote	10	10
1	1/32 de amarillo sintético	1,1	1,1
5	Gl. Gasolina Super lavar tanque	2	10
3	o-rings	1	3
5	Gl. Gasolina super pruebas	2	10
1	Material eléctrico	5,2	5,2
1	Header	100	100
1	Relé 30 Amp.	5	5
1	Filtro aire válvula IAC	2	2
1	Manguera Gases cárter	7	7
1	Racor en T	3	3
1	Depósito de aceite	3	3
1	Potenciómetro	0,5	0,5
1	Material eléctrico	20	20
1	Gl. Aceite Shell SAE 80W90	15	15
2	Focos 100 Watts	5	10
1	Banda 4 PK875	7	7
10	Gl. Gasolina Super pruebas	2	20
2	Mangueras de agua mas abrazaderas	17	34
1	Banda 4 canales	5	5
4	Peajes Panavial	1	4
2	Peajes MOPQ	0,6	1,2
1	Electroventilador	80	80
1	Tubo de escape deportivo	25	25
1	Biáticos	10	10
TOTAL			2616,65

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

4.4 RESUMEN CAPÍTULO IV

En este capítulo se definió la programación y canalización de recursos, los cuales fueron necesariamente vitales para realizar las acciones que nos llevaron a alcanzar el objetivo de elevar 5% la potencia de un motor Suzuki G15B 16V. 1,6 Lt. MPFI.

CAPITULO V

5. PROPUESTA

5.1 Título de la propuesta

“ELEVAR EN UN 5% LA POTENCIA DE UN MOTOR SUZUKI G16B 16V. 1.6 LT. MPFI, EQUIPADO EN UN VEHÍCULO CHEVROLET ESTEEM MODELO 1997, PARA PARTICIPAR EN COMPETENCIAS DEPORTIVAS”

5.2 Análisis de la propuesta

Para alcanzar los objetivos trazados en la propuesta, se debe detallar de forma ordenada las tareas, acciones y eventos que se llevaran a cabo durante la investigación, y además especificar su orden cronológico, como se verá a continuación.

5.3 Tareas inmersas en la propuesta

- 1.- Determinación de las características de fábrica del motor.
- 2.- Medición de la potencia del motor en un dinamómetro homologado antes de aplicar la investigación
- 3.- Determinación de la situación técnica del motor antes de la aplicación de la investigación.
- 4.- Determinación de los puntos a modificar para elevar la potencia.
- 5.- Demostración numérica de la elevación de la potencia del motor.
- 6.- Aplicación técnica práctica de los resultados numéricos al motor.
- 7.- Medición de la potencia del motor en el mismo dinamómetro después de aplicar la investigación.
- 8.- Comparación entre los resultados arrojados por el dinamómetro antes y después, y con los resultados numéricos.

9.- Informe final.

5.4 Desarrollo de la propuesta

5.4.1 Determinación de las características de fábrica del motor

En esta parte se toman en cuenta las especificaciones técnicas que otorga el fabricante.

Figura # 68 Características de fábrica del Chevrolet Esteem



CHEVROLET
SIEMPRE CONTIGO

Inicio | Buscar | Mapa del Sitio | Contáctanos | Red de Distribución | Encuesta | FAQ

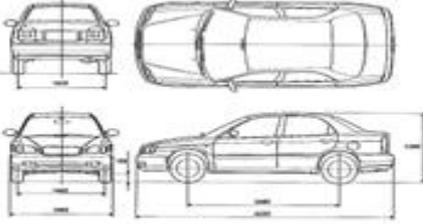
Modelos

Comprar | Financiamiento | Usados | ChevyStar | Postventa | Conoce Chevrolet | Entrenamiento | Oportunidades de Empleo

Versiones y Precios
Encuentra tu concesionario
Solicitar un Catálogo

Esteem 4 Puertas 1.6

Dimensiones (mm)



Motor

Código	G16B
Nº cilindros	4 en línea 16 válvulas SOHC
Desplazamiento	1,590
Diam. X carrera Mm	75.0x90.0
Rel. compresión	9.5 : 1
Potencia máx.	95 Hp @ 6000 rpm
Torque máx.	13.7 Kg-m @ 3000 rpm
Combustible	Gasolina extra (R+M)/2: >87Octanos
Alimentación comb.	MPEI Multi point fuel injection
Distribuidor	Con encendido electrónico
Bomba gasolina	Eléctrica
Filtro combustible	Un elemento de papel
Filtro aceite	Flujo completo reemplazable
Ventilador	Plástico, eléctrico/5 aspas

Fuente: www.chevrolet.com.co/content_data/LAAM/CO/es/GBPCO/showroom/Autos/Model_Esteem/design_esteem_4p_1_6.htm

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.2 Medición de la potencia del motor en un dinamómetro homologado antes de aplicar la investigación

La medición de la potencia se la realizó en el dinamómetro Maha LPS 3000. Por colaboración de CORPAIRE, “Corporación para el mejoramiento del Aire de Quito”.

Figura # 69 Vista del Chevrolet Esteem sobre el dinamómetro de CORPAIRE



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.2.1 Descripción del equipo

El equipo MAHA LPS 300 que posee CORPAIRE en el centro de revisión vehicular Guamaní, en la ciudad de Quito posee características técnicas que le permiten, realizar pruebas y mediciones tales como:

- Medición de potencia a velocidad constante, revoluciones constantes y fuerza de tracción constantes
- Medición de los tres tipos de potencia, incidentes en un motor, y su respectivo torque,
- Indicación gráfica y numérica de la potencia del motor, potencia de ruedas y pérdidas de potencia por transmisión así como la curva de par.
- Representación de tres mediciones de potencia en el fondo de pantalla.
- Representación individual de las curvas de potencia.
- Proyección de la potencia del motor según DIN 70020, EWG 80/1269, ISO 1585, JIS D 1001, SAE J 1439 (Opcional)

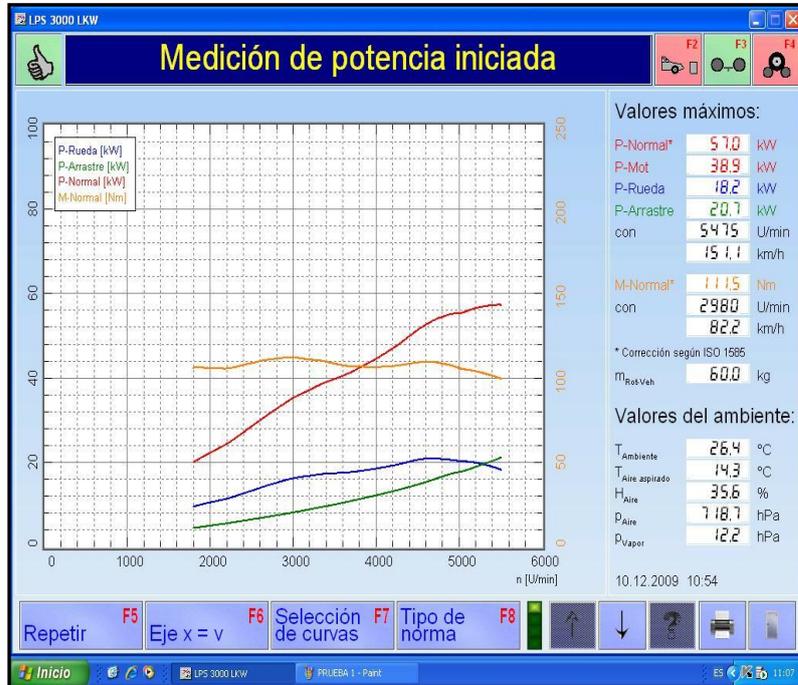
Figura # 70 Vista del Chevrolet Esteem anclado a los rodillos del Dinamómetro



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

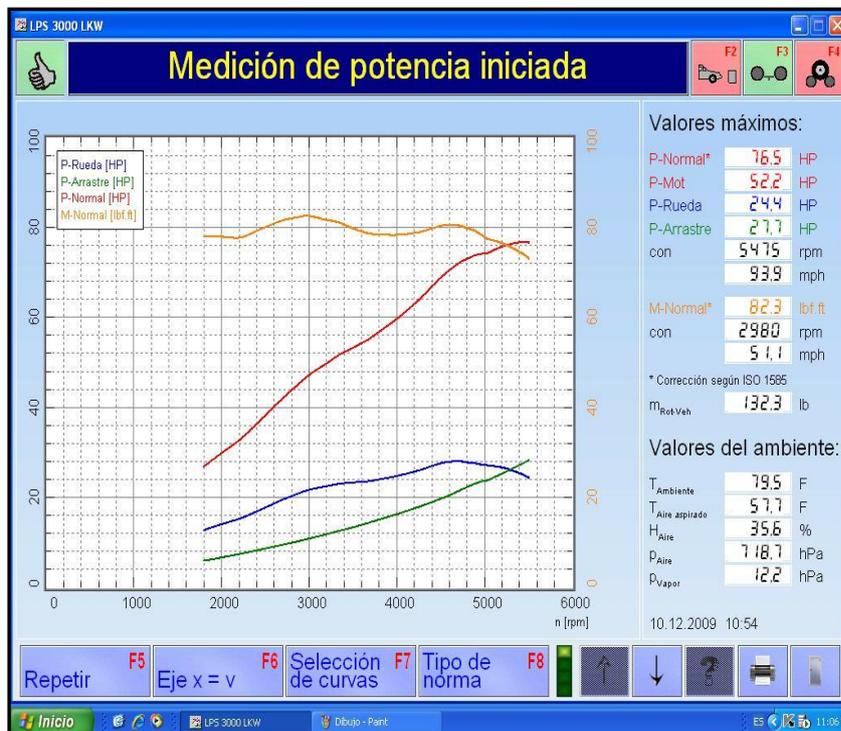
5.4.2.2 Resultados de la prueba

Figura # 71 Resultado gráfico de la prueba en el dinamómetro Sistema de medición Internacional



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Figura # 72 Resultado gráfico de la prueba en el dinamómetro Sistema de medición Inglés



Elaborado por: E. Portilla y P.

5.4.2.3 Interpretación de la gráfica

- Potencia motor es la potencia que tiene realmente el coche en ese momento y es la suma de la Potencia rueda y la Potencia arrastre.
- Potencia normal es la potencia que tiene el coche una vez aplicados los parámetros estándar de presión y temperatura aplicando la norma de corrección internacional de potencia ISO 1585 también conocida como potencia indicada.
- Potencia a las ruedas es la potencia que transmite al suelo el coche una vez descontadas las pérdidas por transmisión
- Potencia de arrastre es la que se gasta en mover los rodillos en este banco, inercia, la potencia a las ruedas se ve perjudicada porque las pérdidas se suman las de rozamiento del coche y la de rozamiento de los rodillos.

Tabla Nro. 3 Resultados de la prueba de potencia antes de las modificaciones

MAHA LPS 3000 Diagrama de Potencias					
Fecha	10.12.2009				
Hora	10:54				
Matrícula	ICD0357				
Inspector	CORPAIRE				
Comentarios1	PRUEBA 1 4TA MARCHA				
Comentarios2					

Comentarios3					
Comentarios4					
Comentarios5					
P-Normal	57.0	kW	Corrección según ISO 1585		
P-Mot	38.9	kW			
P-Rueda	18.2	kW			
P-Arrastre	20.7	kW			
en	5475	U/min			
	151.1	km/h			
M-Normal	111.5	Nm	Corrección según ISO 1585		
en	2980	U/min			
	82.2	km/h			
T-ambiente	26.4	°C			
T-aspiración	14.3	°C			
H-aire	35.6	%			
p-aire	718.7	hPa			
p-vapor	12.2	hPa			

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.3 Diagnóstico técnico del motor antes de la aplicación de la investigación.

En esta parte se realizó un diagnóstico de la situación en la que se encontró al motor, puesto que es un modelo 1997 y tiene muchos kilómetros de recorrido, dato importante para determinar si necesita reconstruirse para alcanzar las especificaciones de fábrica.

Figura # 73 Vista del Motor G16B Estándar montado en el Chevrolet Esteem

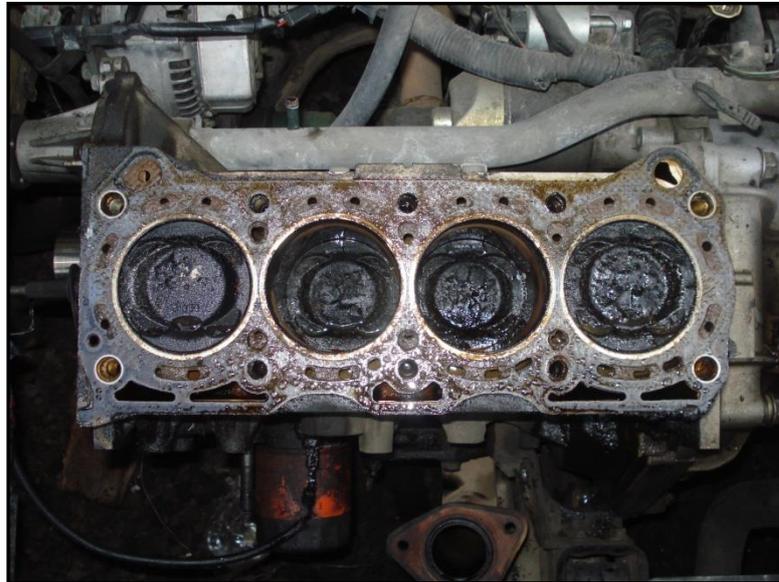


Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Como se demuestra a continuación el vehículo fue reconstruido hace poco, y absolutamente todas las partes se encuentra en las medidas originales de fábrica.

