

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Repotenciación de un motor estándar
para competencias deportivas**

Proyecto técnico

Enrique Eduardo Álvarez Moreira

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Licenciatura de electromecánica automotriz

Quito, 15 de abril de 2018

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Enrique Eduardo Álvarez Moreira

Calificación:

Gonzalo Tayupanta, MSc.

Firma del tutor.

Quito, 15 de abril de 2018

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Enrique Eduardo Álvarez Moreira

Código: 00112800

Cédula de Identidad: 1310582752

Lugar y fecha: Quito, 15 de abril de 2018

DEDICATORIA

Dedico principalmente este triunfo a Dios, que siempre me dio fuerzas para seguir adelante, a pesar de mis problemas de salud. A mis padres y a mi hermana, quienes son el mayor apoyo que tengo. A mis amigos, que se desvelaron conmigo para ayudarme en este proyecto y en mi aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

A todos los colegas que siempre me extendieron una mano: Enrique Vaca, familia Escudero y Mauricio Lara. A mis profesores Gonzalo Tayupanta, José Martínez, Edy Villalobos, Elza Chiriboga y Miguel Romero Flores.

RESUMEN

Este proyecto explica de una manera breve los ajustes realizados al motor original G16A de un Suzuki Vitara, al cual se le cambió elementos mecánicos y eléctricos que permitieron elevar la potencia y el torque para que desarrolle mayor velocidad final. De esta forma, el vehículo repotenciado puede participar en competencias deportivas tipo *rally*.

El proyecto se lo realizó en la ciudad de Quito en el taller Custom Garage, con el uso del dinamómetro de Dinamyca Competición. Con las modificaciones efectuadas, tanto eléctricas como mecánicas, se logró aprender herramientas y usos más adecuados para un diagnóstico de motores estándar y repotenciados de cualquier marca de la misma clase que el G16 de un Suzuki Vitara.

Palabras clave: repotenciación, sensores, actuadores, Suzuki Vitara, modificación.

ABSTRACT

This project briefly explains the adjustments made to the original G16A engine of a Suzuki Vitara, which was changed mechanical and electrical elements that allowed to raise the power and torque to develop higher final speed. In this way, the re-powered vehicle can participate in rally-type sports competitions.

The project was carried out in the city of Quito in the Custom Garage workshop, with the use of Dinamyca Competition's dynamometer. With the modifications made, both electrical and mechanical, it was possible to learn tools and uses more suitable for a diagnosis of standard and re-powered motors of any brand of the same class as the G16 of a Suzuki Vitara.

Key words: repowering, sensors, actuators, Suzuki Vitara, modification.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Resumen	6
Abstract	7
Tabla de contenido	8
Índice de figuras	10
Introducción	13
Repotenciación de motores: criterios y elementos a considerar	14
Capítulo 1	
El motor: acercamiento a sus partes y procesos	16
1.1. Composición del motor	16
1.1.1. Etapas de funcionamiento del ciclo Otto	18
1.2. Elementos del motor: pistones	21
1.3. Elementos del motor: rines	24
1.4. Elementos del motor: bielas	28
1.5. Elementos del motor: cojinete	32
1.6. Elementos del motor: cabezote o culata	37
1.6.1. Tipos de cabezote o culata	39
Capítulo 2	
Sistema de distribución	40
2.1. Elementos del sistema de distribución	41
2.1.1. Árbol de levas	41
2.1.1.1. Taqués o impulsadores	43
2.1.2. Muelles	46
2.1.2.1. Guías de válvula	46
2.1.2.2. Asientos de válvulas	47
2.1.3. Mando de distribución	48
2.1.3.1. Over Head Valve (OHV)	50
2.1.3.2. Simple Over Head Camshaft (SOHC)	51
2.1.3.3. Double Over Head Cam (DOHC)	52
2.2. Diagrama de mando	53

Capítulo 3

Sistema de inyección	58
3.1. Breve introducción	58
3.2. Clasificación de los sistemas de inyección	59
3.2.1. Según el número de inyectores	60
3.2.2. Según el numero de inyecciones	61
3.2.3. Según el lugar donde inyectan	63
3.2.4. Según las características de funcionamiento	63
3.3. Mediciones y control de inyección	64
3.3.1. Sensor lambda	65
3.3.2. Sensor MAP	67
3.3.3. Sensor MAF	68
3.3.4. Sensor IAT	69
3.3.5. Sensor CTS	70
3.3.6. Sensor TPS	71
3.3.7. Sensor CKP	73
3.3.7.1. Sensores de efecto Hall	74
3.3.7.2. Sensores tipo óptico	75
3.3.7.3. Sensores magnéticos	76
3.3.8. Sensor CMP	77
3.4. Unidad de control del motor (ECU)	78

Capítulo 4

Modificaciones y análisis	80
4.1. Elementos reemplazados para la repotenciación	80
4.1.1. ECU programable	81
4.1.2. El árbol de levas	88
4.1.3. Comparación de ejes de levas	89
4.1.4. Pistones de competencia	91
Conclusiones	93
Recomendaciones	94
Referencias bibliográficas	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Partes de un motor de un carro y de combustión	11
Figura 2.	Proceso de combustión en el motor	18
Figura 3.	Diagrama P-V	18
Figura 4.	Fases de un motor de cuatro tiempos	20
Figura 5.	Pistón	21
Figura 6.	Pistón de cabeza plana	22
Figura 7.	Pistón convexo o de alta compresión	23
Figura 8a.	Pistón cóncavo para motores a gasolina	24
Figura 8b.	Pistón cóncavo para motores a diésel	24
Figura 9a.	Rin y ranuras en el pistón	25
Figura 9b.	Tipos de anillos	25
Figura 9c.	Alojamiento de rines	26
Figura 10.	Aro de fuego	26
Figura 11.	Anillo de compresión	27
Figura 12.	Holgura de montaje de los segmentos y engrase del cilindro	28
Figura 13.	Representación del PMS y el PMI	28
Figura 14.	Conjunto de la biela	30
Figura 15a.	El cigüeñal: conjunto de manivelas	31
Figura 15b.	Movimientos del cigüeñal	31
Figura 16.	Volante y cigüeñal	32
Figura 17.	Cojinetes lisos	34
Figura 18.	Cojinetes bimetálicos	34
Figura 19.	Cojinetes de tres materiales	35
Figura 20.	Cojinetes con capa de deslizamiento Sutter	35
Figura 21.	Cojinetes lisos sin retenedor	36
Figura 22.	Casquillos de los cojinetes para bielas con semiacabados	36
Figura 23.	Partes del cabezote	38
Figura 24.	Esquema de accionamiento de una distribución por piñones	40
Figura 25.	Árbol de levas	42
Figura 26.	Taqués hidráulicos	44
Figura 27.	Válvulas de admisión y escape	45

Figura 28.	Muelles helicoidales	46
Figura 29.	Guías de válvulas	47
Figura 30.	Asientos de válvulas	48
Figura 31.	Puntos de sincronización de motor SOHC (por banda)	49
Figura 32.	Puntos de sincronización de motor DOHC (por cadenilla)	50
Figura 32.	Tipo de distribución OHV	51
Figura 33.	Tipo de distribución SOHC	52
Figura 34.	Tipo de distribución DOHC	53
Figura 35.	Ciclo Otto	54
Figura 36.	Ciclo teórico Otto	55
Figura 37.	Ciclo práctico Otto	56
Figura 38.	Ciclo práctico Otto con diagrama de levas	56
Figura 39.	Tiempos de distribución y carrera de válvula	57
Figura 40.	Tipos de inyección de gasolina	60
Figura 41.	Tipo de inyección por número de inyectores	61
Figura 42.	Tipo de inyección por número de inyecciones	62
Figura 43.	Tipo de inyección según el lugar donde inyectan	63
Figura 44.	Registro histórico de los sistemas de inyección Bosch	64
Figura 45.	Localización de la sonda lambda en el motor	66
Figura 46.	Despiece de un sensor lambda	66
Figura 47.	Sensor MAP	68
Figura 48.	Sensor de masa o flujo de aire	69
Figura 49.	Prueba y diagnóstico con el sensor MAF	69
Figura 50.	Sensor de temperatura de aire	70
Figura 51.	Sensor de temperatura del refrigerante	71
Figura 52.	Funcionamiento del potenciómetro del TPS	73
Figura 53.	Sensor de posición del acelerador	73
Figura 54.	Señal de ondas del sensor CKP de efecto Hall	75
Figura 55.	Funcionamiento del sensor de efecto Hall	75
Figura 56.	Formas de onda de los sensores fotoópticos	76
Figura 57.	Funcionamiento del sensor tipo óptico	76
Figura 58.	Sensor magnético de dos pines	77
Figura 59.	Sensor de posición del árbol de levas	78
Figura 60.	Motor G16 de un Suzuki Vitara 16V	81

Figura 61.	Rotura de rines	82
Figura 62.	Ejemplo de mapeo de combustible (tabla numérica y 3D)	83
Figura 63.	Prueba de calibración dinamométrica 1	84
Figura 64.	Prueba de calibración dinamométrica 2	85
Figura 65.	Prueba de calibración dinamométrica 3	86
Figura 66.	Tabla comparativa entre la prueba 1 y 3	87
Figura 67.	Desmontaje del árbol de levas	88
Figura 68.	Comparación de cruce de válvulas	90
Figura 69.	Tiempos de distribución y carrera de válvula	90
Figura 70.	Desmontaje y armado del motor	91
Figura 71.	Pistón de cabeza plana	92

INTRODUCCIÓN

El ámbito automotriz es apasionante pues permite, además de la emoción de experimentar la conducción de vehículos motorizados, combinar los conocimientos técnicos con los científicos y efectuar modificaciones e innovaciones para desarrollar motores más potentes, con mejor rendimiento y velocidad.

En el caso del proyecto integrador que se presenta, como estudiante de la licenciatura de electromecánica automotriz, he tenido la oportunidad de plasmar los conocimientos teóricos en un ejercicio real de repotenciación de un motor G16A Suzuki Vitara estándar para niveles de competencia deportiva tipo rally.

El objetivo general del proyecto es repotenciar un motor G16 de un Suzuki Vitara para incrementar torque y la potencia que repercuta en mayor rendimiento. Como objetivos más específicos se pretende conocer las partes del motor estándar y sus procesos de funcionamiento; así como comparar el motor estándar frente al motor modificado.

Por eso en el capítulo 1 se comienza con un acercamiento a las partes del motor estándar; luego en el capítulo 2 se abordan aspectos clave de su funcionamiento, como por ejemplo el sistema de distribución con sus diversos elementos. En el capítulo 3 se revisa sobre lo relacionado con la alimentación del combustible hacia el motor (sistema de inyección), los sensores que miden los rangos para la inyección, así como el control de los rangos. Luego, en el capítulo 4, se aborda sobre las modificaciones, análisis y datos obtenidos —como parte fundamental de este proyecto— al realizar la

repotenciación del motor estándar de un Suzuki G16. Se mencionará el mecanismo aplicado, así como la complejidad del trabajo efectuado.

La metodología utilizada en este proyecto es a partir de la revisión de información bibliográfica de libros, tesis y sitios web especializados. El análisis sobre las modificaciones realizadas al motor estándar G16 para repotenciarlo se lo hizo con base en la ejecución de esta actividad durante el trabajo efectuado.

El proyecto abordado puede ser de interés para los apasionados de los autos en general, y, de forma más específica, para aquellas personas amantes de las competencias automovilísticas en Ecuador. El resultado de este proyecto constituye un aporte a la escasa literatura académica sobre esta temática existente en nuestro país.

Repotenciación de motores: criterios y elementos a considerar

De acuerdo con Jara y Ordoñez (2013, p. 14), para repotenciar un motor “se debe tener claro todo lo que ello implica, como inversión económica, tiempo, dificultades, ventajas, desventajas, resultados”, por eso afirman los autores que se requiere de “mucho investigación, análisis, paciencia y determinación, pero por sobre todo gran interés por parte del especialista que lo realice”. En otras palabras, se necesita de información previa para llegar a la decisión y ejecución de las actividades que implican la repotenciación de un motor estándar.

Entonces, cabe una pregunta: ¿Cuáles son los criterios y factores más relevantes que se deben tener en cuenta antes de proceder con la repotenciación del motor? Para encontrar la respuesta, se acude nuevamente a Jara y Ordoñez (2013, p. 15):

- Para determinar el tipo de repotenciación a efectuarse, primero, se debe conocer aspectos relacionados con el diseño, construcción y funcionamiento del motor.
- Segundo, se debe considerar aspectos sobre el incremento de la relación de compresión; reducción del peso de los componentes móviles; incremento de la cilindrada; tipos de válvulas a colocarse; necesidad de cambio del árbol de levas, entre otros.
- Tercero, factibilidad relacionada con la existencia de los repuestos requeridos (disponibilidad en el país o fuera de él); acceso a la maquinaria que se necesita para efectuar los trabajos especiales.
- Cuarto, apoyo de especialistas automotrices o mecánicos experimentados para cuando se requiera de modificaciones complejas.

Todo lo mencionado tiene una correlación con el coste económico y tiempo a invertir en el proyecto.

En este proyecto se trabaja con un motor estándar G16A de un Suzuki Vitara, el cual, según tecnica4x4.blogspot.com, tiene para el año 1990 “8 válvulas de 1.590 cm³ de carburación, que ofrecía 75 cv.” En el caso de este proyecto, el motor es un G16 de 16 válvulas con igual cilindrada que, a nivel de la costa ecuatoriana, desarrolla 82 caballos de fuerza.

Capítulo 1

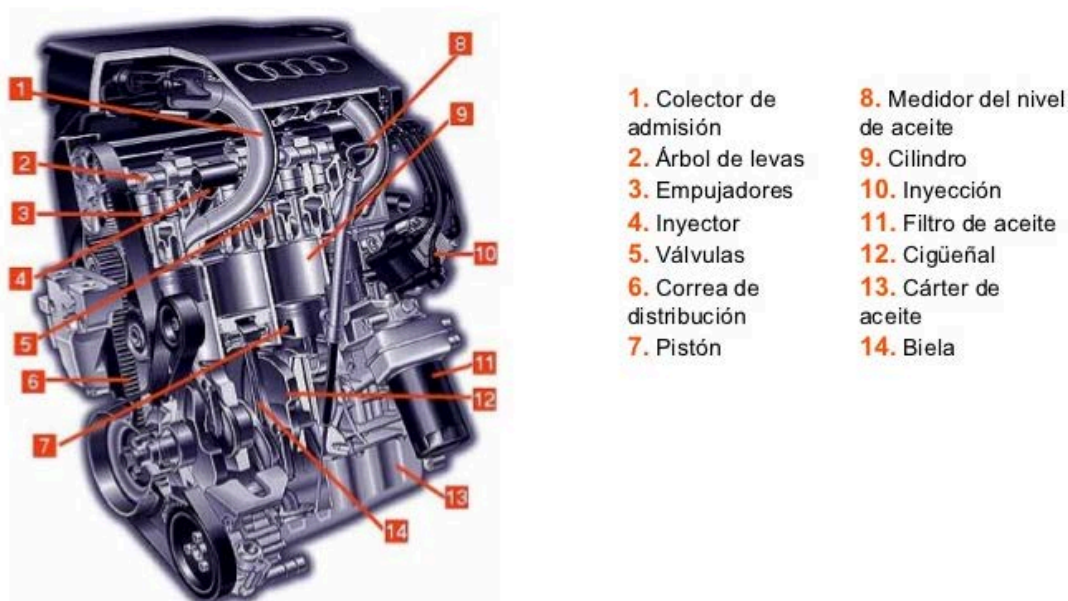
El motor: acercamiento a sus partes y procesos

1.1. Composición del motor

En 1876, el alemán Nicolaus Otto inventó el primer motor de explosión de cuatro tiempos, por eso este motor lleva su nombre. Según Bohner *et al.* (1985), este motor tiene accionamiento por mecanismos mediante un cigüeñal, biela, pistón, cilindros. El mecanismo de accionamiento por medio del cigüeñal está insertado dentro cuerpo del bloque del motor que a su vez también lo conforma la culata o cabezote. El funcionamiento o accionamiento de este motor es cuando el cigüeñal empuja mediante un movimiento rotatorio o alternativo a la biela, transmitida en forma de movimiento rectilíneo al pistón, ascendiendo y descendiendo por el cilindro llegando al punto muerto superior (PMI) y al punto muerto inferior (PMI).

Las válvulas son operadas mediante un árbol de levas, lo cual hacen posible la entrada de la mezcla de combustible y la salida de los gases dentro de los cilindros; el árbol de levas es accionado por el cigüeñal mediante una cadena de distribución, banda o piñones, que gira con la mitad del número de vueltas o revoluciones del árbol de levas, la cual debe ser sincronizada. Para generar una combustión se necesita de un sistema de encendido que esté sincronizado, cuando un cilindro esté en una carrera de compresión, y así salte la chispa en el momento adecuado y genere una correcta combustión. (Bohner *et al.*, p. 206-207).

