

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Elaboración de material didáctico en un motor de combustión interna de
4 tiempos en corte con caja de cambios**

John Sebastián Ramírez Cifuentes

Jorge Andrés Basantes Flor

Gonzalo Tayupanta, MSc., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Licenciado en
Electromecánica Automotriz

Quito, Octubre del 2013

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias e Ingeniería**

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Elaboración de material didáctico en un motor de combustión interna de
4 tiempos en corte con caja de cambios**

**John Sebastian Ramírez Cifuentes
Jorge Andrés Basantes Flor**

Gonzalo Tayupanta, MSc.
Director de la Tesis

.....

Eddy Villalobos, MSc.
Miembro del comité de tesis

.....

José Martínez, MSc.
Miembro del comité de tesis

.....

Ximena Córdova, PhD.
Decana de la escuela de Ingeniería
Colegio Politécnico.

.....

Quito, Octubre del 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certificamos que hemos leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estamos de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

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

John Sebastian Ramírez Cifuentes

1714967930

Quito, Octubre del 2013

Jorge Andrés Basantes Flor

1712624350

Quito, Octubre del 2013

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios por darnos la vida, salud e inteligencia, permitiéndonos de esta manera culminar con éxito nuestra carrera universitaria.

A nuestros padres quienes han sido el principal apoyo, en todos los sentidos, haciendo todo tipo de esfuerzo para poder brindarnos los recursos necesarios para poder lograr el objetivo de concluir nuestros estudios y convertirnos en profesionales.

A la Universidad San Francisco de Quito por abrir sus puertas para que podamos realizar nuestros estudios en un campus dotado de todas las comodidades y herramientas necesarias; de igual manera nos ha otorgado la cátedra de excelentes profesores quienes han sabido transferir todos sus conocimientos de manera eficaz y con mucha paciencia, convirtiéndonos en profesionales de bien y académicamente muy bien preparados para ser competitivos en nuestro futuro.

Un gran agradecimiento a todos nuestros compañeros, por la amistad y el apoyo brindado durante este periodo, formando un ambiente de trabajo y aprendizaje muy agradable.

Un especial agradecimiento al personal de la empresa "SERVICIO AUTOMOTRIZ CM"; así como al Sr. Mario Rueda de la empresa "REP" por facilitarnos las instalaciones físicas, herramientas, y todo el tipo de apoyo necesario para la realización de la parte práctica de nuestro proyecto.

RESUMEN

El presente proyecto de grado se enfoca en la elaboración de material didáctico de un motor de combustión interna de cuatro tiempos, en el cual se ha diseñado, analizado y realizado determinados cortes destinados a permitir a los estudiantes de la universidad poder observar y comprender claramente la constitución y funcionamiento del mismo, cumpliendo de esta manera con el objetivo principal de este trabajo que es contribuir con el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Electromecánica Automotriz en lo referente al órgano principal de todo vehículo: el motor.

Mediante la elaboración y culminación de este proyecto hemos aplicado conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera, complementándola con trabajo práctico e investigación referente a la constitución y funcionamiento del motor de cuatro tiempos, así como los diferentes sistemas adicionales que lo conforman: distribución, encendido, lubricación, refrigeración.

Se ha incluido adicionalmente, el sistema de caja de cambios y embrague, lo cual contribuirá también con la comprensión del funcionamiento de dichos elementos, trabajando tanto independientemente, como en un solo conjunto con el motor de cuatro tiempos.

ABSTRACT

This graduation project is focus on the elaboration of teaching materials of a four stroke internal combustion engine, in which it has been designed, analyzed and made certain cuts intended to allow college students lo clearly observe and understand it constitution and functioning, complying thereby with the main objective of this work, that is to contribute with the Automotive Electromechanical students career learning in relation to the main organ f any vehicle: the engine.

Through the development and finalization of this project we have applied knowledge gained throughout this career, supplemented by practical work and research concerning about the constitution and operation of a 4-stroke engine, as well as various additional systems that conform it: distribution ignition, lubrication and cooling.

Is included additionally, the gearbox and clutch system, which will also contribute to the understanding of how these elements, working both independently and in conjunction with the 4-stroke engine.

TABLA DE CONTENIDO:

AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
TABLA DE CONTENIDO:	vii
TABLA DE IMÁGENES:	xii
TABLA DE FOTOS:	xv
TABLA DE GRÁFICOS:	xvii
TABLA DE TABLAS:	xvii
INTRODUCCIÓN	1
1 HISTORIA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	2
2 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA	5
2.1 Clasificación de acuerdo al movimiento que realizan.	5
2.1.1 Motor Radial:	5
2.1.2 Motor Rotativo Wankel:	5
2.1.3 Motor Alternativo:	6
2.2 Clasificación de acuerdo al combustible empleado.	7
2.2.1 Motores a Gasolina:	7
2.2.2 Motores a Diésel:	7
2.2.3 Motores a Gas:	7
2.2.4 Motores a Hidrógeno:	7

2.3	Clasificación de acuerdo al ciclo de trabajo.	8
2.3.1	Motor de cuatro tiempos:	8
2.3.2	Motor de dos tiempos:	8
2.4	Clasificación de acuerdo al número de cilindros.	8
2.4.1	Motor Monocilíndrico:	8
2.4.2	Motor Policilíndrico:	8
2.5	Clasificación de acuerdo a la ubicación en el vehículo.	11
2.5.1	Motor Longitudinal:	11
2.5.2	Motor Transversal:	11
3	EL MOTOR A GASOLINA DE CUATRO TIEMPOS	13
3.1	Características y términos del motor.	13
3.2	Funcionamiento.	17
3.2.1	Ciclos operativos teóricos:	17
3.3	Componentes.	22
3.3.1	Conjunto del bloque de cilindros:	22
3.3.2	Conjunto de la Culata o Cabezote:	32
3.4	Sistemas adicionales.	44
3.4.1	Sistema de distribución:	45
3.4.2	Sistema de alimentación:	51
3.4.3	Sistema de encendido:	55
3.4.4	Sistema de Carga:	58

3.4.5	Sistema de lubricación:	60
3.4.6	Sistema de refrigeración:	64
4	EL EMBRAGUE	68
4.1	Necesidad del Embrague.	68
4.2	Funcionamiento del embrague de diafragma.	69
4.3	Disco de Embrague.	72
4.4	Forro de embrague.	72
4.5	Mando mecánico del embrague.	73
5	LA CAJA DE CAMBIOS	75
5.1	Relación de velocidades en la caja de cambios.	75
5.2	Composición de la caja de cambios.	76
5.3	Sincronizadores:	81
5.3.1	FUNCIONAMIENTO DE LOS SINCRONIZADORES:	82
6	DESARROLLO Y ELABORACIÓN DEL MATERIAL DIDÁCTICO	84
6.1	Adquisición del motor:	84
6.2	Armado inicial del motor.	86
6.3	Determinación de las zonas para realización de cortes.	87
6.3.1	Bloque motor:	88
6.3.2	Culata:	89
6.3.3	Cárter:	90
6.3.4	Carcasa de la caja de cambios:	90

6.3.5	Colectores de admisión y escape	91
6.3.6	Distribuidor:	91
6.3.7	Motor de arranque:	92
6.3.8	Bomba de agua:	92
6.4	Elaboración de cortes.	92
6.4.1	Sierra de Mano:	92
6.4.2	Disco de corte:	93
6.4.3	Sierra de cinta:	94
6.4.4	Fresadora:	95
6.5	Limpieza de Componentes.	95
6.5.1	Limpieza mediante gasolina y thinner:	96
6.5.2	Limpieza mediante arenado o granallado:	96
6.6	Pintura de componentes.	97
6.7	Elaboración de soporte.	100
6.8	Adaptaciones realizadas.	102
6.8.1	Adaptación del Alternador:	102
6.8.2	Adaptación del distribuidor:	102
6.8.3	Adaptación de manivela en la polea del cigüeñal.	102
6.9	Ensamblaje final.	103
6.9.1	Ensamblaje del bloque motor:	103
6.9.2	Ensamblaje del conjunto embrague y caja de cambios:	106

6.9.3	Ensamblaje del cabezote:	107
6.9.4	Ensamblaje de colectores:	109
6.9.5	Sincronización de válvulas:	109
6.9.6	Ensamblaje de adicionales:	111
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	112
7.1	Conclusiones:	112
7.2	Recomendaciones:	113
8	BIBLIOGRAFIA:	116
9	GLOSARIO DE TÉRMINOS:	117

TABLA DE IMÁGENES:

<i>Imagen 1: Máquina de Vapor.</i>	2
<i>Imagen 2: Motor Radial.</i>	5
<i>Imagen 3: Motor Rotativo Wankel.</i>	6
<i>Imagen 4: Motor Alternativo.</i>	6
<i>Imagen 5: Motor en línea.</i>	9
<i>Imagen 6: Motor en V.</i>	9
<i>Imagen 7: Motor Boxer.</i>	10
<i>Imagen 8: Motor VR.</i>	10
<i>Imagen 9: Motor en W.</i>	11
<i>Imagen 10: A) Motor Transversal; B) Motor Longitudinal.</i>	12
<i>Imagen 11: Definición de términos utilizados en el motor.</i>	14
<i>Imagen 12: Ciclos Operativos del motor de 4 tiempos: A.- admisión; B.- Compresión- C.- Explosión; D.- Escape.</i>	18
<i>Imagen 13 : Tipos de camisas.</i>	23
<i>Imagen 14 : Pistón y sus partes 1) cabeza; 2)orificio del bulon; 3)ranuras para anillos; 4)superficie de empuje; 5) marca de "hacia el frente"; 6) Centro; 7) Faldón.</i>	24
<i>Imagen 15: Aros del pistón: 1,2) Aros de compresión; 3) Aros rascadores; 4) Expansor.</i>	25
<i>Imagen 16 : Conjunto de biela</i>	25
<i>Imagen 17: Bulón y sus tipos A) Fijo al pistón; B) Fijo a la biela; C) Flotante.</i>	27
<i>Imagen 18: Cigüeñal.</i>	28
<i>Imagen 19: Cigüeñal y partes anexas</i>	29
<i>Imagen 20 : Cojinetes en el cigüeñal</i>	30
<i>Imagen 21: Volante del cigüeñal</i>	31
<i>Imagen 22: Tipos principales de cámaras de combustión</i>	35
<i>Imagen 23: Válvulas de admisión y escape</i>	36
<i>Imagen 24: Sujeción del platillo a la válvula.</i>	37

<i>Imagen 25: Guía y asiento de válvula.</i>	38
<i>Imagen 26: Medidas más importantes de la leva</i>	39
<i>Imagen 27: Geometría de los tipos de perfiles de levas.</i>	40
<i>Imagen 28: Componentes de la correa dentada: 1.- Dorso de la correa; 2.- Cabo de tracción, 3.- lecho; 4.- dientes; 5.- tejido protector.</i>	41
<i>Imagen 29: Colector de admisión</i>	43
<i>Imagen 30: Diagrama de distribución.</i>	47
<i>Imagen 31: Gráfica de elevación y cruce de válvulas.</i>	48
<i>Imagen 32: Sistema de Distribución SV</i>	49
<i>Imagen 33: Sistema de Distribución OHV</i>	50
<i>Imagen 34: Esquema de funcionamiento del carburador.</i>	53
<i>Imagen 35: Composición del carburador</i>	55
<i>Imagen 36: Sistema de encendido y sus componentes.</i>	58
<i>Imagen 37: Despiece de un Alternador.</i>	59
<i>Imagen 38: Elementos que conforman el motor de arranque.</i>	59
<i>Imagen 39: Lubricación por salpicadura.</i>	61
<i>Imagen 40: Esquema y componentes del sistema de lubricación forzada.</i>	62
<i>Imagen 41: Bomba de lóbulos y bomba de engranajes.</i>	63
<i>Imagen 42: Construcción del regulador de aceite.</i>	63
<i>Imagen 43: Filtros de aceite A- Colador; B.- Filtro principal</i>	64
<i>Imagen 44: Sistema de refrigeración.</i>	65
<i>Imagen 45: Configuración del radiador</i>	65
<i>Imagen 46: Esquema interno del termostato.</i>	67
<i>Imagen 47: Diafragma.</i>	70
<i>Imagen 48: Embrague de Diafragma: A.- embragado; B.- desembragado.</i>	71
<i>Imagen 49: Prensa de embrague de diafragma seccionada.</i>	71
<i>Imagen 50: Disco de embrague.</i>	72
<i>Imagen 51: Sección de una caja de cambios de 3 ejes.</i>	77

<i>Imagen 52: Acople de primera velocidad en la caja de cambios.</i>	78
<i>Imagen 53: Acople de segunda velocidad.</i>	79
<i>Imagen 54: Acoplamiento de tercera velocidad.</i>	79
<i>Imagen 55: Acople de cuarta marcha.</i>	80
<i>Imagen 56: Acoplamiento de los piñones para reversa.</i>	80
<i>Imagen 57: Composición de un sincronizador.</i>	81
<i>Imagen 58: Funcionamiento del sincronizado: A.- Posición punto muerto; B- Posición de sincronización; C.- Posición de marcha acoplada.</i>	82
<i>Imagen 59: Sistema CVCC de Honda.</i>	85

TABLA DE FOTOS:

<i>Foto 1: Bloque Motor.</i>	22
<i>Foto 2: Cojinete axial</i>	30
<i>Foto 3: Cáster</i>	32
<i>Foto 4: Cabezote en corte</i>	33
<i>Foto 5: Resortes y asientos de válvulas en una culata en corte.</i>	37
<i>Foto 6: Árbol de levas ubicado en sus puntos de apoyo de la culata.</i>	39
<i>Foto 7: Balancines montados en el eje de balancines.</i>	42
<i>Foto 8: Colector de Escape</i>	43
<i>Foto 9: Junta de Culata</i>	44
<i>Foto 10: Sistema de transmisión SOHC</i>	51
<i>Foto 11: Sistema DOHC</i>	51
<i>Foto 12: Bomba de agua en corte.</i>	66
<i>Foto 13: Motor Honda totalmente desarmado.</i>	85
<i>Foto 14: Vista del lado izquierdo Motor Honda completamente armado.</i>	87
<i>Foto 15: Vista del lado derecho del motor completamente armado.</i>	88
<i>Foto 16: Delimitación de zonas de corte en la culata.</i>	90
<i>Foto 17: Zonas para corte en la carcasa de la caja de cambios.</i>	91
<i>Foto 18: Cortes realizados por medio de sierra de mano.</i>	93
<i>Foto 19: Cortes realizados por medio de disco de corte.</i>	94
<i>Foto 20: Corte realizado por medio de sierra de cinta.</i>	94
<i>Foto 21: Cortes realizados en fresadora.</i>	95
<i>Foto 22: Componentes contaminados.</i>	96
<i>Foto 23: Componentes después del proceso de limpieza.</i>	97
<i>Foto 24: Cubrimiento de zonas donde no se aplica pintura.</i>	98
<i>Foto 25: Aplicación de fondo para pintura automotriz.</i>	98
<i>Foto 26: Aplicación de pintura y secado.</i>	99

<i>Foto 27: Zonas con presencia de fallas.</i>	100
<i>Foto 28: Comprobación inicial de soporte para motor.</i>	101
<i>Foto 29: Adaptación de manivela en polea del cigüeñal.</i>	103
<i>Foto 30: Armado de pistones y bielas.</i>	104
<i>Foto 31: Polea y piñón de transmisión. Bomba de aceite.</i>	105
<i>Foto 32: Bloque motor en soporte con volante de masa</i>	105
<i>Foto 33: Componentes del embrague alineados al volante.</i>	106
<i>Foto 34: Bloque en conjunto con caja de cambios y embrague en soporte.</i>	107
<i>Foto 35: Culata con árbol de levas y eje de balancines.</i>	107
<i>Foto 36: Polea del árbol en cabezote.</i>	108
<i>Foto 37: Conjunto cabezote ubicado sobre bloque motor.</i>	108
<i>Foto 38: Armado de colectores de admisión y escape.</i>	109
<i>Foto 39: Sincronización de elementos en la culata.</i>	110
<i>Foto 40: Ubicación del templador.</i>	110
<i>Foto 41: Proyecto final.</i>	111

TABLA DE GRÁFICOS:

<i>Gráfico 1: Curva característica de par y potencia para un determinado vehículo.</i>	16
<i>Gráfico 2: Curva par y potencia para un determinado motor.</i>	76

TABLA DE TABLAS:

<i>Tabla 1: Orden de tiempos para los diferentes pistones.</i>	21
<i>Tabla 2: Características del motor utilizado para la elaboración del material didáctico.</i>	84
<i>Tabla 3: Colores utilizados para la pintura de los diferentes elementos.</i>	100

INTRODUCCIÓN

Podemos decir que un motor es un conjunto de mecanismos que producen energía mecánica a partir de otra forma de energía. Los motores convencionales térmicos convierten la energía calorífica del combustible en energía mecánica beneficiándose de la fuerza expansiva de los gases inflamados en el interior de un cilindro producto de la combustión, la cual es acumulada en el árbol motor. Dicho giro es transmitido a las ruedas que dan un impulso extraordinario al vehículo. En todo proceso de combustión desarrollado en un cilindro, la energía química que se encuentra inmersa en el combustible es transformada en primera instancia en energía calorífica y posteriormente en energía mecánica, esto es, trabajo útil que se aplica a las ruedas propulsoras.

Para que cualquier combustible arda, es necesaria la presencia de oxígeno. Debido a este principio necesitamos introducir en la cámara de combustión del motor, además del combustible, la cantidad de aire necesaria para que éste se quemé.

Los motores con estas características son catalogados de combustión interna, ya que el combustible se quema en su interior, es decir, en la cámara justo encima de cada pistón.

1 HISTORIA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

La máquina de vapor marcó el inicio de la revolución industrial, liberando a la humanidad de su total dependencia de fuentes primarias de energía como el viento, el agua, el sol y los músculos o esfuerzo de animales e incluso el mismo hombre. Las máquinas de vapor fueron utilizadas para impulsar maquinarias de fabricas, trenes, barcos, tractores y automóviles; logrando mover mayor volumen de forma más rápida y segura.

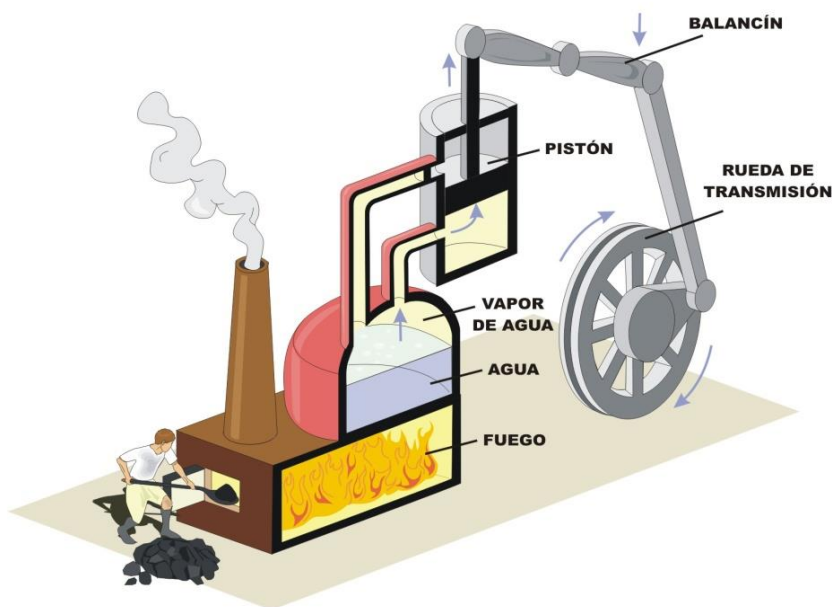


Imagen 1: Máquina de Vapor. ¹

La máquina de vapor reemplazo al caballo; los motores eléctricos y de gasolina sustituyeron a la máquina de vapor. En 1860, el ingeniero belga Jean Joseph Étienne Lenoir construyó el primer motor de combustión interna, el cual trabajaba sin compresión, y generaba un rendimiento aproximado de 3%. Adaptó su motor a un automóvil también construido por él, pero el resultado fue un vehículo muy lento y pesado, el cual alcanzaba

¹ recursostic.educacion.es

una velocidad de 3.7 km/h (velocidad menor a la de una persona al caminar). Este resultado hizo que Étienne abandone el proyecto, sin embargo sirvió como referencia y punto de partida para otros inventores de la época.

En 1862, el Francés Beau de Rochas propuso al detalle el ciclo teórico del motor de cuatro tiempos, así como la necesidad de compresión previa.

"Pero en el año 1867 serían los alemanes Nicolas August Otto, en conjunto con sus socios Eugene Langen, Gottlieb Daimler y Wilhelm Maybach quienes construyeran y comenzaran la fabricación general del primer motor de combustión interna alternativo de cuatro tiempos con compresión previa." (Fernández, 2007, p. 58)

En 1892, el alemán Rudolf Diesel inventa un motor que no utiliza bujías y dispone de autoencendido; su funcionamiento se basa en un combustible que prende a muy altas presiones, el cual resulta tener mayor eficiencia comparado con los existentes en aquel tiempo. A este invento posteriormente se lo conocería como motor diesel.

"Simultáneamente, Karl Benz se dedicaba también en Alemania al diseño de motores específicamente pensados para automoción. El motor construido por Benz en 1885 era un monocilíndrico horizontal y empleaba una bujía desmontable de diseño moderno alimentada por sistema de acumulador, bobina y ruptor. El carburador era similar al de Daimler pero estaba dotado de un sistema de calentamiento por los gases de escape. A partir de 1893, este carburador fue reemplazado progresivamente por el carburador de flotador inventado por Maybach." (Àrregle, 2002, pg. 24)

El desarrollo del motor Otto fue conservador, a mediados del siglo XIX sin embargo se pudo obtener una gran mejora al multiplicar por ocho la relación peso/potencia, logrando además generar funcionamiento del mismo durante periodos largos y sin fallo alguno.

Durante la primera guerra mundial (1914 - 1918) existió un gran avance en el entendimiento de los combustibles y cómo los mismos afectan a la combustión: gases quemados, necesidad de desarrollo de carburadores para vaporizar las naftas y mezclarlas con aire, limitaciones en la relación de compresión, ente otros.

En las décadas comprendidas entre 1930 y 1950, Félix Wankel obtiene la patente y completa el desarrollo para fabricar un nuevo tipo de motor a gasolina, con un diseño revolucionario de tipo rotativo, el cual llevaría su apellido y adquiriría cierto éxito durante algunos años, el cual utiliza un rotor triangular curvilíneo dentro de una cámara ovalada en lugar de un pistón y un cilindro.

En el año 1940 se detecta por primera vez que el transporte automotor era uno de los principales responsables de la polución generada en forma de smog por la emisión de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxidos de carbono. Para 1960 se establece las primeras normas regulatorias para emisión vehicular, primeramente en California, Estados Unidos y posteriormente en el resto de Estados de dicho país, en Europa y Japón.

En la década comprendida a partir de 1970 se da un notable incremento en el precio del petróleo, razón por la cual los fabricantes se ven obligados a diseñar motores con menor consumo, aumentando eficiencia. De igual manera se empieza a estudiar el uso de combustibles alternativos como gas natural, metanol, etanol e incluso hidrógeno.

El motor de combustión interna ha conservado hasta el día de hoy sus características fundamentales, sin embargo ha obtenido enormes avances, incorporando sofisticados sistemas de control, los cuales principalmente han sido utilizados para aprovechar al máximo el combustible y reducir de la mayor forma posible las emisiones contaminantes.

2 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

Los motores presentan diferentes clasificaciones, tomando en cuenta varios factores como: el combustible utilizado, el tipo de movimiento que realizan, la disposición de los cilindros, entre otros. Las principales formas de clasificación son las siguientes:

2.1 Clasificación de acuerdo al movimiento que realizan.

2.1.1 Motor Radial:

La disposición de los cilindros es radial, posee la forma de una rueda. Los cilindros se encuentran dispuestos alrededor de un cigüeñal ubicado en el centro; en este caso, mientras el cigüeñal permanece fijo, el motor entero es el que gira alrededor de él.



Imagen 2: Motor Radial. ²

2.1.2 Motor Rotativo Wankel:

Es un motor que utiliza rotores en lugar de los pistones utilizados por los motores alternativos.

² www.ecured.cu

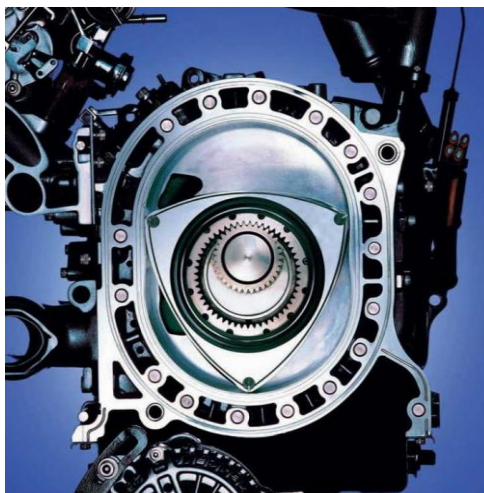


Imagen 3: Motor Rotativo Wankel. ³

2.1.3 Motor Alternativo:

Es un motor térmico en el cual, los gases que resultan de la combustión, empujan a un pistón que se desplaza dentro de un cilindro haciendo girar un cigüeñal, transformando el movimiento rectilíneo en movimiento giratorio.

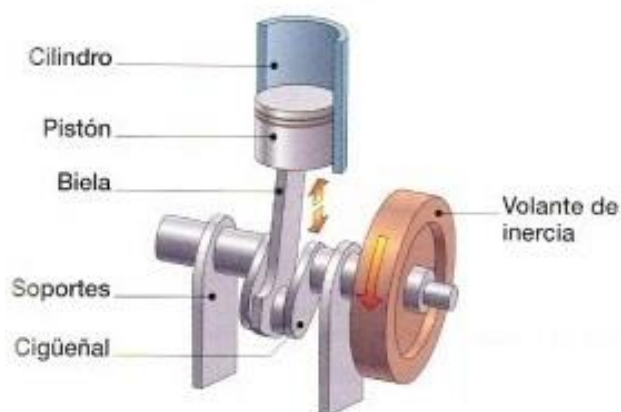


Imagen 4: Motor Alternativo. ⁴

³web.educastur.princast.es

⁴ www.aulatecnologia

2.2 Clasificación de acuerdo al combustible empleado.

2.2.1 Motores a Gasolina:

Es el más utilizado hoy en día; se trata de un motor alternativo en el cual una mezcla de aire-combustible dentro del cilindro, en este caso gasolina, se enciende mediante una chispa, haciendo que el gas que se produce se expanda y mueva un pistón, generando de esta manera movimiento.