Número de cilindros: 4

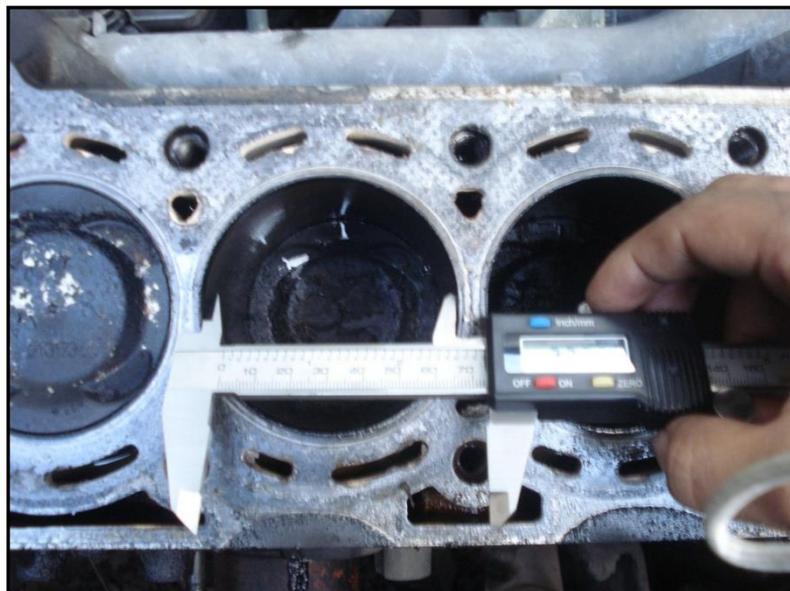
Figura # 74 Vista de los cilindros del motor G16B



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Diámetro cilindro: 75mm

Figura # 75 Vista de la Medición del calibre de los cilindros del motor



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Carrera: 90 mm

Figura # 76 Vista de la Medición de la carrera del cilindro



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.3.1 Cálculo del área de la cabeza del pistón:

$$Area = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \quad A = \frac{7.5^2 \cdot \pi}{4} \quad A = 44,18 \text{ cm}^2$$

Figura # 77 Vista del grupo biela pistón y cigüeñal



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.3.2 Cálculo del Volumen del cilindro.

Vh = Volumen cilindro (cm³)

S = Carrera (cm)

D = Diámetro cilindro (cm)

$$Vh = \frac{D^2 \cdot \pi \cdot S}{4} \quad Vh = \frac{7,52 \cdot \pi \cdot 9}{4} \quad Vh = 395 \text{ cm}^3$$

5.4.3.3 Cálculo del cilindraje del motor.

VH = Cilindraje del motor (cm³)

Vh = Volumen del cilindro (cm³)

i = Número de cilindros

$$VH = Vh \cdot i \quad VH = 397 \cdot 4 \quad VH = 1590 \text{ cm}^3$$

5.4.3.4 Cálculo del Volumen de la cámara de combustión.

Vc = Volumen de la cámara de combustión. (cm³)

Vc = Encontrada de forma experimental, mediante la medición del llenado de aceite.

Figura # 78 Vista de la preparación para la cubicación de la cámara de combustión



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

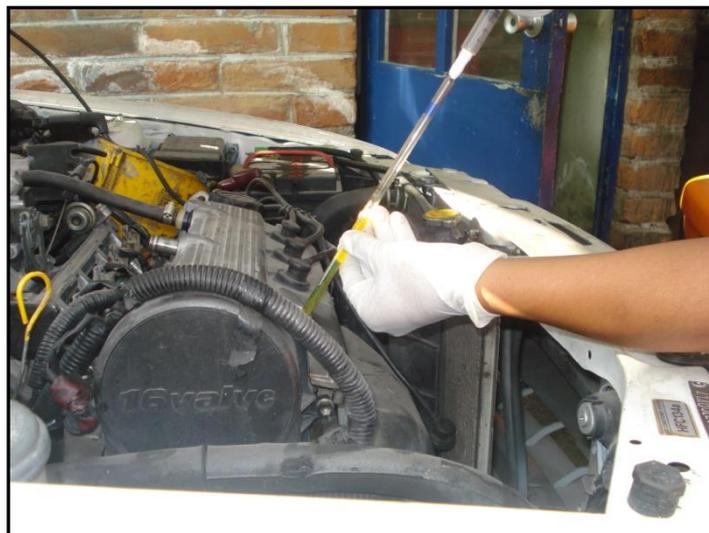
- a) Colocamos un pistón en el Punto Muerto superior en el tiempo de compresión.
- b) Llenamos la cámara con aceite automotriz SAE 40 por el orificio de la bujía, hasta el borde.

Figura # 79 Vista de los elementos usados para la cubicación de la cámara de combustión



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Figura # 80 Vista del proceso de medición de la cámara de combustión



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

c) Medimos la cantidad de aceite vertida.

Figura # 81 Vista de de medida del aceite vertido en la cámara de combustión



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

d) Restamos el volumen de la rosca de la bujía.

e) El resultado en cm^3 es el volumen de la cámara.

Datos bujía:

V = Volumen (cm^3)

D = Diametro: 1.4 cm

H= Altura: 1.8 cm

$$V = A \cdot H$$

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \quad A = 1,5$$

cm^2

$$V = 1,5 \cdot 1,8$$

$$V = 2,7 \text{ cm}^3$$

Volumen del aceite vertido = $V_a = 49,3 \text{ cm}^3$

$V_c =$ Volumen de la cámara de combustión = $V_a - V$

$$V_c = 49,3 - 2,7$$

$$V_c = 46,6 \text{ cm}^3$$

5.4.3.5 Cálculo de la Relación de compresión.

E = Relación de compresión

$V_h =$ Volumen del cilindro (cm^3)

$V_c =$ Volumen cámara combustión (cm³)

$$E = \frac{V_h + V_c}{V_c} \quad E = \frac{397 + 46,6}{46,6} \quad E = 9,5$$

$$E = 9,5 : 1$$

5.4.3.6 Cálculo del Grado de admisión del motor.

$n_f =$ Grado de admisión

$V_f =$ Cantidad de gas nuevo (cm³)

$V_h =$ Volumen del cilindro (cm³)

Siempre se pierde el 20% del volumen del cilindro por la fricción del fluido con las paredes y por la presencia de gases remanentes. (Hecho científico comprobado de la forma experimental).

$$n_f = \frac{V_f}{V_h} \quad n_f = \frac{V_f}{397} \quad V_f = 397 - 20\% = 318 \text{ cm}^3$$

$$n_f = \frac{318}{397} = 0,8$$

5.4.3.7 Presión media de trabajo.

Como la presión varía durante un ciclo de trabajo OTTO, para su cálculo se determina el valor de la presión media, la cual se toma la presión reinante entre la línea de compresión, ya que esta es equilibrada con la diferencia entre la línea de trabajo y la de admisión.

Siendo así de forma experimental, la presión máxima de compresión fácilmente medida con un compresímetro.

$P_m =$ Presión media de trabajo

$$P_m = 8.0 \text{ bar}$$

Figura # 82 Vista de la medición física de la presión media de trabajo



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.3.8 Cálculo de la Fuerza media del Embolo.

Fem = Fuerza media embolo (N)

Ae = Área del embolo (cm²)

Pm = Presión medida (bar)

$$Fem = 10 \cdot Pm \cdot Ae = (N)$$

$$Fem = 10 \cdot 8 \cdot 44,12 = 3536 (N)$$

5.4.3.9 Cálculo de la Velocidad media del Embolo.

Vm = Velocidad media del embolo (m/s)

S = Carrera (mm)

n = Número de revoluciones por minuto RPM

n = 5475 (dato alojado por el dinamómetro)

$$Vm = \frac{2 \cdot S \cdot n}{1000 \cdot 60}$$

$$Vm = \frac{2 \cdot 90 \cdot 5475}{60000} \quad Vm = \frac{985500}{60000} = 16,4 \text{ m/s}$$

5.4.3.10 Cálculo de la Velocidad Tangencial.

V_t = Velocidad tangencial (m/s)

d = Diametro de giro del cigüeñal (mm)

n = RPM

$$V_t = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad V_t = \frac{90 \cdot \pi \cdot 2980}{60000} = 14,0 \text{ m/s}$$

5.4.3.11 Cálculo de la Fuerza Tangencial

Para el cálculo de la fuerza tangencial se usa como referencia los ángulos en los que se receipta la mayor aplicación de fuerza en la explosión.

F_t = Fuerza tangencial (N)

F_{em} = Fuerza madia del embolo (N)

F_{eb} = Fuerza en la biela (N)

α = Angulo alfa comprendido entre la biela y la perpendicular = 30°

β = Angulo Beta comprendido entre la trayectoria de la biela y la perpendicular =

$$F_{em} = 3536 \text{ (N)} \quad F_{eb} = \cos 30^\circ \cdot 3536$$

$$F_{eb} = ? \quad F_{eb} = 3062 \text{ (N)}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\beta = 36^\circ \quad F_t = \cos 36^\circ \cdot 3062$$

$$F_t = 2477 \text{ (N)}$$

5.4.3.12 Cálculo del Torque.

MM = Par Motor o Torque (Nm)

FT = Fuerza Tangencial (N)

r = Longitud brazo de biela (m) = 0.045 m

$$MM = FT \cdot r$$

$$MM = 2477 \cdot 0,045 = 111,47 \text{ Nm @ 2980 RPM}$$

5.4.3.13 Presión Indicada de Trabajo.

Pim = Presion Indicada de Trabajo.

La presión indicada de trabajo es el 10% más de la presión media de trabajo Pm.

$$Pm = 8 \text{ bar} + 10\% = Pim = 8,8 \text{ Bar}$$

5.4.3.14 Cálculo de la Potencia Indicada.

Pi = Potencia Indicada (km)

Es aquella que genera el motor producto de la combustión y es conocida también como potencia interna o potencia teórica.

$$Pi = \frac{Ae \cdot Pim \cdot i \cdot S \cdot n}{12000}$$

Ae = Área de la cabeza del pistón (cm²)

Pim = Presión indicada de trabajo (bar)

i = Número de cilindros

S = Carrera (m)

n = RPM

$$Pi = \frac{44,18 \cdot 8,8 \cdot 9 \cdot 0,09 \cdot 6000}{12000}$$

$$Pi = 70 \text{ kw} = 93,8 \text{ HP @ 6000 RPM}$$

5.4.3.15 Cálculo de la Potencia Efectiva

Es aquella que llega a la rueda, conocida también como potencia útil o potencia real y se mide con un dinamómetro de chasis.

Pe = Potencia Efectiva (kw)

$$Pe = \frac{MM \cdot n}{9550}$$

$$Pe = \frac{100 \cdot 5475}{9550} = 57,3 \text{ kw} = 76,5 \text{ HP @ 5475 RPM}$$

5.4.3.16 Cálculo del Rendimiento del motor

Es la relación entre energía aprovechada (energía útil) y la recibida, se denomina rendimiento.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía recibida}}$$

Y se divide en 2 clases:

5.4.3.16.1 Cálculo del Rendimiento Mecánico.

Es aquel en el cual solo se considera como pérdidas, el rozamiento y el accionamiento de mecanismos auxiliares. (Bomba de agua, alternador, etc.)

Rendimiento Mecánico = n_m

$$n_m = \frac{P_e}{P_i}$$

Potencia efectiva = P_e = (kw)

Potencia indicada = P_i = (kw)

$$n_m = \frac{57}{70} = 0,814 = 81.4 \%$$

5.4.3.16.2 Cálculo del Rendimiento útil.

Es la relación entre el trabajo útil y la energía térmica total desarrollada.

$$\text{Rendimiento util} = \frac{\text{Potencia motor} \cdot 3600}{\text{consumo combustible} \cdot \text{Poder calorífico}}$$

n_e = Rendimiento útil

P_e = Potencia efectiva (KW)

B = Consumo por hora (kg/h)

H_u = Poder calorífico de la gasolina por kg (kJ/kg) = 42640 kJ/kg

$$n_e = \frac{P_e \cdot 3600}{B \cdot H_u}$$

Pero lo veremos adelante en el punto 5.4.3.119 debido a que se necesita más variables para su cálculo.

5.4.3.17 Cálculo del Consumo Combustible específico.

Es el consumo de combustible del vehículo sobre el banco de pruebas en condiciones específicas y concretas, las cuales pueden ser como el tiempo, la carga motor y por kilómetro.

5.4.3.17.1 Cálculo del Consumo combustible por tiempo

$B =$ consumo combustible = g/h por tiempo de trabajo.