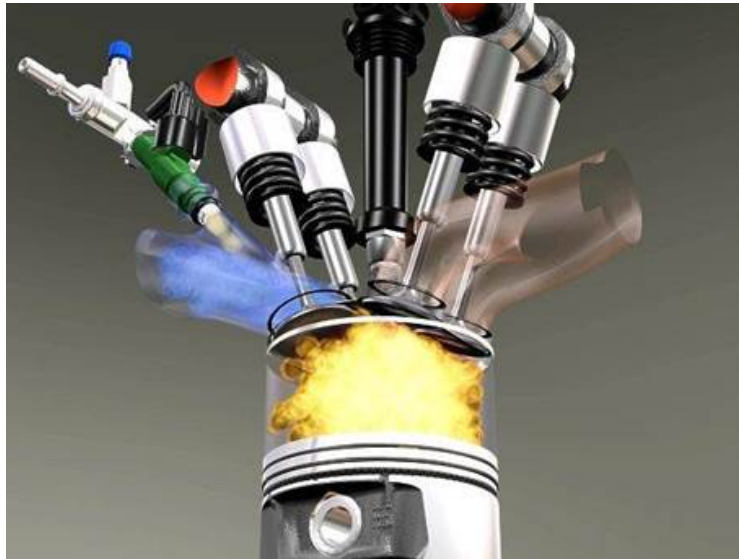
Figura 1. Partes de un motor de un carro y de combustión



Fuente: www.areatecnologia.com. Recuperado el 6 de diciembre de 2017.

Comienza el proceso con la mezcla homogénea de gasolina y aire fuera de la cámara de combustión en el carburador; en el caso de un motor a inyección esto sucede en los inyectores al interior del cilindro. Para entenderlo mejor, parafraseando a <http://educativa.catedu.es>, se lo puede representar así: [(14.7:1) 14,7 moléculas de aire por 1 de gasolina]. A la cámara de combustión llega dicha mezcla y allí se comprime. Ahora bien, ¿cómo empieza la combustión? En el sistema de encendido del motor salta una chispa por acción de la bujía que es impulsada por una bobina. La mezcla de aire y gasolina se inflama y se quema al interior del cilindro acrecentándose la presión de los gases. En este momento entran en funcionamiento el pistón, la biela y el cigüeñal. ¿Qué sucede con los gases generados? Aquí se produce una acción continua: los gases generados salen a través del tubo de escape y son sustituidos de forma constante por una nueva mezcla.

Figura 2. Proceso de combustión en el motor

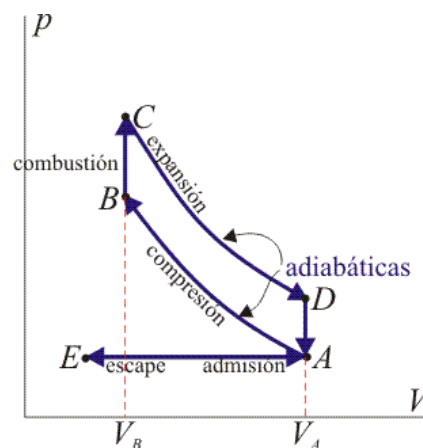


Fuente: <https://www.alamaula.com/a-accesorios-para-autos/general-san-martin/precamaras-combustion-mitsubishi-nissan-toyota-isuzu-daewoo-tico-rover/1001184560620910462601009>

1.1.1. Etapas de funcionamiento del ciclo Otto

Un ciclo Otto de funcionamiento de trabajo se realiza en dos vueltas del cigüeñal y cuatro del árbol de levas, lo que forma un ciclo de cuatro tiempos: admisión, compresión, expansión y escape, lo cual en la figura 3 se interpreta en un diagrama P-V (presión-volumen).

Figura 3. Diagrama P-V



Fuente: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4932/html/2_motor_de_cuatro_tiempos_ciclo_de_otto.html

Entonces, las fases o tiempos del ciclo Otto son cuatro, cuya información proviene de <http://e-educativa.catedu.es>:

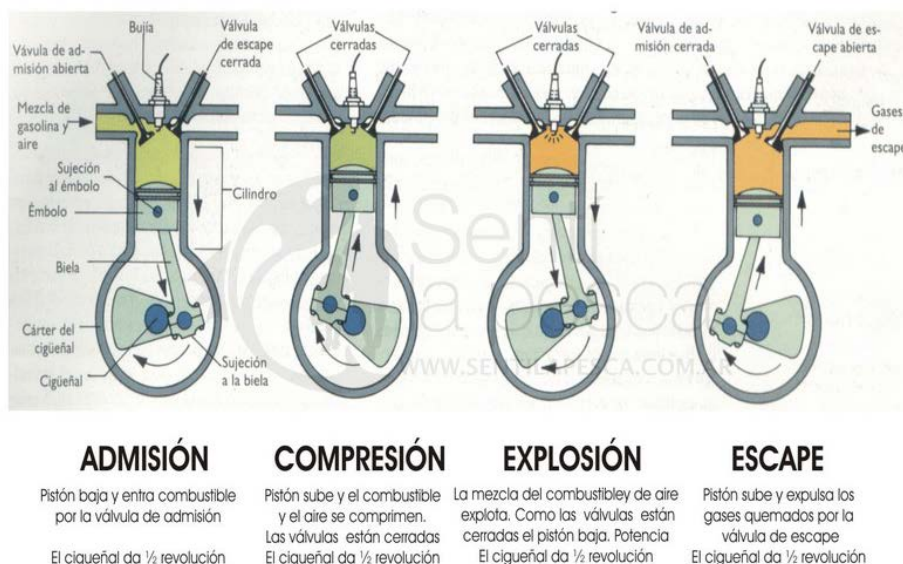
- **Admisión primer tiempo (1).** El pistón desciende con la válvula de admisión abierta, aumentando la cantidad de mezcla (aire y combustible) en la cámara de combustión. (sale los gases de escape y entra la nueva mezcla con la misma presión normal de 1 atm= 14,7 psi al llenar el cilindro de mezcla, aumentando su volumen E-A.)
- **Compresión segundo tiempo (2).** El pistón asciende comprimiendo la mezcla, ambas válvulas permanecen cerradas. (la mezcla se comprime reduciendo su volumen aumentando su presión de 14,7 PSI a 120 PSI (Compresión adiabática). A-B.)
- **Combustión.** Con el pistón en el punto muerto superior, salta la chispa de la bujía, que inicia la combustión de la mezcla (ya que al pistón no le ha dado tiempo a bajar). B-C.
- **Expansión tercer tiempo (3).** Debido a la combustión se produce un ascenso brusco de temperatura que empuja al pistón hacia abajo, realizando trabajo sobre él, las válvulas continúan cerradas. (su presión comienza a descender y su volumen a aumentar regresando a las presiones normales.(Expansión adiabática). C-D.)
- **Escape cuarto tiempo (4).** Se abre la válvula de escape y el gas sale al exterior, empujado por el pistón a una temperatura mayor que la inicial, siendo sustituido

por la misma cantidad de mezcla fría en el nuevo ciclo de admisión. El sistema es realmente abierto, pues intercambia masa con el exterior. (comienza el ciclo de admisión y compresión otra vez D-A.). Cuando el pistón empuja el aire hacia el exterior, con la válvula abierta, A-E, cerrando el cuarto ciclo o tiempo.

Son necesarios dos asensos y dos descensos del pistón para que comience un ciclo Otto.

Según e-ducativa.catedu.es: “Observando el ciclo Otto ideal, podemos considerar despreciables los procesos de admisión y de escape a presión constante A-E y E-A, puesto que son idénticos en la gráfica y de sentido contrario, por lo que el calor y el trabajo intercambiados entre ellos se anulan mutuamente”.

Figura 4. Fases de un motor de cuatro tiempos



EN UN MOTOR DE 4 T SE PRODUCE UNA EXPLOSIÓN (FASE POTENTE) CADA 2 REVOLUCIONES

Fuente: <http://apuntesmecanicademotos.blogspot.com/2015/03/ciclo-otto-principio-de-funcionamiento.html>

1.2. Elementos del motor: pistones

Según Bohner *et al.* (1985), el pistón es el elemento del motor que transforma la combustión generada por la mezcla combustible en una fuerza expansiva, que produce un movimiento lineal y lo transmite a la biela, la cual a su vez, lo transmite al cigüeñal, generando así un movimiento circular que ocasiona que el volante de inercia gire y se produzca un torque.

Las partes internas del motor son pistón, rin, biela, cigüeñal, cojinete y cabezote, las cuales son abordadas en este capítulo.

Figura 5. Pistón



Fuente: <http://mecanicademotosmx.blogspot.com/2015/02/las-3-funciones-basicas-de-los-aros-de.html>

El pistón, según el portal definicion.de, “es una pieza que forma parte del mecanismo de funcionamiento de un motor. También conocido como émbolo, se trata de un elemento que se mueve de forma alternativa dentro de un cilindro para interactuar con un fluido”.

Hay diferentes tipos de pistones: cabezas planas, cóncavas y convexas (de alta compresión).

Los pistones de cabeza plana fueron, en un principio utilizados, cuando se empezó a desarrollar el motor de combustión interna, así como en algunos motores que no requieren alta potencia, por ejemplo, los de plantas eléctricas, vehículos pequeños y motores industriales pequeños. Parafraseando a geocities.ws, algunos pistones tienen hendiduras sobre su cabeza para dar espacio a las válvulas (ver figura 6); sin embargo, en motores que tienen pistones de cabeza cóncava —que aumentan la cámara de compresión—, se les coloca este tipo de pistones para elevar la relación de compresión sin necesidad de rebajar la altura del cabezote.

Figura 6. Pistón de cabeza plana



Fuente: <http://www.solominis.50megs.com/photo.html>

Otro tipo de pistón es el de alta compresión, también llamado convexo, el cual está diseñado para aumentar la relación de compresión. En la cabeza su forma está dada por el tipo de cámara de combustión que tenga; está elaborado en hierro forjado para poder soportar la presión que ejerce (ver figura 7). En el pisto convexo es muy importante el tipo de combustible que se use, ya que su alta relación de compresión no soportaría un combustible con menos de 120-130 octanos, pues se produciría un

cascabeleó y ruptura de rines. Es utilizado únicamente en motores a gasolina y no en diésel debido a que los pistones a diesel tienen su cámara de compresión en el mismo pistón mas no en el cabezote.

Figura 7. Pistón convexo o de alta compresión



Fuente: <http://www.fresh-imports.com/2014/07/9-maneras-de-potenciar-un-motor-atmosferico/2/>

Otro tipo de pistón es el de cabeza cóncava el cual es más utilizado en motores de gasolina y diesel. En los motores a gasolina la hendidura de la cabeza de este pistón reduce la relación de compresión para prevenir un desgaste prematuro del motor (ver figura 8^a). En cambio, este tipo de pistón en los motores a diesel funciona de forma diferente: la hendidura que tiene en la cabeza es utilizada para generar una cámara de compresión, ya que los motores diésel en su cabezote no poseen una cámara de compresión (ver figura 8b).

Figura 8a. Pistón cóncavo para motores a gasolina



Fuente: <https://www.ebay.com/itm/Wiseco-Pistons-Pro-Tru-Sport-Compact-Series-KE207M96/273077902444?epid=1068269879&hash=item3f94b61c6c:g:m6MAAOSw86JajE5o&vxp=mtr>

Figura 8b. Pistón cóncavo para motores a diésel



Fuente: <http://mecanicadiesellive.blogspot.com/p/textos.html>

1.3. Elementos del motor: rines

Otra parte interna del motor es el rin —también conocido como aro o anillo—, es decir, el anillo que se aloja en el pistón, produciéndose de esta manera un cierre hermético que evita la fuga de compresión o quema de aceite excesiva. Cabe indicar que cada anillo o rin tiene una luz (espacio milimétrico) que cumple dos propósitos: el primero, generar un espacio para que al dilatarse con la temperatura no se fracture; el segundo propósito, para que pase una mínima cantidad de aceite y lubrique los cilindros por arriba, y genere un mayor cierre hermético.

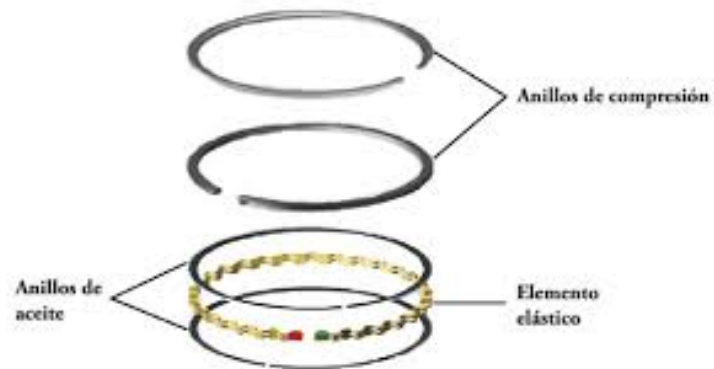
Entonces, los aros o rines del motor son segmentos de acero que se insertan en las ranuras o guías en el pistón (ver Figuras 9a y 9c), que generalmente son tres: los dos primeros son los aros de compresión, y el tercero es el aro rascador de aceite (ver figura 9b).

Figura 9a. Rin y ranuras en el pistón

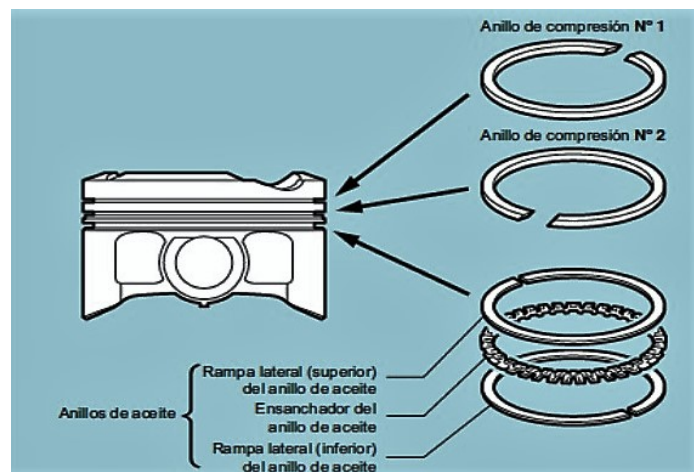


Fuente: <https://www.pruebaderuta.com/funciones-e-importancia-de-los-anillos-del-piston.php>

Figura 9b. Tipos de anillos



Fuente: <https://www.pruebaderuta.com/anillos-de-motor.php>

Figura 9c. Alojamiento de rines

Fuente: http://conaremo.blogspot.com/2016_03_03_archive.html

El aro o anillo de compresión —conocido también por aro de fuego (las ranuras superiores que se observa en la figura 9c)— es el encargado de soportar la presión y sellar la cámara de combustión para que, durante la compresión, la mezcla de aire y combustible no pase al interior del cárter y no contamine el aceite con residuos de gases combustionados (carbonilla); tampoco que afecte a los detergentes y aditivos del aceite. Además, los anillos de compresión impiden el paso de los gases de combustión al cárter y generan presión en el mismo; estos gases ocasionan que la bomba de aceite los absorba, afectando de esta manera a la lubricación del motor (ver figura 10).

Figura 10. Aro de fuego

Fuente: <https://www.mundodelmotor.net/pistones-de-motor/>

Otra de las funciones de los anillos de compresión, según actualidadmotor.com, “es la de transferir a los cilindros parte del calor liberado en el proceso de expansión por el pistón, durante el tiempo en que se mantiene encendido el motor, otorgándole además un cierto grado de amortiguación”.

De acuerdo con la misma fuente, el aro rascador de aceite también “permite que parte del aceite lubricante pase hacia la parte superior del cilindro y elimina el sobrante por barrido, o aquel que es adherido en la parte inferior del propio cilindro por salpicadura”.

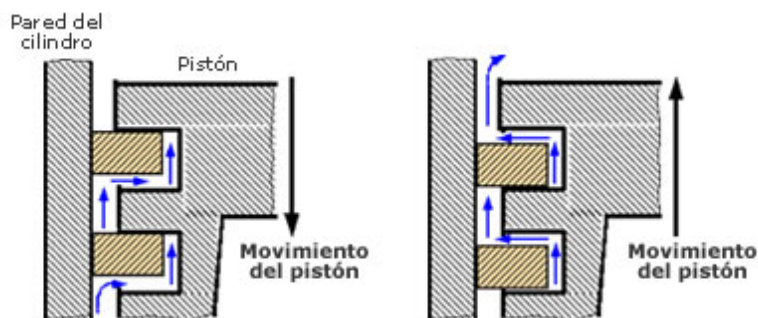
De forma visual se puede distinguir los tipos de aros porque los primeros (aros de compresión) son lisos, en cambio los rascadores de aceite tienen aberturas onduladas en su exterior que favorecen la distribución igualitaria del lubricante. También, como se puede apreciar en la figura 12, mediante el movimiento de subida y bajada a través de los aros de compresión, en la luz que tienen de cierre, atraviesa una mínima cantidad de aceite para mejorar la eficiencia de lubricación en la parte superior (ver figura 13).

Figura 11. Anillo de compresión



Fuente: <https://www.mundodelmotor.net/pistones-de-motor/>

Figura 12. Holgura de montaje de los segmentos y engrase del cilindro



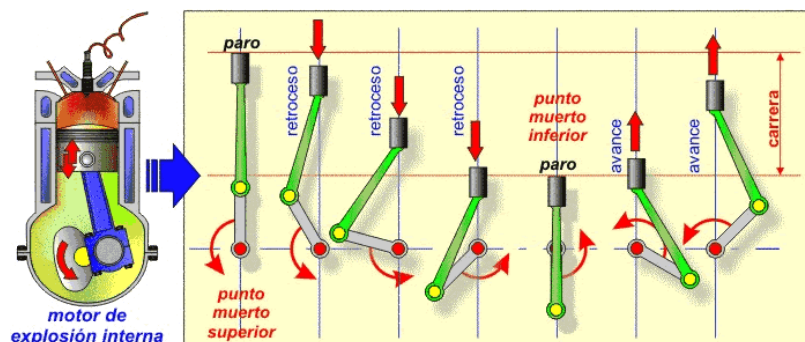
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

1.2. Elementos del motor: bielas

De acuerdo con actualidadmotor.com, la biela “es el elemento del motor encargado de transmitir la presión de los gases que actúa sobre el pistón al cigüeñal, o lo que es lo mismo, es un eslabón de la cadena de transformación del movimiento alternativo (pistón) en rotativo (cigüeñal).”