2.2.2 Motores a Diésel:

El motor a Diésel tiene el mismo principio de funcionamiento que el motor a gasolina, con la diferencia que el encendido del combustible se produce debido a la alta temperatura generada por la compresión del aire en el cilindro (Ciclo Diésel).

2.2.3 Motores a Gas:

El gas natural es un hidrocarburo compuesto principalmente por metano (CH_4). Para que un motor pueda funcionar con gas natural debe ser de explosión (ciclo OTTO), con encendido provocado por bujías. El proceso de combustión es muy similar al de un motor de gasolina. El aire aspirado por el motor se mezcla en el colector de admisión con el gas natural por efecto venturi o por inyección. La mezcla es introducida en el cilindro por la válvula de admisión para posteriormente ser comprimida y explosionada tras saltar la chispa en la bujía.

2.2.4 Motores a Hidrógeno:

En este tipo de motor, el hidrógeno se quema en de la misma forma que la gasolina. La principal diferencia se encuentra en lo referente al cuidado del medio ambiente ya que produce poca o ninguna contaminación, debido a que sólo libera vapor de agua en su combustión.

2.3 Clasificación de acuerdo al ciclo de trabajo.

2.3.1 Motor de cuatro tiempos:

Es un motor en el cual el ciclo de trabajo se realiza en cuatro carreras del pistón ó dos giros completos del cigüeñal; dividiendo el ciclo en cuatro fases: admisión, compresión, expansión y escape. Cada una de las fases se realiza en cada carrera del pistón.

2.3.2 Motor de dos tiempos:

En este tipo de motor, el ciclo de trabajo presenta las mismas cuatro fases que en el motor de cuatro tiempos, con la diferencia que las mismas se completan en dos carreras del pistón o un giro completo del cigüeñal.

2.4 Clasificación de acuerdo al número de cilindros.

2.4.1 Motor Monocilíndrico:

La combustión es realizada en un único cilindro.

2.4.2 Motor Policilíndrico:

La combustión es realizada en dos o más cilindros, cuyas bielas atacan a un solo cigüeñal. Dentro de los motores policilíndricos podemos encontrar una subdivisión en base a la disposición de los cilindros:

2.4.2.1 Motor en línea:

Estos motores ubican sus cilindros en un solo bloque, en posición vertical uno tras de otro.

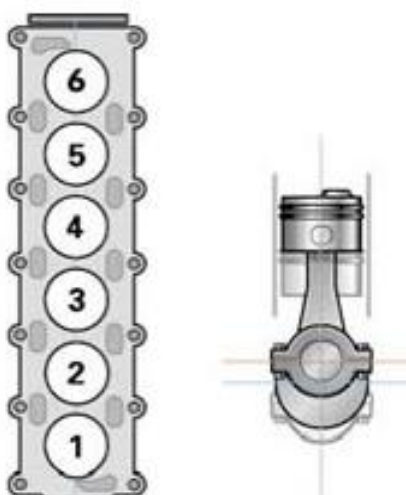


Imagen 5: Motor en línea. ⁵

2.4.2.2 Motor en V:

Los cilindros se encuentran repartidos en dos bloques unidos por una misma bancada formando cierto ángulo, por lo general entre 60° y 120° , los cuales atacan a un mismo cigüeñal.

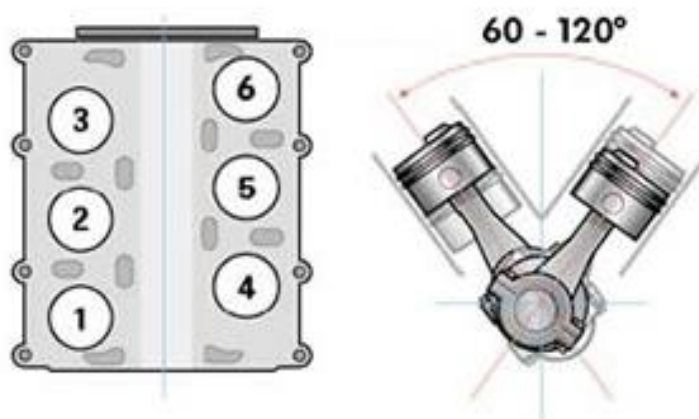


Imagen 6: Motor en V. ⁶

⁵ www.aficionadosalamecanica.net

⁶ www.aficionadosalamecanica.net

2.4.2.3 Motor con cilindros opuestos:

Disposición también conocida como bóxer. Es una disposición especial de los motores en V donde los cilindros se encuentran en sentido horizontal formando un ángulo de 180 grados.

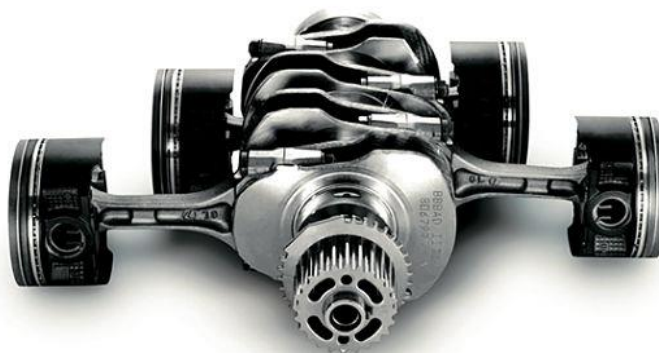


Imagen 7: Motor Boxer.⁷

2.4.2.4 Motor VR:

En estos motores los cilindros se encuentran formando una V pero con ángulo estrecho, generalmente de 15 grados. Estos motores poseen un solo cabezote.

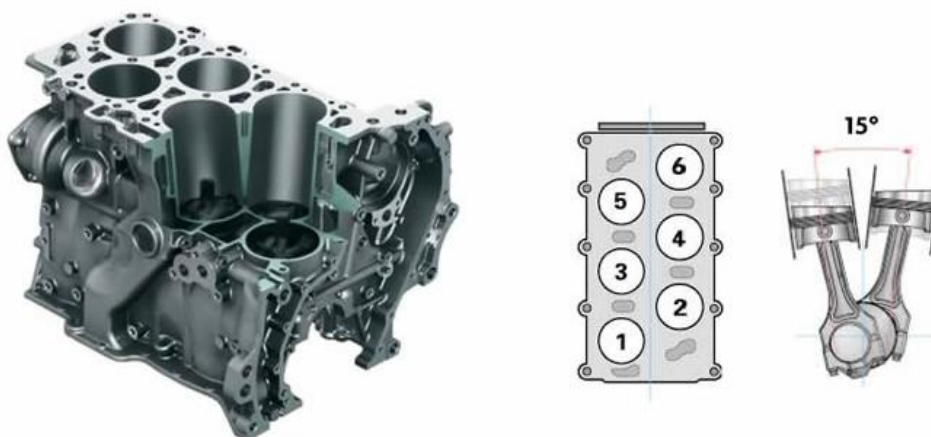


Imagen 8: Motor VR.⁸

⁷ www.tallervirtual.com

⁸ www.aficionadosalamecanica.net

2.4.2.5 Motor en W:

En esta disposición se cuenta con 2 bloques de cilindros VR que se unen en una sola bancada y trabajan para un solo cigüeñal. Dichos bloques se encuentran formando un ángulo de 72 grados.

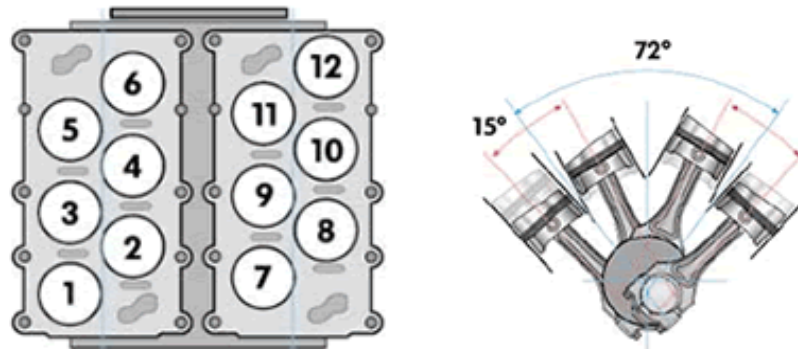


Imagen 9: Motor en W.⁹

2.5 Clasificación de acuerdo a la ubicación en el vehículo.

2.5.1 Motor Longitudinal:

El motor longitudinal se encuentra ubicado a lo largo del sentido de circulación del vehículo, es decir paralelo a la dirección del mismo.

2.5.2 Motor Transversal:

El motor transversal se encuentra ubicado a lo ancho del sentido de circulación del vehículo, es decir perpendicular a la dirección del mismo.

⁹ www.aficionadosalamecanica.net

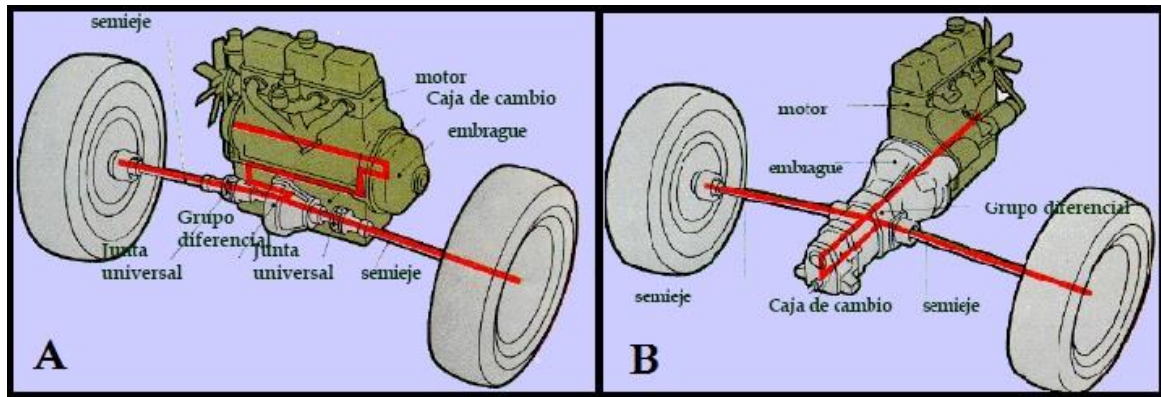


Imagen 10: A) Motor Transversal; B) Motor Longitudinal. ¹⁰

¹⁰ www.mecanicavirtual.com.ar

3 EL MOTOR A GASOLINA DE CUATRO TIEMPOS

3.1 Características y términos del motor.

Existen varios términos que se utilizan en la descripción del funcionamiento del motor, los cuales se explican a continuación:

Punto muerto superior.- Es el término utilizado para describir cuando el pistón se encuentra en la posición más elevada del cilindro. Para mencionar este término se utiliza generalmente la abreviación P.M.S.

Punto muerto inferior.- Es el término utilizado para describir cuando el pistón se encuentra en la posición más baja del cilindro. Para mencionar este término se utiliza la abreviación P.M.I.

Carrera (C).- Es la distancia que recorre el pistón la cual se comprende entre el P.M.S. y el P.M.I. Se expresa en milímetros.

Cilindrada Unitaria (V).- Es el volumen desplazado por el pistón del P.M.S. al P.M.I. o volumen del cilindro. Se lo calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot c}{4}$$

De esta ecuación V es el volumen del cilindro, el cual se busca calcular; d es el diámetro del cilindro y c es la carrera. La unidad de volumen más utilizada es el centímetro cúbico (cm³), por esta razón el diámetro del cilindro así como la carrera deberán estar expresados en centímetros.

Volumen de la Cámara de Combustión (v).- Es el volumen comprendido entre la cabeza del pistón cuando se encuentra en el P.M.S. y la culata. No existe una forma definida de calcular este volumen debido a la forma irregular de la cámara de combustión. Se realiza generalmente la medición de forma mecánica, colocando el cabezote con la

cámara de combustión hacia arriba; con la ayuda de una jeringuilla con medición de volumen, se llena de aceite la cámara de combustión hasta el ras. Al volumen de aceite que existía en la jeringuilla, se le resta el volumen que queda en la misma, este valor será la medida de la cámara de combustión en la culata. A este valor añadiremos el volumen del cilindro desde el punto muerto superior, hasta el borde del bloque motor. Este valor se expresa normalmente en centímetros cúbicos (cm^3). Otra forma de calcular el volumen de la cámara es en base a la relación de compresión, dato que nos entrega el fabricante. (Se definirá la relación de compresión más adelante).

Volumen Total (V_t).- Es el volumen total producto de la suma de la cilindrada unitaria y del volumen de la cámara de combustión. Se expresa en cm^3 .

$$V_t = V + v$$

Cilindrada.- La cilindrada es el volumen total de todo el motor, expresada en centímetros cúbicos. Para calcular la cilindrada del motor, bastará multiplicar el volumen total (V_t) por el número de cilindros. En nuestro caso el motor posee cuatro cilindros por lo que se deberá multiplicar por cuatro. La cilindrada tiene una importante relación con las características del motor ya que a mayor cilindrada se puede producir una mayor potencia.

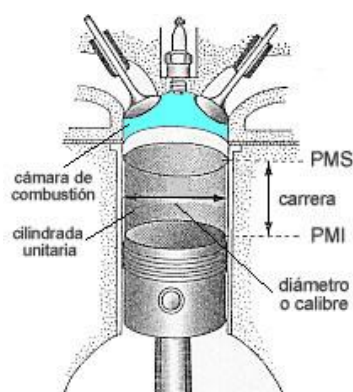


Imagen 11: Definición de términos utilizados en el motor. ¹¹

¹¹ www.aficionadosalamecanica.net

Relación de Compresión.- La relación de compresión es el índice que expresa el número de veces que el volumen total del cilindro es mayor que el volumen de la cámara de compresión. Nos da el nivel de compresión al que se somete la mezcla aire-combustible en el interior del cilindro.

$$Rc = \frac{V + v}{v}$$

En un motor con relación de compresión más alta, la mezcla aire combustible se comprime más fuertemente, razón por la cual la mezcla desarrollará mayor potencia en la carrera de trabajo.

Potencia.- La potencia es la rapidez a la cual se realiza un trabajo. "Por definición, la potencia (P) de una máquina es igual al trabajo (W) desarrollado por esta máquina, dividida por el tiempo (t) empleado. La unidad de potencia es el Watt (vatios), el Caballo de Vapor (CV) o el Caballo de fuerza (HP)." (Hermógenes, 1999, pg. 20)

En el motor la potencia desarrollada es la encargada de proporcionar un número determinado de revoluciones. Depende de las características constructivas del motor como son relación de compresión, grado de llenado de los cilindros, la cilindrada, el número de cilindros y las revoluciones a las que gira el motor.

Par Motor.- Toda fuerza aplicada a un brazo de palanca genera en el mismo un par. "En el motor de explosión llamamos par motor al esfuerzo de giro aplicado al codo del cigüeñal por la fuerza de la explosión que le transmite el conjunto biela-pistón. Cuanto mayor sea la presión de empuje sobre el pistón, mayor será el par. La unidad de par es el Newton-Metro (N.m)" (Hermógenes, 1999, pg. 20)

Comparación del Par con la Potencia: El par que un motor puede desarrollar varía con la velocidad del motor. Un motor desarrolla un par mayor a velocidades intermedias

que a velocidades elevadas ya que a menores velocidades existe más tiempo para que ingrese la mezcla al cilindro y por ende el cigüeñal estará sometido a un mayor par.

La potencia aumenta con la velocidad ya que la potencia es directamente proporcional al número de revoluciones por minuto y al par. Debido a que el par decrece a rápidamente a velocidades elevadas, la potencia también llega a un máximo determinado a partir del cual empieza a decrecer si se continúa aumentando la velocidad. Esta relación puede ser apreciada en el diagrama par - potencia del motor.

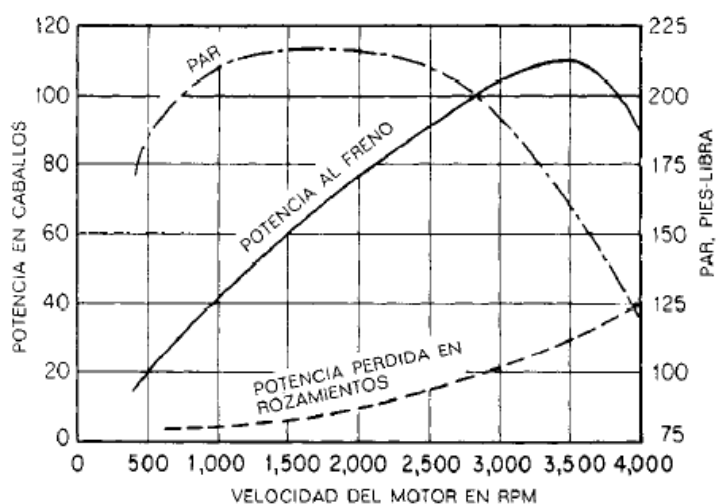


Gráfico 1: Curva característica de par y potencia para un determinado vehículo.¹²

Cabe recalcar que las curvas representadas son las de un motor particular. Cada motor presenta sus curvas características dependiendo las prestaciones del motor.

Revoluciones del Motor (N): "El régimen de giro del motor está limitado por las fuerzas de inercia originadas por el movimiento alternativo del pistón y del tiempo de que pueda disponer para la combustión de la mezcla. El número de revoluciones limita un llenado correcto de los cilindros. A mayor velocidad, los gases han de entrar más rápido ya que disponen de menos tiempo." (Hermógenes, 1999, Pg. 21)

¹² Crouse, William; Motores del automóvil.

El régimen de giro del motor se expresa en revoluciones por minuto (RPM).

Consumo Específico de Combustible: Es la relación que existe entre la masa de combustible que se consume durante la combustión y la potencia que a cambio otorga el motor. El consumo específico depende del rendimiento térmico y volumétrico de la combustión. A mayor relación de compresión, el rendimiento térmico aumenta.

3.2 Funcionamiento.

El motor a gasolina de 4 tiempos es un motor alternativo, en el cual una mezcla de aire combustible es aspirada hacia el interior de un cilindro para posteriormente ser comprimida mediante el uso de un elemento mecánico llamado pistón. Con la ayuda de una chispa generada por una bujía, dicha mezcla es encendida, generando la energía que será utilizada para el movimiento del vehículo.

“Durante la combustión la energía química de la gasolina se transforma en energía calorífica. Los conjuntos mecánicos del motor consiguen que dicha energía se transforme en mecánica, la cual permitirá que se realice el desplazamiento del vehículo.” (Domínguez y Ferrer; 2008; pg. 7)

3.2.1 Ciclos operativos teóricos:

Se califica como ciclo operativo a la sucesión de varias acciones que se realizan en el interior del cilindro y se repiten periódicamente, las cuales se relaciona con las revoluciones del motor. La duración de cualquier ciclo se mide por el número de carreras del pistón necesarias para realizarlo, de esta manera, los motores convencionales son de cuatro tiempos, cuando el ciclo completo se efectúa en cuatro carreras del pistón.

En el funcionamiento de un motor de cuatro tiempos, internamente se producen las siguientes fases o tiempos:

A.- Admisión de la carga en el cilindro.

B.- Compresión de la carga.

C.- Combustión y expansión.

D.- Expulsión o escape de los productos de la combustión.

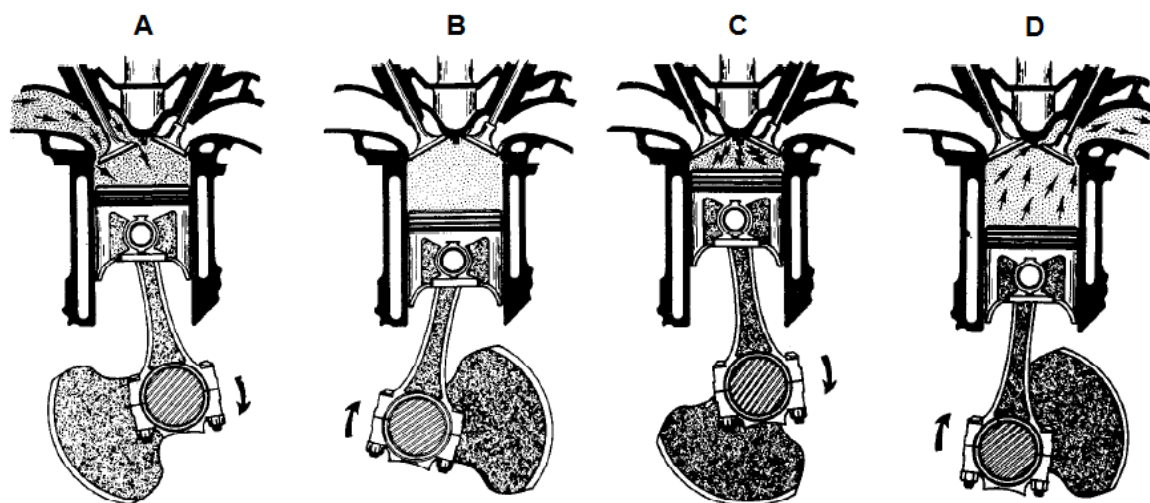


Imagen 12: Ciclos Operativos del motor de 4 tiempos: A.- admisión; B.- Compresión- C.- Explosión; D.- Escape.¹³

Para los motores de explosión, el ciclo de cuatro tiempos se desarrolla de la siguiente manera:

PRIMER TIEMPO: ADMISIÓN.- En la iniciación de este tiempo, el pistón se ubica en el P.M.S. y la válvula de admisión se encuentra abierta. El descenso del pistón hasta el P.M.I. durante esta fase, da lugar que se forme una depresión en el interior del cilindro que estimula la entrada de la mezcla aire-combustible, adecuadamente dosificada en el carburador. Estos gases van llenando el espacio libre que deja el pistón en descenso. Cuando el pistón llega al P.M.I. se cierra inmediatamente la válvula de admisión, quedando los gases internados en el interior del cilindro. Durante el recorrido del pistón en este ciclo, el cigüeñal ha girado media vuelta.

¹³ Crouse, Motores de Automóvil, 1996.

SEGUNDO TIEMPO: COMPRESIÓN.- Una vez que el pistón llega al P.M.I. se cierra la válvula de admisión e inicia la carrera ascendente. La válvula de escape se encuentra también cerrada, haciendo que el cierre del cilindro sea hermético en este momento. Los gases encerrados en el interior del cilindro, van llenando un espacio cada vez más pequeño a medida que el pistón se aproxima al P.M.S. Una vez alcanzado este nivel, están encerrados en el espacio formado en la cámara de compresión y, por consecuencia, se encuentran comprimidos y calientes por acción de la compresión. Finalizada la carrera de compresión, los gases quedan expuestos a una presión aproximada a 15 bares y alcanzan una altísima temperatura de alrededor de 450 grados centígrados. Cuando existe una elevación en la temperatura se obtiene una mejor vaporización de la gasolina, con lo que la mezcla se hace más homogénea, resultando más cercano el contacto con el aire. En esta nueva carrera del pistón, el cigüeñal ya ha girado otra media vuelta.

TERCER TIEMPO: EXPLOSION.- Concluido la carrera de compresión, en el justo momento que el pistón llega al P.M.S, salta una chispa eléctrica en la bujía que incinera la mezcla aire-combustible encerrada en la cámara de compresión la cual se quema en fracciones de segundos. Esta combustión rápida se la llama “explosión”, la cual induce una expansión de los gases ya quemados, los cuales a su vez ejercen una fuerte presión sobre el pistón (de 50 a 60 bar) llevándole rápidamente hacia el P.M.I. A medida que se acerca a este nivel, la presión en el interior del cilindro decrece ya que los gases ocupan un mayor espacio en la cámara. En este nuevo ciclo el pistón recibe un fuerte impulso que transmite de manera directa al cigüeñal, que seguirá girando debido a su inercia hasta recibir un nuevo impulso. Cabe recalcar que esto en tiempo real es extremadamente rápido y sucede en solo fracciones de segundo. El cigüeñal ya ha girado otra media vuelta. A este tiempo se le llama motriz ya que es el único del ciclo en el que se produce trabajo.

CUARTO TIEMPO: ESCAPE.- El último ciclo es cuando el pistón se encuentra en el P.M.I. una vez finalizado el tiempo de explosión, se abre la válvula de escape y por ahí escapan rápidamente al exterior los gases quemados. El pistón sube hasta el P.M.S. en esta nueva carrera, desalojando los restos de gases quemados del interior del cilindro. Una vez alcanzado este nivel, se cierra la válvula de escape y enseguida se abre la válvula de admisión, y ya en la siguiente carrera descendente se realizará nuevamente la admisión, cerrándose de esta manera este ciclo. En este último tiempo de escape, el pistón ha realizado una nueva carrera y el cigüeñal ha girado ya otra media vuelta.

Entonces, los motores que funcionan en el ciclo de cuatro tiempos, efectúan cuatro carreras durante un ciclo, de las cuales, en una solamente se produce trabajo, que es en el ciclo de explosión. Las otras tres son imprescindibles para la obtención del trabajo en esta cuarta. El cigüeñal, por lo tanto, recibe un impulso cada dos vueltas completas, que proporciona al volante de inercia, unido a él, la energía suficiente para arrastrarlo durante la vuelta y media siguiente en la que no recibe impulso alguno, sin que su velocidad de rotación disminuya en exceso.

Las explosiones suceden en base a la siguiente fórmula:

$$\frac{720^\circ}{N} = \frac{720^\circ}{4} = 180^\circ$$

A continuación se incluye un cuadro de funcionamiento del motor de cuatro tiempos donde los números de la parte superior corresponden al número de cilindro, cada fila horizontal de cuadros expresa el tiempo efectuado en cada uno de los cilindros cada 180°. Las iniciales del interior de los cuadros indican las fases del ciclo que hace cada cilindro en esa media vuelta: A = Admisión, C = Compresión, Ex = Explosión, E = Escape.

Giro del Cigüeñal en grados	1	2	3	4
0° - 180°	EX	E	C	A
180° - 360°	E	A	EX	C
360° - 540°	A	C	E	EX
540° - 720°	C	EX	A	E

Tabla 1: Orden de tiempos para los diferentes pistones.¹⁴

El orden de explosión en los cilindros será por lo tanto 1-3-4-2.

El estudio inicia cuando el cilindro N° 1 y el N° 4 se encuentran en el P.M.S, por lo tanto el N° 2 y el N° 3 se encuentran en el P.M.I. El giro del motor continúa y el pistón N° 1 baja en explosión, el N° 4 en admisión. El N° 2 y el N° 3 inician su ascenso en escape y compresión respectivamente.

Después de girar media vuelta, las posiciones de los pistones se habrán invertido continuando con las fases que siguen a las anteriores: el N° 1 se encontrará en escape, el N° 4 en compresión, el N° 2 se encontrará en admisión y el N° 3 se encontrará en explosión. Hasta este momento el cigüeñal habrá girado 360°, una vuelta completa.

En la media vuelta siguiente el pistón N° 1 se encuentra en admisión, el N° 2 en compresión, el N° 3 en escape y el N° 4 en explosión.