Densidad de la gasolina = $d = 0,68 \text{ g/cm}^3$

Tiempo = $t = 15(\text{s})$

Consumo combustible = $k = 70 = (\text{cm}^3)$

$$B = \frac{k \cdot d \cdot 3600}{t}$$

$$B = \frac{70 \cdot 0,68 \cdot 3600}{15} \quad B = 70 \cdot 0,68 \cdot 3600 / 15$$

$$B = 11\,500 \text{ g/h} = 11,5 \text{ kg/h} .$$

5.4.3.17.2 Cálculo del Consumo específico por carga motor.

$b =$ consumo específico por carga motor (g/kwh)

$d =$ Densidad de la gasolina = $0,68 \text{ g/cm}^3 = 0,68 \text{ Kg/Lt} = 680 \text{ g/Lt}$

$B =$ consumo por hora (g/h)

$P_e =$ potencia efectiva (kw)

$$b = \frac{B}{P_e} \quad b = \frac{11\,500}{57} \quad b = 201,7 \text{ g/kwh}$$

5.4.3.17.3 Cálculo del Consumo específico por kilómetro.

Para www.chevrolet.com (2010) "Consumo promedio del Chevrolet Esteen 4P

Consumo por kilómetro = $CK = 37 \text{ Km/gl}$ "

Densidad = d = 0.68 Kg/Lt 680 g/Lt

$$\begin{array}{l} 680 \text{ g} \quad \text{Lt} \\ 11500 \text{ g} \quad x \end{array} = 16,9 \text{ Lt}/3,75 = 4,5 \text{ GL/h}$$

$$\text{Consumo} = \frac{\text{velocidad}}{\text{consumo}} = \frac{151,1}{4,5}$$

$$\text{CK} = 33,5 \text{ Km/gl}$$

5.4.3.18 Cálculo del ajuste estequiométrico de la gestión de la inyección electrónica.

Relación estequiométrica ideal = 14,7 : 1

Relación estequiométrica corregida por el ECM = 14,2 : 1

Es decir para quemar 11 500 gramos de gasolina se necesitan:

11500 X 14,2 = 163 300 gramos de aire con un factor $\lambda = 0,97$

Ya que el factor lambda es la división entre la relación real sobre la ideal.

5.4.3.19 Cálculo del Rendimiento útil

$$\text{Rendimiento útil} = ne = \frac{Pe \cdot 3600}{B \cdot Hu}$$

$$ne = \frac{57 \cdot 3600}{11,5 \cdot 42640} = \frac{205200}{490360} = 0,418 = 41,8\%$$

5.4.3.20 Cálculo Térmico por hora de trabajo.

B = Consumo de combustible = 11,5 Kg/h

Hu = Poder calorífico de gasolina = 42640 KS/Kg

CT = Consumo térmico (KJ)

$$\text{CT} = \underline{B} \cdot Hu = 11,5(42640) = \text{CT} = 490 360 \text{ KJ}$$

5.4.3.21 Consumo Térmico de los motores alternativos

40% = Potencia al eje = energía cinética

= 196 144 KJ

30% = Temperatura que sale con los gases de escape

= 147 108KJ

15% = Temperatura que es cedida al medio ambiente por las partes metálicas conductoras del motor

= 73 554 KJ

15% = Temperatura extraída por el sistema de refrigeración del motor = 73 554 KJ

5.4.3.22 Cantidad de calor cedida por el sistema de refrigeración.

cb = Caudal bomba de agua = 300 Lt/h @ 1000 RPM

$$cb = \frac{300 \cdot 5475}{1000} = 1700 \text{ Lt/h. Relación de transmisión} = 1:1$$

Q = Cantidad de calor cedida (KJ)

V = Volumen de agua (Lt)

Δt = Diferencia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) = 10°C

I = Número de veces que circula el agua por el sistema

$$I = \frac{cb}{V} = 320$$

$$Q = V \cdot i \cdot 4,19 \cdot \Delta t$$

$$Q = 5,3 \cdot 320 \cdot 4,19 \cdot 10 = 71\,000 \text{ KJ}$$

5.4.3.23 Trabajo del ventilador.

El ventilador, es un motor eléctrico, que se enciende de forma temporal activado por el ECM en base a la señal enviada al mismo por el sensor de temperatura de refrigerante ECT.

5.3.4.24 Cálculo de la Sección de paso de la válvula.

A continuación se calculará la velocidad con que ingresará el gas en todo su viaje por el motor.

As = Sección de paso de la válvula (mm^2)

H = Carrera de la válvula (mm) = 9mm

Dv = Diámetro del platillo de la válvula (mm) = 24mm admisión / 20mm escape

As = $\pi \text{ sen } 45^\circ \times H \times Dv$

As = $\pi \times \text{sen } 45^\circ \times 9 \times 24 = 480 \text{ mm}^2$ en admisión

As = $\pi \times \text{sen } 45^\circ \times 9 \times 20 = 400 \text{ mm}^2$ en escape

5.4.3.25 Cálculo de la Velocidad del gas en la válvula

Vg = Velocidad del gas (m/s)

Ak = Área del pistón (cm^2)

Vm = Velocidad media del pistón (m/s)

As = Sección de paso (cm^2)

$$Vg = \frac{AkVm}{As} = Vg = \frac{44,18 (16,4)}{4,8} \quad Vg = \frac{44,18 (16,4)}{4,0}$$

Vg = 151m/s admisión

Vg = 181m/s escape

5.4.3.26 Cálculo de la Velocidad del gas en la tobera

Figura # 84 Vista de las toberas de admisión estándar



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

V1 = Velocidad del gas en la tobera (m/s)

V3 = Velocidad media del pistón (m/s) = 16,4(m/s)

S3 = Área del pistón (cm^2) = 44,18(cm^2)

S1 = Área transversal de la tobera (cm^2)

12,5 cm^2 admisión / 7,0 cm^2 escape

$$V1 = \frac{V3S3}{S1} = V1 = \frac{44,18 (16,4)}{12,5} \quad V1 = \frac{44,18 (16,4)}{7,0}$$

V1 = 58 m/s admisión

Figura # 85 Vista de la calibración de las toberas de admisión



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

V1 = 104 m/s escape

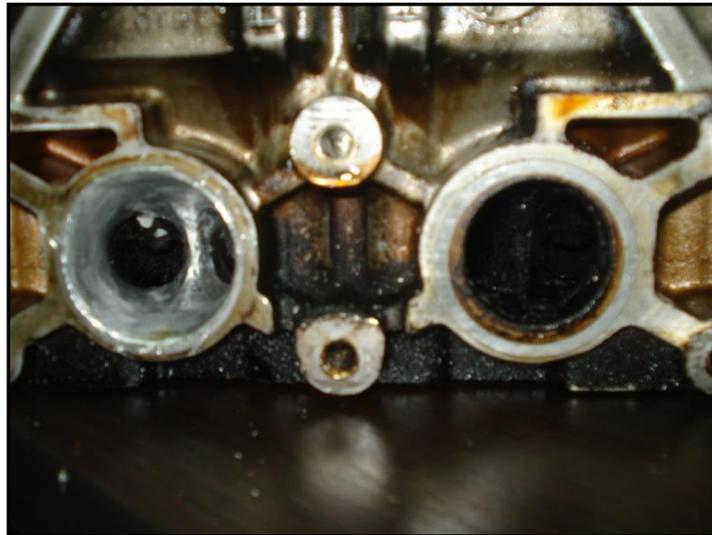
Figura # 86 Vista de la calibración de las toberas de escape



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.3.27 Cálculo de la Velocidad del gas en el difusor.-

Figura # 87 Vista de la comparación entre toberas de escape modificadas y estándar



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

V1 = Velocidad del gas en la tobera (m/s)

V1 = 58 m/s **admisión**

V1 = 104 m/s **escape**

V2 = Velocidad del gas en el difusor (m/s)

S2 = Área transversal del difusor (cm^2)

11,3 cm^2 **admisión** / 6,1 cm^2 **escape**

S1 = Área transversal de la tobera (cm^2)

12,5 cm^2 **admisión** / 7,0 cm^2 **escape**

$$V2 = \frac{V1S1}{S2} = V2 = \frac{58(12,5)}{11,3} \quad V2 = \frac{104(7)}{6.1}$$

V2 = 64,1 m/s **admisión**

V2 = 119 m/s escape

5.4.3.28 Determinación de las Emisiones de fabrica del motor Suzuki G16B

A continuación se detallan los valores porcentuales de los gases que emana el motor Suzuki G16B con las calibraciones de fábrica y que cumplen la norma Euro II que se encontraba vigente hasta 1997 año de fabricación del motor

Figura # 88 Medida de emisión de escapes motor estándar

Datos técnicos	
Suzuki Vitara 1,6 16V 1993-04 Código de motor: G16B	
Lista completa de datos	
Identificación del vehículo	
Sistema de encendido	
Reglaje y emisiones	
Condiciones de reglaje	:
Reglaje del encendido - básico APMS	*Motor/rpm : 5±1850
Comprobaciones avance del encendido	*Motor/rpm : Controlado por el ECM
Régimen de ralentí	rpm : 800±50
Temperatura del aceite para prueba de CO	°C : 80
Nivel de CO al ralentí - tubo de escape	Vol. % CO : 0,5 Max No ajustable
Nivel de HC al ralentí	ppm : 100
Nivel de CO2 al ralentí	Vol. % CO2 : 14,5-16
Nivel de O2 al ralentí	Vol. % O2 : 0,1-0,5
Incremento del régimen de ralentí para prueba de CO	rpm : 2500-2800
Contenido de CO con régimen de ralentí incrementado	Vol. % : 0,3
Lambda a ralentí incrementado	λ : 0,97-1,03

Fuente: Autodata 2004

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4 Estudio del procedimiento para elevar la potencia del motor Suzuki G16B

A continuación se encuentran las actividades y cálculos del estudio de las zonas que se deben modificar para lograr elevar la potencia de un motor Suzuki G16B modelo 1997, sin alterar su cilindraje, siendo el objetivo el de elevar el 5%, los estudios que se ven a continuación se los realiza con una proyección del 10% para así de este modo asegurar la fiabilidad de la investigación.

Figura # 89 Vista del Motor G16B modificado



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Además hay recalcar que el 10% no afecta fuertemente el desempeño del motor ya que el factor de diseño que maneja Suzuki es de promedio 1,4 es decir que el esfuerzo final del material es superior en 40% al esfuerzo real que va a soportar.

Figura # 90 Vista del bloque del motor G16B Bruñido y listo para ensamblaje de partes



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

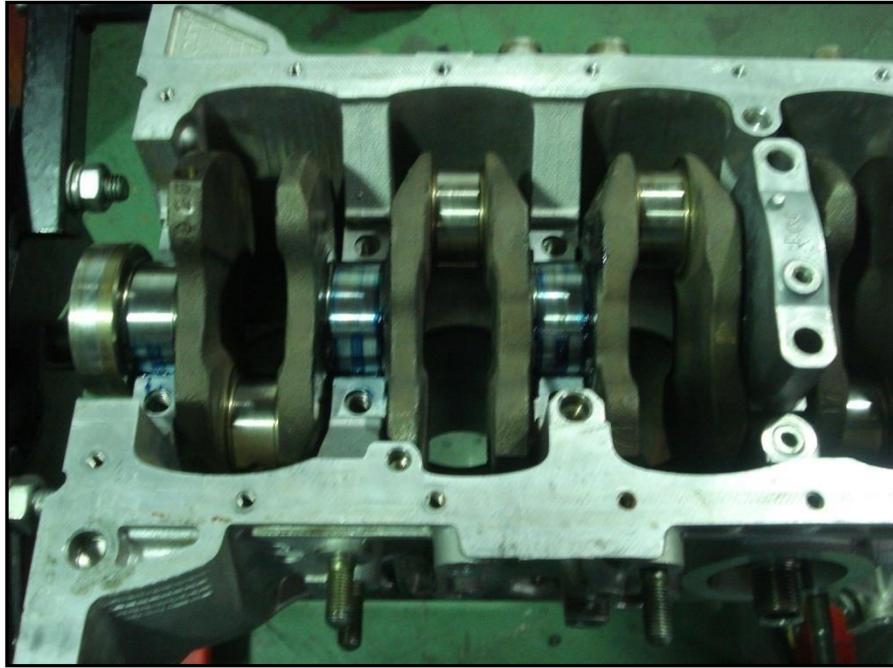
Para conservar el cilindraje original del motor, se deben mantener las mismas medidas en las zonas que interviene en este efecto, tales como:

Diámetro cilindro: 75mm

Carrera: 90 mm

Si se alteraría una de estas medidas se elevaría fácilmente la potencia del motor pero de este modo, el motor pasaría a otra categoría, puesto que al hablar de competencias deportivas, se debe respetar el cilindraje de la categoría, y en este caso se den respetar los 1.6 litros.

Figura # 91 Vista del asentamiento del cigüeñal



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.1 Cálculo del Área de la cabeza del pistón:

$$\text{Area} = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \quad A = \frac{7.5^2 \cdot \pi}{4} \quad A = 44,18 \text{ cm}^2$$

Figura # 92 Vista de la preparación de pistones y bielas



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.2 Cálculo del Volumen cilindro.

Vh = Volumen cilindro (cm³)

S = Carrera (cm)

D = Diámetro cilindro (cm)

$$Vh = \frac{D^2 \cdot \pi \cdot S}{4} \quad Vh = \frac{7,52 \cdot \pi \cdot 9}{4} \quad Vh = 395 \text{ cm}^3$$

5.4.4.3 Cálculo del Cilindraje del motor.

VH = Cilindraje del motor (cm³)

Vh = Volumen del cilindro (cm³)

i = Número de cilindros

$$VH = Vh \cdot i \quad VH = 397 \cdot 4 \quad VH = 1590 \text{ cm}^3$$

5.4.4.4 Cálculo de la Modificación Volumen de la cámara de combustión

ε_a = Relación de compresión original = 9,5 : 1

ε_n = Relación de compresión modificada = 11,5 : 1

S = Carrera (mm)

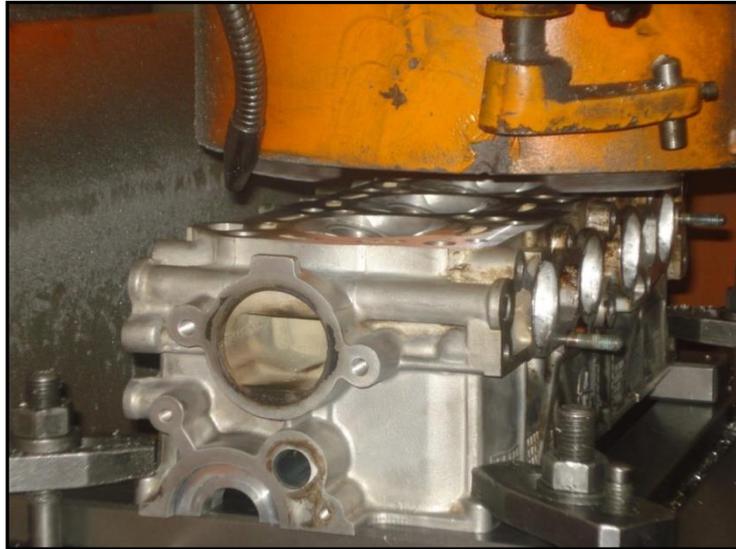
X = Medida a rebajar del cabezote (mm)

$$X = \frac{S}{\epsilon_a - 1} - \frac{S}{\epsilon_n - 1}$$

$$X = \frac{90}{9,5 - 1} - \frac{90}{11,5 - 1}$$

$$X = \frac{90}{8,5} - \frac{90}{10,5} = 10,6 - 8,6 = \mathbf{2mm}$$

Figura # 93 Vista del cepillado del cabezote



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

V_c = Volumen de la cámara de combustión. (cm^3)

V_c = Encontrada de forma experimental, mediante la medición del llenado de aceite.