¿En qué material se fabrican las bielas? Se fabrican, generalmente, de acero templado; sin embargo, en motores de altas prestaciones se pueden utilizar bielas de aluminio o de titanio.

Figura 13. Representación del PMS y el PMI



Fuente: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_biela-maniv-embolo.htm

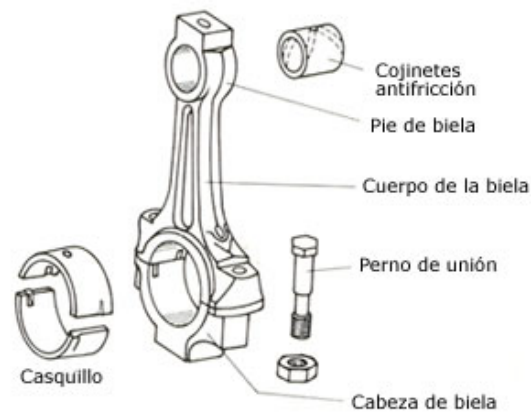
Debido a los grandes esfuerzos a los que está sometido, y a que es un elemento de lubricación difícil, la biela es una parte fundamental del motor, razón por la cual, su diseño le permite facilitar parte de su refrigeración y lubricación, así lo explica <https://www.actualidadmotor.com>.

La biela se divide en tres partes:

- 1) **El pié.** Es el extremo que va adherido al bulón, que también va enganchado en el pistón. Según [actualidadmotor.com](https://www.actualidadmotor.com) es el extremo mas pequeño de la biela.
- 2) **El cuerpo.** Es el área central de la biela que soporta la mayor parte de los esfuerzos, pero al estar en permanente movimiento el peso de la biela debe ser ligero pero resistente; de ahí que su diseño de construcción suele ser en forma de doble T (ver Figura 14). En el extremo pequeño va el pistón y, en extremo más grande, va el cigüeñal.
- 3) **La cabeza.** Esta parte va unida al cigüeñal, “a diferencia del pie, la cabeza va dividida en dos mitades, una de ellas unida al cuerpo, y la otra (sombbrero) separada de éste, necesitando dos tornillos para unirse a él” (ver [actualidadmotor.com](https://www.actualidadmotor.com)).

¿En qué material están fabricadas las bielas? Según [actualidadmotor.com](https://www.actualidadmotor.com), las bielas están fabricadas de acero templado, “aunque en motores de altas prestaciones se suelen utilizar bielas de aluminio ó de titanio”.

Figura 14. Conjunto de la biela

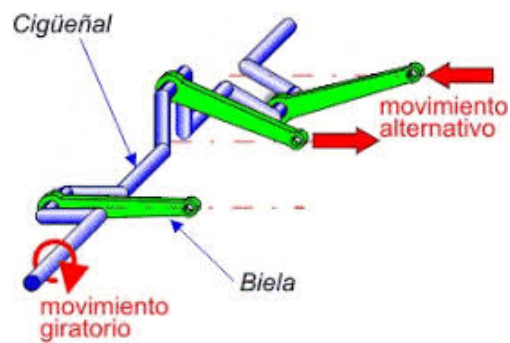


Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

1.3. Elementos del motor: cigüeñal

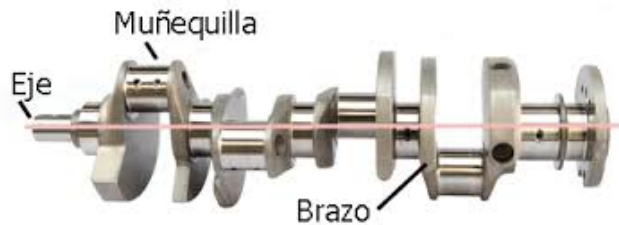
El cigüeñal, según aprendemostecnologia.org, “es un árbol de transmisión que junto con las bielas transforma el movimiento alternativo en circular, o viceversa. En realidad consiste en un conjunto de manivelas. Cada manivela consta de una parte llamada muñequilla y dos brazos que acaban en el eje giratorio del cigüeñal”. La misma fuente señala que “Cada muñequilla se une a una biela, a cual a su vez está unida por el otro extremo a un pistón”. Las figuras 15a y 15b ejemplifican las uniones y movimientos del cigüeñal con los otros elementos.

Figura 15a. El cigüeñal: conjunto de manivelas



Fuente: <http://tecno3iesmservet.blogspot.com/2013/02/biela-manivela-pertenece-un-mecanismo.html>

Figura 15b. Movimientos del cigüeñal



Fuente: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1102/html/6_cigeal.html

En el interior del motor de un automóvil se generan explosiones, lo cual produce el movimiento; en otras palabras, las explosiones son las responsables de que funcione el motor y, en consecuencia, por ejemplo, que se muevan las ruedas del automóvil.

Los pistones de un motor se mueven arriba y abajo por el cigüeñal dentro de los cilindros en el motor. Las explosiones que ocurren en estos cilindros de empuje contra los pistones permiten llevarlos de vuelta y comenzar el ciclo otra vez. Los pistones están conectados al cigüeñal para asegurar que se mueva con ellos y mantener sus movimientos regulados. (mecanicaymotores.com).

En ese proceso se generan movimientos bruscos a partir del movimiento de los pistones; para suavizarlos se procede de forma ingeniosa: el volante se lo une al extremo del cigüeñal (ver figura 16). De tal forma que, según mecanicaymotores.com, “cuando el eje se mueve, también se mueve la rueda en un movimiento circular. Las muescas en el volante logran ayudar a suavizar sus movimientos y conectarlos a otras piezas del vehículo que permiten que giren las ruedas”.

Figura 16. Volante y cigüeñal



Fuente: <http://www.mecanicafacil.info/volante.html>

1.4. Elementos del motor: cojinete

Otro elemento del motor de un automóvil es el cojinete, es decir aquella pieza que brinda apoyo para los movimientos giratorios a piezas como el cigüeñal, el eje de balancines y el árbol de compensación, por tanto, está sometido a gran contacto y desgaste por la gran carga que soportan para reducir la fricción.

El portal autocruz.com.mex explica la diferencia entre casquillos y cojinetes que cumplen la misma función —reducir la fricción— y puede confundírseles:

Casquillo: funda cilíndrica que se mete a presión en un orificio cuando la carga es ligera ó la velocidad baja. Se ponen en el pie de biela, los balancines, la bomba de aceite, y el árbol de levas.

Cojinete: manguito cilíndrico ó partido en dos mitades, que se emplea para mayores cargas o velocidades de giro. Se ponen en las bancadas para el cigüeñal, en la cabeza de la biela, en el árbol de levas, etc.

El casquillo y el cojinete cumplen la misma función. Por eso el termino cojinete también puede referirse a un casquillo. (<http://autocruz.com.mx/cojinetes-de-motor-la-parte/>)

Debido a la gran carga que tienen que soportar, de acuerdo con lo que detalla autocruz.com.mx, el cojinete se fabrica en acero cubierto por una capa de tres metales: metal blanco o antifricción, a base de estaño, plomo o metal babbit; aleaciones de cobre o aluminio; cojinetes, con varias capas de aleación de cobre o aluminio.

Por la gran variedad existente, cabe mencionar los diferentes tipos de cojinetes que existen en el mercado automotriz:

a) Cojinetes lisos. Son recomendados como cojinetes de biela, así como para cojinetes principales (ver figura 17).

Figura 17. Cojinetes lisos



Fuente: <https://www.ms-motorservice.es/productos-catalogos/productos/cojinetes/>

b) Cojinetes bimetálicos. Dispone de un dorsal en el cual el metal antifricción está revestido de estaño y cobre (ver figura 18).

Figura 18. Cojinetes bimetálicos



Fuente: <https://www.ms-motorservice.es/productos-catalogos/productos/cojinetes/>

c) Cojinetes de tres materiales. Utiliza la aleación de bronce como metal antifricción, el cual está fundido sobre el dorsal de acero (ver figura 19).

Figura 19. Cojinetes de tres materiales



Fuente: <https://www.ms-motorservice.es/productos-catalogos/productos/cojinetes/>

d) Cojinetes con capa de deslizamiento Sputter. Este tipo de cojinetes se los utiliza en los motores diésel actuales porque, debido a la gran potencia, se logra el límite de carga de los cojinetes convencionales bimetálicos (de tres materiales) (ver figura 20).

Figura 20. Cojinetes con capa de deslizamiento Sputter



Fuente: <https://www.ms-motorservice.es/productos-catalogos/productos/cojinetes/>

e) Cojinetes lisos sin retenedor. Este tipo de cojinetes es utilizado por la industria automotriz porque facilita el montaje a máquina de los motores (ver figura 21).

Figura 21. Cojinetes lisos sin retenedor



Fuente: <https://www.ms-motorservice.es/productos-catalogos/productos/cojinetes/>

f) Casquillos de los cojinetes para bielas con semiacabados. Como menciona el portal motorservices.es “después de introducirlos a presión en la biela se tienen que mecanizar a su medida nominal” (ver figura 22).

Figura 22. Casquillos de los cojinetes para bielas con semiacabados



Fuente: <https://www.ms-motorservice.es/productos-catalogos/productos/cojinetes/>

1.5. Elementos del motor: cabezote o culata

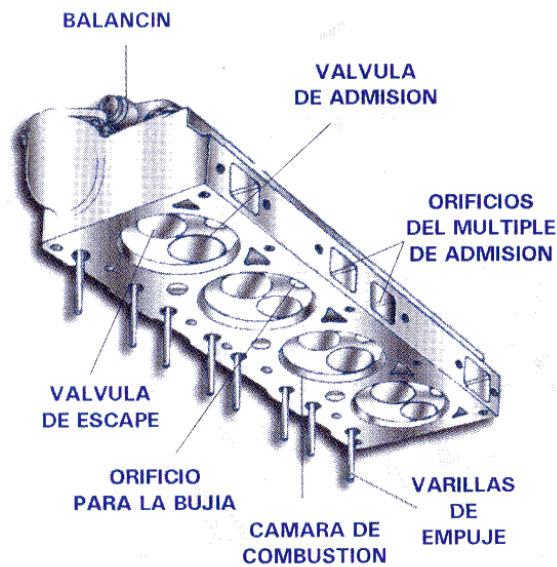
El cabezote del motor, también denominado culata, según el sitio web ro-des.com, es “una de las estructuras más importantes del automóvil ya que sirve de soporte de numerosos elementos del motor”.

Sin embargo, al cabezote se lo identifica como una tapa para los cilindros, pero “es algo más que una única pieza que cierra el bloque motor” porque aquí “se asientan numerosos componentes que, en caso de sufrir desgastes u holguras pueden acabar por afectar a la estructura principal”. (ro-des.com).

El cabezote está fabricado con materiales que mantengan en armonía los niveles de resistencia y rigidez; sumado a ello la conductividad térmica. ¿Para qué?, para liberar hacia el exterior el calor alojado en la cámara de combustión.

Mediante tornillos y una junta de amianto se une el cabezote al motor. Su propósito es resistir altas temperaturas, así como evitar fugas de compresión.

Figura 23. Partes del cabezote



Fuente: <https://www.taringa.net/posts/autos-motos/19492196/Asente-las-valvulas-de-una-culata-pasa-y-mirala.html>

Ahora bien, ¿qué aloja el cabezote o culata?:

- El tren alternativo: cigüeñal, bielas y pistones; así como conexiones o aberturas para dispositivos que se accionen con la rotación del cigüeñal como pueden ser las bombas de agua, aceite y combustible.
- Las válvulas de admisión y escape.
- El árbol de levas o apoyos para el mismo en caso de motores donde el eje de levas vaya montado fuera (como los motores OHV).
- Orificios para las bujías si se trata de un motor de gasolina o para los inyectores o incluso una precámara de combustión si es un motor diésel.
- Conductos para la refrigeración: en motores de refrigeración líquida tiene oquedades para la circulación del agua de enfriamiento y otras cavidades tubulares para el aceite lubricante con un filtro también fijado a la misma. (ro-des.com).

1.5.1. Tipos de cabezote o culata

La constante en el motor de un vehículo es las altas temperaturas. Por eso el cabezote está diseñado con gran cantidad de orificios, de esta forma circula mejor el aire en su interior para facilitar la refrigeración.

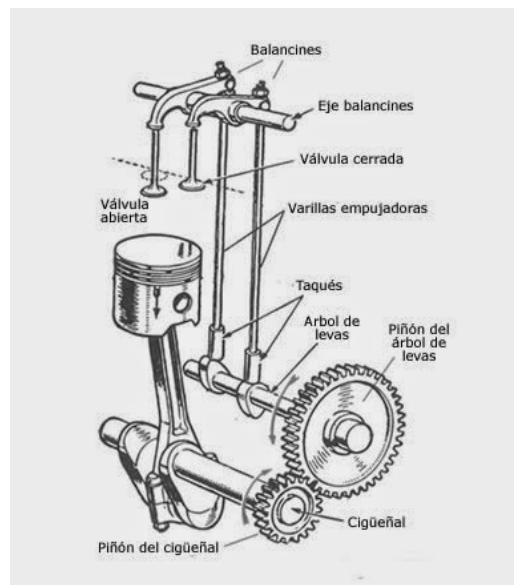
Por ejemplo, en el caso de los motores de dos tiempos la combustión se produce con mayor rapidez, siendo necesario que el calor interno se evacue en menor tiempo. En es.scribd.com se afirma que estos cabezotes “utilizan materiales de aleación ligera como el aluminio y tienen una serie de aletas externas que ayuda a la evacuación del calor del motor”.

Capítulo 2

Sistema de distribución

La regulación de la entrada y salida de los gases en el cilindro es la función del sistema de distribución. El cigüeñal y el árbol de levas actúan aquí. Para mecanicayautomocion.blogspot.com, “Cuanto mayor es la cantidad de aire que penetra en el cilindro, mayor será la potencia que desarrolla el motor, por eso es fundamental el sistema de distribución que es el encargado regular los tiempos del funcionamiento del motor.”

Figura 24. Esquema de accionamiento de una distribución por piñones



Fuente: <http://laspalmastecnologica.blogspot.com/2015/03/motores-tema-45-calado-y-puesta-punto.html>

2.1. Elementos del sistema de distribución

Según baselogica.com, entre los principales elementos de la distribución se encuentran: árbol de levas, las válvulas con sus muelles y engranaje de mando (o mando de distribución). A continuación revisaremos cada uno de estos elementos.

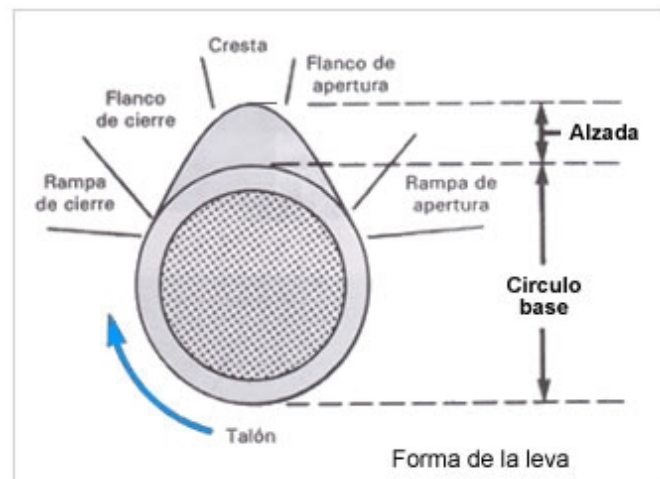
2.1.1. Árbol de levas

También llamado árbol de distribución, el árbol de levas es un eje que controla la apertura de las válvulas y su cierre. A lo largo de su eje están distribuidas una serie de levas con la misma cantidad de válvulas que tenga el motor.

El árbol de levas, según diccionario.motorgiga.com, “se trata de un árbol dotado de movimiento rotativo, sobre el cual se encuentran las levas o excéntricas, que provocan un movimiento oscilatorio del elemento causante de la distribución” (ver figura 25).

Por intermedio de una correa o cadenilla, el árbol de levas genera su movimiento el cual es impulsado por un piñón dentado del cigüeñal.

Figura 25. Árbol de levas



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

La leva se divide en tres partes:

1. un trazo circular que se define como zona de reposo, que corresponde al cierre de la válvula;
2. un trazo circular de radio más pequeño que corresponde a la zona de máxima apertura;
3. dos trazos rectilíneos o curvos tangentes a los dos círculos que corresponden respectivamente a la elevación y al descenso de la válvula (ver <https://diccionario.motorgiga.com/arbol-de-levas?npc=2>).

En el primer punto, la zona de reposo está disminuida en un cierto rango que permite la dilatación del vástago de la válvula, así como un cierto juego de funcionamiento entre la válvula y el empujador; también reduce la fricción.

Respecto del segundo punto, cuando el eje se encuentra en rotación está sujeto a un movimiento rectilíneo de traslación en el cual recibe el nombre de “empujador”. El

árbol gira a una velocidad de 2:1, es decir dos vueltas del cigüeñal por una del árbol de levas, de esta manera genera un ciclo de trabajo del motor (admisión-compresión-expansión-escape).

Acerca del tercer punto, en algunos casos, el árbol de levas también incluye en el cuerpo principal el número de levas de funcionamiento de las válvulas y una leva adicional de accionamiento de bomba de combustible, que son elementos que están formados de forma independientemente del cuerpo principal de árbol de levas para accionar otros mecanismos (ver <http://arboldelevas.blogspot.com/>).