Finalmente en la última media vuelta el pistón N° 1 se encuentra en compresión, el N° 2 en explosión, el N° 3 en admisión y el N° 4 en escape. En este momento se habrá completado el ciclo completo del motor, y el cigüeñal habrá completado los 2 giros completos o 720°.

¹⁴ CEAC, Manual de la técnica del automóvil, 2004.

3.3 Componentes.

El motor a gasolina de cuatro tiempos está formado por una alta variedad de componentes, cada uno cumple una función importante. A continuación dividiremos en 2 grupos los componentes básicos, tanto fijos como móviles que conforman el motor de combustión interna a gasolina de cuatro tiempos:

3.3.1 Conjunto del bloque de cilindros:

Se trata de la estructura o cuerpo donde se alojan los otros conjuntos, piezas y sistemas del motor. “El material empleado en la fabricación del bloque de cilindros es la fundición gris, aleada con metales como el níquel y el cromo. Dado que este material es además muy moldeable, resulta altamente ventajoso para el proceso de fabricación del bloque de los cilindros.” (Alonso J.M., p 83)

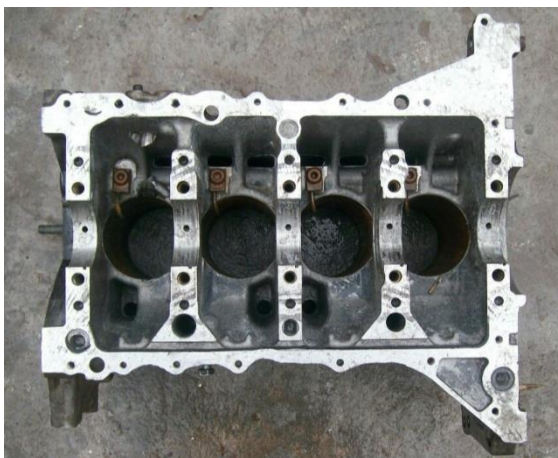


Foto 1: Bloque Motor.

Contiene a los cilindros, cavidades de refrigeración y engrase, soportes para la culata y el cabezote, apoyos para el cigüeñal. Los elementos que forman parte de este conjunto son los siguientes:

A. CILINDROS.- Son las cavidades en cuyo interior los pistones se desplazan. Dichas cavidades pueden ser formadas sobre el propio material del bloque (bloque integral) o, como otra opción, se ajusta en el bloque unos tubos cilíndricos llamados

"camisas" (bloque con camisas). Las camisas tienen la ventaja que al ser de material diferente al del block, pueden ser más resistentes al desgaste y tener mayor eficiencia térmica. De igual manera en caso de avería o desgaste de los cilindros, las camisas pueden ser sustituidas y el bloque no se verá afectado.

En cuanto a los tipos de camisas podemos diferenciar dos:

- Camisas secas: no se encuentran en contacto directo con refrigerante del motor.
- Camisas húmedas: se encuentran en contacto directo con el líquido refrigerante.

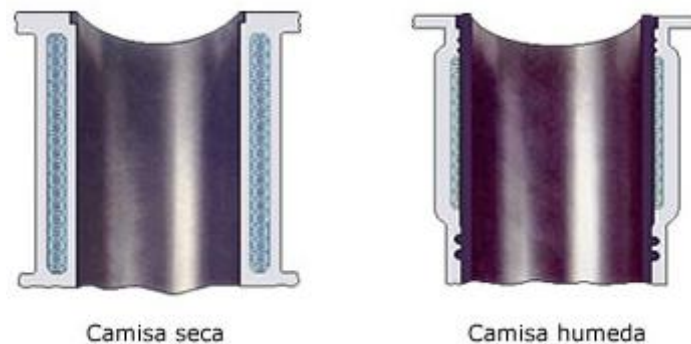


Imagen 13 : Tipos de camisas. ¹⁵

B. PISTONES.- También conocidos como émbolos, son los encargados de transmitir la fuerza generada por los gases de combustión a través de la biela. La parte superior del pistón se conoce como cabeza y la parte inferior como falda. Debido a las condiciones de trabajo a las que son sometidos, los pistones deben contar con algunas características como son: estructura robusta sobre todo en la cabeza, menor peso posible y máxima resistencia al desgaste, así como gran conductibilidad térmica y un mínimo coeficiente de dilatación. Por esta razón "los pistones son elaborados en base a aleaciones ligeras a base de aluminio y silicio con ligeros contenidos de cobre, níquel y magnesio. Posterior a esto se los mecaniza y se los somete a tratamiento térmico escalonado con la finalidad de elevar la dureza y resistencia al desgaste." ("Elementos móviles", 2012)

¹⁵ www.aficionadosalamecanica.net

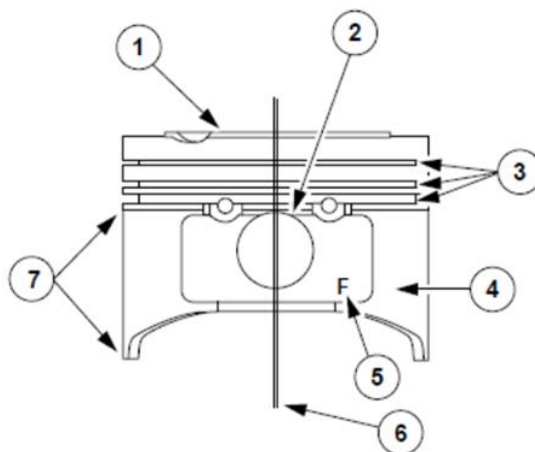


Imagen 14 : Pistón y sus partes 1) cabeza; 2) orificio del bulón; 3) ranuras para anillos; 4) superficie de empuje; 5) marca de "hacia el frente"; 6) Centro; 7) Faldón.¹⁶

Dentro del cilindro adicionalmente, el pistón se encarga de mantener la estanqueidad para que la combustión sea correcta y eficientemente realizada, para esto dispone en la parte superior de varias ranuras, tres por lo general, donde se insertan unos elementos circulares llamados rines o aros; los dos anillos superiores son llamados de compresión, ya que como se mencionó anteriormente aportan para el cierre hermético de la cámara de combustión. El tercer anillo ubicado en el final se conoce como anillo de aceite o "rascador", el cual se encarga de asegurar la lubricación del cilindro y a su vez eliminar el exceso de aceite en las paredes. Los aros de engrase suelen ir provistos de un muelle expansor que asegura el contacto continuo con el cilindro.

¹⁶ www.slideshare.net

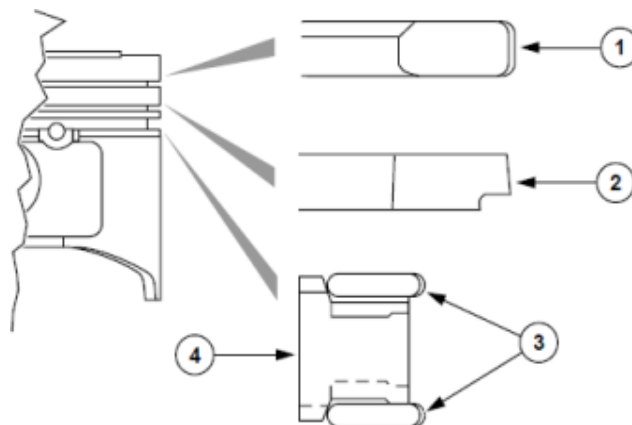


Imagen 15: Aros del pistón: 1,2) Aros de compresión; 3) Aros rascadores; 4) Expansor.¹⁷

C. BIELAS.- La biela es el elemento encargado de unir al pistón con el cigüeñal y a su vez transferir el movimiento y la potencia entre estos dos componentes. La biela está sometida a varias sollicitaciones mecánicas originadas por el ciclo del motor como son tracción y compresión, razón por la cual se la fabrica en base a materiales robustos como acero al carbono, con aleaciones de níquel y cromo. Para obtener un correcto funcionamiento en el motor, se necesita que cada grupo de bielas presente igualdad de peso y precisión en la distancia entre centros.

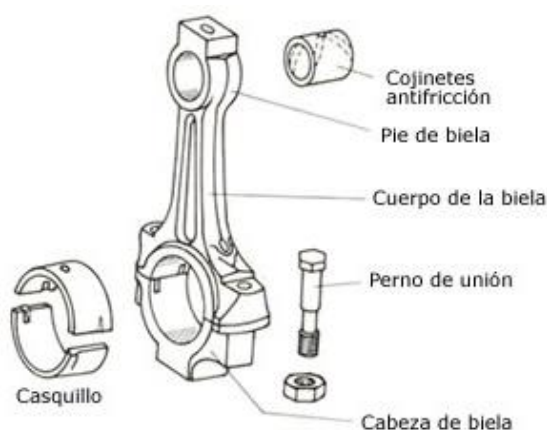


Imagen 16 : Conjunto de biela¹⁸

¹⁷ www.slideshare.net

¹⁸ www.aficionadosalamecanica.org

En la biela distinguimos varias partes: el pie de biela es la parte alta, donde la misma se une al pistón mediante un pasador llamado bulón. La cabeza de la biela es en cambio la parte baja donde la misma se une al muñón en el cigüeñal; esta unión se facilita al dividir a la cabeza en dos partes: la semicabeza que se mantiene unida al cuerpo de la biela y un nuevo componente llamado "tapa de biela", también conocido como sombrerete, el cual se vuelve a unir con la ayuda de dos pernos, los cuales son elaborados de materiales especiales debido a las sollicitaciones a las que se encuentran sometidos.

D. BULON.- Es un elemento de forma cilíndrica, generalmente hueco, el cual tiene como principal objetivo realizar la unión entre el pistón y la biela, razón por la cual el mismo se convierte en el eje con respecto al cual se realizan las oscilaciones de la biela. Este componente debe presentar gran resistencia al desgaste ya que es el elemento que más esfuerzo tiene que soportar dentro del motor, por este motivo es fabricado en acero de sedimentación y posteriormente se le realiza tratamientos térmicos de cementación y temple. Dependiendo su tipo de montaje, podemos encontrar bulones que se fijan en el pistón a través de un tornillo pasador, bulones que se fijan en la biela a través de un tornillo de ajuste y bulones flotantes, estos últimos los más utilizados actualmente debido a su fácil montaje, quedan libres tanto del pistón como de la biela y su montaje se realiza en frío con una pequeña presión de modo que al dilatarse, el mismo quede libre.

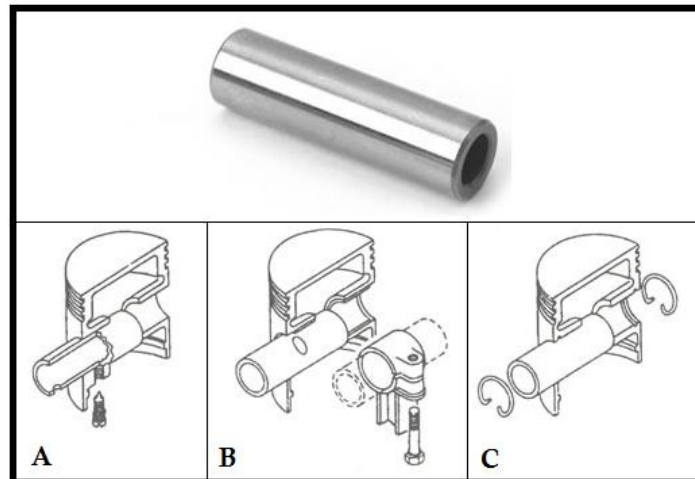


Imagen 17: Bulón y sus tipos A) Fijo al pistón;
B) Fijo a la biela; C) Flotante.¹⁹

E. CIGÜEÑAL.- El cigüeñal es el elemento encargado de transformar el movimiento alternativo proveniente de los pistones en movimiento rotativo, en base al principio del mecanismo de biela - manivela. Se trata de un eje o árbol acodado, generalmente fabricado de acero aleado, que debe ser suficientemente fuerte para no sufrir deformaciones excesivas por torsión. Acorde a Crouse (1993), el cigüeñal se debe encontrar cuidadosamente equilibrado para eliminar la vibración generada por el peso de las bielas acodadas. Para conseguir dicho equilibrio, el cigüeñal presenta contrapesos opuestos a los codos. En el cigüeñal se encuentra dos tipos de muñones: los muñones principales de empuje o muñones de bancada y las muñequillas o muñones de biela que se ubican en los codos del árbol, excéntricamente respecto al eje del cigüeñal.

¹⁹ www.aficionadosalamecanica.net

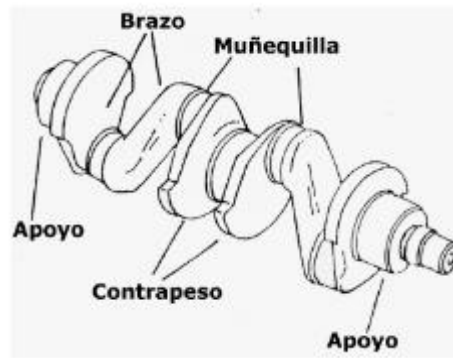


Imagen 18: Cigüeñal.²⁰

Al final del eje se ubica un plato de amarre donde irá alojado el volante de inercia. El cigüeñal presenta perforaciones por donde circulará el aceite desde los cojinetes de bancada hasta los de biela y expulsando el sobrante hacia el cárter. En la parte inicial del árbol, existe un área destinada a montar un piñón, el cual será el encargado de llevar el movimiento rotacional hasta el eje del árbol de levas, mediante una correa o cadena que se asegura por medio de un chavetero. Con el mismo principio de transmisión de movimiento, unos centímetros antes, existe una zona donde se montará una polea la cual generará movimiento para la bomba de agua y el alternador.

²⁰ www.slideshare.net

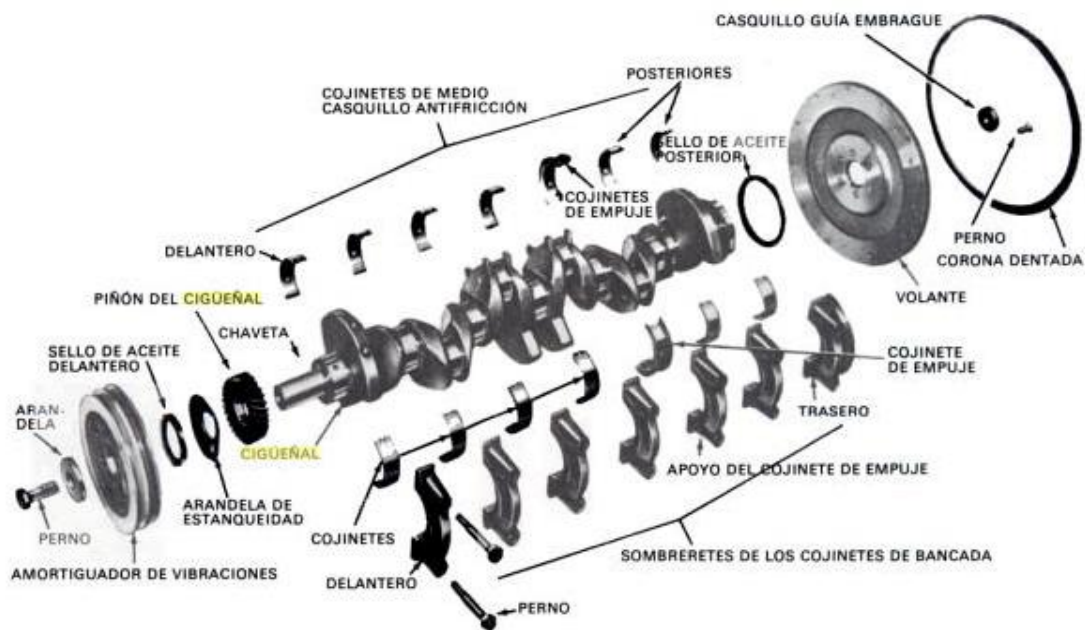


Imagen 19: Cigüeñal y partes anexas²¹

F. COJINETES.- Los cojinetes se ubican en los sectores donde existe movimiento relativo entre las partes. Están conformados por una capa externa de acero llamada dorso, una capa interna especial de aleación que viene a hacer la función de separadora y una capa superior delgada, formada de una aleación blanda para cojinetes. La parte del árbol que gira dentro del cojinete se llama muñón. En el cigüeñal encontramos dos tipos de cojinetes: los de cigüeñal, también conocidos como cojinetes de bancada, y los cojinetes de biela también conocidos como muñequillas. Los dos casos de cojinetes son del tipo dos secciones. La mitad superior de un cojinete de biela se monta en la misma biela, y la mitad inferior en la tapa de biela o sombrerete. Lo mismo sucede con los cojinetes principales en cuyo caso el cojinete superior está montado en el ensanchamiento del bloque de cilindros y el cojinete inferior en las tapas de bancada o también conocidas como sombrerete.

²¹ Ford Motor Company

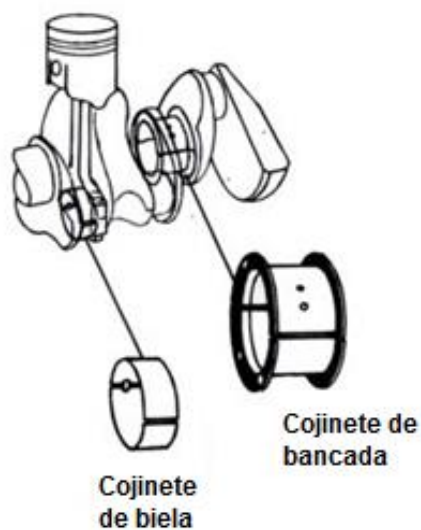


Imagen 20 : Cojinetes en el cigüeñal²²

El cigüeñal va provisto también de cojinetes axiales que son elementos que sitúan correctamente el cigüeñal en el bloque, evitando desplazamientos longitudinales producidos por el accionamiento del embrague. Se ubican axialmente en ambos lados de uno de los soportes de bancada.

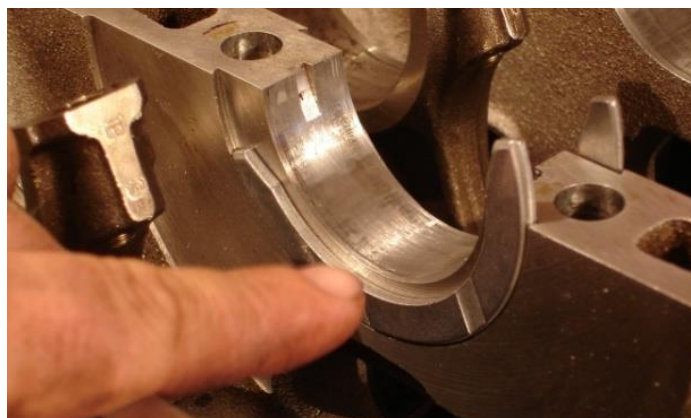


Foto 2: Cojinete axial

G. VOLANTE DE INERCIA.- El volante del cigüeñal es una pieza circular pesada que regulariza el giro del motor mediante la fuerza de inercia que proporciona su gran masa. "Es una amplia rueda empernada a uno de los extremos del cigüeñal. El volante

²² Mecánica del automóvil I

uniforma el flujo de energía por la resistencia que opone a cualquier variación de su velocidad de rotación. Cuando se inicia un impulso motriz, el volante se opone al cambio repentino de velocidad, e igualmente cuando cesa el impulso motriz, el volante se resiste a retardarse en su movimiento de rotación." (Crouse, 1993, p.60).

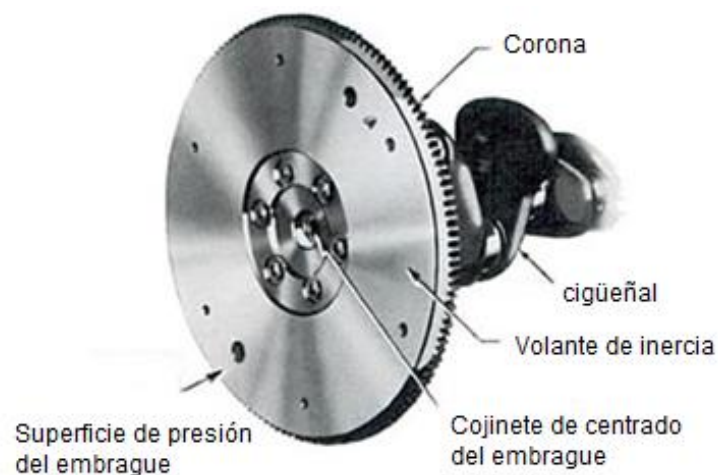


Imagen 21: Volante del cigüeñal²³

El volante cumple con dos funciones adicionales: primeramente es parte del embrague en el caso de los motores de caja de cambios manual y, por otro lado, presenta en su contorno dientes los cuales sirven para engranar con el piñón presente en el motor de arranque, cuando dicho elemento es accionado, hace girar al volante y por ende al cigüeñal, poniendo en marcha al motor.

H. CARTER.- El cárter es una pieza de acero estampado o aluminio, encargada de cerrar el motor por la parte inferior y a su vez hace de sumidero o cavidad de reserva de aceite para el engrase del motor. El cárter en conjunto con el bloque del motor, forman lo que se conoce como bancada y entre ambos alojan al cigüeñal. En el interior de estos dos componentes se aloja también la bomba de aceite. El aceite bombeado, después de pasar por los elementos a lubricar cae nuevamente al cárter, lo que significa que hay una

²³ www.aficionadosalamecanica.org

constante recirculación del mismo, lo cual proporciona una adecuada lubricación del motor. El cárter va unido al bloque de cilindros por medio de pernos y se utiliza entre ambas piezas una junta para que la lubricación sea estanca.



Foto 3: Cárter ²⁴

3.3.2 Conjunto de la Culata o Cabezote:

Es una pieza que se ubica sobre el bloque motor, cumpliendo la función del sellar por la parte superior al área donde se realizará la combustión, por esta razón es que a este elemento se lo conoce también como tapa de cilindros. Se fabrican en materiales como fundición de hierro debido a las altas temperaturas a la que está sometida, principalmente en la zona de la cámara de combustión y el conducto de salida de gases quemados; también se fabrican en aleación de aluminio debido a ventajas como reducción de peso y mayor conductividad térmica. Es hueca en su interior con la finalidad que en sus cavidades pueda circular el líquido refrigerante, por este motivo su diseño es de bastante complejidad y sometido a rigurosas pruebas de estanqueidad para garantizar que no existan fugas de agua, no puede siquiera presentar humedecimiento en las paredes del cilindro. Por lo general se elaboran los orificios para ingreso del líquido refrigerante cerca de las zonas que presentan

²⁴ www.lobecor.com

mayor calentamiento. Se realizan también perforaciones en la culata donde irán ubicadas las guías de válvulas, adicionalmente se realizan acabados de los asientos de válvulas y de los soportes donde se ubicará el árbol de levas.

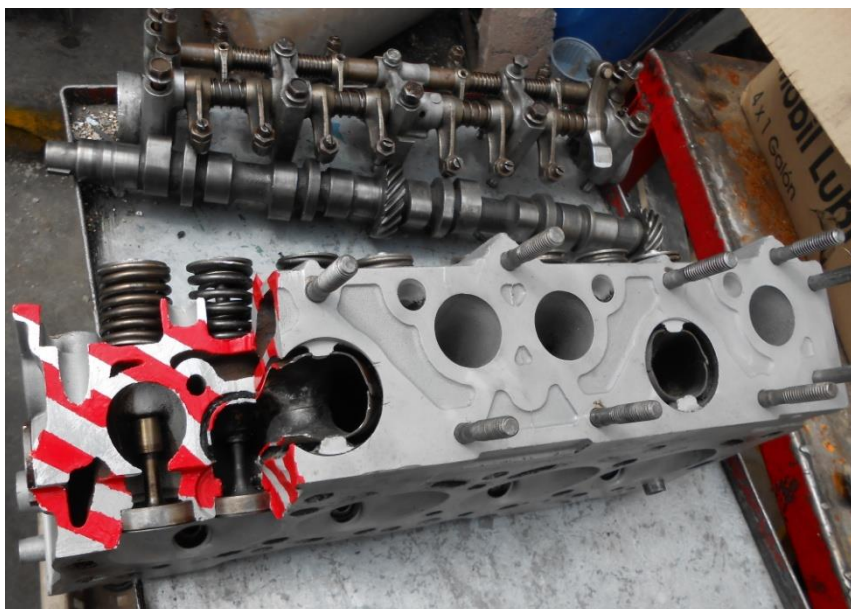


Foto 4: Cabezote en corte

En la culata se alojan varios elementos entre los cuales tenemos: cámara de combustión, válvulas de admisión y escape, árbol de levas, balancines, colector de admisión y de escape, bujías, elementos de inyección y encendido (dependiendo el tipo de motor), cámaras para líquido refrigerante, conductos para aire de admisión y gases de escape.

A. CAMARA DE COMBUSTIÓN.- Es el pequeño espacio comprendido entre el pistón cuando se ubica en el PMS (punto muerto superior), las paredes del cilindro y el área mecanizada en la zona inferior de la culata. En dicha área, se comprime en su máximo grado la mezcla aire-combustible y se enciende la chispa que dará inicio a la combustión. La forma de la cámara de combustión debe ser compacta, lo cual se consigue cuando las válvulas están ubicadas en la cabeza donde disminuye la distancia entre el sitio donde se produce la inflamación de la mezcla y la región más apartada de la cámara, reduciendo las

perdidas térmicas y aumentando la economía del motor. En los motores de carburador con válvulas en cabeza, se ha difundido mucho el empleo de culatas de cilindros con cámara de combustión en cuña y colocación bilateral de las válvulas. Algunas culatas presentan cavidades generadoras de turbulencia las cuales producen un remolino en la mezcla aire-combustible durante la combustión. Dicha mezcla al momento del encendido comienza a quemarse primero y fluye saliendo a alta velocidad lo que hace esparcir la llama rápidamente y mejora la combustión. En los motores honda, basándose en este mismo principio, se incluye una cámara de precombustión donde se aloja una válvula adicional de admisión, de menor tamaño. "Cuando se abren las dos válvulas de admisión entra mezcla aire-combustible. En la cámara principal de combustión entra una mezcla pobre. En la cámara de precombustión entra una mezcla muy rica. El encendido tiene lugar en la cámara de precombustión. La mezcla aire-combustible que se quema entra en la cámara principal de combustión. Esto produce una buena turbulencia y el rápido esparcimiento de la llama mejorando la combustión." (Crouse, 1993, pg.100)

La forma de la cámara de combustión juega un papel muy importante en las características del motor. Predominan dos formas: triangular y hemisférica. En la primera las válvulas se ubican en la culata y la bujía lateralmente lo cual facilita su acceso. La llama tiene que recorrer un camino relativamente largo para llegar desde su punto de inicio (bujía) hasta el punto más lejano. En la cámara hemisférica las válvulas se disponen una a cada lado de la cámara y la bujía se sitúa en la parte central, razón por la cual la llama recorrerá un camino más corto.