Luego de este paso comprobamos, si el cepillado arrojó como resultado la relación de compresión deseada, siguiendo estos pasos:

Figura # 94 Vista de la preparación para medición de cámara de combustión modificada



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

- a) Colocamos un pistón en el Punto Muerto superior en el tiempo de compresión.
- b) Llenamos la cámara con aceite automotriz SAE 40 por el orificio de la bujía, hasta el borde.

Figura # 95 Vista de la cubicación de la cámara de combustión modificada



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

- c) Medimos la cantidad de aceite vertida.

Figura # 96 Vista de la medición del aceite vertido en la cámara de combustión modificada



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

- d) Restamos el volumen de la rosca de la bujía.
- e) El resultado en cm^3 es el volumen de la cámara.

Datos bujía:

V = Volumen (cm^3)

D = Diametro: 1.4 cm

H= Altura: 1.8 cm

$$V = A \cdot H$$

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \quad A = 1,5$$

cm^2

$$V = 1,5 \cdot 1,8$$

$$V = 2,7 \text{ cm}^3$$

Volumen del aceite vertido = $V_a = 40,8 \text{ cm}^3$

$V_c =$ Volumen de la cámara de combustión = $V_a - V$

$$V_c = 40,8 - 2,7$$

$$V_c = 38,1 \text{ cm}^3$$

5.4.4.5 Cálculo de la Relación de compresión modificada

E = Relación de compresión

$V_h =$ Volumen del cilindro (cm^3)

$V_c =$ Volumen cámara combustión (cm^3)

$$E = \frac{V_h + V_c}{V_c} \quad E = \frac{397 + 38,1}{38,1} \quad E = 11,47$$

$$E = 11,5 : 1$$

Mejorado en un 21%

5.4.4.6 Cálculo del Grado de admisión del motor mejorado.

$n_f =$ Grado de admisión

$V_f =$ Cantidad de gas nuevo (cm^3)

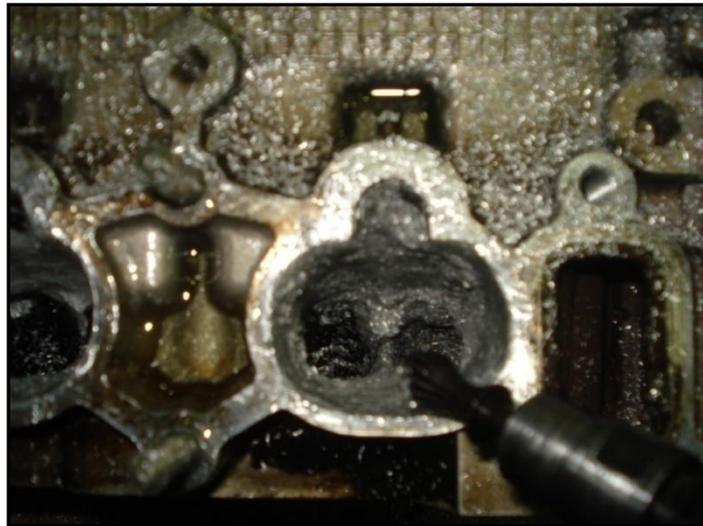
$V_h =$ Volumen del cilindro (cm^3)

Siempre se pierde el 20% del volumen del cilindro por la fricción del fluido con las paredes y por la presencia de gases remanentes. (Hecho científico comprobado de la forma experimental).

5.4.4.7 Modificación de las toberas de admisión.-

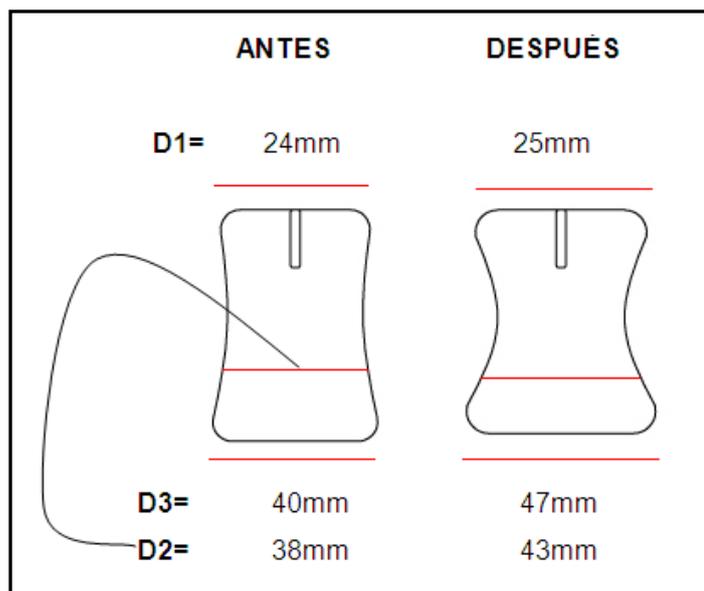
Para modificar las toberas es necesario el uso de equipos y herramientas que permitan retirar material para agrandar los ductos.

Figura # 97 Vista de la modificación de las toberas de admisión



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Figura # 98 Comparación de la tobera de admisión antes y después de las modificaciones



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Tabla # 4 Tabla de comparación de medidas de la tobera de admisión antes y después de las modificaciones

Antes			Después		
A1	452,3	mm ²	A1	491,0	mm ²
A2	1134,0	mm ²	A2	1452,0	mm ²
A3	1256,7	mm ²	A3	1735,0	mm ²
Total:	2843,0	mm ²		3678,0	mm ²
Diferencia:	835mm ²	Porcentaje retirado:	29%		

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.8 Modificación de las toberas de escape.-

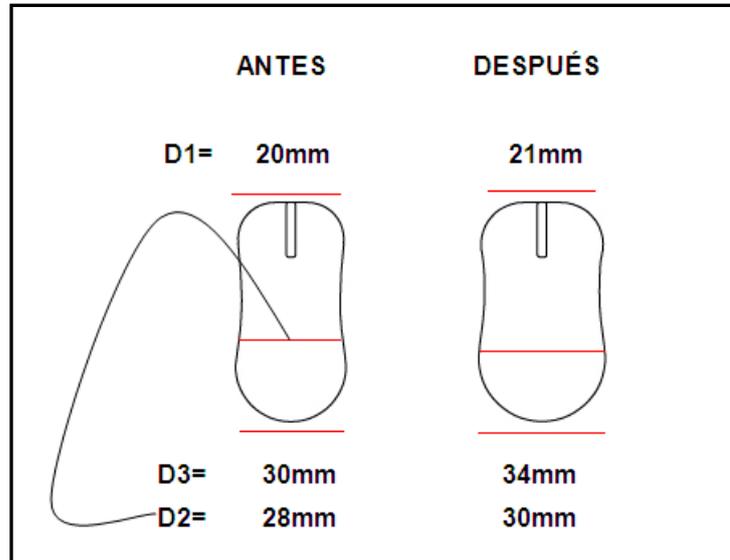
De igual manera que las toberas de admisión en las de escape se repite el mismo trabajo de retirar material de forma abrasiva.

Figura # 99 Vista de la comparación de las toberas de escape antes y después de las modificaciones



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Figura # 100 Comparación de toberas de escape antes y después de las modificaciones



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Tabla # 5 Comparación de medidas de la tobera de escape antes y después de las modificaciones

Antes			Después		
A1	314,0	mm ²	A1	346,0	mm ²
A2	616,0	mm ²	A2	707,0	mm ²
A3	707,0	mm ²	A3	907,0	mm ²
Total:	1637,0	mm ²		1960,0	mm ²
Diferencia:	323mm ²	Porcentaje retirado:	24%		

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.9 Promedio de material retirado

Este cálculo se lo realiza en razón del material retirado en admisión y en escape siendo este de: **26,5%**

5.4.4.10 Cálculo del Grado de admisión modificado

$$\text{Mejoramiento} = \frac{20\%}{100} = 0,2 (26,5\%) = 5\%$$

Es decir del 20% de gases remanentes, que permanecen en la cámara por la dificultad de evacuación y de llenado con gases frescos, ahora es solo el 15%.

$$nf = \frac{V_f}{V_h} \quad nf = \frac{V_f}{397} \quad V_f = 397 - 15\% = 337 \text{ cm}^3$$

$$nf = \frac{337}{397} = 0,9$$

Mejorando el 12% el grado de admisión del motor, en altas revoluciones.

5.4.4.11 Cálculo de la Presión media de trabajo modificada.-

Pmd = Presión media de trabajo modificada (bar)

Pm = Presión media de trabajo original (8 bar)

Vca = Volumen cámara de combustión original (46,5 cm³)

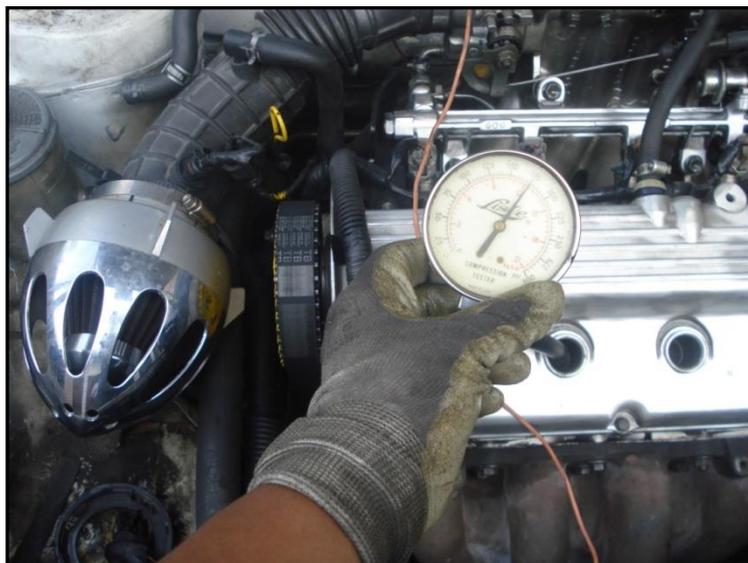
Vcd = Volumen de la cámara de combustión modificada (38,1 cm³)

$$Pmd = \frac{Pm (Vca)}{Vcd}$$

$$Pmd = \frac{8 (46,5)}{38,1}$$

$$Pmd = 9,8 \text{ bar}$$

Figura # 101 Vista de la medición física de la presión media de trabajo modificada



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.12 Cálculo de la Fuerza Media del Embolo Modificada.

Fem = Fuerza media embolo (N)

Ae = Área del embolo (cm²)

Pmd = Presión medida modificada (bar)

$$Fem = 10 \cdot Pm \cdot Ae = (N)$$

$$Fem = 10 \cdot 9,8 \cdot 44,18 = \mathbf{4329 (N)}$$

5.4.4.13 Cálculo de la Velocidad Media del Embolo Modificada.

Vm = Velocidad media del embolo (m/s)

S = Carrera (mm)

n = Número de revoluciones por minuto RPM

n = 5780 (dato alojado por el dinamómetro)

$$Vm = \frac{2 \cdot S \cdot n}{1000 \cdot 60}$$

$$Vm = \frac{2 \cdot 90 \cdot 5780}{60000} \quad Vm = \frac{1\ 040\ 400}{60000} = \mathbf{17,3\ m/s}$$

5.4.4.14 Cálculo de la Velocidad Tangencial Modificada.

Vt = Velocidad tangencial (m/s)

d = Diametro de giro del cigüeñal (mm)

n = RPM

$$Vt = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad Vt = \frac{90 \cdot \pi \cdot 5775}{60000} = \mathbf{27,2\ m/s}$$

5.4.4.15 Cálculo de la Fuerza Tangencial modificada.-

Ft = Fuerza tangencial (N)

Fem = Fuerza media del embolo (N)

Feb = Fuerza en la biela (N)

$\angle \alpha$ = Angulo alfa comprendido entre la biela y la perpendicular = 30°

$\angle\beta$ = Angulo Beta comprendido entre la trayectoria de la bieta y la perpendicular =

$$F_{em} = 4329 \text{ (N)} \quad F_{eb} = \cos 30^\circ \cdot 4329$$

$$F_{eb} = ? \quad F_{eb} = 3749 \text{ (N)}$$

$$\angle\alpha = 30^\circ$$

$$\angle\beta = 36^\circ \quad F_t = \cos 36^\circ \cdot 3749$$

$$F_t = 3033 \text{ (N)}$$

5.4.4.16 Cálculo del Torque modificado.

MM = Par Motor o Torque (Nm)

FT = Fuerza Tangencial (N)

r = Longitud brazo de biela (m) = 0.045 m

$$MM = FT \cdot r$$

$$MM = 3033 \cdot 0,045 = 136,4 \text{ Nm @ 7770 RPM}$$

$$MM \text{ en el dinamómetro} = 101,4 \text{ Nm @ 5775 RPM}$$

5.4.4.17 Cálculo de la Presión Indicada de Trabajo Modificada.

Pim = Presion Indicada de Trabajo.