Según la misma fuente, el árbol de levas en algunos motores podemos encontrar también un piñón que sirve para mover la bomba de aceite y, en uno de sus extremos, un eje con un piñón para poder colocar el distribuidor, y de esta manera se pasa al encendido, el cual suelta la chispa unos grados antes del PMS, dependiendo a la altura sobre el nivel del mar que se encuentre (<http://arboldelevas.blogspot.com/>).

El árbol de levas, mediante su actividad rotatoria, impulsa taqués hidráulicos que transmiten el movimiento a las válvulas.

2.1.1. Taqués o impulsadores

Según mecanicayautomocion.blogspot.com, los taqués son los elementos que se interponen entre la leva y las válvulas. Su función es la de aumentar la superficie de contacto y así generar un mayor empuje. Los taqués son de un material muy duro para que pueda tolerar el empuje que realizan las levas y así vencer la resistencia de los resortes o muelles de válvula.

Figura 26. Taqués hidráulicos



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/taques-hidraulicos.htm>

Los taqués transmiten directamente el movimiento desde el árbol de levas a las válvulas o a los empujadores (en los motores con válvulas en cabeza). Los taqués perciben los movimientos laterales que transmiten las levas , accionando a los vástagos de las válvulas; así lo explica aficionadosalamecanica.net.

Los taques son los encargados de seguir el perfil de la leva y trasmitirlo a la válvula para su desplazamiento, y así generar la apertura y cierre de las válvulas que permiten la manipulación de la entrada y salida de los gases en el motor. Debido a la temperatura generada en las combustiones, ocasiona que principalmente el vástago de la válvula, aumente su longitud al calentarse. Una vez encendido el motor, todos los mecanismos de accionamiento de las válvulas producen ese cambio de dimensiones, sin que la válvula quede apretada contra el empujador y no pueda cerrar completamente (ver sabelotodo.org/automovil/taquehidraulico.html).

Alojadas en el cabezote, las válvulas de admisión y escape permiten el paso y la salida de los gases. Estas válvulas producen un cierre hermético en los asientos de válvulas del cabezote; además evitan la fuga de compresión en el cilindro.

Figura 27. Válvulas de admisión y escape



Fuente: <https://cuidamostucoche.com/wiki/Válvulas>

De acuerdo con cuidamostucoche.com, “las válvulas se fabrican de aceros especiales con grandes contenidos de cromo y níquel, que le dan una gran dureza, pues tienen que soportar grandes esfuerzos y resistir el desgaste y las corrosiones debidos a las grandes temperaturas a que están sometidas”. Según esta misma fuente, “la válvula de admisión puede llegar a temperaturas de funcionamiento de 400 °C y eso que es refrigerada por los gases frescos de admisión”. Entretanto, “la válvula de escape está sometida al paso de los gases de escape por lo que puede alcanzar temperaturas de hasta 800 °C”.

Para facilitar el llenado, las cabezas de las válvulas de admisión y escapen varían en su diámetro: los orificios de las válvulas de admisión son más grandes (ver figura 27).

2.1.2. Muelles

Las válvulas mantienen su posición cerrada sobre los asientos por la acción de unos resortes o muelles helicoidales, los cuales tienen la suficiente elasticidad y fuerza para evitar rebotes y accionar a los empujes de las levas (ver figura 28). El número de muelles puede ser sencillo o doble dependiendo del largo de la válvula; así lo explica <https://www.pruebaderuta.com>.

Figura 28. Muelles helicoidales



Fuente: <https://sp.depositphotos.com/76506259/stock-photo-springs-of-valves-cylinder-head.html>

2.1.2.1. Guías de válvula

En los automóviles las válvulas están alojadas en la culata. Como se afirma en [pruebaderuta.com](https://www.pruebaderuta.com): “La culata está fabricada en aleaciones ligeras y para evitar el desgaste prematuro de los orificios por donde se mueven los vástagos de las válvulas, se ubican en los orificios unos casquillos de guiado, denominados guías de válvula, son resistentes al desgaste y generalmente se instalan a presión en la culata. Las guías también permiten que la válvula quede bien centrada y guiada.”

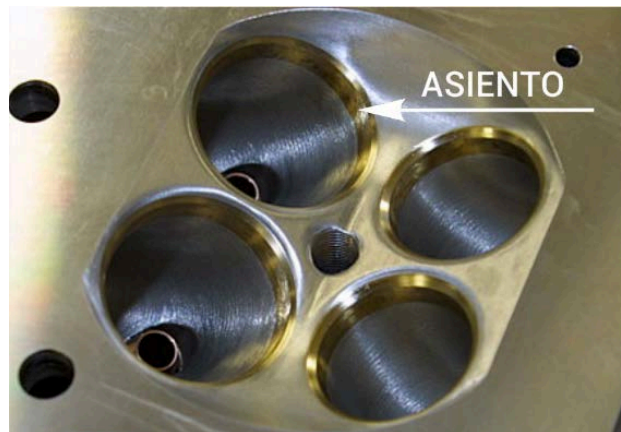
Figura 29. Guías de válvulas



Fuente: <https://www.guivaim.com>

2.1.2.2. Asientos de válvulas

Una definición clara sobre lo que son los asientos de válvulas la encontramos en repuestosintermotor.com: “Son las piezas circulares presentes en la tapa de cilindro sobre la que hace contacto la válvula. Su función consiste en reducir el impacto y desgaste que provocaría el accionar de la válvula sobre la tapa de cilindros (culata).” Cuando se desgastan estos, por supuesto, hay que reemplazarlos por unos nuevos.

Figura 30. Asientos de válvulas

Fuente: <http://www.fierrosclasicos.com/rectificacion-de-motores-que-es-de-que-se-trata/>

2.1.3. Mando de distribución

La distribución es el mecanismo entre la parte del bloque (cigüeñal) y el cabezote (árbol de levas) que dan la sincronía al funcionamiento del motor. Existen diversos tipos o mandos de distribución que pueden con banda o una cadenilla metálica (SOHC y DOHC); también con piñón directo entre el cigüeñal y el árbol de levas en los motores OHV.

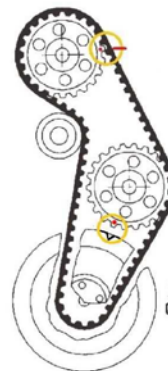
El funcionamiento de la sincronización en los cuatro tiempos del motor es por intermedio del cigüeñal y el árbol de levas, calculando el descenso del pistón con la apertura de las válvulas y a su vez el descenso del pistón con el cierre de las válvulas. El fabricante, dependiendo el motor, coloca unos puntos de sincronización en el bloque del motor, en las poleas del cigüeñal y del árbol de levas (ver figuras 31 y 32). Estas marcas deben ser alineadas con los puntos del bloque y las poleas. Si el bloque del motor no posee dichas marcas, se puede coger el tiempo, colocando el primer pistón en el punto

muerto superior (PMS), y el árbol de levas con el primer cilindro en cruce o traslape, iniciándose así la admisión; de esta forma queda sincronizado el motor.

En los motores DOHC encontraremos las marcas en el bloque del motor, y también de las poleas de los arboles de levas; en los motores DOHC cuando utilizan cadenas se puede encontrar piñones locos, los cuales serán marcados con puntos dentro de las cadenas o con puntos marcados en el bloque del motor y así se sincronizara los tiempos del motor, pero siempre se debe partir y por seguridad de poner el pistón en PMS y el primer cilindro en cruce de válvulas de admisión (ver figura 32).

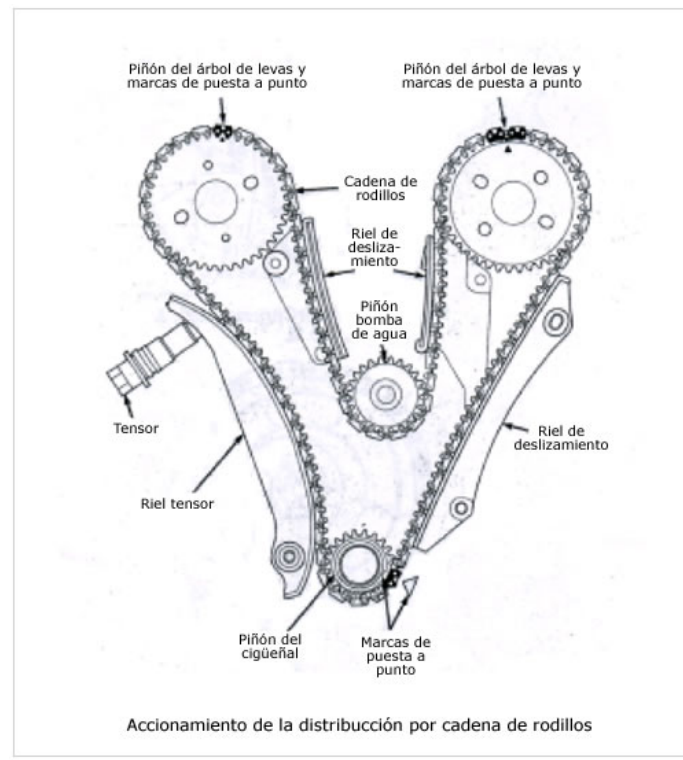
Figura 31. Puntos de sincronización de motor SOHC (por banda)

Y el punto ubicado en el engranaje de comando del distribuidor de chispa debe coincidir con el corte existente en la polea del cigüeñal



Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=_K3L7c43xfU

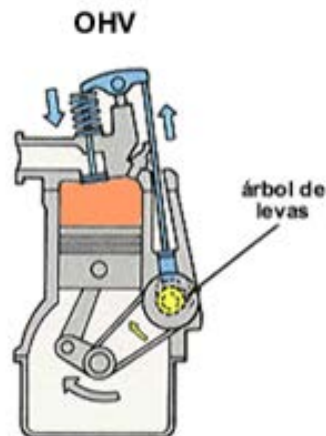
Figura 32. Puntos de sincronización de motor DOHC (por cadenailla)



Fuente: <https://www.taringa.net/posts/autos-motos/16135666/La-distribucion.html>

2.1.3.1. Over Head Valve (OHV)

OHV, que significa *Over Head Valve*, de acuerdo con sistemasdedistribucion.blogspot, es un tipo de distribución reconocido por tener el árbol de levas dentro del bloque del motor, y las válvulas en el cabezote, que son accionadas mediante unas varillas que mueven a los balancines, cuando la leva lo dispone. Esta distribución funciona mediante un conjunto de dos piñones, del cigüeñal y del árbol de levas, lo que no permite ser muy exacto y preciso con la apertura de las válvulas.

Figura 32. Tipo de distribución OHV

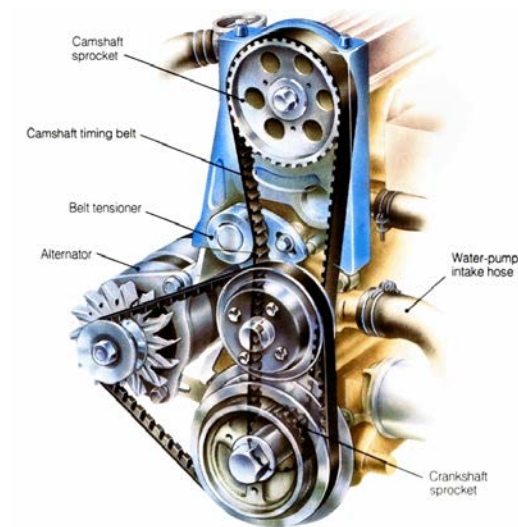
Fuente: <http://sistemasdedistribucion.blogspot.com/>

2.1.3.2. Simple Over Head Camshaft (SOHC)

Este tipo de distribución, se le conoce por tener el árbol de levas y las válvulas en el cabezote, reduce el número de elementos entre estos componentes lo que permite el cierre y apertura de válvulas con mayor precisión; esto implica utilizar correas o cadenas, lo que influye a un mayor y cuidadoso mantenimiento, en promedio cada 40 000 km del odómetro.

Los motores SOHC tienden a presentar una menor potencia que los DOHC, aún cuando el resto del motor sea idéntico. Esto se debe a que el hecho de no poder manejar por separado las válvulas de admisión y de escape, le impide configurar de una manera más específica los tiempos de apertura y cierre, y por ende, tiene menor fluidez en la cámara de combustión. (<http://sistemasdedistribucion.blogspot.com>).

Figura 33. Tipo de distribución SOHC

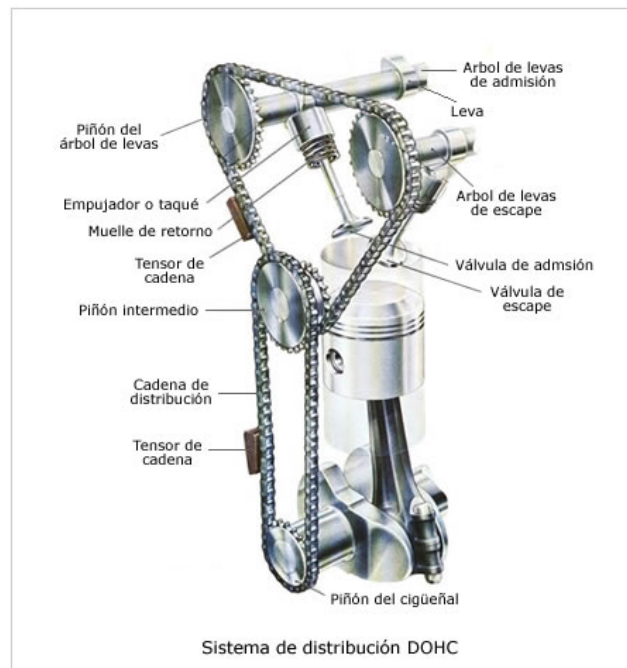


Fuente: <http://www.fayetteimport.com/timing-belt.html>

2.1.3.3. Double Over Head Cam (DOHC)

La distribución DOHC posee dos árboles de levas en el cabezote, uno para admisión y otro para escape, dando una mayor precisión en la apertura y cierre de válvulas, lo que genera un mejor llenado y vaciado del cilindro a altas revoluciones. Estos motores también llevan correa o cadena y su mantenimiento es más delicado. La sincronización de este tipo de distribución es más larga que la del tipo SOHC (<http://sistemasdedistribucion.blogspot.com>).

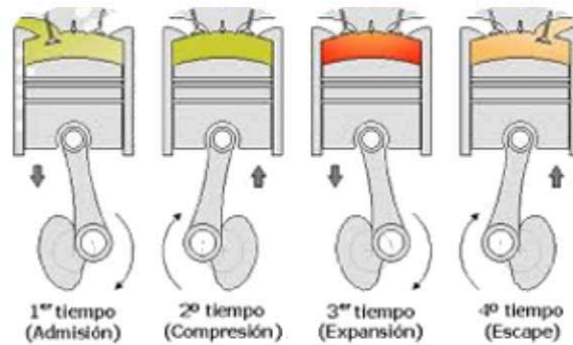
Figura 34. Tipo de distribución DOHC



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

2.2. Diagrama de mando

Se entiende por diagrama de mando a la representación teórica (figura 36) y práctica (figura 37) de la sincronización del motor. Cuando se arranca el motor, la válvula debe iniciar y completar su movimiento de apertura y cierre (un giro de la excéntrica o leva) durante un ciclo de funcionamiento que son cuatro fases: admisión, compresión, expansión y escape, tiempo que equivalente a dos vueltas del cigüeñal del motor (ver figura 35).

Figura 35. Ciclo Otto

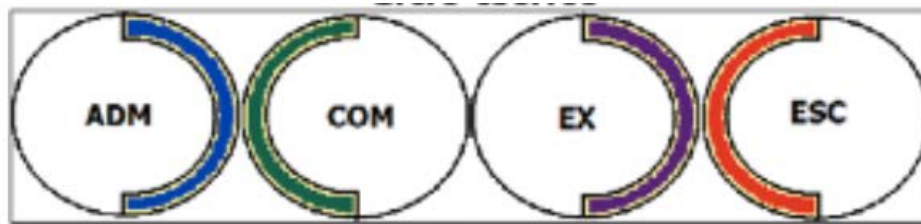
Fuente: http://www.infotaller.tv/blogs/indave/distribucion-variable-sincronizacion-tiempos-motor_7_1029867004.html

Los diagramas de mando trabajan con la apertura y cierre de las válvulas ya que con:

La posición de cada leva respecto a las otras está determinada por la necesidad de obtener la apertura de cada válvula cuando el pistón correspondiente se encuentra en una posición idéntica, y esto se consigue fácilmente conociendo el orden de encendido y el número de los cilindros. Por ejemplo, en un motor de cuatro cilindros, de cuatro tiempos, el ángulo entre las levas de los cilindros con explosiones sucesivas es de 90° , mientras que en un modelo de seis cilindros es de 60° . Estos ángulos son fijados durante la construcción del árbol de levas y, por tanto, no pueden sufrir variaciones posteriores.