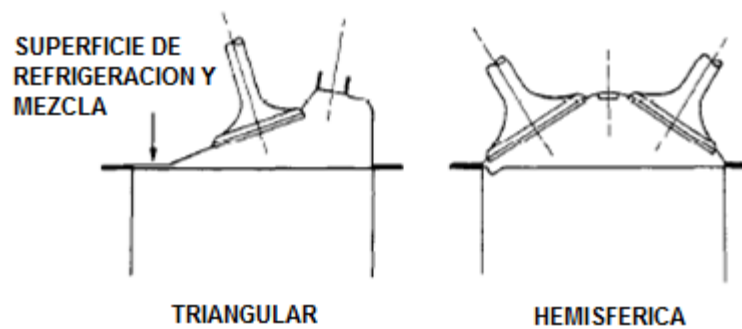


Imagen 22: Tipos principales de cámaras de combustión²⁵

B. VÁLVULAS.- Las válvulas son elementos construidos en aceros aleados de gran resistencia mecánica a altas temperaturas, cuya principal función es abrir y cerrar los conductos que comunican la cámara de combustión con los colectores o múltiples de admisión y escape. Adicionalmente mantienen el cierre hermético de la cámara de combustión durante la compresión y explosión de la mezcla aire-combustible. En la mayoría de motores hay dos válvulas por cilindro: una de admisión y una de escape. Generalmente la válvula de admisión tiene mayor diámetro que la válvula de escape para facilitar la entrada de los gases.

"Las válvulas están formadas por una cabeza mecanizada por toda su periferia con una inclinación que hace de cierre hermético sobre el orificio de la culata." (Hermógenes, 1999, Pg. 49). Unido a la cabeza se encuentra el vástago, que se encarga de guiar a la válvula en su desplazamiento, centrar la cabeza en el asiento y evacuar el calor generado en la combustión. En la parte final del vástago podemos encontrar ranuras que servirán para sujetar y asegurar las válvulas sobre la culata.

²⁵ CROUSE, William; Motores de Automóvil.



Imagen 23: Válvulas de admisión y escape²⁶

C. ASIENTO DE VÁLVULA.- Es la superficie de la culata donde se apoya la cabeza de la válvula cuando la misma se cierra. Por lo general los asientos son postizos: montados a presión, el lugar donde se ubicarán en el cabezote se calienta a una determinada temperatura y el asiento se enfría para facilitar el montaje. Los asientos de las válvulas de escape están expuestos a temperaturas extremadamente altas de los gases de escape, razón por la cual se fabrican generalmente en aleaciones de fundición gris con cromo-níquel para obtener elevada dureza y gran resistencia al calor. Estos anillos son más resistentes que los materiales del bloque y la culata.

D. RESORTES DE VÁLVULAS.- Son los encargados de mantener las válvulas en los asientos cuando no actúa sobre ellas el árbol de levas. Deben mantener suficiente tensión para cerrar las válvulas rápidamente, pero al mismo tiempo la tensión debe ser lo suficientemente baja para no causar desgastes indebidos en válvulas, balancines y levas. En algunos motores se emplean dos resortes en cada válvula, con los arrollamientos de las espiras invertidos, para obtener unas mejores características de trabajo evitando vibraciones. Generalmente se fabrican en aceros de alta calidad.

²⁶ www.aficionadosalamecanica.net

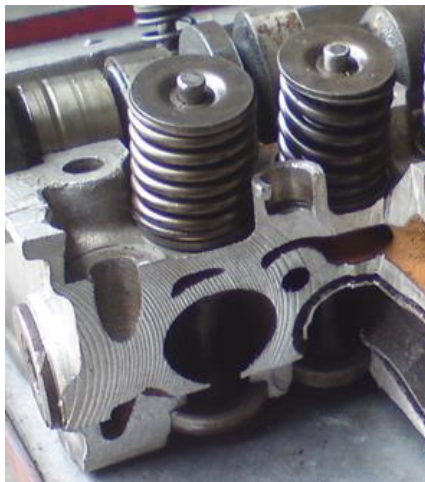


Foto 5: Resortes y asientos de válvulas en una culata en corte.

El resorte de válvula está comprimido entre su asiento ubicado en el cabezote por un lado y por un componente llamado platillo o copela por el otro, el cual va sujeto a la válvula y se asegura en las ranuras del vástago de la misma por medio de dos medias chavetas cónicas.

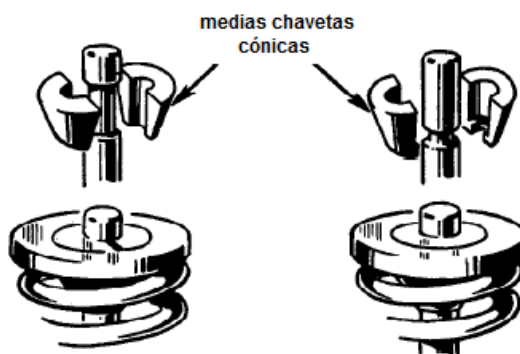


Imagen 24: Sujeción del platillo a la válvula.²⁷

E. GUIAS DE VÁLVULAS.- Son elementos postizos cilíndricos, de alta calidad superficial, que se insertan en la culata cuya función es mantener centrada la válvula durante el desplazamiento que realiza al abrir o cerrar y de esta manera garantizar un correcto asentamiento. También evacúan el calor recibido por la combustión hacia la

²⁷ Crouse, W.; Motores de Automóvil; 1996

culata. "Van colocadas con ajuste forzado y la holgura entre el vástago y la guía suele estar comprendido entre 0.004 y 0.007 mm para la admisión. La de escape es un poco mayor (0.007 a 0.01) debido a la mayor dilatación que experimenta." (Hermógenes, 1999, Pg. 50). En la parte superior de la guía se coloca un retén para que regule el paso de aceite al interior de la guía y de esta manera evitar fugas hacia la cámara de combustión.

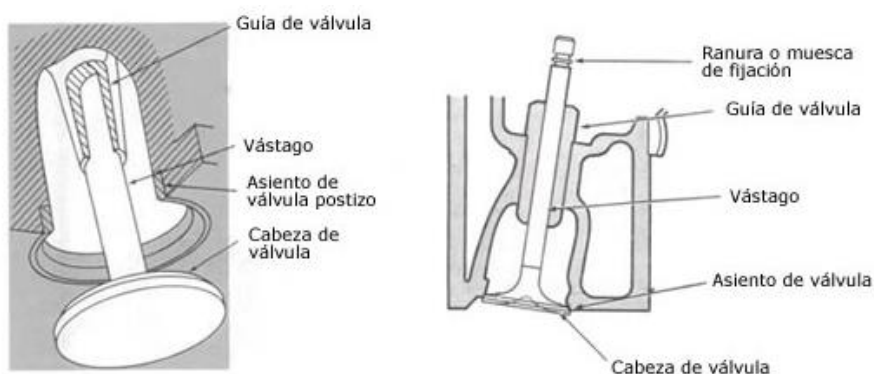


Imagen 25: Guía y asiento de válvula.²⁸

F. ARBOL DE LEVAS.- El árbol de levas es un mecanismo empujador, fabricado en una sola pieza por proceso de fundición en aleación de hierro o acero forjado, posteriormente mecanizado y sometido a tratamiento térmico de temple. Es el encargado de abrir y cerrar las válvulas. Para realizar esta acción, lleva mecanizados unos salientes excéntricos llamados levas, tantas como válvulas lleve el motor, que son los encargados de regular todo el ciclo y efectuar el empuje necesario, con el ángulo correspondiente de desfase, para efectuar la apertura en los diferentes cilindros según el orden de encendido. Cada leva se encargará de mover una válvula. El árbol de levas lleva también fabricados tres o más muñones de apoyo, que sirven para su sujeción y giro, evitando flexiones y vibraciones; cuando va ubicado sobre una culata de aluminio, el número de apoyos suele ser igual al número de cilindros más uno. El giro del árbol estará sincronizado con la velocidad de régimen del motor, de modo que realice un giro por cada dos del cigüeñal.

²⁸ www.aficionadosalamecanica.org

Algunos árboles presentan tallado en su propio eje un engranaje que proporcionará giro a la bomba de aceite, así como un piñón de arrastre para hacer girar al mando del distribuidor de encendido. También puede incorporar una excéntrica que proporciona el movimiento a una bomba mecánica del sistema de alimentación. El árbol de levas puede ir montado en el bloque motor (motores antiguos), o en la culata (más usado en la actualidad).



Foto 6: Árbol de levas ubicado en sus puntos de apoyo de la culata.

El perfil de las levas es la superficie que actúa sobre la válvula, cuya forma va a depender del movimiento que se le quiera imprimir según las necesidades del motor:

- Tramo circular que corresponde al período de cierre de la válvula, forma parte del círculo base.
- Flancos: producen el levantamiento y bajada de la válvula
- Cresta: Es la parte donde se desarrolla la máxima apertura de la válvula.

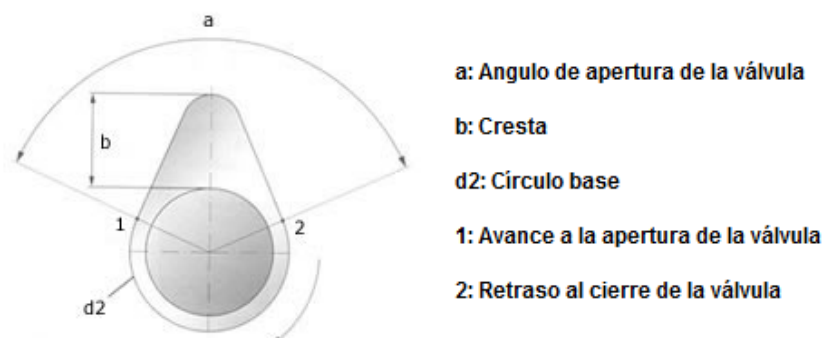


Imagen 26: Medidas más importantes de la leva²⁹

²⁹ www.aficionadosalamecanica.net

Acorde a Hermógenes (1999), hay dos tipos básicos de perfiles de levas de acuerdo al tipo y finalidad del motor:

- Perfil de flancos convexos: ofrece aceleraciones tanto positivas como negativas más suaves, siendo corto el periodo de máxima apertura.
- Perfil de flancos planos o tangenciales: Las aceleraciones son mayores y, como duran menos las fases de apertura y cierre, está más tiempo en posición de máxima alzada, mejorando el intercambio de gases.

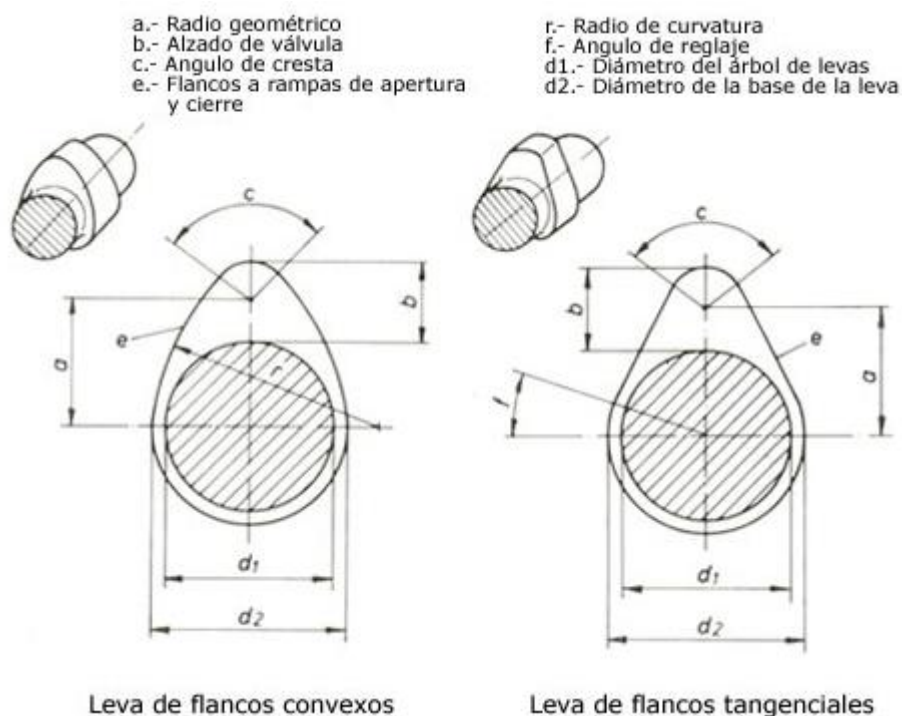


Imagen 27: Geometría de los tipos de perfiles de levas.³⁰

G. CORREA DENTADA.- La transmisión del movimiento entre el cigüeñal y el árbol de levas puede realizarse de diversas formas: por engranajes, por cadena o por correa dentada. La transmisión por correa es el sistema más utilizado ya que presenta varias ventajas: es menos ruidosa, no necesita engrase, puede situarse en el exterior del bloque, es menos costosa y es más fácil de sustituirse. El único inconveniente que presenta es ser

³⁰ www.aficionadosalamecanica.org

menos resistente y duradera, por lo que necesita un mantenimiento y recambio más periódico. Son fabricadas normalmente en materiales de fácil adaptación por su flexibilidad pero que no alteran sus dimensiones ya que no se estiran, como el caucho sintético y fibra de vidrio (neopreno), "El dorso de la correa, así como los dientes, son de materiales de gran calidad sobre una base de policloropreno. Estos se adhieren de forma excelente al cabo de tracción y al tejido protector." (Hermógenes, 1999, pg. 54). La tensión de la correa está garantizada por un componente llamado tensor.

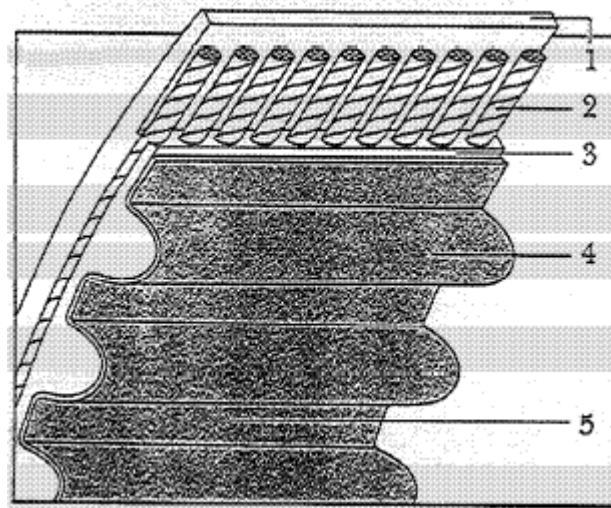


Imagen 28: Componentes de la correa dentada: 1.- Dorso de la correa; 2.- Cabo de tracción, 3.- lecho; 4.- dientes; 5.- tejido protector.³¹

H. BALANCINES.- Son los elementos responsables de empujar las válvulas, tanto de admisión como de escape, para que se abran en el momento adecuado. Los balancines a su vez son accionados por el árbol de levas. Oscilan alrededor de un eje hueco llamado eje de balancines en cuyo interior circula aceite bajo presión; cada balancín lleva un cojinete antifricción o un rodamiento de agujas para facilitar el movimiento basculante del mismo y reducir el desgaste por rozamiento. Los balancines tienen por lo general dos brazos, uno se une al empujador y el otro empuja a la válvula. Existen dos tipos de balancines:

³¹ Hermógenes, 1999, pg. 54

- Balancines basculantes: Es el utilizado cuando el árbol de levas se sitúa en el bloque motor.
- Balancines oscilantes: Se emplean cuando el árbol de levas se sitúa en la culata de cilindros.

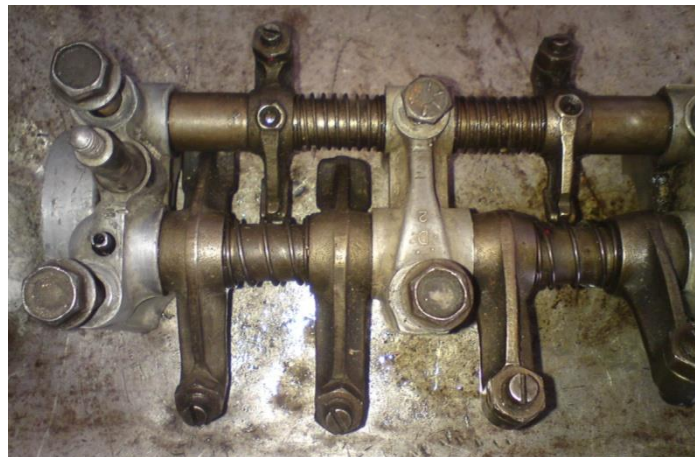


Foto 7: Balancines montados en el eje de balancines.

I. COLECTOR DE ADMISION.- Es un cuerpo conformado por una serie de tubos por los que pasa la mezcla de aire-combustible del carburador a los conductos de las válvulas de admisión. Puede ir fijo en el bloque motor cuando el mismo posee válvulas laterales, o caso contrario, cuando el motor posee las válvulas en cabeza, se fija en la culata por medio de tornillos, con una junta intermedia. Sirve también como soporte del carburador, con el que se comunica mediante un orificio de las mismas dimensiones que el de salida de dicho carburador o, en caso de los motores actuales, del sistema de inyección. Presentan un importante acabado superficial en el interior para que no se produzcan pérdidas de carga. "Los colectores de admisión se fabrican por moldeo, generalmente de aleación ligera, y a veces de hierro fundido." (Ediciones CEAC, 2004, pg. 66). En la actualidad debido a las severas normas ambientales también se lo fabrica utilizando un polímero plástico de gran resistencia con el que se consigue una importante reducción de

peso y una mejora de las prestaciones debido al mejor acabado superficial del plástico y la baja conductibilidad térmica del plástico.

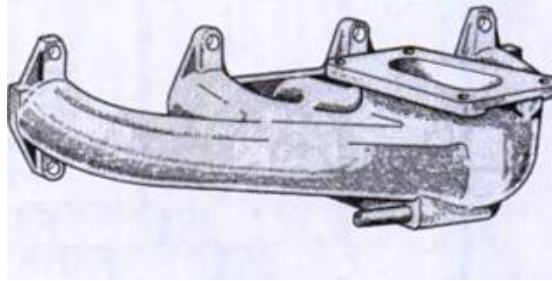


Imagen 29: Colector de admisión³²

J. COLECTOR DE ESCAPE.- Es un elemento conformado por una serie de tubos interconectados para llevar al exterior los que se forman en el interior del cilindro como producto de la combustión. El colector de escape consta de tantos tubos como salidas de gases tiene la culata, y los reúne en uno solo que enlaza con el tubo de escape. Se fabrica en materiales altamente resistentes a altas temperaturas, generalmente fundición de hierro. Todos los asientos con la culata deben ser perfectamente planos, su diseño debe garantizar evitar toda contrapresión en el interior del cilindro y facilitar la salida rápida de los gases. El colector de escape normalmente se encuentra sujeto a las proximidades del colector de admisión con el propósito de calentar, por transmisión de calor, la mezcla aire-combustible que ingresa al motor para que alcance rápidamente la temperatura de trabajo.



Foto 8: Colector de Escape

³² CEAC, Manual CEAC del automóvil, 2004.

K. JUNTAS DE CULATA.- Las juntas son elementos de unión que generan estanqueidad y van ubicados en todo acoplamiento de elementos fijos. La junta más importante del motor es la que se ubica entre el bloque motor y la culata. La junta de culata es la encargada de impedir que haya fugas del agua de refrigeración y del aceite procedente del engrase de los mecanismos de accionamiento de las válvulas. Dicha junta está fabricada en un material llamado amianto o asbesto, el cual es prácticamente incombustible debido a su origen mineral. La elaboración de la junta de culata es en base a una lámina de acero inoxidable recubierta con amianto por sus dos caras. Los bordes que corresponden a los agujeros de los cilindros van rebordeados con chapa metálica para protegerlos y para transmitir el calor que reciben al bloque y a la culata. Para evitar que la superficie de la junta se adhiera a las superficies metálicas, se las impregna de grafito. Con este mismo material es fabricado la junta que se ubica entre la culata y el colector de escape.



Foto 9: Junta de Culata

3.4 Sistemas adicionales.

En conjunto con los componentes básicos que forman el motor, descritos en el capítulo 3.2, grupos o conjuntos de piezas adicionales ayudan a que el funcionamiento del motor se realice de forma correcta y coordinada, en cada una de las diferentes actividades que deben ser realizadas. Podemos nombrar a cada uno de estos conjuntos como sistemas adicionales. Entre los principales citamos los siguientes:

3.4.1 Sistema de distribución:

Es el sistema formado por un grupo de componentes cuya función es realizar la apertura y cierre de las válvulas en el momento adecuado. Este conjunto se encuentra formado por parte de los componentes anteriormente estudiados en el capítulo 3.2.2 Conjunto de la culata o cabezote: válvulas, asientos guías y elementos de fijación; árbol de levas y elementos de mando; balancines. Adicional a estos elementos se agrega un conjunto de poleas, engranes y correas o cadenas que serán los encargados de transmitir el movimiento desde el cigüeñal hasta el árbol de levas, y coordinar la sincronización de los mismos. Es muy importante que el llenado del cilindro sea lo más completo posible para obtener un buen rendimiento del motor. Por este motivo y para garantizar el correcto llenado, la válvula de admisión debe abrirse cuando se den las condiciones para que pueda ingresar la mezcla, esto es: que el pistón se encuentre bajando en el tiempo de admisión, lo cual generará depresión en el interior del cilindro. De igual manera se debe garantizar que no queden restos de gases quemados en el cilindro, lo que estará regulado por la correcta apertura de la válvula de escape.

3.4.1.1 Diagrama de la distribución:

En la teoría, las válvulas de admisión y de escape deberían abrir y cerrar justo en el momento en el que el pistón se encuentra en el Punto Muerto Superior (P.M.S.) o en el Punto Muerto Inferior (P.M.I.). En la práctica, la válvula de admisión empieza a abrirse antes que el pistón alcance el P.M.S. lo que permite beneficiarse de la inercia de los gases aspirados, llenar más el cilindro y limpiar los gases quemados. El ángulo que gira el cigüeñal desde que se empieza a abrir la válvula de admisión, hasta que el pistón llega al P.M.S. para empezar la carrera descendente, se llama ángulo de avance a la apertura de admisión (A.A.A).

"Al momento en que el pistón llega al P.M.I. en su carrera descendente, la inercia de los gases que están entrando en el cilindro sigue introduciéndolos aun cuando el pistón ya inicia el ascenso en su carrera de compresión" (Hermógenes, 1999, pg. 48). Por esta razón conviene cerrar la válvula de admisión en plena carrera ascendente del pistón para permitir que el cilindro se llene completamente. El ángulo que gira el cigüeñal desde que el pistón llega al P.M.I. para iniciar la carrera ascendente de compresión, hasta el momento en que se cierra por completo la válvula de escape, se llama retraso al cierre de la admisión (R.C.A.).

Lo mismo sucede en la válvula de escape, la cual no se abre en el P.M.I. sino antes, para tener un tiempo adicional para la expulsión de los gases de escape. El ángulo que gira el cigüeñal desde que la válvula de escape se abre, hasta que el pistón se encuentra en el P.M.I para iniciar la carrera ascendente de escape, se llama avance a la apertura de escape (A.A.E.).

Para facilitar la evacuación total de los gases de escape, es conveniente cerrar la válvula de escape un poco después de que el pistón haya alcanzado el P.M.S. El ángulo que gira el cigüeñal desde que el émbolo alcanza el P.M.S. hasta que la válvula de escape se cierra totalmente, es el retraso al cierre de escape (R.C.E.).

Los avances y retardos se expresan gráficamente mediante el llamado diagrama de la distribución.

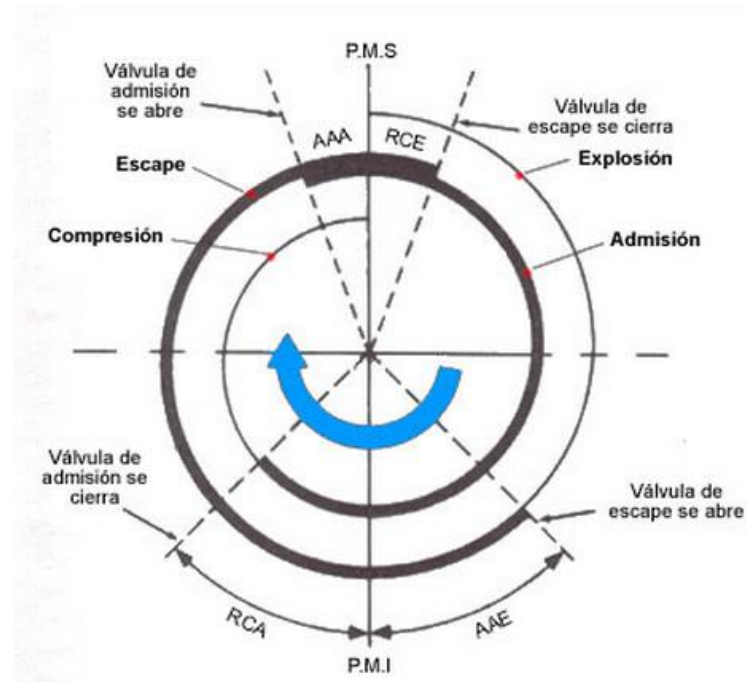


Imagen 30: Diagrama de distribución.³³

Para los diferentes motores, el diagrama de la distribución presenta distintos valores de retraso y avance para admisión y escape. Según CEAC (2004), el valor del A.A.A. suele estar entre 10 y 40 grados. El R.C.A. puede ser entre 45 y 100 grados. El A.A.E. está comprendido entre 45 y 90 grados. Finalmente el R.C.E. tiene un valor entre 0 y 60 grados. El tiempo en el cual tanto la válvula de admisión como la de escape se encuentran abiertas, se le conoce como traslape o cruce de válvulas.