La presión indicada de trabajo es el 10% más de la presión media de trabajo Pm.

$$P_m = 9,8 \text{ bar} + 10\% = P_{im} = 10,78 \text{ Bar}$$

5.4.4.18 Cálculo de la Potencia Indicada Modificada.

Pi = Potencia Indicada (kw)

Es aquella que genera el motor producto de la combustión y es conocida también como potencia interna o potencia teórica.

$$P_i = \frac{A_e \cdot P_{im} \cdot i \cdot S \cdot n}{12000}$$

Ae = Área de la cabeza del pistón (cm²)

P_{im} = Presión indicada de trabajo (bar)

i = Número de cilindros

S = Carrera (m)

n = RPM

$$P_i = \frac{44,18 \cdot 10,78 \cdot 4 \cdot 0,09 \cdot 6000}{12000}$$

$P_i = 85,7 \text{ kw} = 114,9 \text{ HP @ } 6000 \text{ RPM}$

5.4.4.19 Cálculo de la Potencia Efectiva Modificada.

Es aquella que llega a la rueda, conocida también como potencia útil o potencia real y se mide con un dinamómetro de chasis.

P_e = Potencia Efectiva (kw)

$$P_e = \frac{MM \cdot n}{9550}$$

$$P_e = \frac{101,4 \cdot 5780}{9550} = 61,3 \text{ kw} = 82,2 \text{ HP @ } 5780 \text{ RPM}$$

5.4.4.20 Cálculo del Rendimiento Modificado.

Es la relación entre energía aprovechada (energía útil) y la recibida, se denomina rendimiento.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía recibida}}$$

Y se divide en 2 clases:

5.4.4.21 Cálculo del Rendimiento Mecánico Modificado.

Es aquel en el cual solo se considera como pérdidas, el rozamiento y el accionamiento de mecanismos auxiliares. (Bomba de agua, alternador, etc.)

Rendimiento Mecánico = η_m

$$\eta_m = P_e / P_i$$

Potencia efectiva = P_e = (kw)

Potencia indicada = P_i = (kw)

$$n_m = \frac{61,3}{85,7} = 0,715 = 71,5 \%$$

5.4.4.22 Cálculo del Rendimiento útil Modificado

Es la relación entre el trabajo útil y la energía térmica total desarrollada.

$$Rendimiento\ util = \frac{Potencia\ motor \cdot 3600}{consumo\ combustible \cdot Poder\ calorifico}$$

ne = Rendimiento útil

Pe = Potencia efectiva (KW)

B = Consumo por hora (kg/h)

Hu = Poder calorífico de la gasolina por kg (kJ/kg) = 42640 kJ/kg

$$ne = \frac{Pe \cdot 3600}{B \cdot Hu}$$

$$Rendimiento\ útil = ne = \frac{Pe \cdot 3600}{B \cdot Hu}$$

$$ne = \frac{61,3 \cdot 3600}{14,16 \cdot 42640} = \frac{220\ 680}{603\ 782} = 0,365 = 36,5\%$$

5.4.4.23 Cálculo del Consumo Combustible, específico.

La dosificación de combustible, está a cargo del sistema de inyección electrónica, la cual ignora por decirlo de forma analógica, las modificaciones mecánicas realizadas al motor, en lo que a alimentación se refiere, como es:

- Mejoramiento del grado de admisión en un 12%

Por se debe elevar la dosificación de combustible en igual de dimensiones, para ello, existen dos formas:

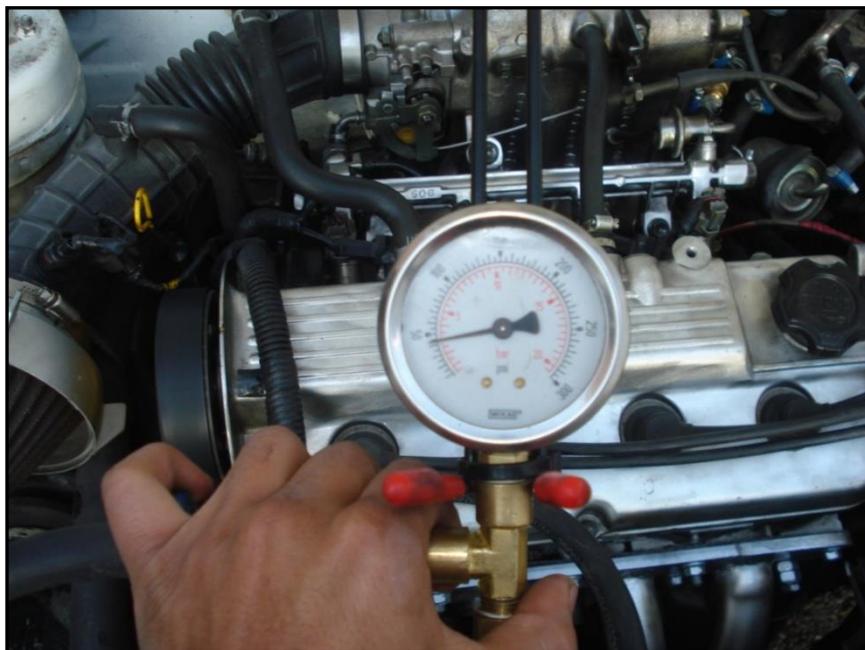
1.- Modificación mecánica de la presión de combustible del sistema

2.- Modificación electrónica, modificando la señal del sensor MAP.

5.4.4.24 Modificación de la presión de combustible.-

Al haber logrado que ingrese mayor cantidad de aire al motor es imperativo que ingrese mayor cantidad de combustible, y en inyección electrónica para lograr este fin se puede incrementar de forma regulada la presión del combustible en el sistema de alimentación.

Figura # 102 Vista de la medición de la presión de combustible estándar



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

P_c = Presión de combustible original = 45 PSI

G_o = Consumo con grado de admisión original = 70 cm³

G_m = Consumo con grado de admisión mejorado = 78,4 cm³

P_r = Presión requerida

$$Pr = \frac{Pc \cdot Gm}{Go}$$

$$Pr = \frac{45 (78,4)}{70}$$

Pr = 50,4 PSI

Figura # 103 Vista de la medición de la presión de combustible modificada



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Para este efecto usamos una válvula en el retorno de combustible, que nos permita cerrar el paso de la línea de retorno e incrementar la presión en la línea principal

Figura # 104 Vista de la válvula que modifica la presión de combustible

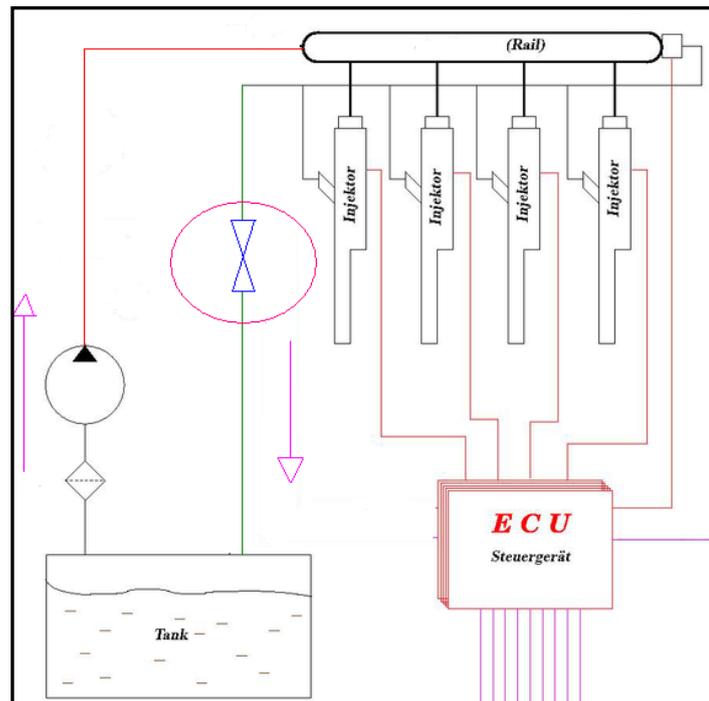


Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.25 Diagrama hidráulico del sistema de combustible

En el presente diagrama podemos apreciar claramente la ubicación estratégica de la válvula, la cual destaca dentro de la circunferencia.

Figura # 105 Diagrama hidráulico del sistema de combustible y la ubicación de la válvula modificada



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.26 Modificación electrónica, modificando la señal del sensor MAP.

El sensor MAP es aquel que informa al ECM la presión absoluta del colector de admisión, dato principal para el cálculo de la dosificación de combustible, los cuales arroja los siguientes valores de salida del sensor:

Ralentí = 1, 2 Voltios

Aceleración plena = 3,2 voltios

Figura # 106 Vista de la lectura del MAP estándar



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Con implementación de un potenciómetro en el sistema podemos elevar este voltaje, que es la señal que percive el ECM, y mientras mayor es el voltaje mayor es la dosificación de combustible.

Vo = Voltaje de plena carga original = 3,2 V

Go = Consumo con grado de admisión original = 70 cm³

Gm = Consumo con grado de admisión mejorado = 78,4 cm³

Tr = Tensión requerida en plena carga

$$\mathbf{Tr} = \frac{V_o G_m}{G_o}$$

$$\mathbf{Tr} = \frac{3,2 (78,4)}{70}$$

$$\mathbf{Tr} = 3,5V$$

La dosificación de combustible se puede controlar desde el potenciómetro ubicado en la parte central del tablero de instrumentos.

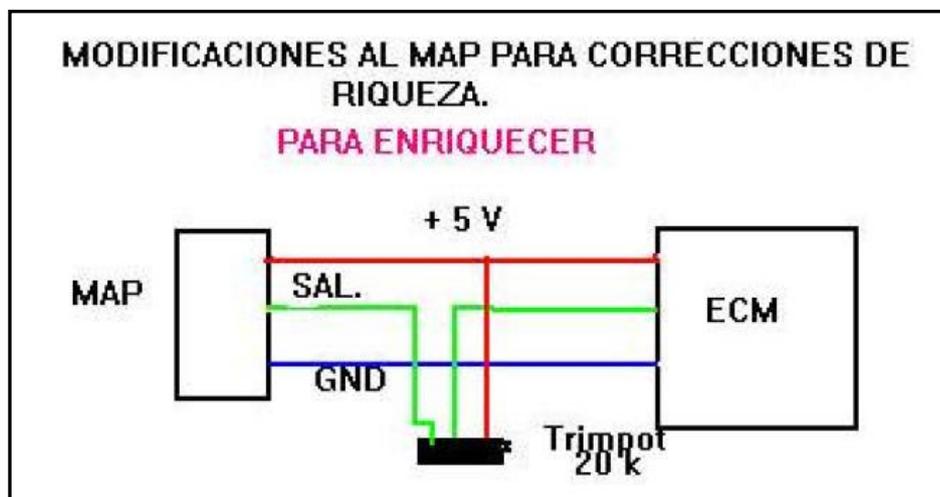
Figura # 107 Vista del control de modificación de mezcla



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.27 Diagrama eléctrico de modificación del circuito del sensor MAP

Figura # 108 Diagrama del sensor MAP circuito modificado



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Además se dispone de un punto de medición dentro de habitáculo para facilitar la calibración del sistema sin tener que intervenir en el sensor directamente.

Figura # 109 Vista del punto de medición de la señal de salida del sensor MAP



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.28 Cálculo del Consumo combustible por tiempo de trabajo.

Consumo combustible = B = g/h por tiempo de trabajo.

Densidad de la gasolina = d = $0,68 \text{ g/cm}^3$

Tiempo = t = 15(s)

Consumo combustible = k = $86,8 = (\text{cm}^3)$

$$B = \frac{k \cdot d \cdot 3600}{t}$$

$$B = \frac{86,8 \cdot 0,68 \cdot 3600}{15} \quad B = 86,8 \cdot 0,68 \cdot 3600 / 15$$

$$B = 14\,165 \text{ g/h} = 14,165 \text{ kg/h} .$$

5.4.4.29 Cálculo del Consumo específico por carga motor.

b = consumo específico por carga motor (g/kwh)

d = Densidad de la gasolina = $0,68 \text{ g/cm}^3 = 0.68 \text{ Kg/Lt} = 680 \text{ g/Lt}$

B = consumo por hora (g/h)

Pe = potencia efectiva (Kw)

$$b = \frac{B}{Pe} \qquad b = \frac{14165}{61,3} \qquad b = 231 \text{ g/kmh}$$

5.4.4.30 Cálculo del Consumo específico por kilómetro.

Consumo promedio del Chevrolet Esteem 4P = 37 Km/gl

d = 0.68 Kg/Lt = 680 g/Lt

680 g Lt

14 165 g x = 20,8 Lt/3,75 = 5,5 GL/h

$$\text{Consumo} = \frac{\text{velocidad}}{\text{consumo}} = \frac{160,1}{5,5} \\ = 29,1 \text{ Km/gl}$$

5.4.4.31 Ajuste estequiométrico de la gestión de la inyección electrónica.

Es decir para quemar 14 165 gramos de gasolina se necesitan:

14 165 X 14,2 = 201 143 gramos de aire con un factor lambda \wedge = 0.97

Pero debido a las modificaciones en la dosificación de combustible el factor lambda está en \wedge = 0.74, con un descenso del 24% correspondientes al 24% de incremento de dosificación.