La posición del árbol de levas respecto al cigüeñal (y por ello respecto a los pistones) queda determinada en el momento del montaje con la puesta a punto de la distribución, o sea con el acoplamiento entre el árbol de levas y el cigüeñal. Tal acoplamiento se efectúa mediante las señales de referencia indicadas por el constructor (<https://sites.google.com/site/partesautomovil/home/arbol-de-levas>)

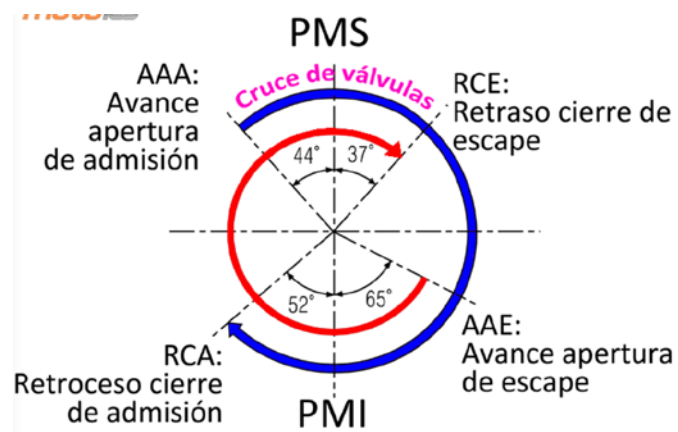
Figura 36. Ciclo teórico Otto



Fuente: http://www.infotaller.tv/blogs/indave/distribucion-variable-sincronizacion-tiempos-motor_7_1029867004.html

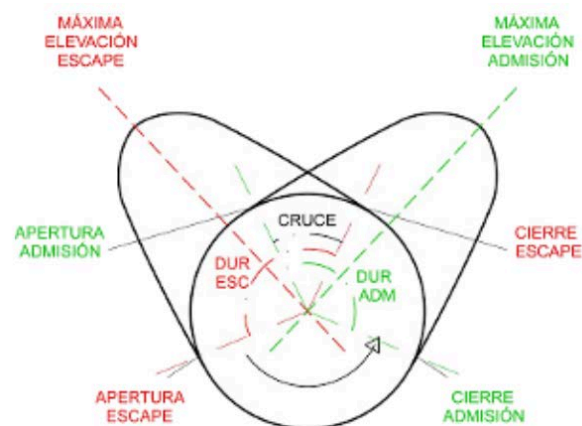
En el ciclo práctico del funcionamiento del motor se puede encontrar un desempeño totalmente diferente, en el cual se realizan avances y retrasos necesarios para el mejor funcionamiento del motor; es decir, para que pueda salir todo el gas ya combustionado, se necesita adelantar la apertura de la válvula de escape, para que así salgan más rápido los gases combustionados y en la mayor cantidad posible. De forma simultánea se realiza el retraso de las válvulas de admisión para que entre la mayor cantidad de mezcla posible y ayude también a la salida de los gases de escape. El adelanto a la apertura de la válvula de admisión ayuda que el llenado del cilindro sea más completo, mientras el retraso de el cierre de la válvula de escape genera una succión, que ayuda a absorber mas mezcla de combustible y también tenga más tiempo para liberar los gases de escape. A este momento se le llama cruce de válvulas o traslape (ver figura 37).

Figura 37. Ciclo práctico Otto



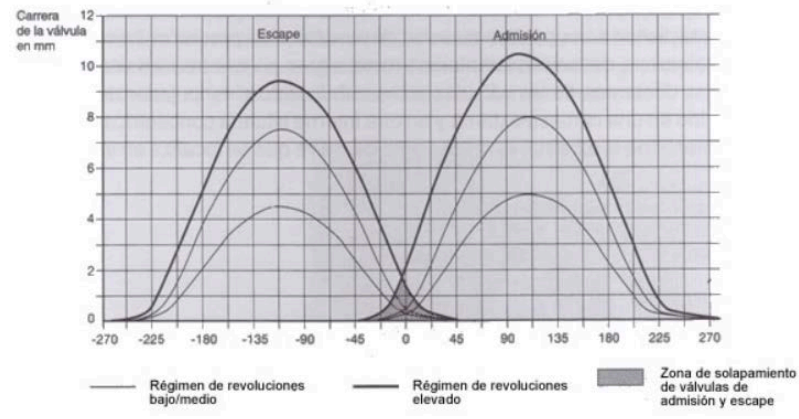
Fuente: <https://www.moto125.cc/f125cc/reportajes/tenica/item/746-tecnica-distribucion?pop=1&tmpl=component&print=1>

Figura 38. Ciclo práctico Otto con diagrama de levas



Fuente: http://www.infotaller.tv/blogs/indave/distribucion-variable-sincronizacion-tiempos-motor_7_1029867004.html

El cruce de válvulas es el ángulo en grados del cigüeñal en el que ambas válvulas están abiertas (admisión y escape). Esto es en el momento del período de compresión y el comienzo de período de escape. Incrementando la permanencia o disminuyendo de los gases y la mezcla de combustible, la separación entre lóbulos genera que el cruce de válvulas aumente (figura 39).

Figura 39. Tiempos de distribución y carrera de válvula

Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.net/distribucion_variable-vtec.htm

Capítulo 3

Sistema de inyección

En este capítulo se aborda lo relacionado con la alimentación del combustible hacia el motor (sistema de inyección), los sensores que miden los rangos para la inyección, así como el control de los rangos. Se lo hace a partir de la revisión de información bibliográfica de sitios web especializados.

3.1. Breve introducción

Ante la necesidad de reducir las emisiones contaminantes de los motores de explosión, con el uso permanente del catalizador, se reemplazó al carburador por un sistema de inyección de combustible.

Los sistemas de alimentación por inyección se han impuesto al antiguo carburador debido a que los nuevos motores deben superar unas normas anticontaminación más exhaustivas.

Los sistemas de inyección permiten que el motor reciba solamente el volumen de combustible necesario. Con ello se consigue una menor contaminación, mayor economía y rendimiento, un arranque más rápido y un mejor aprovechamiento del combustible (Ferrer y Checa, 2010, p. 69).

El sistema de alimentación de combustible y formación de la mezcla complementa en los motores Otto al sistema de encendido del motor, que es el que se

encarga de desencadenar la combustión de la mezcla aire/combustible. Este sistema es utilizado, obligatoriamente, en el ciclo del diésel desde siempre, puesto que el combustible tiene que ser inyectado dentro de la cámara en el momento de la combustión (aunque no siempre la cámara está sobre la cabeza del pistón).

En los motores de gasolina actualmente está desterrado el carburador en favor de la inyección, ya que permite una mejor dosificación del combustible y sobre todo desde la aplicación del mando electrónico por medio de un calculador que utiliza la información de diversos sensores colocados sobre el motor para manejar las distintas fases de funcionamiento, siempre obedeciendo las solicitudes del conductor en primer lugar y las normas de anticontaminación en un segundo lugar.

3.2. Clasificación de los sistemas de inyección

Para Ferrer y Checa (2010, p. 69), los sistemas de inyección se pueden clasificar según: el número de inyectores; el número de inyecciones; el lugar donde inyectan. El sitio web aficionadosalamecanica.net agrega uno más a la clasificación: según las características de funcionamiento.

Figura 40. Tipos de inyección de gasolina



Fuente: <https://bit.ly/2GLjgj4>

A continuación, veremos cada sistema de inyección.

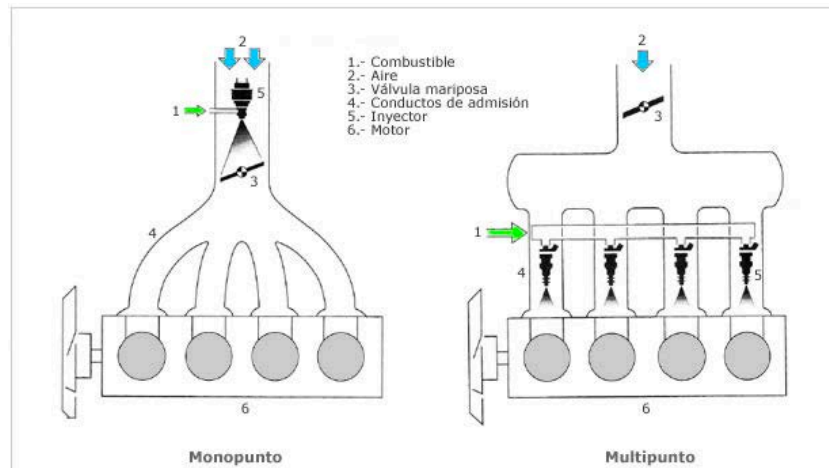
3.2.1. Según el número de inyectores

Este, a su vez, presenta dos casos: inyección monopunto e inyección multipunto.

En la inyección monopunto existe un inyector; allí se introduce el combustible que pasa por la mariposa de aceleración al colector de admisión; de esta forma se reparte homogéneamente a cada cilindro (Ferrer y Checa, 2010, p. 69).

Entretanto, en la inyección multipunto existe “un inyector por cilindro y la forma de inyección puede ser de manera ‘directa o indirecta’” (Ferrer y Checa, 2010, p. 69).

Figura 41. Tipo de inyección por número de inyectores



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyecci-gasoli-intro.htm>

3.2.2. Según el número de inyecciones

Este a su vez, presenta diversos tipos de accionamiento de inyección: continua, intermitente secuencial, semi-secuencial y simultánea (Cabrera y Cifuentes, 2009, p. 28).

Inyección continua: Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.

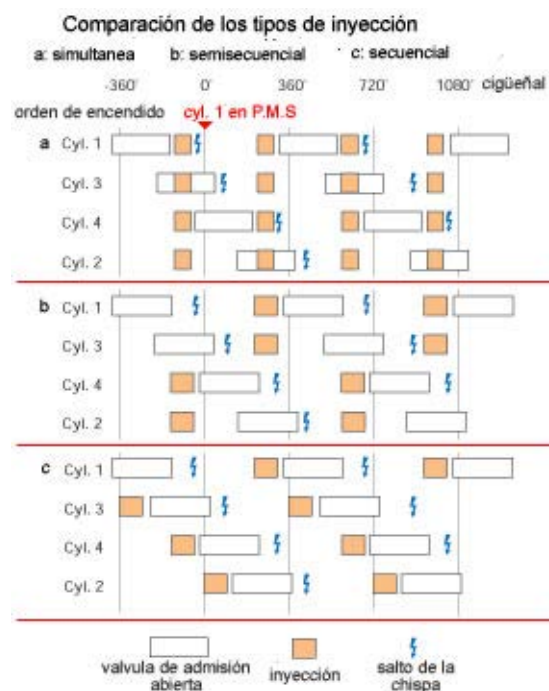
Inyección Intermitente: Los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la ECU. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos:

Inyección Secuencial: El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada.

Inyección Semi-secuencial: El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.

Inyección Simultánea: El combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores al mismo tiempo. (Cabrera y Cifuentes, 2009, p. 28).

Figura 42. Tipo de inyección por número de inyecciones

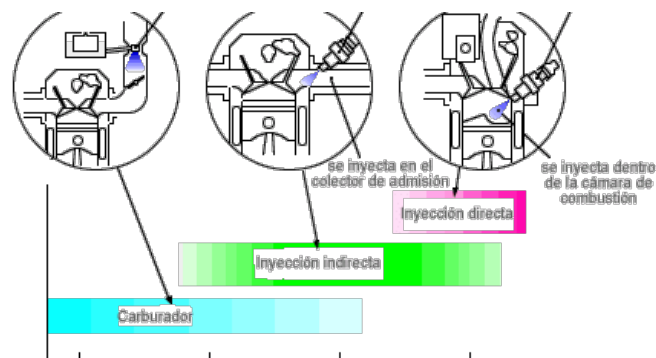


Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyecci-gasoli-intro.htm>

3.2.3. Según el lugar donde inyectan

Existen dos tipos de inyección: directa e indirecta. Según Ferrer y Checa (2010, p. 70), en la inyección directa “el inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión”; mientras que en la inyección indirecta, “el inyector introduce el combustible en el colector de admisión, encima de la válvula de admisión. En este caso no es necesario que la válvula esté abierta”.

Figura 43. Tipo de inyección según el lugar donde inyectan



Fuente: <http://mecanicaautomotores.blogspot.com/2013/04/inyeccion-indirecta-y-directa-de.html>

3.2.4. Según las características de funcionamiento

Con el paso de los años, se ha ido mejorando el sistema de alimentación mediante inyectores, comenzando por los de funcionamiento mecánico hasta llegar a los electrónicos. En este sentido, en la figura 44 se puede apreciar, como ejemplo, el avance de los sistemas de inyección del fabricante Bosch desde el año 1912 a 1991.

Figura 44. Registro histórico de los sistemas de inyección Bosch

1912.	Primeros ensayos de bombas de inyección de gasolina basada en las bombas de aceite de engrase.
1932.	Ensayos sistemáticos de inyección de gasolina para motores de aviación.
1937.	Aplicación en serie de la inyección de gasolina en motores de aviación.
1945.	Primera aplicación en serie de la inyección de gasolina en vehículos a motor.
1951.	Sistemas de inyección de gasolina para pequeños motores de dos tiempos.
1952.	Sistemas de inyección de gasolina para motores de 4 tiempos para vehículos, en serie a partir de 1954.
1967.	Primer sistema electrónico de inyección de gasolina D-Jetronic.
1973.	Inyección electrónica de gasolina L-Jetronic Inyección electrónica de gasolina K-Jetronic.
1976.	Sistemas de inyección de gasolina con regulación Lambda.
1979.	Sistema digital de control del motor Motronic.
1981.	Inyección electrónica de gasolina con medidor de caudal de aire por hilo caliente LH-Jetronic.
1982.	Inyección continua de gasolina con control electrónico KE-Jetronic.
1987.	Sistema centralizado de inyección Mono-Jetronic.
1989.	Control digital del motor con dispositivo de control de la presión del colector de admisión Motronic MP3.
1989.	Control digital del motor con ordenador de 16 bit, Motronic M3.
1991.	Gestión del motor mediante CAN (Controller Area Network), sistema de bus de alta velocidad para acoplar las diferentes centralitas.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyecci-gasoli-intro.htm>

3.3. Mediciones y control de inyección

Para el funcionamiento del sistema de inyección es necesario contar con sensores y actuadores, que permitan medir diversos parámetros, rangos o cantidades, por ejemplo, oxígeno, presión, flujo de masa de aire, temperatura del aire, temperatura del líquido refrigerante. Las mediciones se realizan con diferentes tipos de sensores, entre los cuales se encuentran: sensor lambda, sensor MAP, sensor MAF, sensor IAF, sensor CTS, sensor TPS, sensor CKP, sensor CMP. A continuación revisaremos cada uno de ellos.

3.3.1. Sensor lambda

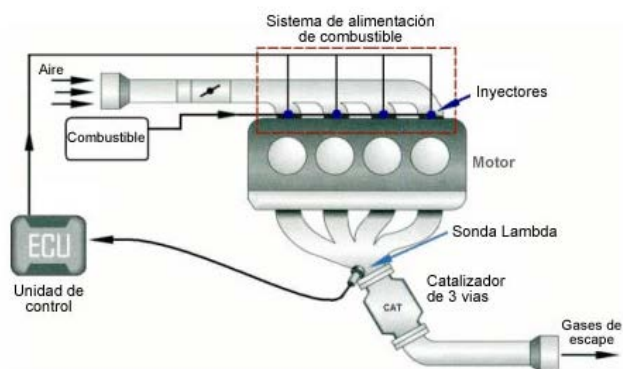
El sensor lambda, también conocido como sensor de oxígeno, cumple la función de identificar la mezcla de la combustión para identificar si es (falta de combustible) o rica (exceso de combustible).

Este sensor trabaja mediante una resistencia de circonio o titanio por cuyo intermedio se envía un voltaje de un voltio (V), a partir del cual se puede determinar si la mezcla es pobre (falta de combustible) o rica (exceso de combustible). Si pasa de 1,0 V es considerado una mezcla rica y si es inferior a 0,90V es pobre. Según hella.com, la regla estequiométrica dice que por 14,7 kg de aire se mezcla 1 kg de combustible; a esto se le llama sonda Lambda, representada con el símbolo λ . Por lo tanto, a partir de la relación estequiométrica establecida (14,7:1=1V), al obtener una lectura de 16,17:1=1.10 V, se tiene una mezcla pobre con 10% de exceso de oxígeno; y con 13,23:1=0,90 V se tiene una mezcla rica con 10% de exceso de combustible (ver figura 46).

A partir de esas variaciones de voltaje se envía una señal a la computadora con una caída de voltaje o un sobrevoltaje, la cual se encarga de interpretar si debe enviar menos o más combustible al motor para reducir la cantidad de gases y, de esta forma, el catalizador pueda funcionar correctamente o entre más fuerza al motor o reduzca el consumo. Esta medición, según Cabrera y Cifuentes (2009) se da por unos orificios en la punta del sensor por donde ingresa el gas combustionado y hace reacción química con el circonio generando un aumento o reducción de voltaje en el sensor (ver figura 45).

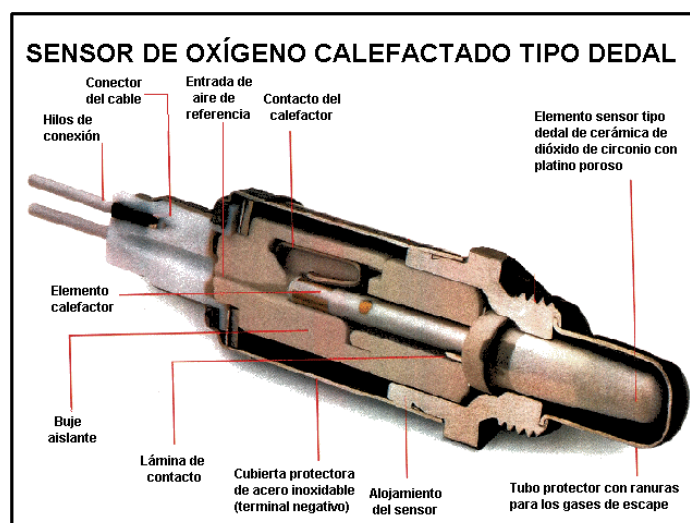
Las condiciones básicas para que el sensor de oxígeno trabaje en óptimas condiciones son que el circonio o el titanio alcancen una temperatura de 300 grados centígrados; esto pueda darse por dos vías: por el calentador en algunos sensores o por gases de escape, como lo sostiene hella.com.