³³ www.aficionadosalamecanica.net

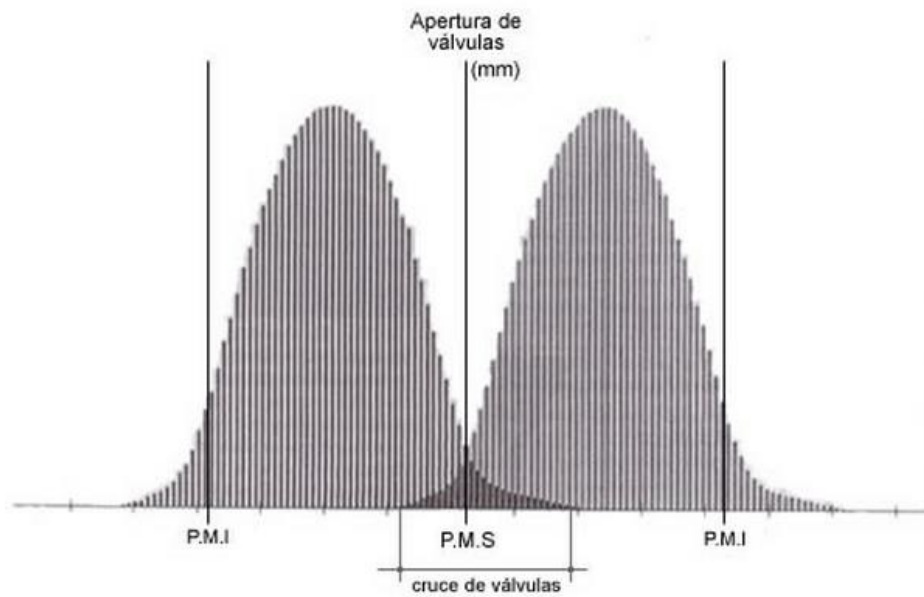


Imagen 31: Gráfica de elevación y cruce de válvulas.³⁴

La sincronización de las válvulas se obtiene por la relación de transmisión entre los engranajes o ruedas del cigüeñal y el árbol de levas, así como por el propio perfil de las levas.

3.4.1.2 Tipos de sistemas de distribución:

SISTEMA SV.- Sistema de válvulas laterales (SV=Side Valve). En este sistema, tanto el árbol de levas como las válvulas, van ubicadas en el bloque motor. Las válvulas son accionadas directamente por el árbol de levas. Es un sistema que ya no se lo utiliza ya que las cámaras de combustión deben ser muy grandes lo que genera un rendimiento bajo del motor.

³⁴ www.aficionadosalamecanica.org

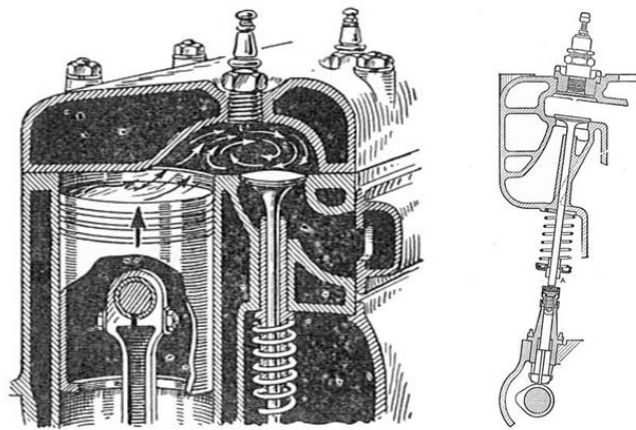


Imagen 32: Sistema de Distribución SV ³⁵

SISTEMA OHV.- Sistema de válvulas en la culata o cabeza (OHV = OverHead Valve). En este sistema el árbol de levas se encuentra ubicado en el bloque motor, mientras que las válvulas se encuentran en la culata. El movimiento del árbol de levas es transmitido hasta las válvulas por medio de un empujador o taqué, el cual a su vez mueve una varilla que hace bascular al balancín sobre su eje. La transmisión de movimiento del cigüeñal al árbol de levas es por medio de dos piñones, interponiendo entre ellos un tercer piñón. También se lo puede realizar por medio de una cadena o de una correa dentada. Es un sistema de fabricación sencilla y económica. La desventaja de este sistema es que dispone de un alto número de componentes debido a la distancia entre el árbol de levas y las válvulas.

³⁵ www.wikipedia.org

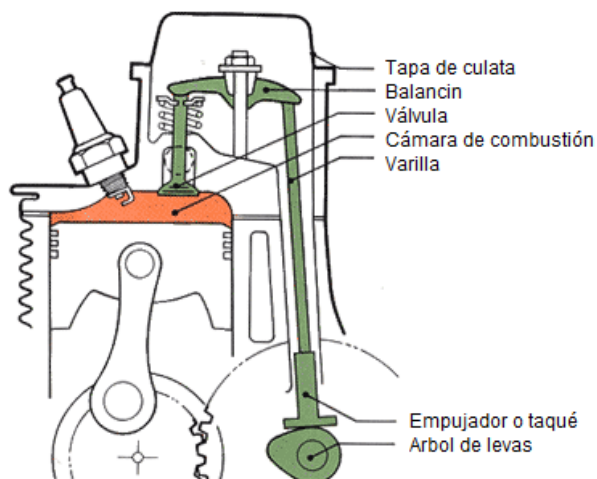
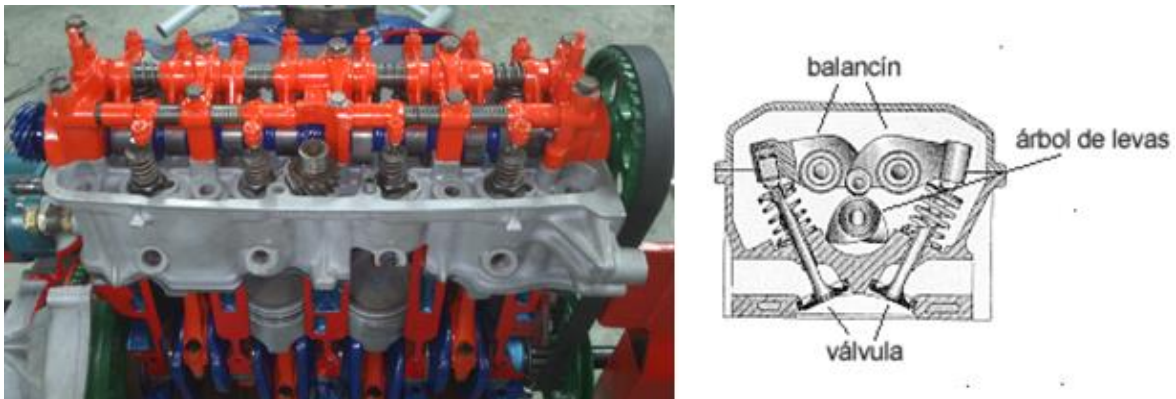
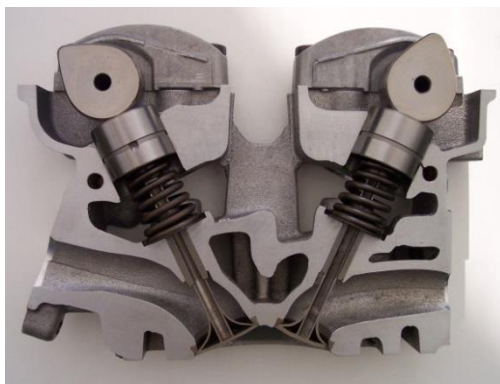


Imagen 33: Sistema de Distribución OHV ³⁶

SISTEMA OHC.- Sistema de árbol de levas en la culata o cabeza (OHC = OverHead Camshaft). En este sistema, tanto el árbol de levas como las válvulas se encuentran ubicados en el cabezote. Es el sistema más utilizado actualmente en la gran mayoría de motores debido que, a diferencia del sistema OHV, presenta menos componentes lo que ayuda que la apertura y cierre de las válvulas sea más precisa. En función del número de árboles que incorpore podrá ser simple, el cual posee un solo árbol de levas que acciona las válvulas tanto de admisión como de escape (SOHC = Simple OverHead Camshaft) o doble, con dos árboles de levas: uno encargado de accionar las válvulas de admisión y el otro las de escape (DOHC = Double OverHead Camshaft).

³⁶ www.honda-engines-eu.com

Foto 10: Sistema de transmisión SOHC ³⁷Foto 11: Sistema DOHC ³⁸

3.4.2 Sistema de alimentación:

Los motores de cuatro tiempos a gasolina, para su funcionamiento, se alimentan de una mezcla de aire limpio y gasolina, la cual deberá llegar hasta los cilindros. Existen dos tipos de sistemas de alimentación: el sistema de alimentación con carburador y el sistema de alimentación de inyección. En este caso nos centraremos en estudiar el sistema de alimentación de gasolina con carburador.

COMPONENTES.- El sistema de alimentación básicamente se lo puede dividir en dos partes: el sistema de alimentación de aire, formado por el filtro y las tuberías de aire. Por otro lado el sistema de alimentación de combustible que se encuentra formado por el

³⁷ www.aficionadosalamecanica.net

³⁸ www.wikipedia.org

tanque de combustible, la bomba de gasolina, el filtro de gasolina, las cañerías y el carburador.

DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.- Se sitúa normalmente en la parte posterior del automóvil unido al bastidor, se fabrica en chapa metálica. La tubería de la gasolina parte del fondo del depósito o cerca de él, existiendo en algunos un filtro en la conexión a la tubería.

FILTROS DE COMBUSTIBLE.- Se los utiliza para evitar que las suciedades del combustible puedan pasar al carburador. Se los puede ubicar en la bomba de combustible o pueden ir conectados en las cañerías entre el depósito y la bomba.

BOMBA DE COMBUSTIBLE.- Es la encargada de hacer circular el combustible desde el depósito hasta el carburador. Es accionada por una excéntrica ubicada en el árbol de levas.

CARBURADOR.- Es el elemento encargado de conseguir la mezcla aire-gasolina en la proporción correcta, en estado gaseoso, para adaptar al motor a las condiciones deseadas de funcionamiento. El carburador está constituido por un tubo cilíndrico por donde entra el aire, una garganta que es el venturi o difusor, un surtidor de combustible y un disco plano también conocido como estrangulador o mariposa, que actúa como una válvula de paso de aire, la cual gira alrededor de su propio eje y es accionada mediante un juego de palancas unidos a un pedal ubicado en el compartimiento del conductor.

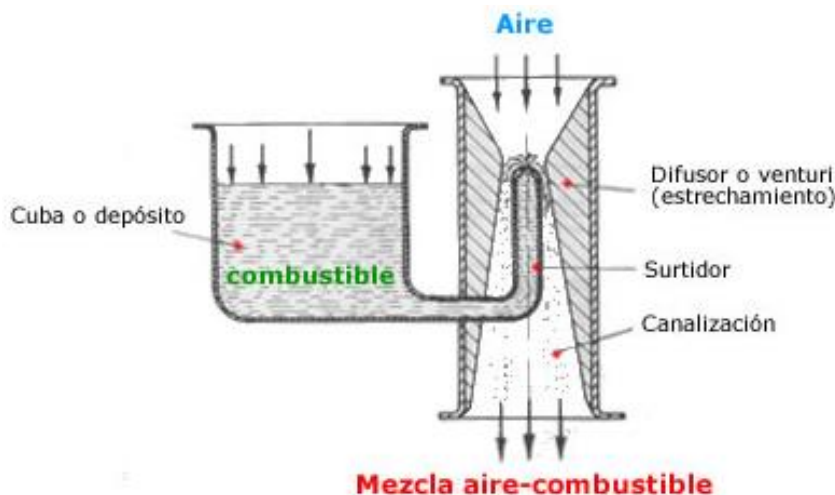


Imagen 34: Esquema de funcionamiento del carburador.³⁹

En la sección más estrecha del venturi hallamos la depresión más fuerte, por esta razón se sitúa en este lugar al surtidor de combustible, el otro extremo del surtidor se comunica con la cuba del carburador que es un depósito de combustible. Cuando por consecuencia del consumo de combustible en el funcionamiento del motor, se disminuye el nivel de gasolina en la cuba, el descenso resultante del flotador y su aguja ceden la entrada de nueva gasolina al interior

El carburador tiene la capacidad de variar la riqueza desde una relación de 17/1, requerida para una marcha de cruce del vehículo a unos 2000 rpm a 3000 rpm, hasta una relación más rica de 12/1 necesaria para el funcionamiento del motor a plena potencia es decir, desde unos 4500rpm hasta 6500 rpm aproximadamente.

FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR.- Para la realización de la mezcla, el carburador basa su funcionamiento en el efecto venturi el cual indica que toda corriente de aire que pasa rozando un orificio provoca una succión. "Si en el interior de un conducto por el que circula aire se posiciona un surtidor, al que se hace llegar combustible, la depresión creada arrastra dicho combustible vertiéndole en la corriente de aire, emulsionándose con él." (Alonso, 2000, pg. 293)

³⁹ www.aficionadosalamecanica.net

En el trabajo de un motor, cuando el pistón baja en el tiempo de admisión, con la válvula abierta, el vacío o depresión que existe en el cilindro incita una corriente de aire que entra desde el exterior, por medio de la válvula de mariposa y el colector de admisión. Esta corriente de aire empuja una mínima cantidad de gasolina en el carburador, que posteriormente se mezcla con el aire y llega así al cilindro. Cabe recalcar que cuanto mayor es la cantidad de aire forzada a pasar por el difusor mayor es la depresión existente y por ende, es succionada del surtidor una cantidad de gasolina más importante, que es función de la cantidad de aire que atraviesa el difusor y que al mismo tiempo depende fundamentalmente del régimen de giro del motor pero también de la posición de válvula de mariposa.

Cuando el conductor pisa el acelerador, la válvula mariposa se abre, permitiendo el ingreso de un mayor caudal de aire, generando un aumento en las revoluciones del motor. Cuando se deja de acelerar, la mariposa se cierra de manera total o parcial, permitiendo el paso de una cantidad de aire pequeña que no induce prácticamente ninguna depresión en el venturi y por lo tanto no se aspira gasolina del surtidor principal. Por ello el carburador presenta un circuito o surtidor adicional que alimenta al motor cuando se dan estas circunstancias.

La relación aire combustible teórica es la proporción del peso del aire en la mezcla al peso del combustible conteniendo suficiente oxígeno para permitir que se quemé el combustible completamente. En el caso de octano puro, la proporción es de 15:1 ó 15 partes de aire a 1 parte de combustible. Hay que tener en cuenta que, un carburador básico no certifica una dosificación constante de la mezcla para todos los valores de la depresión, y por ende, siempre será necesario un dispositivo capaz de compensar estas divergencias. Por esta razón el carburador deberá constar con diferentes sistemas que corrijan la dosificación de la mezcla de acuerdo a las condiciones de funcionamiento del motor:

- Sistema de funcionamiento para marcha normal.
- Sistema de funcionamiento para bajas revoluciones (ralentí).
- Bomba de aceleración constituida por un circuito enriquecedor de mezcla.
- Dispositivo para arranque en frío del motor.

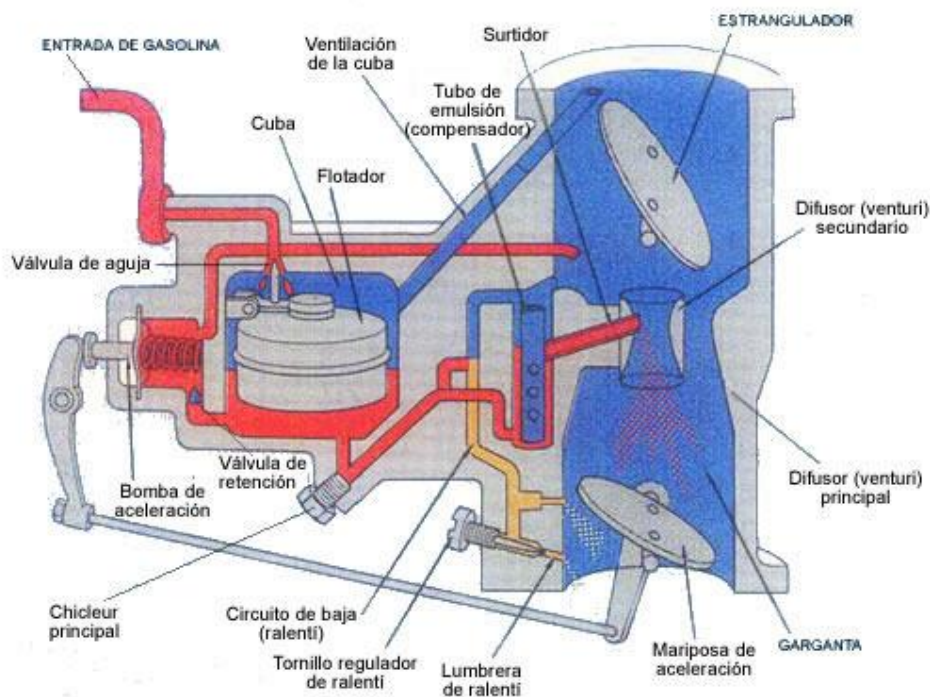


Imagen 35: Composición del carburador ⁴⁰

3.4.3 Sistema de encendido:

El sistema de encendido es el encargado de suministrar corriente de alta tensión hasta las bujías, del orden de 35000 voltios las cuales provocan el salto de la chispa que encenderá la mezcla comprimida de aire combustible en el interior del cilindro. El sistema eléctrico está formado por la batería o acumulador, distribuidor, bobina, bujías, cables e interruptores.

BATERIA.- Es un dispositivo electroquímico, fuente de corriente eléctrica, que transforma la energía química en energía eléctrica y viceversa. La batería también

⁴⁰ www.aficionadosalamecanica.net

almacena energía eléctrica para el uso cuando es necesario. La batería puede ser cargada y descargada múltiples veces.

Cuando el motor se encuentra detenido, el alternador también lo estará; por esta razón la batería deberá ser capaz de suministrar una alta corriente para poder arrancar el motor. Adicionalmente deberá suministrar la energía utilizada por los consumidores, en situaciones en las que el alternador no produce energía, como por ejemplo cuando el motor funciona sin marcha o se encuentra apagado.

La batería también absorbe los picos de voltaje del sistema eléctrico del vehículo para que ellos no dañen los componentes electrónicos sensibles.

BOBINA DE ENCENDIDO.- Posee en su interior un núcleo de hierro laminado y dos bobinados llamados primario y secundario respectivamente. El bobinado primario posee aproximadamente 350 espiras o vueltas de cable grueso y se encuentra conectado a los terminales: positivo y negativo (bornes 15 y 1). El bobinado secundario posee aproximadamente 20.000 espiras de cable más delgado, tiene una extremidad conectada a la salida de alta tensión (borne 4) y la otra extremidad, internamente conectada al bobinado primario. “Cuando los contactos del ruptor están cerrados y circula la corriente en el primario, estableciéndose un campo magnético, este campo se extingue cuando dichos contactos se abren. La extinción del campo magnético induce una alta tensión en el secundario, originándose así la alta tensión que es conducida a través del distribuidor hasta las bujías.” (Crouse, 1996, pg. 250)

DISTRIBUIDOR.- Además de distribuir la alta tensión a la bujía en cada uno de los cilindros, controla el corte de corriente en el primario de la bobina mediante el ruptor, permitiendo de este modo que se genere la alta tensión. La apertura o cierre del ruptor se provoca por una leva accionada por el eje del distribuidor la cual sincroniza que el salto de

la chispa se realice en cada cilindro en el momento oportuno. La forma y número de vértices de la leva dependerá de la cantidad de cilindros que posea el motor.

CONDENSADOR.- Es un elemento que siempre va asociado con el ruptor. Su función es proteger los contactos del ruptor absorbiendo la corriente inducida al abrirse dichos contactos para que no salte a través de ellos, el condensador absorbe dicha corriente para cargarse. Cuando los contactos se cierran, devuelve la energía absorbida al circuito compensando la energía que se pierde cuando se abren, facilitando a la bobina el alcanzar valores más elevados de tensión ya que consigue una interrupción del circuito primario de la bobina más rápido.

BUJÍAS.- La bujía consiste de un electrodo recubierto por una carcasa metálica que se une a un aislamiento de porcelana, dicha carcasa presenta a su vez un segundo electrodo curvo hacia el centro del diámetro de la bujía. Posee también un sector roscado el cual permite que la bujía se fije en la culata. La separación de los electrodos varía hasta un máximo de 0.040 pulgadas. La chispa salta a través de este espacio produciendo el encendido de los gases comprimidos en la cámara de combustión.

La bujía de encendido también contribuye en la absorción del calor generado en la cámara de combustión y disiparlo. A la capacidad de la bujía de absorber el calor y disiparlo, se le conoce como grado térmico.

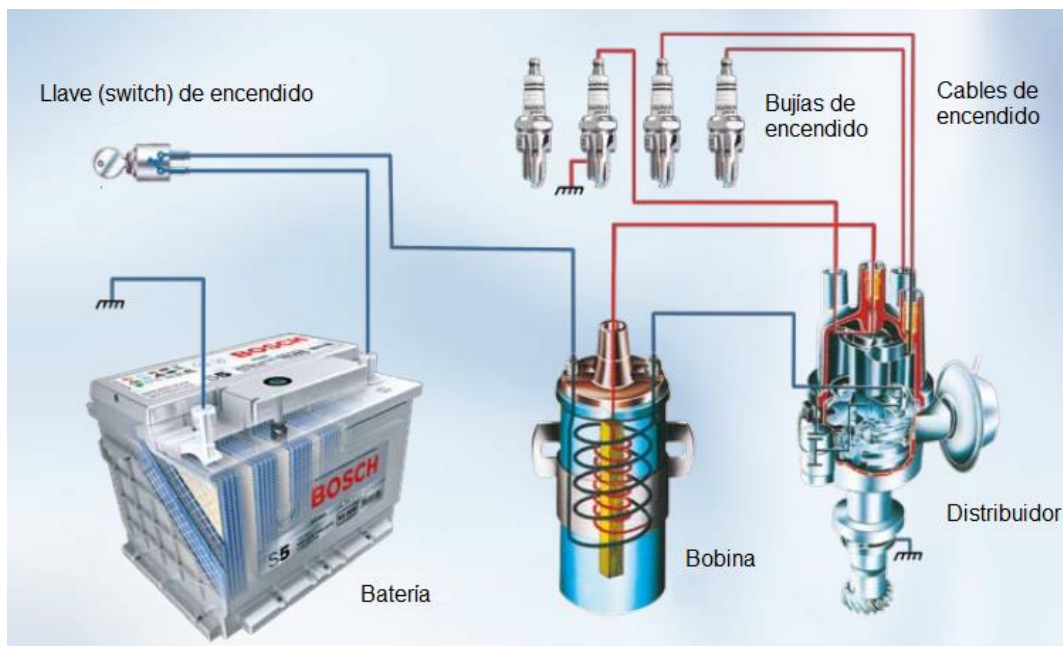


Imagen 36: Sistema de encendido y sus componentes. ⁴¹

3.4.4 Sistema de Carga:

El sistema de carga, tiene la función de recargar la batería, así como proveer de corriente a los sistemas que consumen energía eléctrica, durante la operación del vehículo.

ALTERNADOR.- Es un dispositivo generador de corriente alterna que convierte la energía mecánica tomada del motor, en energía eléctrica, la cual es utilizada para suministrar corriente para todos los elementos eléctricos del vehículo como son el sistema de encendido luces, radio e incluso para cargar la batería. Generalmente va montado a un lado del motor y se acciona mediante transmisión por correa tomando la potencia de una polea cuyo giro lo provoca el cigüeñal. El circuito de carga que rodea al alternador está formado por el propio alternador, la batería y un regulador de tensión el cual se encarga de garantizar que la tensión que proporciona el alternador se mantenga siempre constante aprox. 12 V.

⁴¹ www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Encendido/Sistemas_de_Encendido.pdf

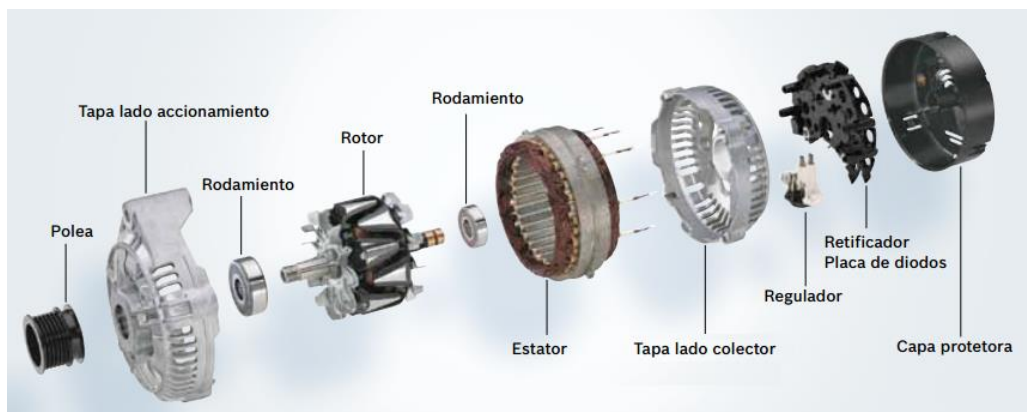


Imagen 37: Despiece de un Alternador. ⁴²

MOTOR DE ARRANQUE.- Es un motor eléctrico de corriente continua y alto elevado par de arranque, el cual va conectado a la batería, que hace girar al cigüeñal produciendo el arranque del motor hasta que el mismo se ponga en marcha por sus propios medios, es decir por las explosiones generadas en las cámaras de combustión. Para realizar este trabajo, dispone de un piñón que engrana con la corona del volante y adicionalmente un mecanismo de relé de arranque, el cual hace que desengrane cuando el motor haya arrancado.

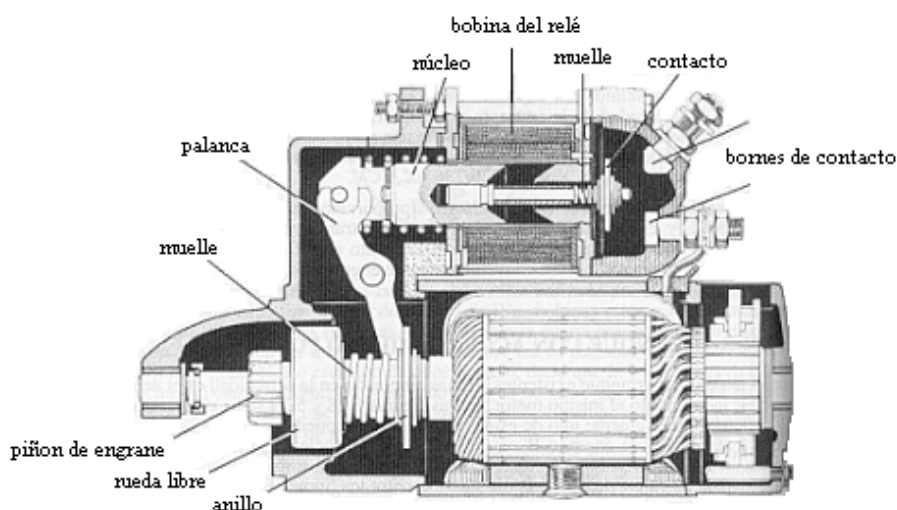


Imagen 38: Elementos que conforman el motor de arranque. ⁴³

⁴² www.catalogobosch.com

⁴³ www.aficionadosalamecnica.net

3.4.5 Sistema de lubricación:

Cuando dos superficies entran en contacto se desgastan rápidamente a menos que entre ellas se interponga un lubricante. La misión del sistema de lubricación es trasladar aceite hacia todos los lugares del motor donde exista rozamientos para impedir el contacto directo entre las superficies metálicas. En el motor el aceite es suministrado al cigüeñal y al árbol de levas desde sus cojinetes de apoyo. También se suministra aceite a las paredes del cilindro para que los pistones y sus respectivos aros se deslicen fácil y silenciosamente.