5.4.4.32 Cálculo del consumo Térmico por hora de trabajo.

B = Consumo de combustible = 14,16 Kg/h

Hu = Poder calorífico de gasolina = 42640 KS/Kg

CT = Consumo térmico (KJ)

$$CT = \underline{B} \cdot Hu = 14,16(42640) =$$

$$CT = 603\ 782\ KJ$$

5.4.4.33 Consumo Térmico de los motores alternativos

40% = Potencia al eje = energía cinética

$$= 241\ 512\ KJ$$

30% = Temperatura que sale con los gases de escape

$$= 181\ 135\ KJ$$

15% = Temperatura que es cedida al medio ambiente por las partes metálicas conductoras del motor

$$= 90\ 567\ KJ$$

15% = Temperatura extraída por el sistema de refrigeración del motor

$$= 90\ 567\ KJ$$

5.4.4.34 Cálculo de la Cantidad de calor cedida por el sistema de refrigeración.

cb = Caudal bomba de agua = 300 Lt/h @ 1000 RPM

$$i = \frac{KJ}{10 \times 4,19 \times 5,3} = 393 = cb/5,3$$

$$cb = 5,3 \times 393 = 2083$$

$$RPM = cb (1000) / 300 = 6940\ RPM$$

$$Relación\ de\ transmisión = 6940 / 5475 = 1,2$$

Relación de transmisión = 1,2:1

$$5780 \times 1,2 = 6939$$

$$cb = \frac{300 \cdot 6939}{1000} = 2\ 082\ Lt/h.$$

Q = Cantidad de calor cedida (KJ)

V = Volumen de agua 5,3 (Lt)

Δt = Diferencia de temperatura ($^{\circ}C$) = $10^{\circ}C$

I = Número de veces que circula el agua por el sistema

Figura # 110 Vista de la medición de la corriente de nuevo ventilador



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.36 Sección de paso de la válvula.

As = Sección de paso de la válvula (mm^2)

H = Carrera de la válvula (mm) = 9mm

Dv = Diámetro del platillo de la válvula (mm) = 24mm admisión / 20mm escape

$$As = \pi \text{ sen } 45^\circ \text{ h Dv}$$

$$As = \pi \times \text{sen } 45^\circ \times 9 \times 24 = 480 \text{ mm}^2 \text{ en admisión}$$

$$As = \pi \times \text{sen } 45^\circ \times 9 \times 20 = 400 \text{ mm}^2 \text{ en escape}$$

5.4.4.37 Cálculo de la Velocidad modificada del gas en la válvula.-

Vg = Velocidad del gas (m/s)

Ak = Área del pistón (cm^2)

Vm = Velocidad media del pistón (m/s)

As = Sección de paso de la válvula (cm^2)

$$Vg = \frac{AkVm}{As} = Vg = \frac{44,18 (17,3)}{4,8} \quad Vg = \frac{44,18 (17,3)}{4,0}$$

Vg = 159,2 m/s admisión

Vg = 191 m/s escape

5.4.4.38 Cálculo de la Velocidad modificada del gas en la tobera.-

Figura # 111 Vista de la tobera de admisión estándar



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

V1 = Velocidad del gas en la tobera (m/s)

V3 = Velocidad media del pistón (m/s) = 17,3 (m/s)

S3 = Área del pistón (cm^2) = 44,18(cm^2)

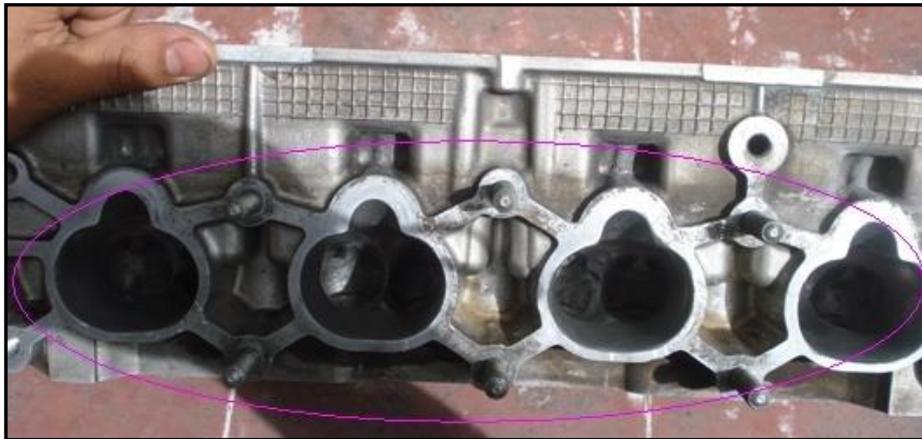
S1 = Área transversal de la tobera (cm^2)

17,3 cm² admisión / 9,0cm² escape

$$V1 = \frac{V3S3}{S1} = V1 = \frac{44,18 (17,3)}{17,3} \quad V1 = \frac{44,18 (17,3)}{9,0}$$

V1 = 44 m/s admission

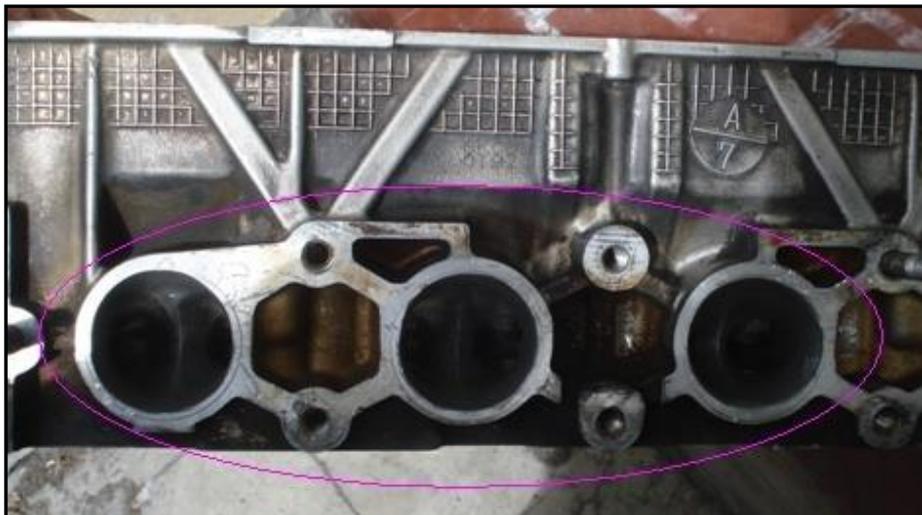
Figura # 112 Vista de las toberas de admisión modificadas



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

V1 = 85 m/s escape

Figura # 113 Vista de las toberas de escape modificadas



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.39 Cálculo de la Velocidad del gas en el difusor.-

V1 = Velocidad del gas en la tobera (m/s)

V1 = 44 m/s **admisión**

V1 = 85 m/s **escape**

V2 = Velocidad del gas en el difusor (m/s)

S2 = Área transversal del difusor (cm^2)

14,5 cm^2 **admisión** / 7,0 cm^2 **escape**

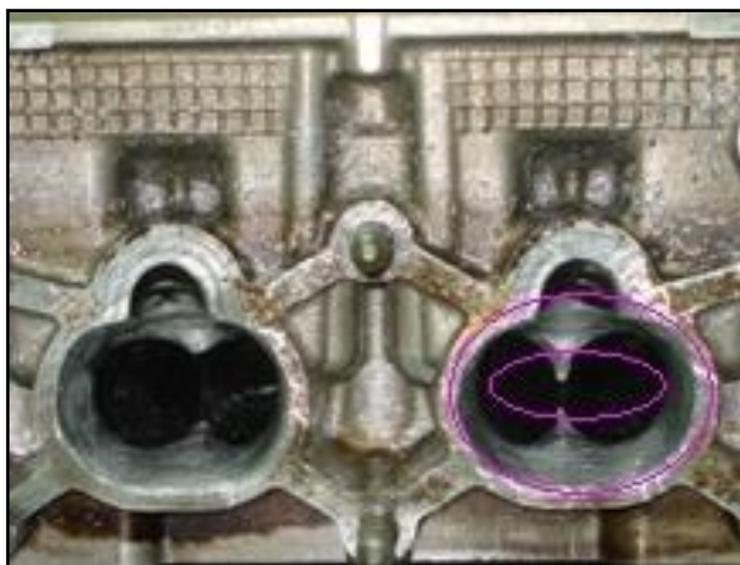
S1 = Área transversal de la tobera (cm^2)

17,3 cm^2 **admisión** / 9,0 cm^2 **escape**

$$V2 = \frac{V1S1}{S2} = V2 = \frac{44(17,3)}{14,5} \quad V2 = \frac{85(9,0)}{7,0}$$

V2 = 52,4 m/s **admisión**

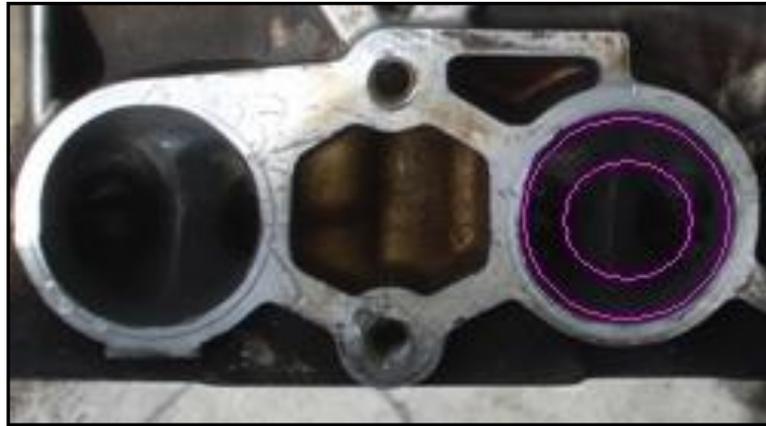
Figura # 114 Vista de los difusores de admisión modificados



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

$V_2 = 109 \text{ m/s}$ escape

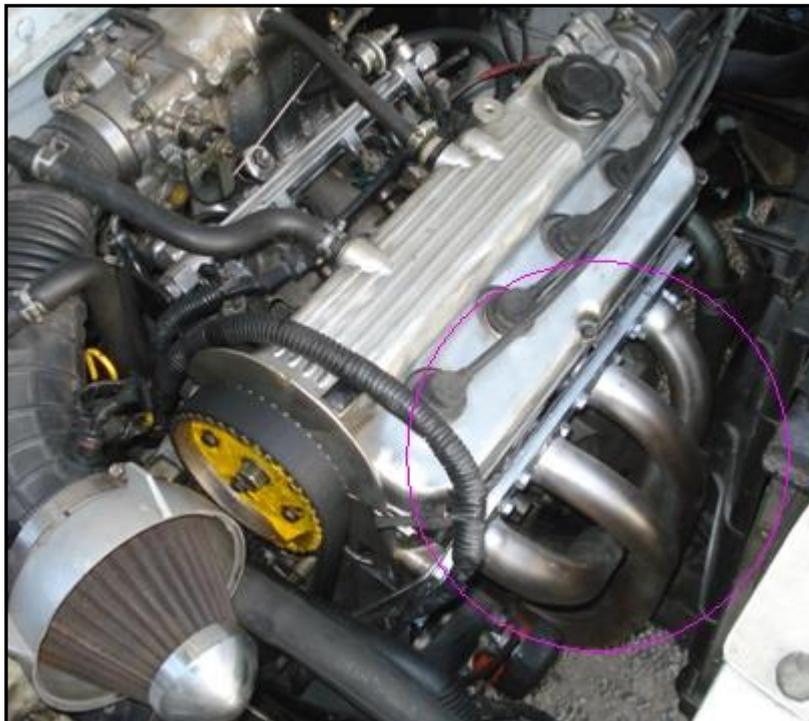
Figura # 115 Vista de los difusores de escape modificados



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.40 Estudio y descripción del aporte del header en el aumento de la potencia

Figura # 116 Vista aérea del header



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Vh = Velocidad del gas en el Header (m/s)

Vp = Velocidad media del pistón 17,3 (m/s)

S3 = Área de la cabeza del pistón = 44,18 (cm^2)

Dh = Diámetro del Header = 1 1/4" = 2,84 cm

S1 = Área transversal de la tobera del Header = 6,3 (cm^2)

$$Vh = \frac{VpS3}{S1} = V2 = \frac{17,3 (44,18)}{6,3}$$

Vh = 121 m/s admisión

Contribuyendo así en un incremento del 10 % en la velocidad de los gases de escape.

5.4.4.41 Cálculo de la Longitud de los ductos del header

La longitud de los ductos del header, van en relación directa con el volumen de cada cilindro.