Figura 45. Localización de la sonda lambda en el motor



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sonda-lambda.htm>

Figura 46. Despiece de un sensor lambda



Fuente:

https://ugc.kn3.net/i/origin/http://www.ea1uro.com/eb3emd/Sonda_Lambda/Sonda_lambda_archivos/Sensor_O2.gif

3.3.2. Sensor MAP

El sensor MAP significa, por sus siglas en inglés, *Manifold Absolute Pressure*, que se traduce como colector de presión absoluta; esto indica que mide la presión del aire que existe en el colector de admisión.

El funcionamiento del sensor MAP consiste en el vacío que se genera en el colector de admisión por la succión que existe en los cilindros y la presión atmosférica. Mediante una señal de cinco voltios se envía una señal al computador indicándole si debe mandar mayor o menor cantidad de combustible; dependiendo de la altura en la que se encuentre el carro (al nivel del mar o en una montaña) el aire se vuelve más delgado o más denso. Así, la computadora interpreta si debe o no mandar más combustible para no ser engañada por una falsa cantidad de aire (ver figura 47).

El **Sensor de presión absoluta del múltiple** (MAP) tiene 3 cables: uno de tierra, un cable de alimentación de 5 voltios y el tercer cable funciona como señal. El voltaje de señal puede variar entre los 0,2 – 0,4 voltios a los 4,8 – 5,0 voltios.

- Cuando el motor está en desaceleración el voltaje de salida del sensor es menor a los 0,8 voltios.
- Si está en ralentí estable que puede ser aproximadamente a los 950 RPM, el voltaje de salida es entre los 0,9 y 1.5 voltios.
- Al estar el motor en aceleración, el voltaje de salida del sensor MAP va desde los 1.5 a los 5.0 voltios, el cual indica un vacío bajo o nulo (<https://codigosdtc.com/sensor-map/>).

Figura 47. Sensor MAP



Fuente: <http://www.autodaewoospark.com/imagenes/MAP/vista-inferior-sensor-MAP.png>

3.3.2. Sensor MAF

El sensor MAF significa, por sus siglas en inglés *Mass Air Flow*, traducida como “flujo de masa de aire”, esto se refiere a la cantidad de masa de aire que se encuentra ingresando a través del depurador, dentro del cual está el filtro de aire, según explica <https://www.actualidadmotor.com> (ver figura 48).

El sensor MAF tiene una resistencia de platino, conocida como hilo caliente, la cual se calienta a una temperatura incandescente de 80 a 100 grados centígrados por encima de la temperatura ambiente. Al momento que el depurador absorbe aire, este enfría la resistencia de platino por unos milisegundos, cambiando el voltaje de la resistencia. Entonces el sensor envía una señal a la computadora la cual interpreta que está ingresando mayor cantidad de oxígeno, por tanto tiene que enviar un mayor caudal de combustible a través de los inyectores, según refiere <http://www.e-auto.com.mx/>.

Usualmente el sensor MAF utiliza tres cables: alimentación, tierra y señal. De acuerdo con <https://actualidadmotor.com> este sensor es alimentado por 12 V y su señal —a diferencia del sensor MAP— se la mide en hertzios o kilohertzios produciendo una

señal como mínimo de 2000 hertzios o más. Al momento de aceleración esta señal superará los 3000 hertzios (ver figura 49).

Figura 48. Sensor de masa o flujo de aire



Fuente: <http://www.pretexsa.com/xVLqwQbM.html>

Figura 49. Prueba y diagnóstico con el sensor MAF



Fuente:

<http://aprendemecanicautomotriz.blogspot.com/2015/07/howtotestmassairflowvwavilcar.html>

3.3.3. Sensor IAT

El sensor IAT, por sus siglas en inglés, significa *Air Temperature Sensor* lo que en español se traduce como “sensor de temperatura del aire”. Este sensor indica la temperatura a la que ingresa el aire a la admisión, cuando se da el arranque en frío o mientras el motor entra en su temperatura óptima de funcionamiento.

¿Cómo actúa el sensor IAT?, pues mediante el envío de una señal a la computadora para que ella determine la cantidad de combustible que necesita para que el motor entre en un rango de temperatura de trabajo. Esto lo hace mediante “una resistencia NTC- Negative Temperature Coefficient, de manera que la resistencia del dispositivo disminuye cuando su temperatura aumenta y la resistencia del IAT sube cuando la temperatura baja”, según <http://www.autodaewoospark.com>.

Figura 50. Sensor de temperatura de aire

**SENSOR IAT CHEVROLET AVEO
SENSOR DE TEMPERATURA DE AIRE**



Fuente: <http://www.autodaewoospark.com/sensor-temperatura-aire-IAT-chevrolet-aveo.php>

3.3.4. Sensor CTS

El sensor CTS, por sus siglas en inglés, significa *Coolant Temperature Sensor*, se traduce como “sensor de temperatura del refrigerante”. Su función es determinar la temperatura a la que se encuentra el líquido refrigerante en el momento de un arranque en frío y también una referencia en el tablero de la temperatura del motor.

Según <http://tomco.com.mex>, el sensor CTS mide la temperatura del refrigerante y envía una señal a la computadora que la interpreta según el voltaje del mismo; es

decir, si la temperatura aumenta el voltaje aumenta. Esto lo hace mediante un termistor (sensor de temperatura por resistencia) el cual se mide en kiloohmios; dependiendo del fabricante se podrá saber el rango de funcionamiento.

Figura 51. Sensor de temperatura del refrigerante



Fuente: <http://tomco.com.mx/sensor-cts.html>

3.3.5. Sensor TPS

El sensor TPS, por sus siglas en inglés, significa *Throttle Position Sensor*, cuya traducción al español es “sensor de posición del acelerador”, indica la posición en la que se encuentra el pedal del acelerador.

Al momento de oprimir el acelerador se manda una señal que, según Cabrera y Cifuentes (2009, p. 42) “informa la posición angular de la mariposa, la cual nos indica la posición del acelerador enviando la información hacia la unidad de control. En función de esta señal la ECU [computadora principal del vehículo] calcula el pulso del inyector, la curva de avance del encendido y el funcionamiento del sistema del control de emisiones.”

Aquí cabe una pregunta: ¿Qué modifican las señales que genera el sensor TPS?

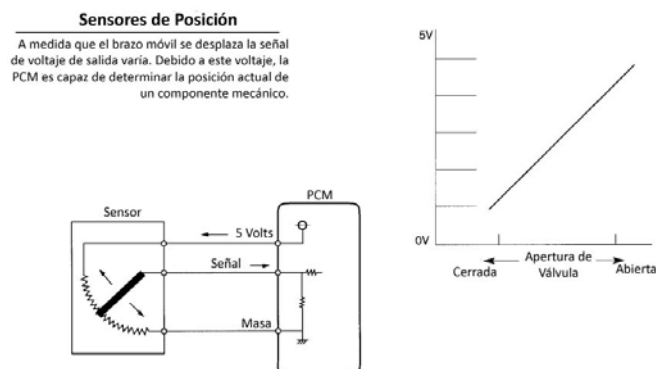
Cabrera y Cifuentes tienen una respuesta:

- Regulación del flujo de los gases de emisiones del escape a través de la válvula EGR.
- La relación de la mezcla aire combustible.
- Corte del aire acondicionado por máxima aceleración. (Cabrera y Cifuentes, 2009, p. 43)

Aquí cabe otra pregunta: ¿Cuál es el tipo de TPS más utilizado en la actualidad?

Para Cabrera y Cifuentes (2009, p. 43) es el potenciómetro, el cual “consiste en una pista resistiva barrida con un cursor [potenciómetro], y alimentada con una tensión de 5 voltios desde el ECM” (ver figuras 53 y 54).

Si no ejercemos ninguna acción sobre la mariposa entonces la señal estaría en 0 v, con una acción total sobre ésta la señal será del máximo de la tensión, por ejemplo 4.6 v, con una aceleración media la tensión sería proporcional con respecto a la máxima, es decir 2.3 v. Los TPS de este tipo suelen tener 3 cables de conexión y en algunos casos pueden tener 4 cables, este último caso incluye un switch, utilizado como contacto de marcha lenta (idle switch). (Cabrera y Cifuentes, 2009, p. 43)

Figura 52. Funcionamiento del potenciómetro del TPS

Fuente: <https://encendidoelectronico.com/sensores-tps/sensores-tps-parte-1/>

Figura 53. Sensor de posición del acelerador

Fuente:

https://www.yapo.cl/region_metropolitana/accesorios_vehiculos/sensor_tps_chevrolet_trooper_lu_v_1998__2003_51004291.htm?ca=15_s

3.3.6. Sensor CKP

El sensor CKP, por sus siglas en inglés, significa *Crankshaft Position Sensor*, cuya traducción al español es “sensor de posición del cigüeñal”. Su función es la de indicar cuando el primer pistón está en punto muerto superior (PMS), mostrando así el salto de la chispa y la inyección de combustible al momento de prender el motor. También indica el número de revoluciones.

El CKP es un sensor de efecto magnético que se coloca cerca del volante de inercia, con una rueda dentada a falta de un diente (ver figura 56), por eso se genera una interferencia que señala a la computadora que se encuentra en el PMS, el cual genera una corriente de tipo alterna. Si la rueda dentada tiene 360 dientes envía 360 pulsos magnéticos y repite la señal de 0 a 5 voltios proporcionando información a la computadora de que ya cumplió un giro completo, es decir, un ciclo completo de funcionamiento, según explica <https://autoavance.co>.

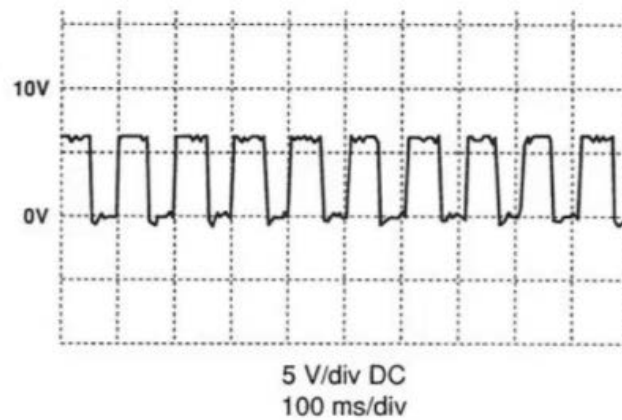
De acuerdo con <https://mecanicabasicacr.com>, existen tres tipos de sensores: de efecto Hall, de tipo óptico y de tipo magnético, los cuales veremos a continuación:

3.3.6.1. Sensores de efecto Hall

Según <http://se2amm.blogspot.com>, “El sensor de efecto Hall se basa en la tensión transversal de un conductor que está sometido a un campo magnético. Colocando un voltímetro entre dos puntos transversales de un cable se puede medir esa tensión”; para eso:

[...] hay que hacer circular por el cable una intensidad fija y acercar un imán. Los electrones que pasan por el cable se verán desplazados hacia un lado. Entonces aparece una diferencia de tensión entre los dos puntos transversales del cable. Al separar el imán del cable, la tensión transversal desaparece. Para poder utilizar la tensión transversal es necesario amplificarla, porque su valor es muy reducido (<http://se2amm.blogspot.com>).

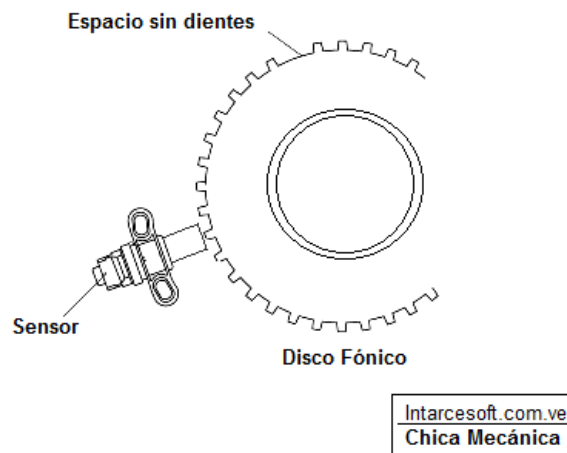
Figura 54. Señal de ondas del sensor CKP de efecto Hall



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=kEAwfeBuz-Y>

Para apreciar el funcionamiento del sensor de efecto Hall, véase la figura 56.

Figura 55. Funcionamiento del sensor de efecto Hall

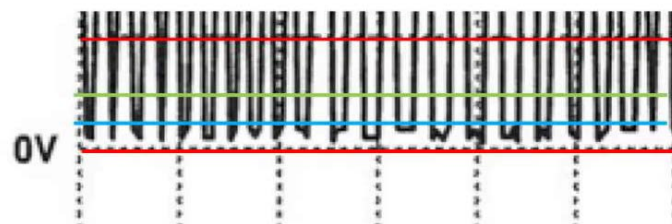


Fuente: <http://www.intarcesoft.com.ve/es/automotriz/como-funciona-el-sensor-ckp.html>

3.3.6.2. Sensores tipo óptico

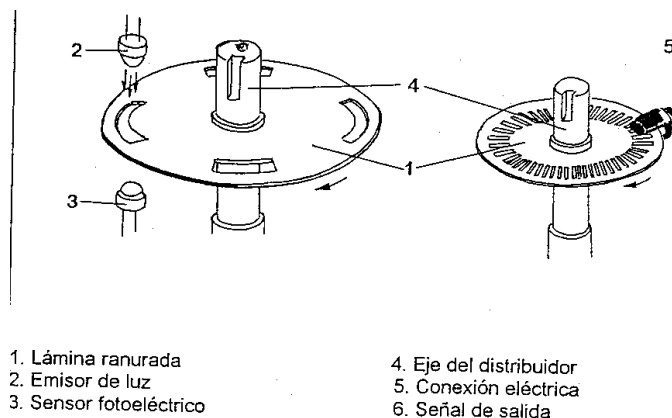
Por lo general estos sensores de posición óptico van montados dentro de los distribuidores y utilizan un diodo led, un fotodiodo y una placa con ranuras para determinar la posición y velocidad del cigüeñal (ver figura 57).

Figura 56. Formas de onda de los sensores fotoópticos



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=es9xeISTsGw>

Figura 57. Funcionamiento del sensor tipo óptico



Fuente: <http://www.quieroapuntes.com/sensores-electricos.html>

3.3.6.3. Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos de posición de cigüeñal generan una señal senoidal hacia el modulo de control del motor. Al contrario de los sensores de efecto Hall, los magnéticos no necesitan de corriente para funcionar porque ellos generan corriente por sí solos. En la gran mayoría podemos diferenciar los magnéticos de los de efecto Hall por la cantidad de pines (líneas) que salen de ellos: los magnéticos tienen dos pines y los de efecto hall tienen tres, aun así no debemos confiarnos pues también existen sensores magnéticos que poseen tres líneas.

Figura 58. Sensor magnético de dos pines



Fuente: <http://martinsandoval97.blogspot.com/2013/05/sensor-cmp.html>

3.3.7. Sensor CMP

El sensor CMP, por sus siglas en inglés *Camshaft Position Sensor*, cuya traducción al español, significa “sensor de posición del árbol de levas”. Su función es, conjuntamente con el sensor CKP, indicar en qué posición se encuentra el árbol de levas para su encendido, y reconfirmar la señal del sensor CKP para el mismo propósito (encendido).

De acuerdo con autodaewoospark.com:

El Módulo de Control Electrónico (ECM) usa la señal del sensor CMP para establecer la posición del pistón No. 1 durante su recorrido dentro del cilindro, de esta manera se puede establecer la secuencia correcta de inyección.

Si el ECM detecta una señal incorrecta del sensor CMP mientras el motor está en funcionamiento, entonces se lo indicará con la alarma del Check Engine en el tablero del

automóvil y se almacenará como un código de falla en el ECM, que será visible en un escaneo del automóvil (autodaewoospark.com).

Figura 59. Sensor de posición del árbol de levas



Fuente: <http://www.autodaewoospark.com/sensor-CMP.php>

Mediante todos estos sensores la Unidad de Control del Motor (ECU) se almacena de información y así se logra controlar los rangos y accionamientos de los actuadores; es decir, de los dispositivos eléctricos que accionan o controlan el movimiento de otros mecanismos del motor. En el apartado siguiente se analizará al respecto.

3.4. Unidad de control del motor (ECU)

La sigla ECU, según roshfrans.com, significa “unidad de control del motor o unidad de control electrónica”. Allí se señala que : “Para un motor con inyección de combustible, la unidad de control del motor es la que determina la cantidad de combustible a inyectarse con base a un número de parámetros”, que pueden ser los sensores MAF, MAP, CKP, CMP, TPS, IAT, etc. Todos estos sensores y actuadores envían señales a la ECU para que ella determine el adelanto al encendido y la inyección de cada cilindro, y así pueda arrancar el motor.

De acuerdo con <https://www.diariomotor.com>, actualmente un procesador de 32 bits a 60 Mhz podría ser el cerebro encargado de la ECU principal y al igual que sucede con cualquier ordenador de sobremesa o portátil, es necesario que disponga de su propio sistema operativo para poder funcionar. Algunos sistemas operativos funcionales pueden ser, por ejemplo, osCAN o MicrosarOs. Debido a que las ECU no deben soportar una comunicación directa con el usuario o interactuar con distintas aplicaciones, estas características son suficientes en los modelos actuales de los motores.