El aceite utilizado por el sistema de lubricación no solamente cumple con la función de lubricar el motor y eliminar el desgaste, sino que adicionalmente cumple otras varias funciones:

- Refrigerante ya que absorbe parte del calor producido por el motor. El aceite caliente después de cumplir su ciclo de trabajo, cae al cárter del motor cediéndole el calor y este lo cede al aire que lo rodea.
- Reduce las pérdidas de potencia a causa del rozamiento al lubricar las partes móviles.
- Actúa como detergente ya que mantiene limpias las diversas partes del motor, arrastrando el polvo y otras partículas extrañas y depositándolas en el cárter.
- Sellante ya que al lubricar los cilindros forma una película que impide el paso al cárter de la mezcla aire combustible, así como los diferentes productos generados por la combustión.
- Anticorrosivo ya que neutraliza a los ácidos altamente corrosivos originados en la combustión y evita que corroan interiormente al motor.

Los sistemas de lubricación en el motor pueden ser por salpicadura, por circulación forzada o ambos a la vez.

LUBRICACIÓN POR SALPICADURA.- En los sombreretes de cabeza de biela, se dispone de unas “cucharillas” las cuales proyectan el aceite desde el depósito de aceite en el cárter hacia la parte superior del motor en forma de pequeñas gotas con lo cual se asegura la suficiente lubricación de los mecanismos del motor.

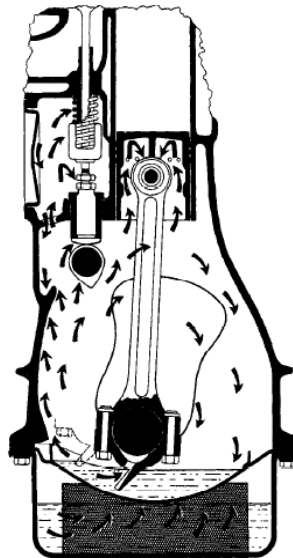


Imagen 39: Lubricación por salpicadura.⁴⁴

Es un sistema que ya no se emplea a partir de la introducción de la lubricación bajo presión.

LUBRICACIÓN FORZADA.- En este sistema existen orificios tanto en el cigüeñal como en la biela por los cuales es forzada la circulación del aceite mediante una bomba que puede ser de engranes o de lóbulos (rotor). Debido al giro del motor, el aceite ubicado en el cigüeñal y las bielas es lanzado hacia las paredes del cilindro. Adicionalmente el aceite es forzado a pasar a través de los orificios, a los cojinetes del eje de levas y mecanismo de válvulas. El aceite que escurre de las distintas partes lubricadas se recoge en el cárter, situado en la parte inferior del motor, desde donde es recogido nuevamente por la bomba y puesto en circulación.

⁴⁴ Crouse, Motores de automóvil, 1996.

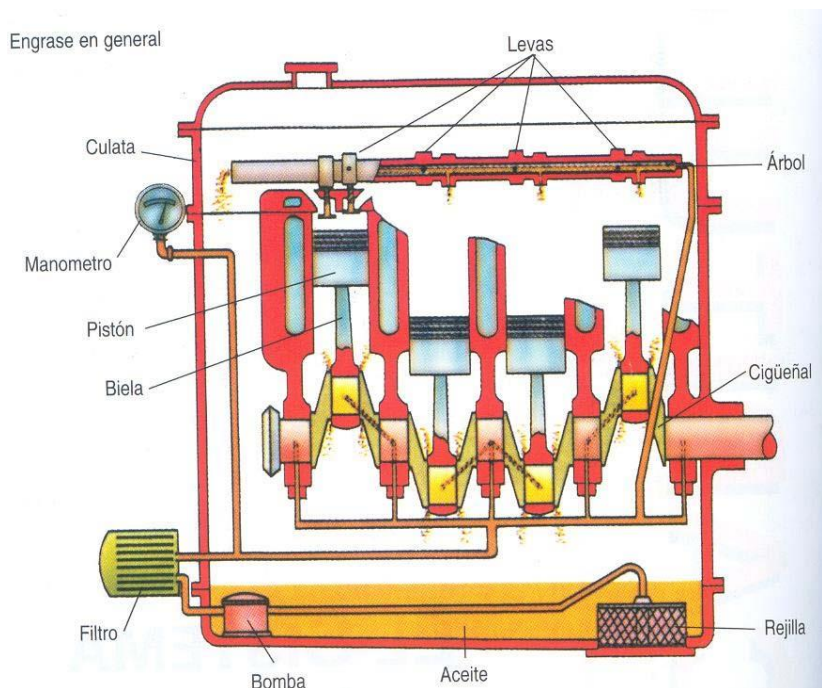


Imagen 40: Esquema y componentes del sistema de lubricación forzada.⁴⁵

COMPONENTES.- Los principales componentes que encontramos en el sistema de lubricación son: la bomba de aceite, el regulador de presión y el filtro de aceite.

BOMBA DE ACEITE.- Es la encargada de enviar una determinada cantidad de aceite a presión hasta los diferentes elementos que conforman el motor. Se ubica en el cárter y su movimiento es proporcionado mediante un engranaje que toma su movimiento del árbol de levas. Existen dos tipos de bombas: la una funciona por medio de dos engranajes situados en el interior de la misma él un engrane gira impulsado por el árbol de levas y el otro toma el movimiento del primero. El segundo tipo de bomba tiene el mismo principio de funcionamiento de dos engranajes pero dispuestos internamente: un rotor arrastra un anillo o rodete.

⁴⁵ www.lubricar.net

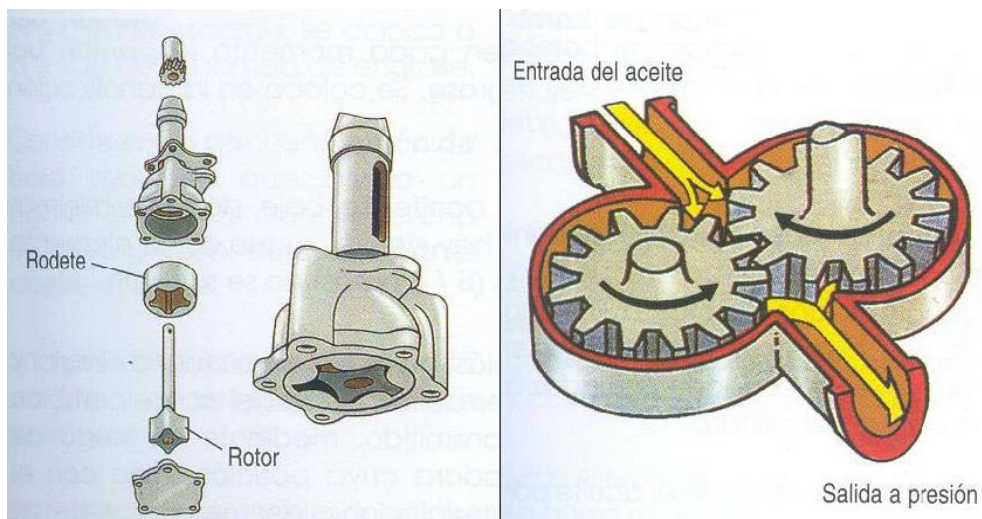


Imagen 41: Bomba de lóbulos y bomba de engranajes. ⁴⁶

REGULADOR DE PRESIÓN.- “Está constituido por una bola metálica o un pequeño embolo cilíndrico que se mantiene en su posición por medio de un muelle, que se separa de su asiento abriendo, por lo tanto, el paso, cuando la presión sobrepasa el valor prefijado, con lo cual parte del aceite vuelve de nuevo al cárter.” (Crouse, 1996, pg. 280)

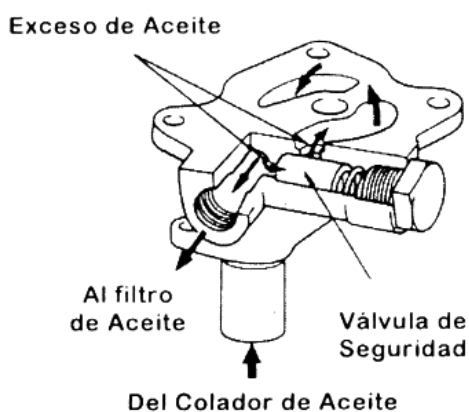


Imagen 42: Construcción del regulador de aceite. ⁴⁷

FILTRO DE ACEITE.- Como vimos anteriormente, el aceite en su recorrido por el motor va recogiendo partículas producto del desgaste de las piezas (partículas metálicas) y restos de la combustión (carbonilla y hollín). El objetivo del filtro de aceite es recoger

⁴⁶ www.lubricar.net

⁴⁷ www.automotriz.net

dichas impurezas el momento de la recirculación del aceite. Para esto tenemos dos filtros: el primero se fija antes de la bomba, el cual es una rejilla metálica o colador. El segundo caso es el filtro ubicado después de la bomba, o filtro principal, compuesto de un material celulósico poroso que al paso del aceite, retiene las impurezas.



Imagen 43: Filtros de aceite A- Colador; B.- Filtro principal⁴⁸

3.4.6 Sistema de refrigeración:

La combustión de la mezcla aire-combustible en el interior del cilindro produce gran cantidad de calor, llegando a alcanzar temperaturas de hasta 3000 grados centígrados. La mayor parte del calor producido es extraído por parte del sistema de refrigeración cuyo objetivo es mantener al motor en la temperatura óptima de trabajo a cualquier velocidad ya que una excesiva temperatura del motor provocaría averías o incluso la destrucción del mismo. A temperaturas demasiado altas el aceite lubricante pierde su efectividad de forma que el desgaste aumentaría rápidamente.

En los sistemas de refrigeración se utiliza al agua como medio conductor del calor. Las cámaras de combustión están rodeadas de conductos o cavidades a través de las cuales se hace circular agua para que no sobrepasen los 250 grados centígrados. La circulación se

⁴⁸ www.taringa.net - www.oocities.org

produce por medio de una bomba que lleva el agua desde el radiador, hasta los conductos de refrigeración y de ahí regresa nuevamente al radiador.

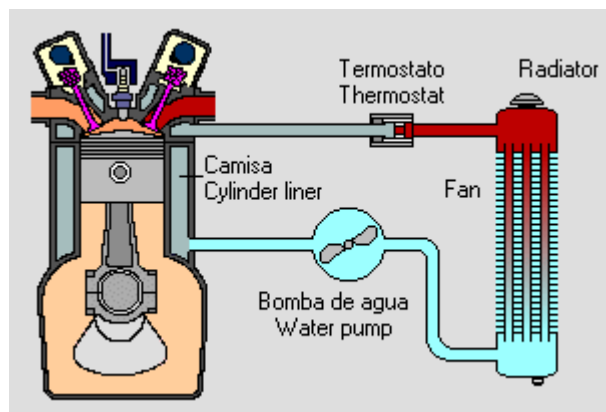


Imagen 44: Sistema de refrigeración.⁴⁹

RADIADOR.- Es un elemento metálico, generalmente de aluminio, el cual posee numerosos conductos a través de los cuales circula el agua. El ventilador del motor obliga al aire a circular alrededor de los tubos de agua, con lo cual es enfriada por transferencia de calor. A medida que el agua circula de arriba a abajo en el radiador, se va enfriando y llega totalmente fría a la parte inferior del mismo para nuevamente ser bombeada hacia los conductos de refrigeración del motor mediante la bomba de agua.

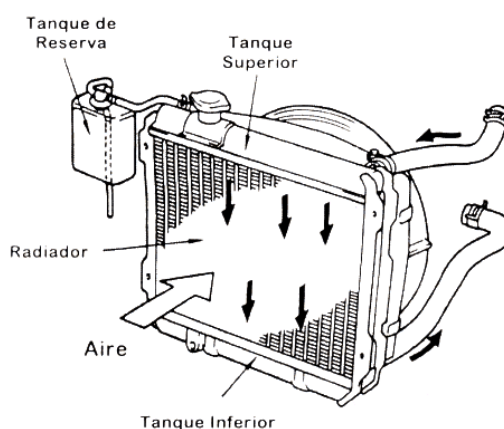


Imagen 45: Configuración del radiador⁵⁰

⁴⁹ equipo5-cbtis160.blogspot.com

⁵⁰ www.automotriz.net

BOMBA DE AGUA.- La bomba de agua es la encargada de mantener la circulación del líquido refrigerante. La bomba de agua se monta en el bloque del motor y es movida por una polea accionada por una correa que toma su movimiento del giro del cigüeñal.

Fuerza el paso del líquido a través del radiador y camisas de agua. Un componente llamado impulsor, montado sobre el eje de la bomba, es un plato en una de cuyas caras sobresalen unas aletas que al girar impulsan al agua a su alrededor para después ser enviada por el tubo de salida hasta el bloque motor debido a la fuerza centrífuga generada.



Foto 12: Bomba de agua en corte.

CAMISAS DE AGUA.- Generalmente se encuentran ubicadas alrededor de los cilindros del motor, en el mismo bloque de los cilindros, para mantenerlos a temperatura relativamente baja. También se las ubica en la culata para dirigir agua fresca a las zonas donde se encuentran las válvulas y sus asientos, que son las zonas más críticas para refrigerar.

TERMOSTATO.- Es el mecanismo encargado de evitar la acción del sistema de refrigeración durante el ciclo de calentamiento, permitiendo al motor y todos sus componentes alcanzar la temperatura de trabajo con la mayor rapidez posible para de esta manera acortar el periodo de funcionamiento a bajo rendimiento. Una vez que el motor a

alcanzado su temperatura de funcionamiento, el sistema de refrigeración empezará a actuar. Cuando la temperatura del motor se acerca a la temperatura nominal del termostato (normalmente 80°C), este empieza a abrirse, dejando pasar un poco de agua para mezclarse con el agua caliente e iniciar el proceso de refrigeración. Si la temperatura del motor se encuentra por debajo de 80°C, el termostato se cierra manteniendo la temperatura correcta para la quema eficiente del combustible.

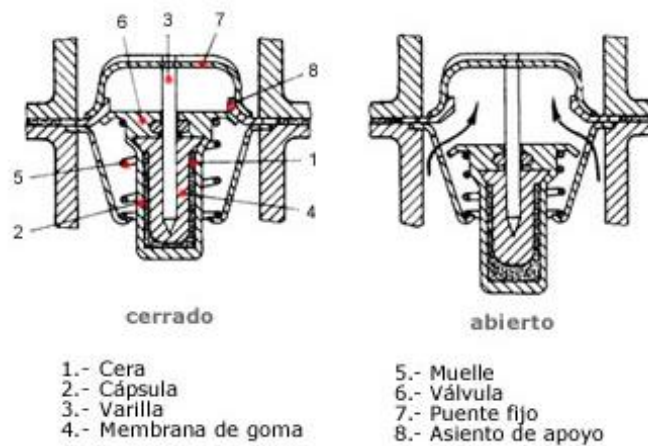


Imagen 46: Esquema interno del termostato. ⁵¹

⁵¹ www.aficionadosalamecanica.net

4 EL EMBRAGUE

El embrague básicamente es un sistema de acoplamiento que va instalado justo delante del volante del motor, el cual permite independizar el giro del cigüeñal de la caja de cambios. Este principio se lo utiliza cuando el carro esta por arrancar y cuando se va a realizar la marcha, en ese momento es cuando el embrague se acciona gracias a un pedal situado en el piso del conductor, es decir, el pedal de embrague.

4.1 Necesidad del Embrague.

Cuando el motor esta encendido y gira únicamente al ralentí, su par es utilizado en vencer las diversas resistencias que se generan en el propio motor, de este modo aparte de moverse por sí solo, también sea capaz de mover la mas de una tonelada que pesa todo el automóvil, para conseguir esto se aumenta mayormente el par disponible pero también el numero de revoluciones del motor, es decir, se acelera más. Para que el motor pueda acelerar desde ralentí no tiene que tener carga alguna.

Gracias al embrague, estas dos operaciones se efectúan de manera sincronizada: a medida que el motor se acelera o crece su número de revoluciones, al mismo tiempo, el embrague se va soltando, de esta forma el par motor es siempre mayor al par resistente que brinda el vehículo a moverse.

En la caja de cambios cuando se van a desacoplar los piñones para engranar los pertenecientes a otra marcha, es básicamente imposible debido a la velocidad de giro de los mismos y la presión que existe entre sus dientes. El embrague es el encargado de solucionar esto ya que en el momento que este se desacopla, el eje de la caja de cambios que es movido por el cigüeñal se separa del cigüeñal y con esto se logra anular la fuerza

entre los dientes de los piñones y así fácilmente se pueden desacoplar. Solo cuando dos piñones en sus velocidades periféricas son casi iguales solo ahí se pueden acoplar mutuamente. Cuando se intente acoplar dos piñones con velocidades totalmente dispares, no habrá ningún acople, más bien habrá un gran choque entre los dos piñones, dañando así estos elementos. Para que no ocurra esto, es indispensable que el embrague se encuentre desacoplado en el momento que se va a meter la siguiente marcha, es decir cuando se van a engranar los piñones.

Por lo tanto podemos resumir que el embrague está destinado a asegurar la transmisión del par, permitir la independencia de giro del cigüeñal con la caja de cambios, disipar energía, suavizar las arrancadas, amortiguar y filtrar oscilaciones.

4.2 Funcionamiento del embrague de diafragma.

El diafragma es un plato construido en acero elástico, de forma cónica, que desde el centro hacia afuera tiene unas delgadas ranuras que terminan en unos taladros. Estas ranuras o cortes tienen la función de dar elasticidad a todo el diafragma, asimismo los taladros al final de los cortes, también sirven para dar elasticidad además de posicionar el diafragma en la carcasa. Si presionamos justo en el centro del diafragma las ranuras o cortes se cierran, lo que permite al plato quedarse de forma plana, cuando se deja de presionar el plato regresa a su forma original.

Actualmente el embrague de diafragma ha sustituido por completo al anteriormente usado sistema de prensa de muelles debido a varias ventajas entre las cuales se puede resaltar las siguientes:

- Esta construido a base de pocas piezas y es indismontable, esto lo hace equilibradamente dinámico con una buena precisión.

- Por su volumen ocupan un espacio mucho más pequeño dentro del vehículo que el anterior embrague, esto es indispensable principalmente en carros con motor transversal.
- Con los diafragmas se puede aplicar una presión mucho más uniforme sobre el plato de presión.
- El conductor realiza un empuje o esfuerzo mucho menor que el anterior embrague ya que la fuerza aplicada en el pedal para embrague de prensa con muelles es alrededor de 18 kg, mientras que la fuerza aplicada en el pedal para embrague con diafragma es únicamente de 11 kg.



Imagen 47: Diafragma. ⁵²

El embrague se encuentra en posición de “desembragado” cuando se pisa el pedal del embrague. El embrague se encuentra en posición de “embragado” al soltar el pedal del embrague.

En la imagen 48 se puede observar un embrague de diafragma en sus dos modos: A embragado y B desembragado. Al momento de embragar en el modo B, el pedal de embrague tira del cable (11) y este a su vez de la palanca (9), la palanca se sostiene en la rotula (10), que posteriormente empuja al cojinete (8), el cojinete ataca justo en el centro del diafragma que se encuentra sostenido en los aros tóricos (5), invirtiendo la conicidad para posteriormente halar del plato de presión (3) que a su vez lo separa del disco (7).

⁵² www.winlineautochina.com

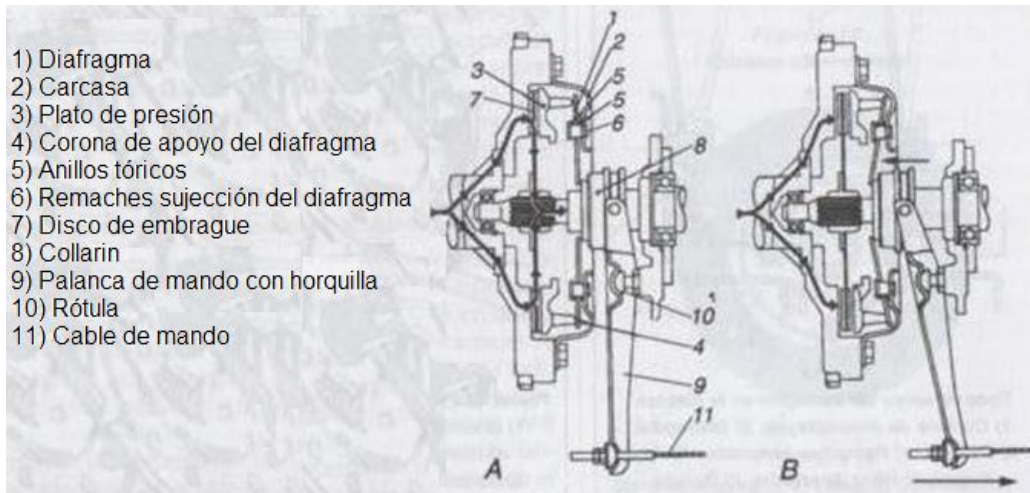


Imagen 48: Embrague de Diafragma: A.- embragado; B.- desembragado. ⁵³

En la imagen 49 se puede observar una prensa de embrague de diafragma con su interior totalmente expuesto. En el momento en que todo el conjunto se encuentra embragado a la vez, toda la prensa conjuntamente con el disco gira hecha un solo bloque con el volante, y en el momento de desembragar, toda la carcasa gira también porque se encuentra sujeta por medio de tornillos al volante, sin embargo el disco se halla libre así como también lo estará el plato de presión.



Imagen 49: Prensa de embrague de diafragma seccionada. ⁵⁴

⁵³ CEAC, Manual CEAC del automóvil, 2004.

⁵⁴ CEAC, Manual CEAC del automóvil, 2004.

4.3 Disco de Embrague.

El disco de embrague está construido básicamente por tres partes principales que son: el disco en sí, el cubo y el forro de embrague. Además cuenta con sus respectivos remaches que cumplen la función de sujetar el forro de embrague al disco y también a los muelles amortiguadores. El acoplamiento correcto del embrague debe hacerse de manera progresiva, soltando el pedal de manera lenta, ya que así la presión va incrementando sobre el disco paulatinamente, lo que evita que la caja de cambios y la transmisión reciban esfuerzos bruscos que podrían dañarlos. Una vez finalizado el acoplamiento, no debe haber ningún deslizamiento entre el volante y el disco.



Imagen 50: Disco de embrague. ⁵⁵

Las cabezas de los remaches están introducidas en la guarnición o pastilla, de esta manera no rozan con la superficie del plato de presión ni del volante.

4.4 Forro de embrague.

Se compone de varios materiales tales como fibras de amianto a base de hilos de cobre o latón combinadas con resinas sintéticas. Las fibras de amianto presentan la desventaja que se desprenden en pequeñísimas partes, por lo que son terriblemente dañinas

⁵⁵ www.mercadoshops.com

para la salud. En la actualidad el componente que reemplaza estas fibras es el kevlar, también se utiliza fibra de vidrio.

El forro de embrague debe presentar un elevado coeficiente de rozamiento para poder cumplir su misión, ya que de no ser así, se generarán deslizamientos durante la marcha, traducándose en pérdidas de potencia, además de un elevado calentamiento del disco, del volante y del plato de presión. De igual manera tienen que ser capaces de soportar grandes presiones comprendidas entre los tres a seis bares, debido a que se encuentran sometidos a fuerzas adversas como la centrífuga. Se encuentran también sometidos a altas temperaturas, que pueden subir hasta los 300 grados centígrados o más, debido a los arranques del vehículo, por este motivo presentan canalizaciones que ayudarán al forro a disipar el calor.

4.5 Mando mecánico del embrague.

El mando del embrague se encuentra conformado básicamente de los siguientes componentes: el pedal, el cable de mando, la palanca de desembrague y el cojinete de empuje.

PALANCA DE DESEMBRAGUE.- Posee una horquilla cerrada, lugar donde la palanca se apoya en la rótula. Su función es transmitir el movimiento generado por el pedal, desde el cable de embrague hasta el cojinete de empuje, haciéndolo moverse axialmente.

COJINETE DE EMPUJE.- El cojinete de empuje puede ser del tipo de bolas. Posee una pista en la zona interior que aloja las bolas, la cual gira y se mantiene en contacto con el diafragma, en tanto que la pista exterior se encuentra encajada a presión en el eje y se encuentra en contacto con la horquilla la cual la desplaza.

El cojinete también puede ser de grafito, es poco usado en la actualidad. El grafito va introducido en una especie de cápsula y es ahí donde se encuentran los tetones para la horquilla. La prensa para este cojinete posee una placa lisa ya que el mismo no puede entrar en contacto directamente con el diafragma porque se destruiría.

CABLE DE MANDO: La función del cable de mando es transmitir el movimiento del pedal hasta la palanca de embrague, este cable básicamente está constituido de un acero flexible con funda. Utiliza una rosca con tuerca y contratuerca en uno de los extremos del cable para poder tensarlo.

Cuando todo el conjunto del embrague se encuentra sin funcionar o en reposo, el cojinete de empuje debe estar alejado de 1,5 mm a 2mm de las lengüetas del diafragma, esta separación es muy importante ya que evita que el cojinete roce muy seguidamente con el diafragma. Por medio del juego de palancas que están en el mando, esta pequeña distancia de 1,5 mm a 2mm, generará un recorrido muerto del pedal de aproximadamente 10 a 25 mm. Mientras se van desgastando las pastillas del forro de embrague, el plato de presión se seguirá acercando al volante, al mismo tiempo las lengüetas del diafragma se van aproximando al cojinete hasta llegar al punto de que presionan sobre él disminuyendo así la fuerza a la prensa, debido a esto el embrague llega a patinar. Para que esto no suceda se debe destensar el embrague a medida que el recorrido del pedal se hace menor para así conservar la distancia de 1.5 a 2 mm entre el cojinete y el diafragma.

En la actualidad existen mecanismos de autoajuste que mantienen constante la distancia anteriormente mencionada.

5 LA CAJA DE CAMBIOS

La caja de cambios es un mecanismo que modifica la velocidad de giro transmitida del motor a las ruedas, adaptando la potencia del motor a las necesidades de conducción. Las marchas cortas proporcionan poca velocidad pero fuerza alta; las marchas largas tienen mayor velocidad pero generan menos fuerza.