Lh = Longitud de los ductos del header (cm)

Ad = Área transversal de ducto = 6,3(cm^2)

Vv = Volumen del cilindro = 397(cm^3)

$$Lh = \frac{Vv}{Ad}$$

$$Lh = \frac{397}{6,3}$$

Lh = 63 cm

Figura # 117 Vista longitudinal del Header



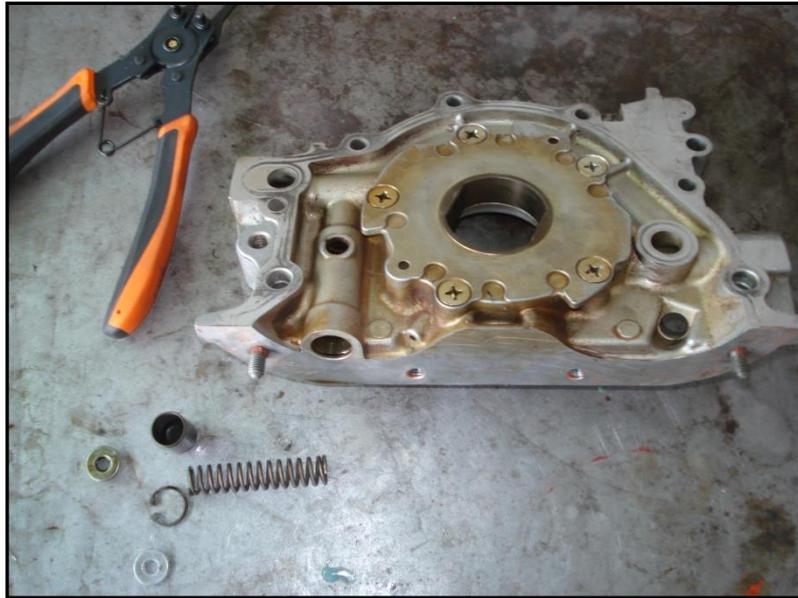
Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.42 Modificación de la bomba de aceite

Debido a las nuevas exigencias a las que van a estar sometidas todas las partes del motor y el motor completo como tal es de vital importancia modificar la bomba de aceite pero de forma tal que se logre elevar la presión de aceite, las mismas que al igual que todas las modificaciones se vea alterada en un promedio del 10%.

Es decir, que como la presión original de fábrica era de 40 PSI, la nueva presión deberá ser de 45 PSI, para lo cual se procede interviniendo en la válvula reguladora de presión, la cual se encuentra diseñada en un cilindro, y tensionada por un resorte, el mismo que tiene la tensión suficiente para regular la presión del aceite, por ende si lo que se desea es elevar la presión del aceite se debe interponer una alza entre el resorte y su asiento para elevar la tensión del resorte y de esta forma elevar la presión del aceite.

Figura # 118 Vista de la modificación de la bomba de aceite



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.43 Método para el calado de la distribución

Calar la distribución significa sincronizar la posición del árbol de levas con el cigüeñal. Este proceso es de vital importancia para el correcto funcionamiento del motor de modo que unos pocos grados pueden suponer una variación muy importante en el rendimiento o incluso la provocar averías muy graves.

Todos los fabricantes ofrecen en sus modelos unas marcas de calado que permiten realizar las tareas de taller de desmontaje y montaje de la distribución con fiabilidad y facilidad. Estas marcas son las proyectadas para un funcionamiento estándar del motor, condicionado por múltiples factores, pero que pueden no ser óptimas en casos especiales. Además este método de puesta a punto de la distribución no es totalmente preciso y es fácil detectar diferencias de hasta 5° entre distintas unidades del mismo motor y de hasta 3° respecto a los valores declarados por el constructor.

Con lo dicho anteriormente queda patente la importancia de disponer de un método preciso y fiable para realizar el calado de la distribución. En primer lugar es necesario contar con ciertos útiles:

Disco graduado en grados o goniómetro con un sistema de fijación al cigüeñal y un indicador fijado al motor para realizar las lecturas.

Reloj comparador con precisión mínima de 1 1/100 de milímetro y un soporte adecuado y estable para montar sobre el motor.

Un dispositivo que permita la localización del PMS interfiriendo en la carrera del pistón. Un vástago ajustable roscado en el orificio de la bujía o similar puede servir.

Lo primero es localizar el punto muerto superior verdadero sin considerar las posibles marcas que el fabricante haya dispuesto a tal efecto:

En primer lugar, se gira el cigüeñal hasta una posición próxima al PMS. En este punto se monta el disco graduado con el indicador alineado marcando 0° ó PMS. Seguidamente se gira el cigüeñal hasta obtener una lectura de unos 80° en el disco indicador y se monta en el orificio de la bujía el vástago limitador de carrera de pistón y se aprieta. A continuación se gira el cigüeñal en un sentido hasta que el pistón toque con el vástago, se anota la lectura del disco, y de nuevo se gira en el sentido contrario hasta tocar con el limitador de carrera otra vez, tomando nota de la segunda lectura en el goniómetro. Con estas dos medidas, se calcula la media aritmética, puesto que como el movimiento del pistón es simétrico respecto a los puntos muertos, las lecturas en los dos sentidos de giro deben de ser idénticas. Por consiguiente, sin mover el cigüeñal, se sitúa el indicador en la medida adecuada sobre el disco o bien se libera éste de su fijación girándolo hasta leer los grados correctos. De nuevo se repite la operación de

giro del cigüeñal en ambos sentidos y se comprueba que las dos lecturas sobre el disco son idénticas. En este momento se puede retirar el limitador de carrera y se gira el motor hasta leer 0° ó PMS. Éste es el PMS verdadero del motor y a él se referirán todas los puntos de la distribución, por lo que es muy importante realizar la localización de un modo lo más preciso posible con un error menor de 1° .

Ahora es el momento de instalar el reloj comparador, con su soporte, en el motor y con su puntero sobre el empujador de la válvula en un ángulo con el eje del cilindro igual al que forma la válvula sobre la que se mide.

Después de haber eliminado toda la holgura de válvulas, actuando sobre el reglaje correspondiente se gira el motor en su sentido natural hasta tener en el reloj comparador una medida de alzado de válvula de 1,00 mm, por ejemplo. Suponiendo que esta procedimiento se realiza sobre una válvula de admisión, se lee lo indicado en el disco y se anota, esta medida representa el avance en la apertura de admisión (a 1mm de alzado) en grados antes del punto muerto superior (APMS). Avanzando en el giro del motor se llegará de nuevo a 1,00 mm de alzado antes de cerrar. Esta medida, en grados después del punto muerto inferior (DPMI) representa el retraso en el cierre de la admisión (a 1 mm de alzado). Con estos valores ya se puede efectuar una comparación con lo declarado por el fabricante, ajustando si es necesario, o bien cambiando el calado a otros valores que se consideren apropiados.

Si nuestra referencia es el ángulo central del lóbulo (L.C.A), debemos calcular primero este valor para la distribución que estamos midiendo. Para ello, sumamos el valor de avance de apertura y el de retraso de cierre, añadiendo 180° totales de la carrera del ciclo correspondiente. El resultado es la duración total de la distribución. La mitad de este

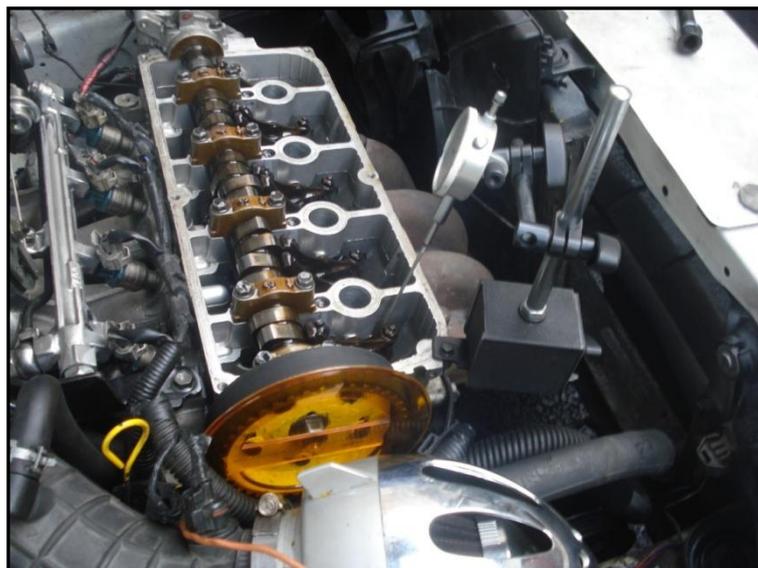
valor es el punto L.C.A. al que, para referir al PMS, es necesario restar el avance de apertura si se mide admisión o el retraso en el cierre, si escape. Análogamente se actuaría en el lado de escape, determinando los valores de apertura, cierre y ángulo central del lóbulo.

Cada vez que se cambia el calado es necesario comprobar , girando el motor dos vueltas completas, que no existen interferencias entre válvulas y pistón y que los valores buscados se repiten durante la comprobación en admisión y escape.

Con esto se habrá finalizado el proceso de calado de distribución y se podrá ensayar la nueva configuración una vez que se hayan restaurado las holguras correctas de válvula.

En los casos en los que se realice la sustitución de uno o más árboles de levas, es preciso, además comprobar la adecuación de los muelles de válvula a los nuevos requerimientos dinámicos del perfil y realizar un reglaje de holgura de válvulas completo.

Figura # 119 Vista de la aplicación del método para el calado de la distribución



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.44 Medición de Emisiones con el motor modificado

A continuación se encuentra la tabla que enseña los nuevos valores porcentuales de los gases presentes en las emisiones del mismo motor pero que ha sido modificado.

Tabla # 6 Medición de las emisiones de gases con el motor modificado

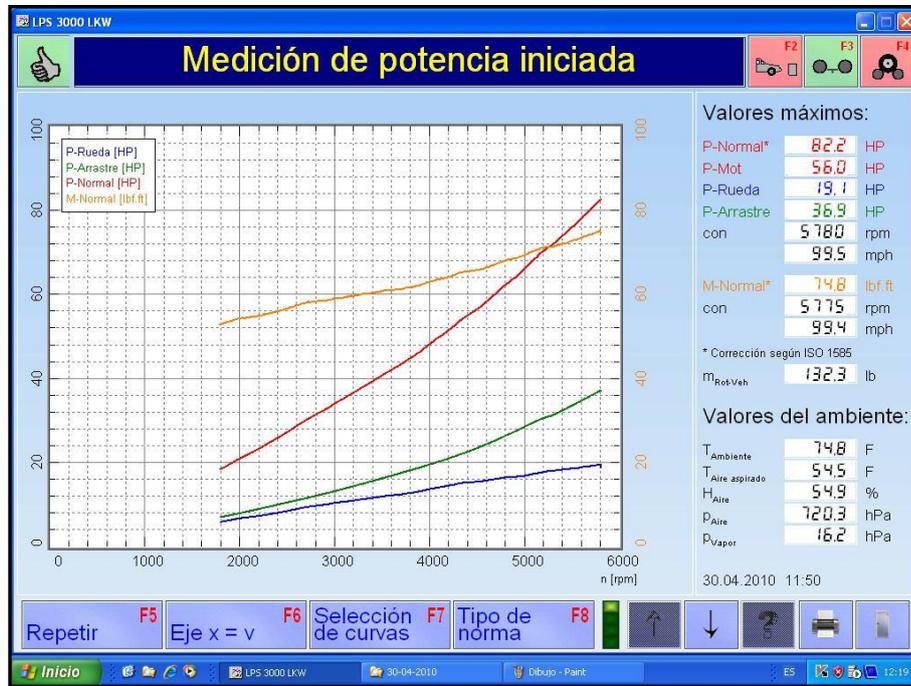
EMISIONES La sobre alimentación corresponde al 24%		
Reglaje del encendido	Motor RPM	5±1850
Comprovaiones avance de encendido	Motor RPM	ECM
Régimen de ralentí	RPM	800± 50
Temperatura de aceite para prueba de CO	Grados centígrados	80
Nivel de CO a ralentí escape	Vol % CO	0,62
Nivel de HC a ralentí	ppm	124
Nivel de CO2 a ralentí	Vol % CO2	17,98 - 20
Nivel de O2 a ralentí	Vol % O2	0, 076 – 0,38
Incremento de ralentí prueba de CO	RPM	2500 - 2800
Contenido de CO en ralentí incrementado	Vol %	0,372
Factor lambda	^	1,12

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.45 Resultados de las pruebas de potencia en el dinamómetro con el motor modificado

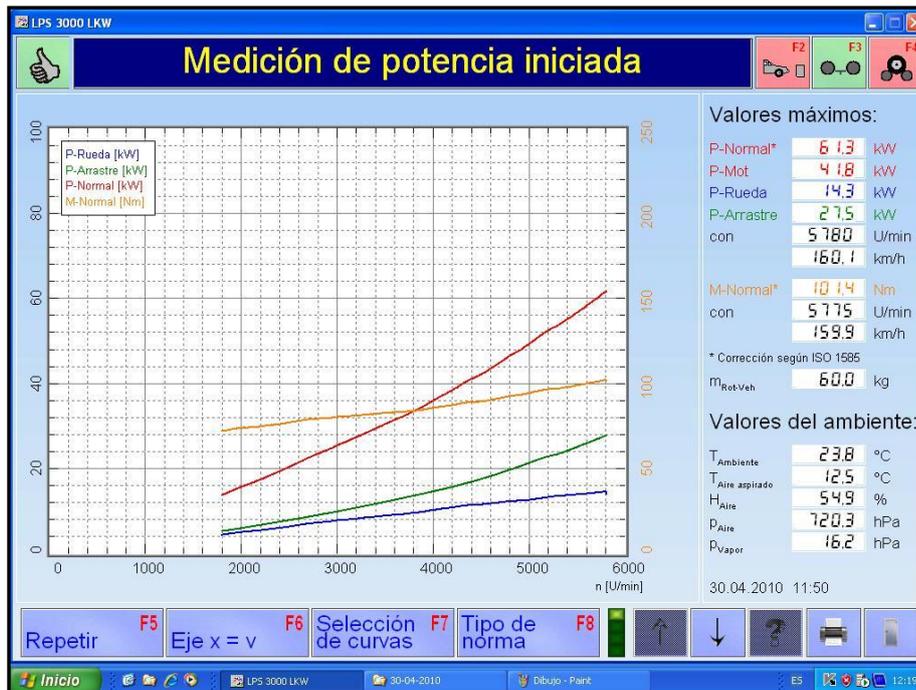
A continuación los resultados de la pruebas de medición de potencia del motor modificado sobre el mismo dinamómetro que se realizó las pruebas antes de modificarlo.