Capítulo 4

Modificaciones y análisis

Este capítulo se aborda sobre las modificaciones, análisis y datos obtenidos — como parte fundamental de este proyecto— al realizar la repotenciación del motor estándar de un Suzuki G16. Se mencionará el mecanismo aplicado, así como la complejidad del trabajo efectuado.

Se presentarán tablas comparativas dinamométricas obtenidas en el taller Dinamyca Competicion, ubicado en la ciudad de Quito. Allí se efectuó la prueba dinamométrica y una calibración que evidencia las variaciones de torque, caballaje y potencia entre el motor estándar y el motor repotenciado.

De igual forma, se colocarán fotografías del trabajo efectuado durante el proceso de montaje y desmontaje.

4.1. Elementos reemplazados para la repotenciación

Se procedió a reemplazar elementos mecánicos como los pistones y el árbol de levas por pistones y otro árbol de levas para altas prestaciones (de competencia). Y a su vez un dispositivo electrónico como una ECU estándar no programable por una ECU programable. Este procedimiento, contado de forma breve, resume el trabajo realizado para la repotenciación del motor G16 de un Suzuki Vitara 16V (ver figura 61).

Figura 60. Motor G16 de un Suzuki Vitara 16V



Fuente: El autor (2017).

4.1.1. ECU programable

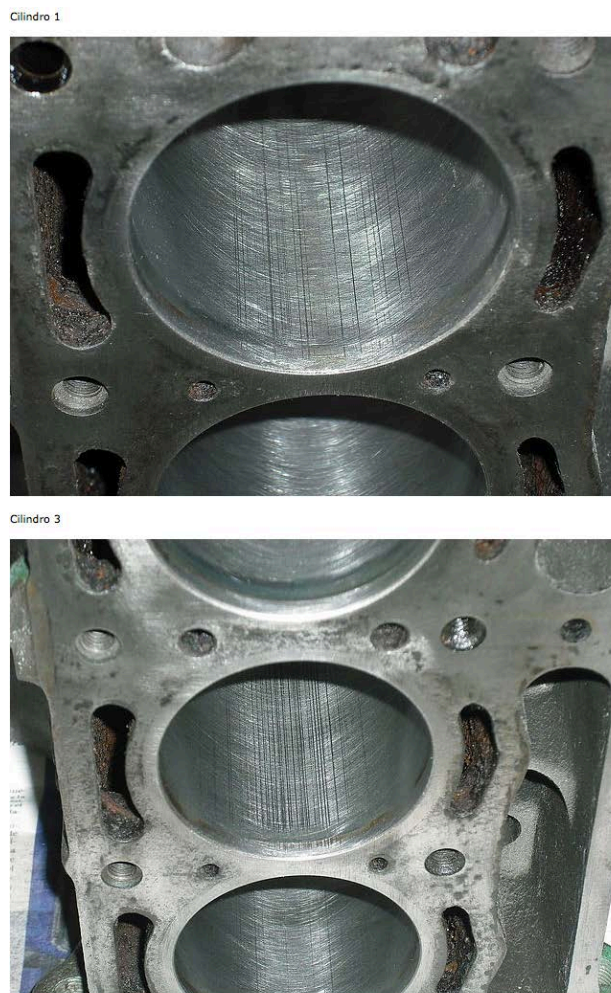
La ECU programable, según www.diariomotor.com, es “la unidad de control electrónico que regula al motor”; en otras palabras, es una unidad de control electrónico que facilita las manipulaciones de los actuadores, permitiendo generar el tiempo de duración de cualquier actuador, y así originar un mapeo diferente del adelanto al encendido o la inyección de la gasolina. De esta forma, se puede manipular el rendimiento del carro para reducir su potencia y aumentar la autonomía o viceversa: reducir la autonomía y aumentar la potencia.¹

En las modificaciones hechas durante este proyecto se presentaron algunos inconvenientes como, por ejemplo, los parámetros del mapeo de inyección (por mala

¹ Diariomotor.com explica que las ECU programables “son aquellas que pueden ser modificadas como consecuencia de un cambio de algún componente del vehículo, debiendo ser programado de nuevo para poder así configurarse correctamente el comportamiento y rendimiento adecuado del automóvil”. Agrega que las ECUs programables “más modernas (en automóviles fabricados a partir de 1996 normalmente) ya utilizan ECUs con sistemas OBD-II, capaces así de poder ser programadas mediante puertos OBD de manera externa, pudiendo ser modificadas mediante el uso de un portátil conectado al vehículo, en el cual podrán visualizarse todas las características de funcionamiento del mismo y podrá modificarse”. Finaliza la idea con un ejemplo: “la cantidad de combustible que se debe inyectar en el motor, la mezcla correcta de oxígeno y combustible o distintos parámetros claves necesarios en el vehículo”.

calibración se sobrecargaron los cilindros, produciéndose la fisura en varios pistones y rines), adelanto del encendido (por exceso del adelanto del encendido el motor comenzó a pistonear, produciéndose rayaduras en los cilindros y rotura de los rines [ver figura 62]) y límite de revoluciones (al momento de hacer corte de inyección se quedó a 700 rpm; después al querer que se corte la inyección a las 6500 RPM se cortó a las 7500 RPM. ¿Qué ocasionó esto? La rotura del motor).

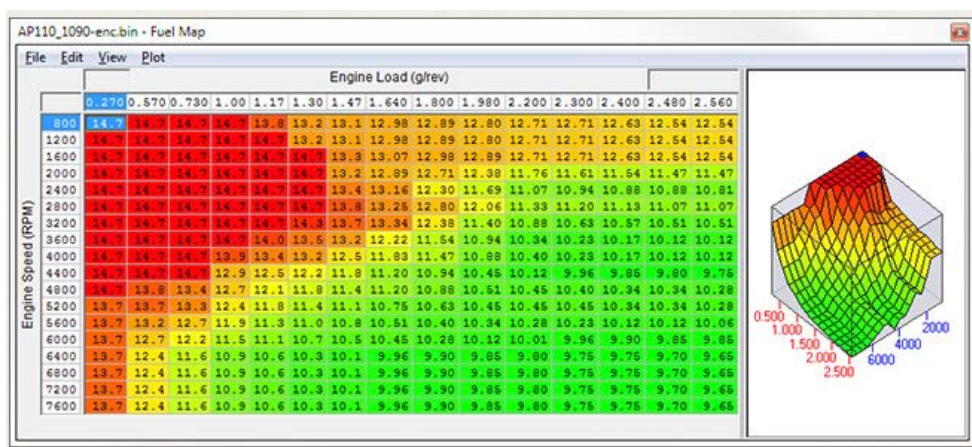
Figura 61. Rotura de rines



Fuente: <http://seat600.mforos.com/1986924/10951650-marcas-en-los-cilindros-necesito-consejo/>

En este punto del proyecto cabe preguntarse: ¿Cuántos mapeos y parámetros pueden modificarse y ser programados? Según www.diariomotor.com: “Existen infinidad de parámetros que pueden ser completamente modificados, ajustando así los valores de manera completamente específica, desde la ignición, límite de revoluciones, la correcta temperatura del agua, alimentación de combustible temporal [...], sensor de oxígeno o sonda lambda, etc.”

Figura 62. Ejemplo de mapeo de combustible (tabla numérica y 3D)



Fuente: <http://www.ecutek.com.au/ecu-products/software/subaru/subaru-brz-toyota-ft86-scion-fr-s>

En la ejecución del proyecto se pudo comprobar lo que se dice la teoría acerca de que para una calibración exacta de los parámetros y el mapeo, el dinamómetro es la herramienta fundamental para realizarlo con exactitud. (ver figuras 63 y 64).

Figura 63. Prueba de calibración dinamométrica 1

Dinamyca Competicion
 Pasaje Godoy E152 E Isaac Albeniz
 Quito-ECuador
 Phone : 59322411805

DYNomite Test Run: *Custom Garage STANDAR #2461 on 2018-02-07 @ 14-35-23*

Date: *2/7/2018*

Correction Method: *SAE*

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1900	14.16	-4.130	14.78	37.92
2000	29.25	-4.131	12.92	75.01
2100	29.38	-4.131	12.57	74.66
2200	33.20	-4.130	11.26	76.98
2300	34.90	-4.130	11.26	77.43
2400	37.24	-4.130	11.29	79.26
2500	37.07	-4.130	11.30	78.86
2600	38.64	-4.130	11.45	79.04
2700	42.45	-4.130	11.63	80.54
2800	43.19	-4.130	11.72	79.13
2900	45.63	-4.131	11.69	80.81
3000	43.94	-4.131	11.69	77.83
3100	44.73	-4.130	11.73	76.71
3200	49.05	-4.131	11.84	78.95
3300	48.71	-4.131	11.84	78.37
3400	50.82	-4.130	11.78	77.10
3500	51.64	-4.130	11.78	78.33
3600	55.01	-4.130	11.82	78.92
3700	55.39	-4.130	11.82	79.42
3800	59.49	-4.130	11.81	80.93
3900	59.76	-4.130	11.81	81.23
4000	64.98	-4.130	11.76	84.00
4100	65.92	-4.130	11.75	85.13
4200	67.12	-4.130	11.63	84.63
4300	69.53	-4.130	11.66	85.61
4400	72.53	-4.129	11.79	85.33
4500	74.60	-4.130	11.82	85.85
4600	76.34	-4.130	11.91	85.96
4700	78.59	-4.130	11.95	86.65
4800	79.88	-4.131	11.94	86.27
4900	79.43	-4.131	11.95	85.79
5000	81.83	-4.131	12.03	84.93
5100	81.70	-4.131	12.02	84.80
5200	81.92	-4.131	12.04	83.41
5300	83.01	-4.131	12.06	82.93
5400	83.75	-4.131	12.10	82.13
5500	83.90	-4.131	12.14	80.80
5600	85.07	-4.131	12.22	80.45
5700	84.15	-4.130	12.28	78.22
5800	85.25	-4.130	12.29	77.87
5900	85.07	-4.131	12.26	76.41
6000	85.34	-4.130	12.23	75.39
6100	84.78	-4.130	12.17	73.68

Fuente y elaboración: El autor (2017).

La calibración inicial estándar del motor repotenciado, que se muestra en la figura 63, evidencia que su mayor potencia es a 5800 RPM con un torque de 77,87 (ft-lb), un caballaje de 85,25 Hp.

Figura 64. Prueba de calibración dinamométrica 2

Dinamyca Competicion
 Pasaje Godoy E152 E Isaac Albeniz
 Quito-Ecuador
 Phone : 59322411805

DYNomite Test Run: *Custom Garage STANDAR #2460 on 2018-02-07 @ 14-33-56*

Date: *2/7/2018*

Correction Method: *SAE*

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
2000	28.86	-4.130	13.35	72.85
2100	30.76	-4.129	11.92	74.78
2200	32.59	-4.130	11.27	75.57
2300	32.59	-4.130	11.29	75.52
2400	36.88	-4.130	11.32	78.55
2500	36.73	-4.130	11.33	78.18
2600	40.16	-4.130	11.51	79.11
2700	41.50	-4.130	11.61	78.77
2800	43.38	-4.130	11.71	79.52
2900	42.20	-4.130	11.70	77.36
3000	46.20	-4.130	11.75	79.24
3100	46.84	-4.130	11.80	77.77
3200	45.94	-4.130	11.80	76.31
3300	49.65	-4.130	11.84	77.59
3400	48.98	-4.130	11.83	76.52
3500	52.70	-4.130	11.80	77.76
3600	52.86	-4.130	11.80	77.94
3700	56.96	-4.129	11.79	79.61
3800	56.82	-4.129	11.79	79.32
3900	60.73	-4.129	11.78	80.54
4000	66.86	-4.130	11.71	86.46
4100	66.05	-4.129	11.60	83.31
4200	65.92	-4.130	11.61	83.17
4300	70.61	-4.129	11.71	85.01
4400	70.55	-4.129	11.71	84.89
4500	71.38	-4.129	11.81	84.00
4600	76.42	-4.129	11.87	86.08
4700	75.97	-4.129	11.88	85.55
4800	78.76	-4.129	11.95	85.08
4900	78.26	-4.129	11.94	84.56
5000	79.67	-4.130	11.96	84.35
5100	79.71	-4.130	12.00	82.77
5200	81.60	-4.129	12.07	83.09
5300	81.19	-4.129	12.08	81.13
5400	82.59	-4.129	12.11	81.01
5500	82.71	-4.129	12.14	79.66
5600	83.20	-4.129	12.17	78.72
5700	83.83	-4.129	12.26	77.92
5800	83.20	-4.128	12.26	76.02
5900	84.28	-4.128	12.24	75.71
6000	83.55	-4.128	12.21	73.83

Fuente y elaboración: El autor (2017).

Después de realizada la prueba dinamométrica 1, se efectuó cambios en el mapeo de la ECU. Como se evidencia en la figura 64, con la calibración efectuada se produjo un desperfecto que se subió la mayor potencia a 5900 RPM (fuera del rango de aceleración en carreras), reduciéndose el torque a 75,71 (ft-lb), con un caballaje inferior de 84,28 Hp. Es decir que la calibración programada redujo la potencia e incrementó la autonomía, todo lo contrario a lo esperado.

Figura 65. Prueba de calibración dinamométrica 3

Dinamyca Competicion
 Pasaje Godoy E152 E Isaac Albeniz
 Quito-ECuador
 Phone : 59322411805

DYNomite Test Run: Custom Garage #2456 on 2018-02-07 @ 13-17-49

Date: 2/7/2018

Correction Method: SAE

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (AF)	Est. Tq. (ft-lb)
1800	24.89	-4.118	14.54	70.26
1900	28.18	-4.118	14.53	77.68
2000	32.67	-4.118	14.22	86.09
2100	34.53	-4.118	13.36	86.63
2200	36.65	-4.118	12.71	87.76
2300	38.33	-4.118	12.45	87.79
2400	40.17	-4.118	12.34	88.17
2500	42.44	-4.118	12.33	89.39
2600	43.82	-4.118	12.35	88.77
2700	45.17	-4.118	12.36	88.14
2800	46.51	-4.118	12.27	87.56
2900	47.59	-4.119	12.15	86.52
3000	49.46	-4.119	12.06	86.93
3100	51.08	-4.119	11.96	86.88
3200	51.91	-4.119	11.84	85.60
3300	54.12	-4.119	11.82	86.50
3400	56.32	-4.119	11.98	87.35
3500	57.26	-4.119	12.10	86.31
3600	61.42	-4.119	12.15	87.57
3700	61.78	-4.119	12.14	88.04
3800	63.93	-4.119	12.11	88.69
3900	66.89	-4.119	12.16	90.39
4000	70.46	-4.119	12.32	92.77
4100	72.17	-4.119	12.41	92.71
4200	73.52	-4.119	12.47	92.21
4300	75.82	-4.119	12.47	92.87
4400	77.69	-4.119	12.42	92.99
4500	78.85	-4.119	12.39	92.32
4600	80.73	-4.119	12.39	92.47
4700	82.38	-4.119	12.49	92.37
4800	83.10	-4.119	12.68	91.27
4900	83.21	-4.119	12.86	89.55
5000	85.70	-4.118	13.13	88.66
5100	85.33	-4.119	13.09	88.27
5200	86.48	-4.119	12.98	87.76
5300	86.79	-4.119	12.85	86.44
5400	87.51	-4.119	12.71	85.55
5500	88.47	-4.119	12.57	84.94
5600	88.23	-4.118	12.49	83.21
5700	87.58	-4.118	12.45	81.20
5800	86.99	-4.118	12.46	79.29

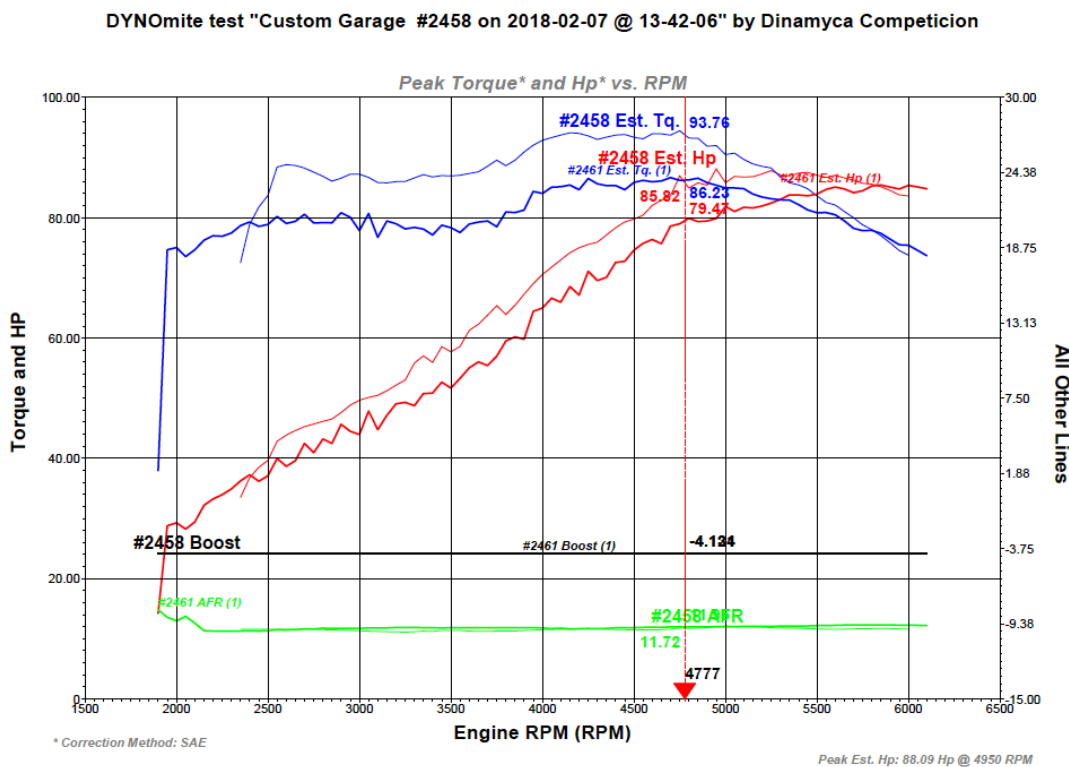
Fuente y elaboración: El autor (2017).