5.1 Relación de velocidades en la caja de cambios.

La caja de cambios está constituida por varias parejas de engranes que generan diferentes reducciones (disminución de velocidad de giro, generando aumento de par), como resultado de dividir el número de vueltas que da el primer piñón, llamado conductor ya que es el que transmite el movimiento, por las que da el piñón conducido o piñón que recibe el movimiento. La mayor reducción de velocidad es la conocida como primera marcha, la cual generalmente se encuentra en una relación entre 3,5:1 y 4,5:1, lo que significa que por cada vuelta de la rueda, el cigüeñal habrá girado 3,5 o 4,5 vueltas respectivamente. La siguiente reducción es llamada segunda, y así sucesivamente hasta llegar a una cuarta o quinta. La quinta marcha no es una reducción, sino una multiplicación y por esto se la conoce como superdirecta. La cuarta relación por lo general tiende a ser 1:1, por lo que se la conoce como directa.

El cambio de marcha se lo debe realizar tomando en cuenta los valores de par máximo y de potencia máxima. Por ejemplo en la figura siguiente (Gráfico 2), si al aumentar el par resistente, las revoluciones bajan hasta 3200, se debe realizar el cambio a una marcha más corta o inferior, ya que es en este punto donde se obtiene el valor máximo de par motor. Por el contrario, si al vehículo se lo acelera hasta alcanzar las 6000

revoluciones por minuto, se debe cambiar a una marcha superior o más larga, ya que es en este punto donde la curva de potencia de dicho motor alcanza su máximo valor. “Para obtener el máximo rendimiento, el motor debe funcionar entre el régimen de máximo par y máxima potencia.” (CEAC, 2004, pg. 549)

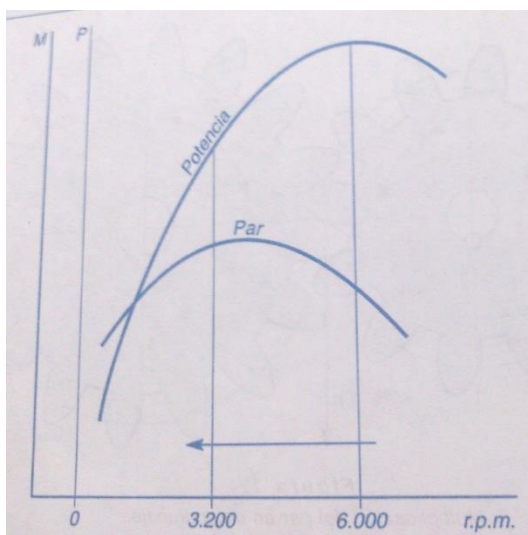


Gráfico 2: Curva par y potencia para un determinado motor.⁵⁶

Las cajas de cambios han ido sufriendo cambios constantemente hasta llegar a obtener la utilizada actualmente en todos los vehículos con caja de cambios manual: la caja de cambios sincronizada.

5.2 Composición de la caja de cambios.

La caja de cambios de mayor uso, es la caja de cambios de 3 ejes. El eje primario es el que recibe el movimiento del cigüeñal ya que la punta de dicho eje va acoplada al volante del motor. El eje secundario es el eje del que se da la salida de movimiento hacia la transmisión, diferencial y por último, a las ruedas, multiplicando o desmultiplicando las revoluciones provenientes del eje primario. Un tercer eje llamado intermediario es el

⁵⁶ CEAC; Manual CEAC del automóvil, 2004.

encargado de comunicar al primario con el secundario. Todos los ejes se apoyan a la carcasa de la caja por medio de cojinetes o rodamientos de bolas.

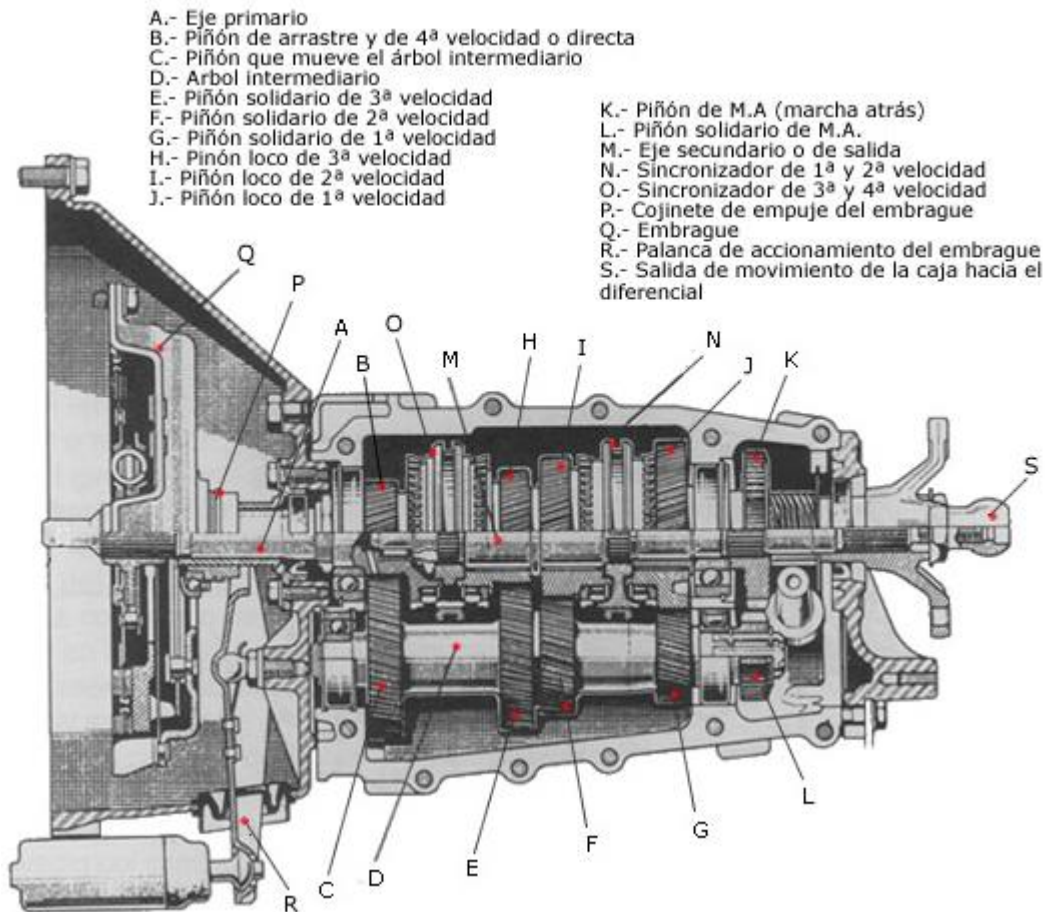


Imagen 51: Sección de una caja de cambios de 3 ejes.⁵⁷

El eje primario posee un piñón de arrastre, el cual engrana en forma constante con un piñón del eje intermediario, adicionalmente el eje intermediario posee solidarios a él tres piñones para las diferentes marchas y un cuarto para la marcha hacia atrás o retro.

El eje secundario posee cuatro piñones locos (no solidarios a él) para las diferentes marchas, en constante contacto a los piñones solidarios al eje intermediario y un quinto piñón, este si solidario al eje, para la marcha en reversa. Los piñones locos montados en el secundario, transmitirán el movimiento a dicho eje, cuando cualquiera de ellos se convierta

⁵⁷ www.aficionadosalamecanica.net

en solidario a él, acoplándose con la ayuda del elemento llamado sincronizador. Un cubo sincronizador acoplará la primera y segunda marcha, mientras que el segundo cubo sincronizador acoplará la tercera y cuarta marcha.

Las distintas relaciones de velocidad, se obtendrán con la activación de las diferentes combinaciones de engranes con sus respectivos números de dientes.

Cuando el conductor acciona la palanca de cambios, un conjunto de varillas y acoples generarán movimiento en la horquilla, desplazando los distintos cubos de sincronización para hacerlos engranar con los piñones de las diferentes marchas.

PRIMERA VELOCIDAD.- El movimiento del sincronizador de 1ra y 2da hacia la derecha, generará enclavamiento en el piñón correspondiente a la primera velocidad, haciéndolo solidario al eje secundario, transmitiendo su giro. En esta velocidad obtendremos el máximo par y la mínima velocidad.

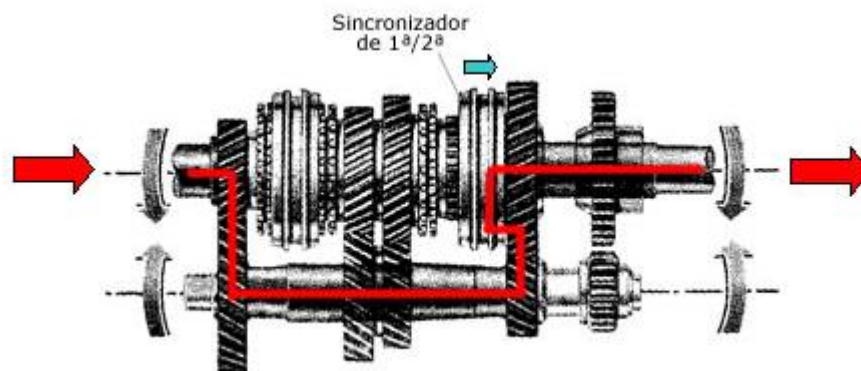


Imagen 52: Acople de primera velocidad en la caja de cambios. ⁵⁸

SEGUNDA VELOCIDAD.- El movimiento del sincronizador de 1ra y 2da hacia la izquierda, generará enclavamiento en el piñón correspondiente a la segunda velocidad, haciéndolo solidario al eje secundario, transmitiendo su giro. Obtendremos una reducción

⁵⁸ www.aficionadosalamecanica.net

de revoluciones menor que en la primera velocidad, haciendo que el par disminuya pero la velocidad aumente.

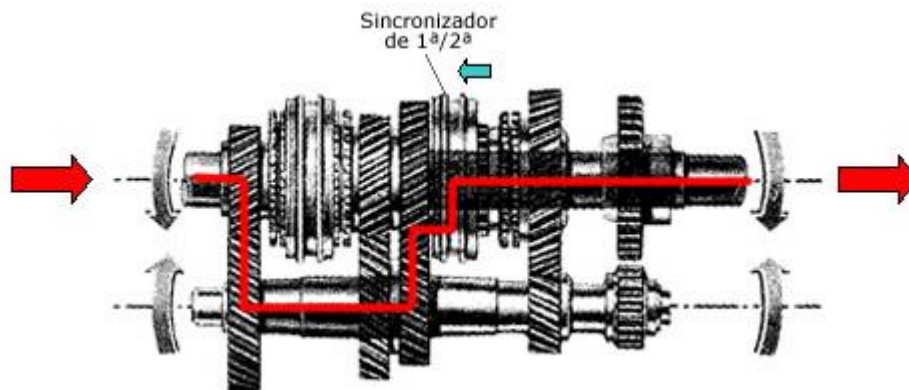


Imagen 53: Acople de segunda velocidad.⁵⁹

TERCERA VELOCIDAD.- El movimiento del sincronizador de 3ra y 4ta hacia la derecha, generará enclavamiento en el piñón correspondiente a la tercera velocidad, haciéndolo solidario al eje secundario, transmitiendo su giro. Obtendremos un par menor y mayor velocidad que en la marcha anterior.

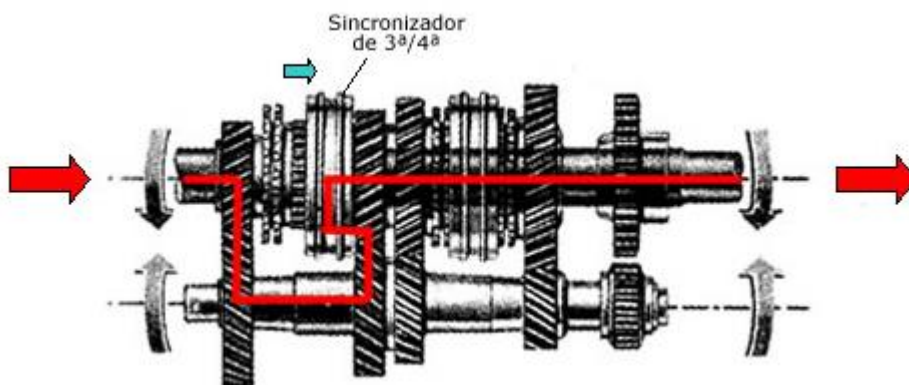


Imagen 54: Acoplamiento de tercera velocidad.⁶⁰

Cuarta Velocidad: El movimiento del sincronizador de 3ra y 4ta hacia la izquierda, generará enclavamiento en el piñón de arrastre correspondiente a cuarta velocidad del eje primario, haciéndolo solidario al eje secundario, transmitiendo su giro. En este caso no

⁵⁹ www.aficionadosalamecanica.net

⁶⁰ www.aficionadosalamecanica.net

interviene el eje intermediario. Obtendremos una conexión directa, lo que generará que no exista reducción de revoluciones, dando una relación 1:1, la velocidad que sale del motor, es la misma que la que sale de la caja de cambios.

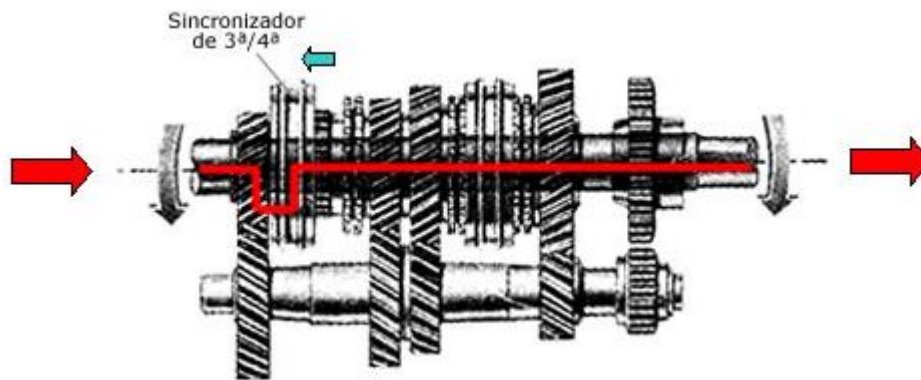


Imagen 55: Acople de cuarta marcha. ⁶¹

Marcha atrás: En este caso, un piñón adicional es desplazado, cuyos dientes no son helicoidales sino rectos, engranando con el quinto piñón ubicado tanto en el eje intermediario como en el secundario, generando una nueva relación que invierte el sentido de giro del secundario respecto al primario.

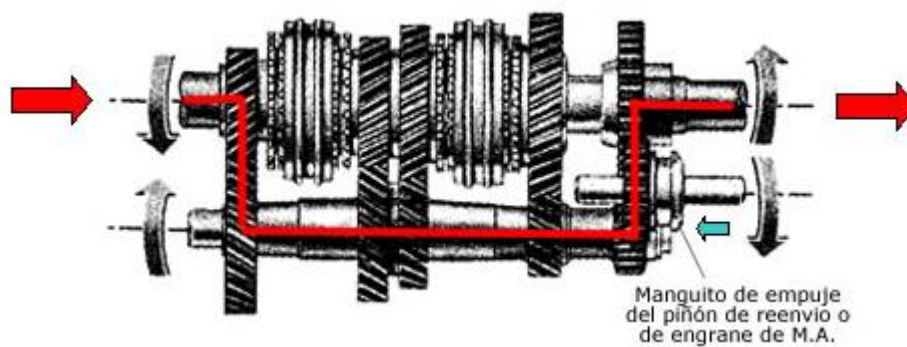


Imagen 56: Acoplamiento de los piñones para reversa. ⁶²

⁶¹ www.aficionadosalamecanica.net

⁶² www.aficionadosalamecanica.net

5.3 Sincronizadores:

Son acoplamientos especiales de fricción, dispuestos entre los piñones, que se encargan de igualar sus velocidades antes de que el engranaje se produzca. Los sincronizadores están conformados por un conjunto de piezas: un cuerpo llamado cubo que se desliza sobre el estriado que presenta el eje secundario. En su interior presentan pasajes donde se aloja un resorte y una bola, que se encarga de sujetar a un segundo cuerpo llamado manguito ubicado en el círculo exterior del cubo, engranado mediante dientes internos, el cual también es un cuerpo que deslizará sobre él cubo cuando se ejerza una fuerza que venza la resistencia de los resortes y la bola descienda de su posición. El manguito presenta maquinada en su periferia una acanaladura donde se ubicará la horquilla encargada de dar el movimiento a los sincronizadores, proveniente de la palanca de cambios.

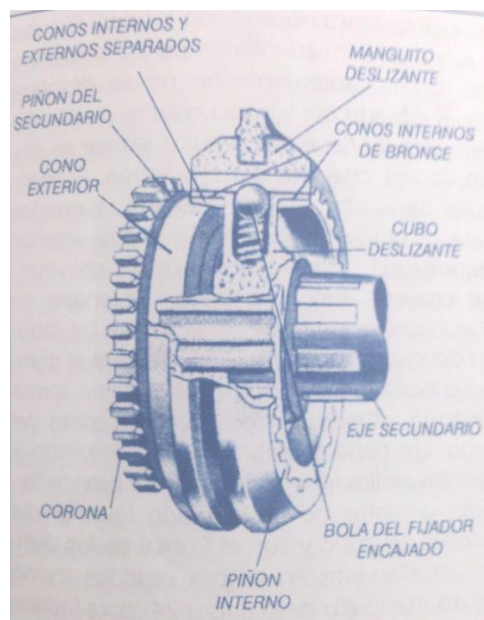


Imagen 57: Composición de un sincronizador.⁶³

⁶³ CEAC, Manual CEAC del automóvil, 2004

5.3.1 FUNCIONAMIENTO DE LOS SINCRONIZADORES:

Cada sincronizador sirve para 2 marchas, a cada lado de este podemos encontrar un piñón de marcha, el cual está constituido por el piñón helicoidal, una corona dentada exterior y un cono macho.

El sincronizador se encuentra en su punto muerto cuando el cubo gira con el secundario y los piñones de las marchas giran locos sobre el eje intermediario. El manguito es empujado por la horquilla hacia uno de los lados, arrastrando al resto del conjunto sobre el estriado del conjunto debido a la bola que fija el conjunto manguito-cubo. Entran en contacto los conos de fricción igualando las velocidades del piñón y del secundario. Al continuar el empuje que genera la horquilla, debido al tope que existe entre los conos, se vence la fuerza de resistencia del resorte, generando que la bola descienda de su posición, liberando al manguito, el cual se acopla con sus dientes interiores en la corona del piñón.

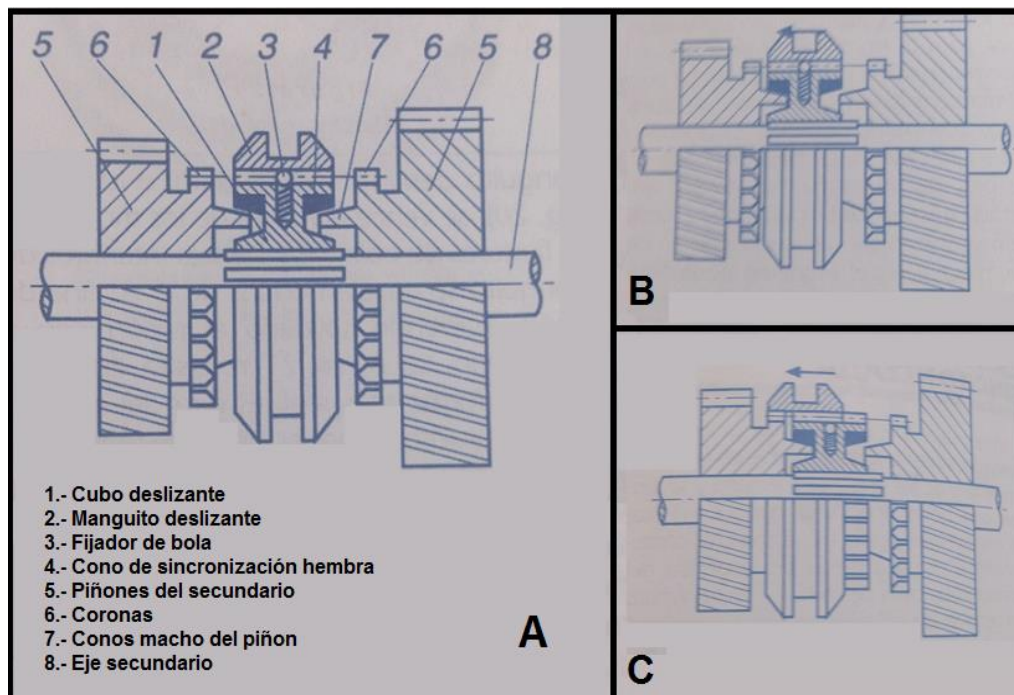


Imagen 58: Funcionamiento del sincronizado: A.- Posición punto muerto; B- Posición de sincronización; C.- Posición de marcha acoplada. ⁶⁴

⁶⁴ CEAC, Manual CEAC del automóvil, 2004.

El funcionamiento descrito anteriormente, es el funcionamiento básico de un sincronizador. A partir de este principio se ha desarrollado otros tipos de sincronizadores que han eliminado los inconvenientes que presentan dichos elementos a altas velocidades.

6 DESARROLLO Y ELABORACIÓN DEL MATERIAL DIDÁCTICO

6.1 Adquisición del motor:

El primer paso para la elaboración de la presente tesis fue la adquisición de un motor del cual se realizaría el material didáctico. El motor fue adquirido gracias a la labor del personal del taller "Servicio Automotriz CM"; se trata de un motor de vehículo Honda con las siguientes características:

Marca	Honda
Modelo	Civic CVCC
Año	1980 Aproximadamente
Cilindraje	1500cc
Disposición y cantidad de cilindros	4 cilindros en línea
Tipo de alimentación de combustible	Por carburador.

Tabla 2: Características del motor utilizado para la elaboración del material didáctico.

Se trata de un motor especial de la armadora Honda debido a que fue el primero en incorporar 3 válvulas en cada cilindro: una válvula de admisión, una válvula de escape y una tercera válvula adicional de admisión, la cual es utilizada para el ingreso de la mezcla aire combustible en una pre-cámara de combustión diseñada en la culata del motor. A este sistema de distribución se lo conoce como CVCC (Compound Vortex-Controlled Combustion) que significa "combustión controlada por vórtice compuesto".

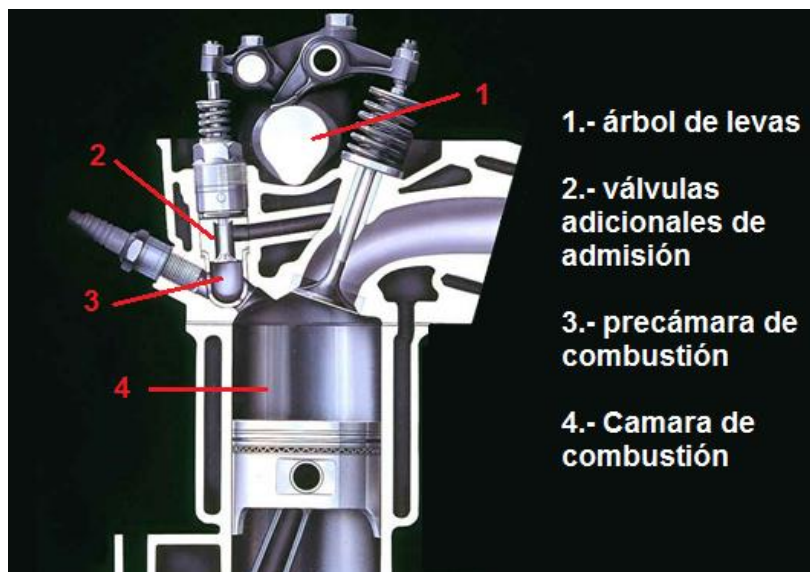


Imagen 59: Sistema CVCC de Honda. ⁶⁵

Dicho motor contaba con todos los componentes necesarios para complementar la elaboración del material didáctico, como son: embrague, caja de cambios, carburador, distribuidor, motor de arranque, alternador, múltiple de admisión, múltiple de escape.

El motor, como se observa a continuación, en la foto 13, fue adquirido totalmente desarmado, con la finalidad de comprobar la presencia de todos los componentes que conforman al mismo.



Foto 13: Motor Honda totalmente desarmado.

⁶⁵ http://www.1stgencivic.com/1stgeneration_civic/models_what_is_cvcc.htm

Para el desarrollo de la parte práctica de la presente tesis de grado, fue necesario encontrar establecimientos, los cuales cubran todas las necesidades para el correcto desarrollo del trabajo como son: herramienta especializada, espacio físico para trabajo y almacenamiento, condiciones seguras de trabajo. Se dispuso en total, de 2 diferentes lugares en los cuales se realizó las diferentes actividades relacionadas a la elaboración del material didáctico:

- Servicio Automotriz "CM", donde se realizaron actividades de mecánica automotriz y pintura principalmente.
- Empresa "Recubrimiento Electrostático en Polvo (REP)", cuyo propietario es el Ing. Mario Rueda, donde se elaboraron actividades de corte, adaptaciones especiales, fabricación del soporte para el material didáctico, pintura y armado final.

6.2 Armado inicial del motor.

En la primera etapa de trabajo, fue necesario armar por completo el motor, con la finalidad de poder determinar las zonas correctas en las cuales se pueda realizar los cortes que permitan observar el funcionamiento de los diferentes componentes y sistemas del motor. Para esto se utilizó las siguientes herramientas:

- Juego de rachas y copas.
- Juego de llaves de tuercas.
- Juego de llaves hexagonales.
- Faja para anillos de pistón.
- Playo.
- Desarmadores.



Foto 14: Vista del lado izquierdo Motor Honda completamente armado.

6.3 Determinación de las zonas para realización de cortes.

Una vez armado en su totalidad el motor, se realizó un estudio para poder determinar las áreas por donde se realizaría los cortes, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Se debe observar el trabajo y movimiento de todos y cada uno de los principales mecanismos del motor, pero realizando la menor cantidad de cortes posible.
- No dañar ningún componente del motor.
- Evitar cortar las zonas donde se asientan o aseguran los componentes principales del motor.
- Tener cuidado especial en el caso de los elementos roscados.

Las principales zonas de análisis fueron el bloque motor y la culata, ya que es en estos dos elementos donde se ubican los componentes principales de un motor de combustión interna a gasolina: pistones, cigüeñal, válvulas, entre otros.

6.3.1 Bloque motor:

En el caso del bloque, los principales componentes que deben quedar descubiertos para poder observar su ubicación y funcionamiento son: cilindros, pistones, bielas, cigüeñal, cojinetes, volante, cámaras de enfriamiento de los cilindros.

En el lado derecho del bloque de cilindros se encontraba, como se observa en la foto 15, el cuerpo del colector de escape, razón por la cual si se realizaba el corte en este lado, quedarían ocultos los componentes internos del bloque, anteriormente mencionados. Por tal motivo se decidió eliminar la parte izquierda del bloque de cilindros.