Figura # 120 Resultados gráficos de la medición de la potencia con el motor modificado Sistema de medición Inglés



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Figura # 121 Resultados gráficos de la medición de la potencia con el motor modificado Sistema de medición Internacional



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Tabla Nro. 7 Resultados de la prueba de potencia después de las modificaciones del motor

MAHA LPS 3000 Diagrama de Potencias				
Fecha	30.04.2010			
Hora	11:50			
Matrícula	ICD0357			
Inspector	CORPAIRE			
Comentarios1	PRUEBA 1 CONTINUA 4TA MARCHA			
Comentarios2				
Comentarios3				
Comentarios4				
Comentarios5				
P-Normal	61.3	HP	Corrección según ISO 1585	
P-Mot	41.8	HP		
P-Rueda	14.3	HP		
P-Arrastre	27.5	HP		
en	5780	rpm		
	160.1	mph		
M-Normal	101.4	lbf.ft	Corrección según ISO 1585	
en	5775	rpm		
	159.9	mph		
T-ambiente	23.8	F		
T-aspiración	12.5	F		
H-aire	54.9	%		
p-aire	720.3	hPa		
p-vapor	16.2	hPa		

Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

5.4.4.46 Resumen Capítulo VI

En este capítulo, se desarrolla y evalúa los pasos descritos en capítulos anteriores, para constatar el alcance del objetivo que era de elevar 5% la potencia de un motor Suzuki G16B 16V. 1.6 Lt.

5.5 Bibliografía.

1. COELLO SERRANO Efrén, (2003) "Preparación de Motores de Competencia", Vol. I, Edición 2003, Editorial América, Quito- Ecuador.
2. COELLO SERRANO Efrén, (2002) "sistemas de Inyección Electrónica de Gasolina", Vol. I, Segunda Edición 2002, Editorial América, Quito-Ecuador.
3. CHILTON - LIMUSA,(1987) "Manual de Reparación de Automóviles) , Edición 1987, Editorial Zapata, México DF – México.
4. CHILTON - LIMUSA, (1987) "Cuidado del Automóvil Manual de Mantenimiento y Reparación" Edición 1987,, Editorial Zapata, México DF - México.
5. ELLINGER, Henry.(1992) "Ajuste de Motores y Control de Emisiones." Edición 1992, Editorial Prentice-Hall, Guadalajara – México.
6. GERSCHLER, STUTTGART (2005) "Tecnología del automóvil" Tomo 2, Edición 20ª, Editorial Reverté, S.A., Barcelona – Bogotá – Buenos aires – Caracas – México
7. GIL MARTÍNEZ Hermógenes D., (2004), "Manual del Automóvil" Vol. I, Edición 2001, Editorial Cultural S.A., Madrid-España.
8. MORENO José Manuel (2007). "Mecánica y electricidad del automóvil". Edición 4ª, Editorial Pirámide, Madrid – España.

9. PÉREZ ALONSO J. M. (2001) "Temática Automotriz" Vol. I, Segunda Edición, Editorial Paraninfo S.A., Madrid-España.
10. REMLING, Louis (2004) "Mecánica Automotriz Básica". Edición 3ª, Editorial Limusa, México DF - México
11. S.A. MECÁNICA APLICADA,(2004) "Curso reparación de motores Otto", Primera Edición, Editorial Autoxuga, Barcelona - España
15. TOBOLDT, (2001) "Manual de Reparaciones Automotrices." Edición 2001, Editorial Liberty, San Francisco - EE.UU.

Bibliografía web

16. <http://cochesmiticos.com/el-motor-otto-historia/>
17. http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:K20_head.jpg
18. http://www.todomotores.cl/competicion/valvulas_carrera.htm
19. <http://www.estilomotor.com/el-taller/arbol-de-levas.php>
20. <http://www.msmotorservice.com/content2.asp?area=hauptmenue&site=produkte&cls=05&pcat=14>
21. http://www.powerpage.dk/tuning_turbomanifold_1eksempler-filer/motor_turbo_03.jpg
22. <http://img.saliraganar.com/2008/10/motorf1.jpg>

23. http://www.todomotores.cl/mecanica/images/culata/pernos_culata.jpg
24. <http://8000vueltas.com/2007/08/31/el-ultimo-latido-de-cosworth>
25. http://www.autotech.com/prod_engine_piston.htm
26. <http://www.mercadoracing.org/imagenes.anuncios/49/62059/ciguenyal-es-de-acero.jpg>
27. https://suzukird1.sslpowered.com/62pro/catalog/images/suzuki_swift_forged_rods.jpg
28. http://1.bp.blogspot.com/_m6Meg1hRWdg/SYDaTcyhSLI/AAAAAAAAAAEU/B6-C9UWhJ7o/s320/kit-pistones-forjados-y-bielas-forjadas_3.jpg
29. http://www.llantas-ats.es/pics/oelkuehler/oelkuehler_1.jpg
30. <http://mecanicavirtual.iespana.es/INDEX.HTM>
31. <http://www.conleyprecision.com/graphics/1August/6%20copy.jpg>
32. http://spd.fotologs.net/photo/45/17/37/solomecanica/1152723624_f.jpg
33. <http://www.mecanicavirtual.org/images-distribucion/vvti2a.jpg>
34. <http://media.photobucket.com/image/electroventilador/Valparaiso1/mix%20para%20el%20foro/circuitoventilador-1.jp>
35. <http://imgs.segundamano.es/images/519/51909551375.jpg>

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1.- Luego de haber definido, la metodología investigativa, y seguido estrictamente la estrategia, planteada, se logró rebasar el objetivo propuesto de elevar en un 5% la potencia de un motor Suzuki G16B 16V. 1.6Lt MPFI, al 7,5 % obtenido.

2.- Se logró cumplir todas las tareas propuestas, desde diagnosticar, el estado en que se encontró el motor, hasta la elevación de su potencia, sin tener que reconstruir el motor puesto que se hallaba recién reparado.

3.- Se logró recopilar suficiente información técnica para constituir la base teórica, sobre la cual se levantaron los métodos y procedimientos que permitieron el alcance del objetivo.

4.- La ejecución de las tareas en la parte práctica tuvo muchas dificultades, como era de esperarse, entre las cuales destacan, el asentamiento del cigüeñal, y la abertura de toberas, tanto en admisión, como en escape.

5.- El trabajo de elevar la potencia de un motor, es sinónimo de recursos, los mismos que deben ser extensos, ya que tanto la demanda del talento humano, como los costos son elevados.

6.- El tiempo es uno de los factores, más importantes a tener en cuenta en el momento de ejecutar un trabajo como el de elevar la potencia de un motor, puesto que tanto la parte matemática, logística y estratégica, como

la práctica necesitan de precisión lo que hace imperativa la buena disposición de tiempo.

6.2 Recomendaciones

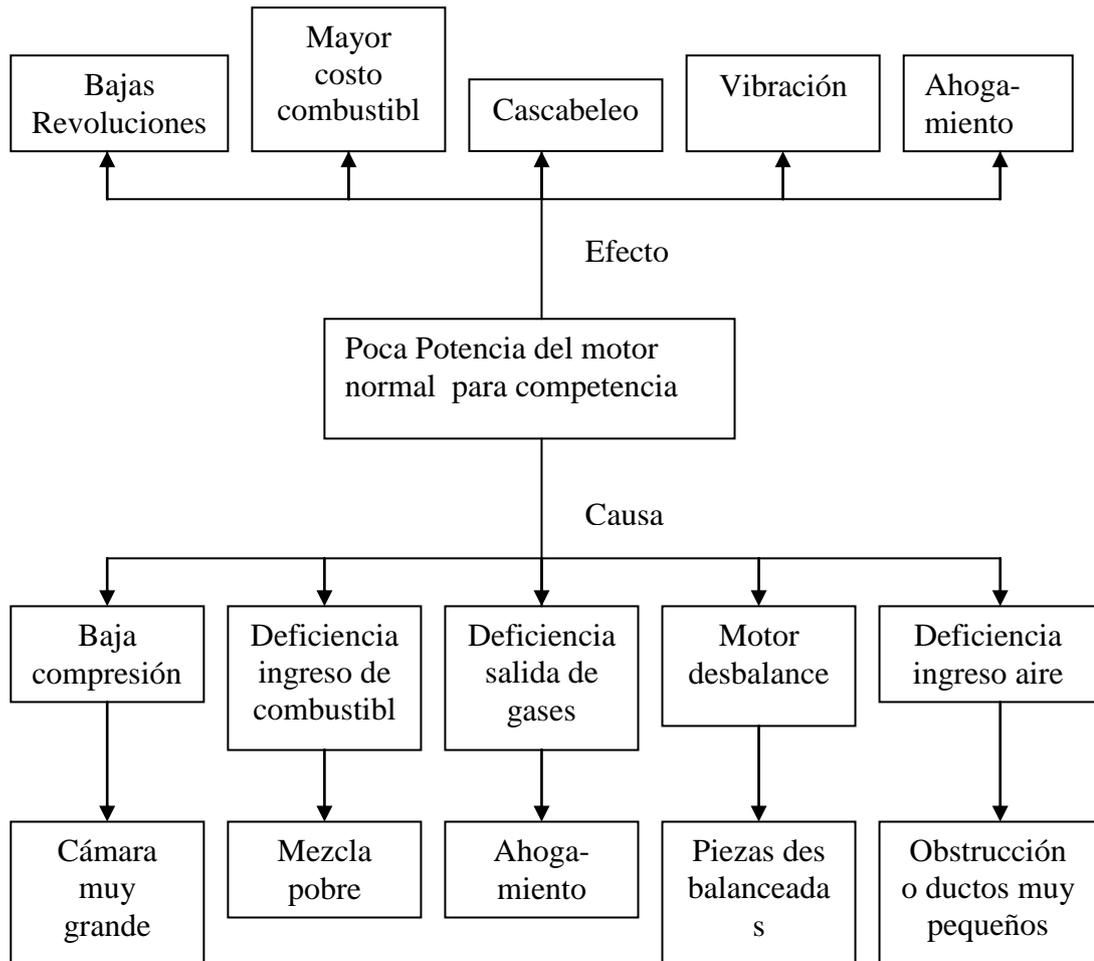
1.- Se recomienda la difusión del desarrollo y resultados de esta investigación, tanto dentro, como fuera de la Universidad Técnica del Norte, a todos los sectores, y en especial al campo automotriz y afines, a través de medios públicos, en donde se pueda exponer el proyecto,

2.- Se recomienda que este trabajo investigativo, sirva de base, para la edificación de futuros proyectos inmersos en la potenciación de motores de cualquier tipo, siendo de este modo una guía para los nuevos y futuros profesionales.

3.- Se recomienda de manera superlativa, la inversión, de parte de la universidad, en equipos e instrumentos, que permitan crear plataformas para el lanzamiento de estudios y proyectos, que se vinculen a la investigación, mejoramiento e innovación de sistemas, servicios y productos.

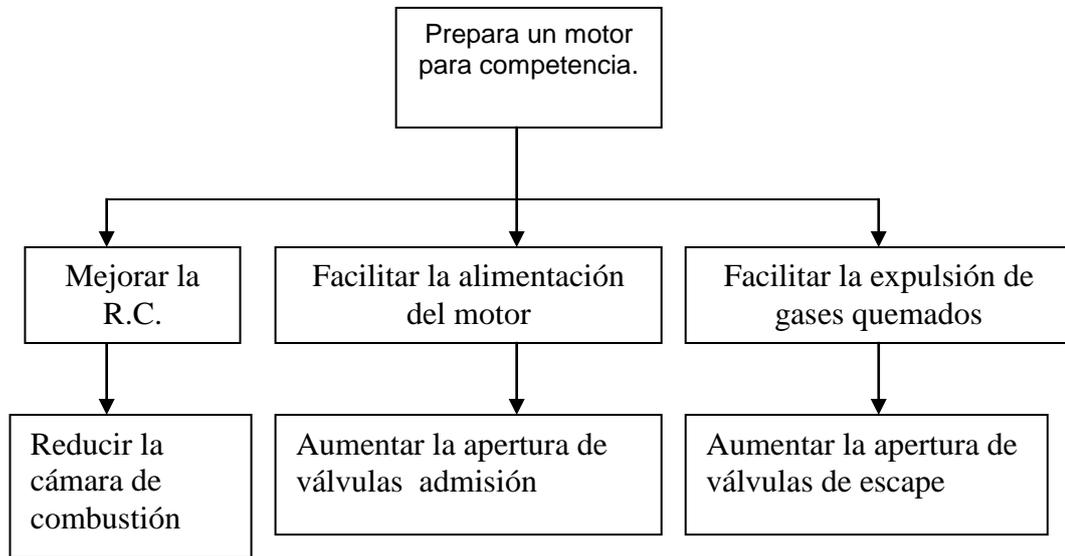
ANEXOS

Anexo Nro.1 Árbol de problemas



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Anexo Nro.2 Árbol de objetivos



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Anexo Nro.3 Armando los $\frac{3}{4}$ del motor



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Anexo Nro. 4 Comprobando tolerancias



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Anexo Nro. 5 Cubicando el sistema de refrigeración



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Anexo Nro. 6 Lavando y comprobando inyectores



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Anexo Nro.7 Probando potenciómetro del sensor MAP



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo

Anexo Nro.8 Asentando válvulas



Elaborado por: E. Portilla y P. Pozo