Después de haber obtenido los resultados de la primera y segunda prueba del dinamómetro, se calibró mejor el mapeo de gasolina y adelante al encendido, logrando un incremento de la potencia y obteniendo las revoluciones a un nivel de parámetros adecuados para la fiabilidad del motor.

Se partió de 5800 RPM con un torque de 77,87 (ft-lb) y un caballaje de 85,25 Hp; y se obtuvo 5500 RPM con un torque de 84,94 (ft-lb) y un caballaje de 88,47 Hp. Esto permitió equilibrar y aprovechar al máximo el conjunto de piezas reemplazadas (pistones y árbol de levas).

Es importante destacar que las calibraciones y datos obtenidos fueron en la ciudad de Quito, es decir, en la sierra ecuatoriana, que presenta menores niveles de oxígeno. Si esta calibración se hubiese efectuado a nivel de la costa, podría haberse causado daños al motor, lo cual permite deducir que necesitaría ajustarse la calibración a ese entorno o presión barométrica que se encuentre (ver figura 67).

Figura 66. Tabla comparativa entre la prueba 1 y 3



Fuente y elaboración: El autor (2017).

4.1.2. El árbol de levas

Para reemplazar el árbol de levas se procedió a quitar el cuerpo de aceleración para poder sacar el tapaválvulas. Luego, se sacó la banda de distribución y se quitaron los balancines para poder retirar el árbol de levas.

Figura 67. Desmontaje del árbol de levas



Fuente: El autor (2017).

Se colocó el nuevo árbol de levas con la misma polea. Al momento de calar la distribución en los puntos de sincronización a la polea del árbol de levas se le recorrió un diente para atrás, para que las levas pudieran estar en cruce y así quede bien sincronizado.

El procedimiento de recorrer el diente para atrás fue realizado porque las levas de competencia tienen un cruce diferente a las levas estándar, razón por la cual los tiempos de admisión y escape varían. Con esto se logra un mejor llenado de combustible en el cilindro.

¿Cuál es la diferencia entre una leva estándar y una leva de competencia? Dependiendo el alto de la leva (*lifting*) se obtiene una mayor carrera de apertura, y del ancho de su perfil (cruce), será el tiempo que estará abierta la válvula. Mediante el alto y el ancho ya podremos sacar el diagrama de mando de la distribución.

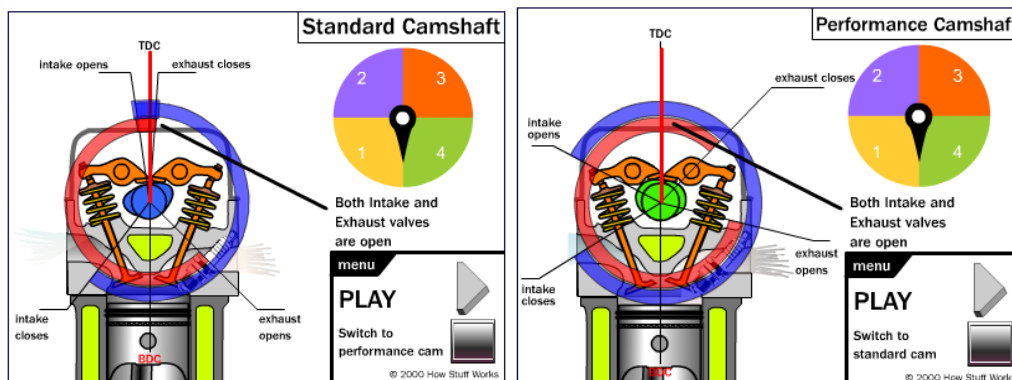
Según Bohner *et al.* (1985), existen dos tipos de levas: la leva plana oval y la leva en punta. La primera abre y cierra despacio la válvula, produciendo que por poco tiempo la válvula esté abierta en su totalidad. En cambio, la leva en punta abre y cierra la válvula rápidamente, la cual queda abierta por más tiempo, pero esto produce un mayor desgaste de las piezas por las aceleraciones requeridas; este tipo de levas son utilizadas para motores de altas prestaciones para un mejor intercambio de gases.

4.1.3. Comparación de ejes de levas

En las figuras 68 y 69, parafraseando a todomotores.cl, se ve la diferencia entre un eje de levas estándar y uno de competencia. Allí se aprecia que los avances y retrasos de cierre de las válvulas en un equipo de alto rendimiento alcanza matices dramáticos para el motor. Si la leva de admisión tiene muchos grados de apertura, seguramente el motor no funcionará de manera adecuada en régimen de bajas revoluciones. Hasta podría ocurrir que eyecte mezcla fresca por el carburador o el escape; en otras palabras, que salga fuego por el escape y el depurador. No obstante, esto dejaría de ocurrir luego de superar las 3500 RPM.

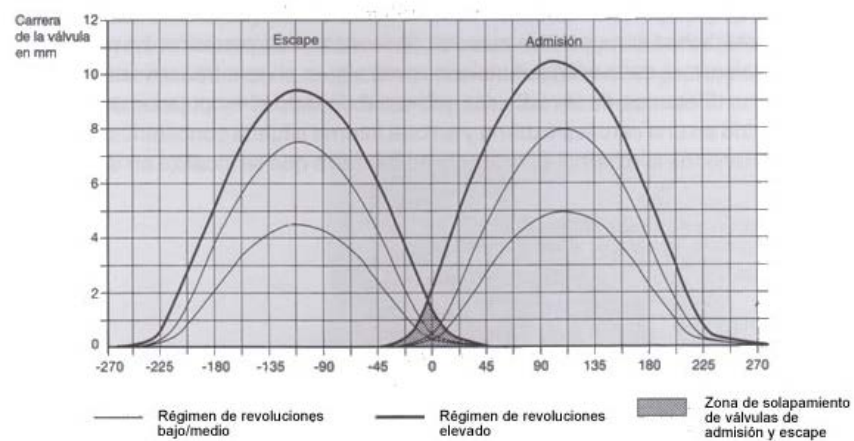
Figura 68. Comparación de cruce de válvulas

(árbol de leva estándar y árbol modificado)



Fuente: www.howstuffwork.com y http://www.todomotores.cl/competicion/comparacion_levas.htm

Figura 69. Tiempos de distribución y carrera de válvula



Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.net/distribucion_variable-vtec.htm

En la figura 69 se observa el cruce de levas de un motor VTEC (*variable valve timing and lift electronic control*), el cual puede cambiar el posicionamiento del ángulo de sus levas para que no falle en bajas RPM.

4.1.4. Pistones de competencia

Una vez retirado el árbol de levas estándar, se sacaron los pernos y el cabezote quedó libre para su desmontaje. Luego se retiraron las bases del motor para poder removerlo, y de esta manera retirar el cárter de aceite y así poder aflojar los muñones de biela para retirar los pistones.

El block se envió a la rectificadora para que rectifiquen las camisas. Una vez rectificadas las camisas a +20 se colocaron los nuevos pistones planos de competencia y se procedió al armado del motor (ver figura 70).

Figura 70. Desmontaje y armado del motor



Fuente: El autor (2017).

La tecnología ha avanzado tanto que ahora se puede efectuar modificaciones para incrementar la vida útil de un motor con similares o mayores prestaciones. Por ejemplo,

antes se rebajaba el cabezote para elevar la compresión, ahora se colocan pistones de cabeza plana para evitar rectificar el cabezote y bajarle su altura (figura 71).

Según Pozo y Cabezas (2014): “Los pistones de cabeza plana reducen el espacio en la cámara de combustión, lo que aumenta la relación de compresión y por ende, se da un mejor encendido de la mezcla aire-combustible, desarrollando mayor fuerza en el motor.” Dichos autores agregan que: “Para resistir las altas presiones que se originan sobre la cabeza del pistón, es necesario que contengan un espesor de aceite importante, capaz de resistir las presiones elevadas y fatiga de material, manteniéndolos siempre con una buena lubricación y refrigeración. Además las fuerzas de inercia aumentan directamente en función de las velocidades y masa en movimiento.”

Figura 71. Pistón de cabeza plana



Fuente: <http://vochomania.mx/20-modelos-pistones-cilindros/>

Conclusiones

Tras haber partido con una potencia inicial de un motor estándar G16 de 5800 RPM, con un torque de 77,87 (lf-lb) y un caballaje de 85,25, se logró obtener 5500 RPM con un torque de 84,94 (lf-lb) y un caballaje de 88,47. Luego de tres intentos de calibraciones a la ECU se logró equilibrar y aprovechar al máximo el conjunto de piezas reemplazadas (pistones y árbol de levas).

Durante el proceso se pudo conocer con mayor precisión las partes del motor estándar y sus sistemas de funcionamiento para lograr así la fiabilidad del motor y su correcto manejo para no exceder sus limitaciones.

La repotenciación efectuada constituyó un aprendizaje importante para realizar las calibraciones del mapeo de combustible y de adelanto al encendido. En este ejercicio de ensayo-error se provocó el daño a un motor; experiencia que enseñó los límites a los cuales se puede llegar en los diversos mapeos.

El motor G16 del Suzuki Vitara repotenciado quedó listo para altas prestaciones o exigencias, aunque el manipuleo debe ser efectuado con sumo cuidado, ya que sus nuevos componentes son de calibración precisa.

Tras conocer cada funcionamiento, tanto eléctrico como mecánico se logró aprender herramientas y usos más adecuados para un diagnóstico de motores estándar y repotenciados de cualquier marca de la misma clase que el G16 de un Suzuki Vitara.

Recomendaciones

Antes de cualquier modificación de un motor, se debe conocer a fondo y detalladamente el funcionamiento de cada pieza y tener claro el objetivo al que se quiere llegar.

Es recomendable efectuar la búsqueda acerca de si no hay otro medio por el cual se pueda llegar al punto deseado sin tener que manipular tanto el motor.

Finalmente, vale la pena consultar con colegas que tengan experiencia en repotenciación de motores de lo cual se puede aprender mucho para evitar inconvenientes, tanto económicos como mecánicos.

Referencias bibliográficas

- Bohner, M. *et al.* *Tecnología del automóvil*, versión española de la 20.^a edición alemana. Versión española por Besante, F. y M. Jubera (1985). Barcelona: Editorial Reverté, S. A. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/295288609/Gtz-Tecnolog-237-A-Del-Automovil-II>
- Cabrera, Raúl Vinicio y Cifuentes Víctor Xavier. “Adaptación de un sistema de inyección programable en un vehículo a carburador”. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Automotriz. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/418/3/65t00001.pdf>
- Jara, S. y Víctor Ordoñez (2011). Guía para repotenciación de motores a carburador con aplicación práctica en un motor G10. Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecánica Automotriz. Cuenca: Universidad del Azuay. Recuperado de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2217>
- Pozo Hernández, Héctor y Óscar Cabezas López (2014). Repotenciación y preparación para competencia de un motor de combustión interna, marca mini Austin de origen inglés en su respectiva carrocería. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero en Mecánica Automotriz. Quito: Universidad Internacional del Ecuador. Disponible en <http://repositorio.uide.edu.ec:8080/xmlui/bitstream/handle/37000/205/T-UIDE-0176.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Técnica 4 x 4. Suzuki, historia y modelos (31 de marzo de 2006). Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de <http://tecnicax4.blogspot.com/2006/03/suzuki-historia-y-modelos.html>
- Title, Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo. Ciclos Formativos. Authors, Julián Ferrer, Gema Checa. Publisher, Editex, 2010. ISBN, 8497717414, 9788497717410. Length, 314 pages. Export Citation, BiBTeX EndNote RefMan . Disponible en <https://bit.ly/2GLjgj4>
- Universidad Nacional de San Luis. *Laboratorio de interfaces. Práctico N° 9. Sensores de efecto Hall*. Recuperado de <http://www0.unsl.edu.ar/~interfases/labs/lab09.pdf>

Páginas web

- <http://aprendemecanicautomotriz.blogspot.com/2015/07/howtotestmassairflowwvavilcar.html>
- <http://apuntesmecanicademotos.blogspot.com/2015/03/ciclo-otto-principio-de-funcionamiento.html>
- http://conaremo.blogspot.com/2016_03_03_archive.html
- http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_biela-maniv-embolo.htm
- <http://e-ducativa.catedu.es>
- http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4932/html/2_motor_de_cuatro_tiempos_ciclo_de_otto.html

<http://laspalmastecnologica.blogspot.com/2015/03/motores-tema-45-calado-y-puesta-punto.html>
<http://martinsandoval97.blogspot.com/2013/05/sensor-cmp.html>
<http://mecanicademotormx.blogspot.com/2015/02/las-3-funciones-basicas-de-los-aros-de.html>
<http://mecanicadiesellive.blogspot.com/p/textos.html>
<http://mecanicaautomotores.blogspot.com/2013/04/inyeccion-indirecta-y-directa-de.html>
<http://sistemasdedistribucion.blogspot.com/>
<http://tecno3iesmservet.blogspot.com/2013/02/biela-manivela-pertenece-un-mecanismo.html>
<http://tomco.com.mx/sensor-cts.html>
<http://vochomania.mx/20-modelos-pistones-cilindros/>
http://www.aficionadosalamecanica.net/distribucion_variable-vtec.htm
<http://www.aficionadosalamecanica.net/inyecci-gasoli-intro.htm>
<http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>
<http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>
<http://www.aficionadosalamecanica.net/sonda-lambda.htm>
<http://www.aficionadosalamecanica.net/taques-hidraulicos.htm>
<http://www.autodaewoospark.com/imagenes/MAP/vista-inferior-sensor-MAP.png>
<http://www.autodaewoospark.com/sensor-CMP.php>
<http://www.autodaewoospark.com/sensor-temperatura-aire-IAT-chevrolet-aveo.php>
<http://www.ecutek.com.au/ecu-products/software/subaru/subaru-brz-toyota-ft86-scion-fr-s>
<http://www.fayetteimport.com/timing-belt.html>
<http://www.fierrosclasicos.com/rectificacion-de-motores-que-es-de-que-se-trata/>
<http://www.fresh-imports.com/2014/07/9-maneras-de-potenciar-un-motor-atmosferico/2/>
http://www.infotaller.tv/blogs/indave/distribucion-variable-sincronizacion-tiempos-motor_7_1029867004.html
<http://www.intarcesoft.com.ve/es/automotriz/como-funciona-el-sensor-ckp.html>
<http://www.mecanicafacil.info/volante.html>
<http://www.pretexsa.com/xVLqWQbM.html>
<http://www.quieroapuntes.com/sensores-electricos.html>
<http://www.roshfrans.com/que-es-la-unidad-de-control-de-motor-ecu/>
<http://www.sabelotodo.org/automovil/taquehidraulico.html>
<http://www.solominis.50megs.com/photo.html>
http://www.todomotores.cl/competicion/comparacion_levas.htm
<https://bit.ly/2GLjgj4>
<https://cuidamostucoche.com/wiki/Válvulas>
<http://encendidoelectronico.com/sensores-tps/sensores-tps-parte-1/>

<https://sp.depositphotos.com/76506259/stock-photo-springs-of-valves-cylinder-head.html>

https://ugc.kn3.net/i/origin/http://www.ealuro.com/eb3emd/Sonda_Lambda/Sonda_lambda_archivos/Sensor_O2.gif

<https://www.actualidadmotor.com/la-biela-partes-y-funcin/>

<https://www.alamaula.com/a-accesorios-para-autos/general-san-martin/precamaras-combustion-mitsubishi-nissan-toyota-isuzu-daewoo-ticover/1001184560620910462601009>

<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/149-que-es-un-sensor-de-posicion-del-ciguenal-sensor-ckp-y-cmp/>

<https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/07/03/ecu-que-es-y-el-porque-de-su-existencia/>

<https://www.ebay.com/itm/Wiseco-Pistons-Pro-Tru-Sport-Compact-Series-KE207M96/273077902444?epid=1068269879&hash=item3f94b61c6c:g:m6MAAOSw86JajE5o&vxp=mtr>

<https://www.guivaim.com>

<https://www.moto125.cc/f125cc/reportajes/tenica/item/746-tecnica-distribucion?pop=1&tmpl=component&print=1>

<https://www.ms-motorservice.es/productos-catalogos/productos/cojinetes/>

<https://www.mundodelmotor.net/pistones-de-motor/>

<https://www.pruebaderuta.com/anillos-de-motor.php>

<https://www.pruebaderuta.com/funciones-e-importancia-de-los-anillos-del-piston.php>

<https://www.taringa.net/posts/autos-motos/16135666/La-distribucion.html>

<https://www.taringa.net/posts/autos-motos/19492196/Asente-las-valvulas-de-una-culata-pasa-y-mirala.html>

https://www.yapo.cl/region_metropolitana/accesorios_vehiculos/sensor_tps_chevrolet_trooper_luv_1998___2003_51004291.htm?ca=15_s

https://www.youtube.com/watch?v=_K3L7c43xfU

<https://www.youtube.com/watch?v=es9xeISTsGw>

<https://www.youtube.com/watch?v=kEAwfeBuz-Y>

www.areatecnologia.com. Recuperado el 6 de diciembre de 2017

www.howstuffwork.com