Foto 15: Vista del lado derecho del motor completamente armado.

El corte no podía ser realizado en la zona media del bloque de cilindros ya que esto generaría que no exista ajuste del pistón al momento en que este realice su movimiento alternativo en el cilindro, ya que tendría tendencia a salirse del mismo. El mismo problema se generaría en el cigüeñal y los cojinetes. Adicionalmente no se tendría clara observación de las cámaras de enfriamiento de los cilindros. Por este motivo se desplazó la línea por donde se realizaría el corte.

6.3.2 Culata:

En el caso de la culata, se debía realizar cortes mediante los cuales quede visible en su totalidad la cámara de combustión. Igualmente se debía poder observar el movimiento de las válvulas, tanto de admisión como de escape, para los diferentes ciclos de trabajo del motor. Para que esto sea posible, el corte necesariamente debía ser realizado en el lado derecho de la culata ya que las válvulas se ubican a este lado. Realizando de manera adecuada dicho corte, se podría observar también los conductos por donde circula el líquido refrigerante y el aceite lubricante, así como los conductos tanto de admisión de la mezcla aire combustible, como los gases producto de la combustión, ya que los colectores se encuentran al mismo lado (lado izquierdo).

Como se mencionó al inicio de este capítulo, un componente especial que se encuentra en los motores honda CVCC es una tercera válvula de admisión y una cámara de precombustión. Al encontrarse estos elementos en el lado izquierdo del motor, se debía realizar un segundo corte en el lado izquierdo de la culata, para que dichos elementos queden visibles. Aprovechando este corte, y realizándolo de manera correcta, se podría generar un área de observación donde se pueda apreciar en su totalidad la cámara de combustión.



Foto 16: Delimitación de zonas de corte en la culata.

6.3.3 Cárter:

Para la delimitación de la zona de corte en el caso del cárter, únicamente debía tenerse en consideración que debía estar a la misma altura de la zona donde se realizaría el corte del bloque motor para así permitir una visual completa del área donde va alojado el cigüeñal. Con este corte se garantizaría adicionalmente la visualización de la bomba de aceite en conjunto con la rejilla de filtración de partículas.

6.3.4 Carcasa de la caja de cambios:

Para la determinación de la zona donde se realizaría los cortes en la caja de cambios, primeramente fue necesario desarmarla por completo, para que una vez la carcasa de la caja se encuentre separada, poder encontrar el lugar preciso para el corte, con la finalidad que puedan ser observados todos los componentes que conforman este mecanismo con su respectivo funcionamiento. Se debía tener una consideración adicional de cuidar la pared que existe en dicho elemento donde se sujetan los rodamientos para los ejes de la caja.



Foto 17: Zonas para corte en la carcasa de la caja de cambios.

Adicionalmente se debía realizar un segundo corte en el área de la carcasa que va unida al bloque motor para alojar al mecanismo de embrague y volante del cigüeñal, con la finalidad de observar también a dichos componentes.

6.3.5 Colectores de admisión y escape

Los colectores de admisión y escape están conformados por una serie de tubos y/o canales por donde circula la mezcla aire combustible, así como los gases producto de la combustión respectivamente. En este caso se debía realizar un corte en cada uno de los colectores donde se pueda apreciar dichos conductos, los cuales deben encontrarse ubicados a la misma altura del corte elaborado en la culata que permite observar el conjunto de las válvulas de admisión y de escape, para de esta manera obtener una mejor visual de todo el conjunto: válvulas, conductos del cabezote y canales de los múltiplos de admisión y escape.

6.3.6 Distribuidor:

En este elemento es de gran importancia poder observar el mecanismo que controla el corte de corriente, así como las levas para distribuir la corriente a los diferentes cilindros.

6.3.7 Motor de arranque:

En dicho elemento se deberá realizar un corte mediante el cual se pueda observar los elementos que intervienen en el accionamiento y desacople al momento de realizar el encendido del motor.

6.3.8 Bomba de agua:

En este mecanismo es de gran importancia el poder observar las paletas que al girar impulsan el agua, enviándola a todos los conductos de refrigeración del motor.

6.4 Elaboración de cortes.

Una vez analizados los diferentes lugares donde los cortes debían ser realizados en cada uno de los elementos, se procedió con la realización de los mismos, para lo cual se empleó diferentes máquinas y herramientas las cuales detallamos a continuación:

6.4.1 Sierra de Mano:

La sierra de mano fue utilizada para realizar cortes en los elementos de tamaño pequeño, así como para realizar cortes de pequeñas longitudes en componentes grandes, tomando en cuenta el tipo de material a ser cortado que fue principalmente aluminio. Los cortes realizados con esta herramienta se detallan a continuación:

- Corte en la culata del motor para observación de válvulas.
- Corte en una de las tapas o sombrerete de bancada.
- Corte en la carcasa del motor de arranque.
- Corte en el colector de admisión.
- Corte en cárter.
- Corte en la tapa del distribuidor.



Foto 18: Cortes realizados por medio de sierra de mano.

6.4.2 Disco de corte:

Este elemento fue utilizado para la realización de cortes en elementos de tamaño mediano, en conjunto con una amoladora, facilitando la realización de los mismos y disminuyendo el tiempo de realización. Los cortes fueron los siguientes:

- Corte en el bloque motor, en la zona donde se aloja la bomba de agua.
- Corte en la carcasa de la caja de cambios en la zona donde se ubica el embrague.
- Corte en la carcasa de la caja de cambios en la zona donde se observa piñones y árboles de transmisión.
- Corte en el múltiple de escape.



Foto 19: Cortes realizados por medio de disco de corte.

6.4.3 Sierra de cinta:

Esta máquina fue utilizada principalmente para la elaboración de cortes rectos de gran dimensión. La necesidad de utilización de esta máquina fue únicamente para el corte principal que se realizó en el bloque motor.



Foto 20: Corte realizado por medio de sierra de cinta.

6.4.4 Fresadora:

Esta máquina herramienta fue utilizada para la realización de cortes en zonas inclinadas y de difícil acceso para las herramientas anteriormente utilizadas. Principalmente se la utilizó para realizar los cortes en la culata, los cuales permiten visualizar es su totalidad a la cámara de combustión.

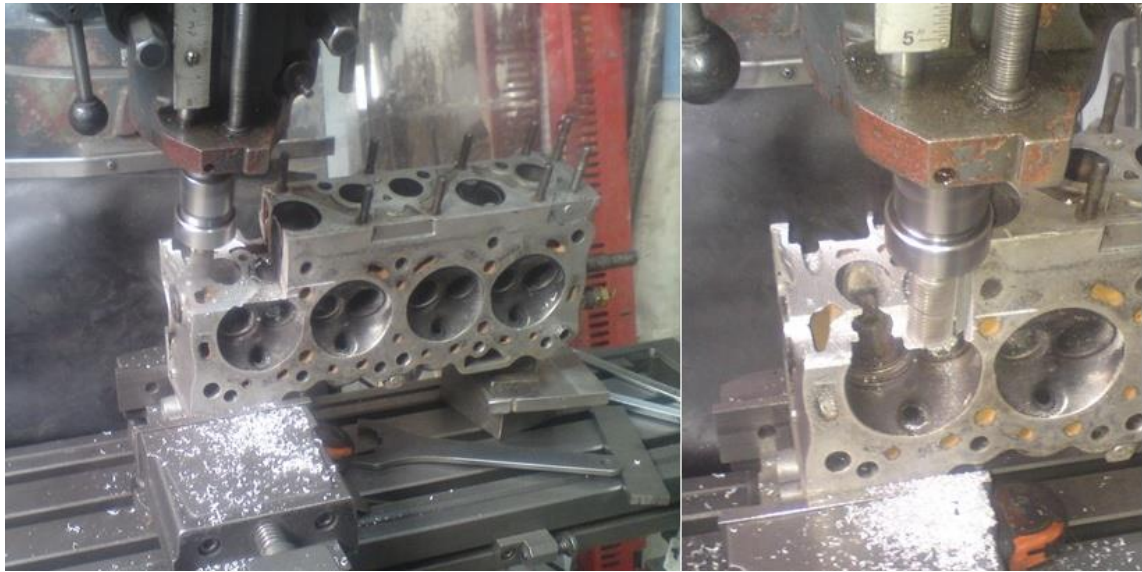


Foto 21: Cortes realizados en fresadora.

6.5 Limpieza de Componentes.

Como se puede observar en las fotos 13, 15 y 17, los componentes del motor inicialmente se encontraban en mal estado en lo referente a limpieza. Para la elaboración del material didáctico, principalmente en lo referente al momento de pintar, es de gran importancia que los componentes se encuentren totalmente libres de suciedad, óxido y grasa.

Para la limpieza de las piezas del motor se utilizaron varios medios, dependiendo principalmente el grado de suciedad y contaminación presente en cada una de ellas. Los métodos de limpieza empleados fueron los siguientes:

6.5.1 Limpieza mediante gasolina y thinner:

La mayor parte de componentes fueron lavados con gasolina. Se utilizó adicionalmente una brocha o un cepillo metálico para el caso de suciedad más impregnada. En algunos componentes se utilizó también una pistola para pulverizar gasolina a presión en la superficie de los componentes y de esta manera eliminar la contaminación en las zonas de difícil acceso.

6.5.2 Limpieza mediante arenado o granallado:

El granallado es una técnica de tratamiento superficial por impacto, en este caso de arena, con el cual se puede lograr un excelente grado de limpieza y simultáneamente una correcta terminación superficial. En líneas generales es utilizado para:

- Limpieza de piezas de fundición ferrosas y no ferrosas, piezas forjadas, etc.
- Limpieza y preparación de superficies donde serán aplicados revestimientos posteriores (pintura, cauchos, etc.)



Foto 22: Componentes contaminados.



Foto 23: Componentes después del proceso de limpieza.

6.6 Pintura de componentes.

Como se mencionó en la introducción del presente trabajo, uno de los principales objetivos en la elaboración de este material didáctico es que los estudiantes puedan conocer los diferentes elementos presentes en un motor de combustión interna de cuatro tiempos. Para esto es de gran importancia diferenciar cada uno de los componentes mediante el uso de varios colores.

Las herramientas que se utilizaron para el proceso de pintura de componentes fueron las siguientes:

- Pintura de tipo esmalte automotriz (varios colores).
- Thinner.
- Pistola neumática del tipo por gravedad.
- Compresor.

- Brochas.
- Pinceles.
- Guaipes.
- Cinta adhesiva.

Una vez que los elementos se encuentran totalmente libres de contaminación, polvo, grasa, aceite, entre otros; se da inicio al procedimiento de pintura.

1. En los elementos que van a ser pintados se debe primeramente cubrir con cinta adhesiva las zonas donde no se desea que la pintura sea aplicada.



Foto 24: Cubrimiento de zonas donde no se aplica pintura.

2. Aplicar fondo para pintura automotriz y dejar secar.



Foto 25: Aplicación de fondo para pintura automotriz.

3. Realizar la mezcla de pintura con thinner, en una proporción aproximada de 1:1, lo que significa que se debe aplicar thinner en la misma cantidad de

pintura, hasta llegar a un punto donde la pintura presente una consistencia bastante disuelta, lo cual se comprueba cuando al presionar el mando de la pistola, existe un rocío uniforme, sin presencia de zonas con acumulación o goteo.

4. Aplicar una primera capa del color de pintura final del componente, utilizando la pistola de pintura por gravedad y dejar secar.
5. Aplicar una segunda capa de pintura utilizando la pistola de pintura por gravedad, con el color final para el componente y dejar secar.

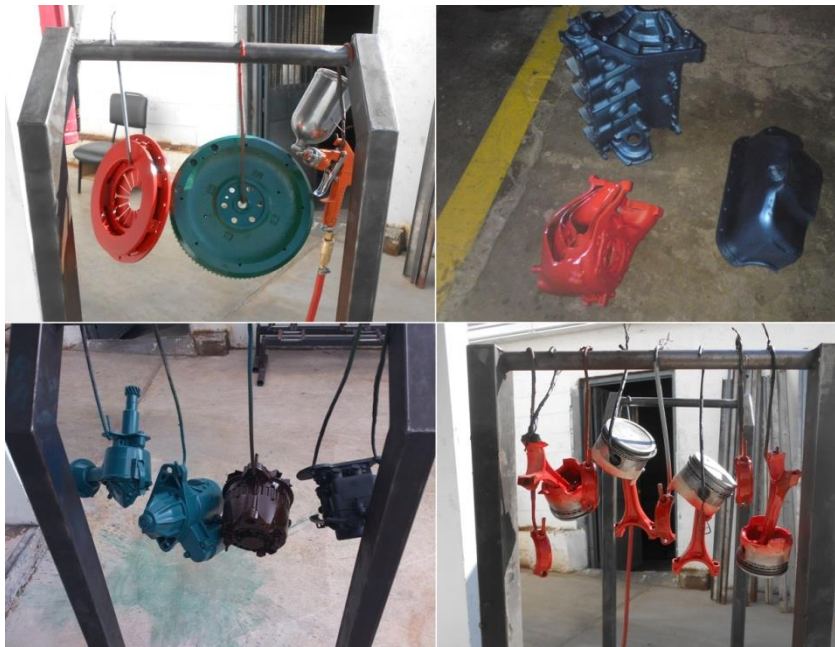


Foto 26: Aplicación de pintura y secado.

6. Cubrir fallas con el uso de pinceles o brochas, dependiendo del área de la zona donde se encuentra la falla.



Foto 27: Zonas con presencia de fallas.

7. De existir zonas en las cuales se realizó cortes, pintar dichas áreas con un color determinado, el cual debe ser diferente al resto de colores utilizados.

Al existir un alto número de componentes a ser pintados, se necesitó de varios días para terminar el proceso de pintura.

Color	Componentes
Azul Perlado	Bloque motor
Café	Alternador, cárter
Azul Cadete	Distribuidor, motor de arranque
Anaranjado	Árbol de balancines, balancines, bielas, tapas de biela, múltiple de escape
Verde	Poleas, volante del cigüeñal
Azul	Múltiple de admisión, árbol de levas, Cigüeñal y tapas de bancada. Zonas de corte del múltiple de escape.
Negro	Carburador
Rojo	Áreas o zonas donde se realizaron cortes.

Tabla 3: Colores utilizados para la pintura de los diferentes elementos.

6.7 Elaboración de soporte.

Para poder observar el funcionamiento del motor didáctico de cuatro tiempos, es necesario que el mismo se encuentre correctamente posicionado, a una altura adecuada y bien nivelado. Adicionalmente debe contar con un mecanismo que nos ayude a trasladarlo

de un lugar a otro, sin exigir la aplicación de fuerzas extremas debido al peso que posee. Todo esto se integra al momento de realizar el soporte que sostendrá al motor, el cual también nos será de gran ayuda para el momento de realizar el armado final.

El soporte del motor fue fabricado en tubo cuadrado de 1 pulgada. Su diseño es en forma de I en la base, lo cual contribuye a generar una alta resistencia para soportar el peso del motor. El diseño en la base en forma de I facilita la incorporación de cuatro garruchas móviles mediante las cuales se podrá fácilmente trasladar al material didáctico de un lugar a otro. Desde su base se levantan dos parantes, uno en la esquina y otro en el centro, en los cuales se ajustará al motor mediante pernos. En el primer parante irá sujeto el bloque del motor con la ayuda de dos pernos en la zona frontal del mismo, mientras que al segundo parante irá sujeta la carcasa de la caja de cambios, de igual manera mediante dos pernos.

Una vez se verificó que el soporte garantizaba la fijación de todo el motor, se procedió a pintarlo en color rojo.



Foto 28: Comprobación inicial de soporte para motor.

6.8 Adaptaciones realizadas.

Con la finalidad de poder ubicar la mayor parte de componentes posibles que intervienen en el funcionamiento de un motor automotriz a gasolina, fue necesario realizar algunas adaptaciones en algunos elementos para poderlos fijar al motor didáctico.

6.8.1 Adaptación del Alternador:

Los soportes donde se ubica el alternador, se encontraban en la zona frontal del bloque motor, zona que fue eliminada al realizar el corte principal del bloque. Por este motivo, al alternador se lo debió ubicar en la zona del cabezote, realizando una adaptación para poder fijarlo y que la polea encargada de generar su movimiento quede alineada con la polea del cigüeñal.

6.8.2 Adaptación del distribuidor:

En el caso del distribuidor, se realizó una segunda adaptación, implementando un bocín mediante el cual uno de los pernos del cabezote fije la platina de ajuste del distribuidor al cuerpo del cabezote. De esta manera el piñón helicoidal ubicado en el extremo del árbol de levas, engranará correctamente con el piñón ubicado en la zona inferior del eje del distribuidor, generando el giro del rotor.

6.8.3 Adaptación de manivela en la polea del cigüeñal.

Con la finalidad de generar el movimiento giratorio que haga funcionar a todo el material didáctico, fue necesario fabricar y acoplar una manivela al volante del cigüeñal, la cual al ser accionada por la fuerza de una persona, generará el movimiento que hará trabajar a todo el motor. Para esto fue necesario soldar una placa desde el perno de ajuste de la polea, hasta una de sus ranuras y colocar en ella un perno que haga la función de tope para que de esta manera el movimiento pueda ser generado.



Foto 29: Adaptación de manivela en polea del cigüeñal.

6.9 Ensamblaje final.

Una vez que los componentes se encuentran correctamente pintados y el diseño del soporte es el correcto, podemos proceder a realizar el armado final del motor, siguiendo el orden detallado a continuación:

6.9.1 Ensamblaje del bloque motor:

El primer paso es introducir los rines o aros en cada uno de los pistones. Luego se debe colocar en las bielas los pernos de biela y sus respectivos cojinetes, haciendo coincidir la hendidura de la biela, con el relieve del cojinete. Después, con ayuda de la faja para pistones, se comprime a los aros para poder introducir los pistones, en conjunto con las bielas, en los cilindros. Dicho proceso debe realizarse introduciendo desde la parte superior del bloque primeramente a la biela y posteriormente al pistón. Vale la pena mencionar que los pistones tienen lado de introducción. Una forma de saber si el lado es el correcto, es que los orificios para lubricación de las bielas deben ir hacia atrás.

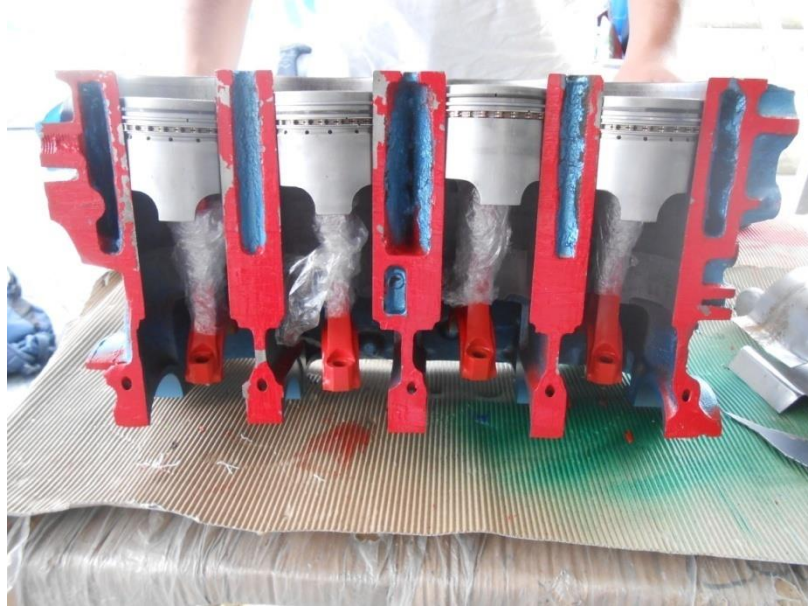


Foto 30: Armado de pistones y bielas.

Después debemos colocar al bloque motor de cabeza para colocar en los soportes de bancada a los cojinetes para poder situar sobre ellos al cigüeñal. Colocamos los cojinetes en las tapas de bancada y procedemos a asegurar el cigüeñal con sus respectivas tapas. El mismo procedimiento realizamos con las bielas, asegurándolas con sus respectivas tapas y colocando las correspondientes tuercas en los tornillos de biela.

En la zona frontal del bloque motor (zona de ubicación de las poleas de transmisión) tendremos una parte del eje cigüeñal que quedará saliente, donde vamos a ubicar el piñón que transmite el movimiento giratorio a la distribución, con su respectivo reten de aceite, después la polea de distribución, con su respectivo chavetero y el perno de fijación.

En la cuarta tapa de bancada existe un eje donde deberemos ubicar la bomba de aceite, asegurándola con sus respectivos pernos.



Foto 31: Polea y piñón de transmisión. Bomba de aceite.

En el extremo del cigüeñal, opuesto a la polea, ubicar el sello de aceite y posteriormente ubicar el volante del cigüeñal en el pin donde deberá ir ubicado el orificio presente en el volante. Una vez ubicado correctamente se deberá asegurar mediante los pernos correspondientes. En la base inferior del bloque de cilindros ubicar el cárter y asegurarlo con los pernos correspondientes.

Todo el conjunto ubicar en el soporte del motor, asegurándolo con dos pernos en el parante esquinero.



Foto 32: Bloque motor en soporte con volante de masa

Ubicar la bomba de agua en el respectivo alojamiento del bloque motor, asegurándola con sus respectivos pernos (observar foto 12 como referencia).

6.9.2 Ensamblaje del conjunto embrague y caja de cambios:

Una vez ubicado el conjunto del bloque motor en el soporte, ubicar el plato de embrague y colocarlo en el alojamiento existente en el volante de masa. Ubicar después el diafragma y ajustarlo en el volante de masa con los pernos correspondientes, sin apretar totalmente. Centrar el plato de embrague, alineando la ranura existente en el centro del mismo, con la ranura ubicada en el volante de masa. Una vez que dichos elementos se encuentren correctamente alineados, proceder a ajustar totalmente los pernos del diafragma. Los componentes deben ir alineados para que el eje de la caja de cambios pueda ingresar y acoplarse fácilmente.



Foto 33: Componentes del embrague alineados al volante.

Introducir el rodamiento del embrague en el eje de la caja de cambios, verificar que el mismo quede posicionado detrás de la palanca de empuje. Ubicar la caja de cambios en el bloque introduciendo el eje de la misma en la cavidad del plato de embrague y del cigüeñal. Una vez que se encuentre correctamente ubicado, ajustar con los pernos correspondientes. Ubicar el motor de arranque en el alojamiento correspondiente y con el

perno pasante ajustar el mismo al bloque motor y a la caja de cambios. Ajustar la caja de cambios al soporte mediante los pernos correspondientes, en el parante central del eje.



Foto 34: Bloque en conjunto con caja de cambios y embrague en soporte.

6.9.3 Ensamblaje del cabezote:

Posicionar el árbol de levas en la parte superior de la culata. El árbol asienta en dos soportes que sirven como soporte de giro. Colocar en el extremo derecho (el que NO posee piñón) el retén. Ubicar el eje de balancines sobre el árbol y ajustarlo con los pernos correspondientes, desde el centro hacia los costados, alternando el ajuste en cada lado.

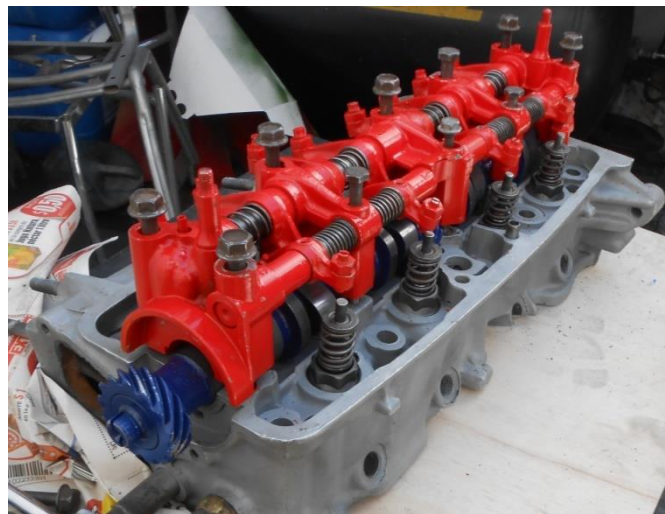


Foto 35: Culata con árbol de levas y eje de balancines.

En el árbol de levas, en el lado opuesto a donde se ubica el piñón, ubicar en la ranura del extremo el chavetero, colocar la polea del árbol introduciendo la ranura de la misma en el chavetero. Colocar la rodela de ajuste y el perno correspondiente para asegurar la polea al árbol.



Foto 36: Polea del árbol en cabezote.

Colocar el empaque de cabezote sobre el bloque motor. Todo el conjunto del cabezote ubicarlo sobre el empaque en el bloque motor y asegurarlo mediante los pernos de culata, ajustando los mismos desde el centro hacia los extremos, alternando su ajuste.

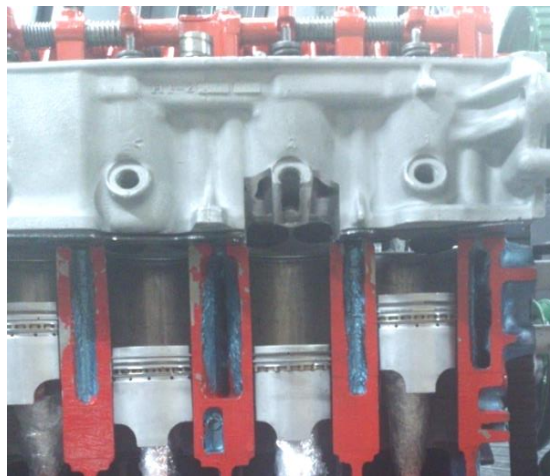


Foto 37: Conjunto cabezote ubicado sobre bloque motor.

6.9.4 Ensamblaje de colectores:

Realizar la unión entre el múltiple de admisión y el múltiple de escape, ubicando el primero sobre el segundo y asegurándolos mediante los pernos correspondientes. Ubicar en los espárragos salientes de la culata el empaque que separa a la culata de los múltiples. Posteriormente ubicar el conjunto anteriormente ensamblado en los espárragos de la culata, sobre el empaque y asegurarlos mediante las tuercas correspondientes. Introducir en los espárragos del múltiple de admisión el empaque del soporte del carburador y posteriormente ubicar el soporte.



Foto 38: Armado de colectores de admisión y escape.

6.9.5 Sincronización de válvulas:

El movimiento de los pistones debe ir equiparado con la apertura de las válvulas para poder tener un correcto funcionamiento del motor didáctico. Por este motivo se debe sincronizar el giro del cigüeñal con la apertura de las válvulas en los diferentes movimientos de ascenso y descenso del pistón. Para esto, en la zona del cabezote, la polea presenta una marca de una flecha, la cual debe coincidir con la marca, también de una flecha, ubicada al lado de la polea, en el cuerpo de la culata como se observa en la foto 39.

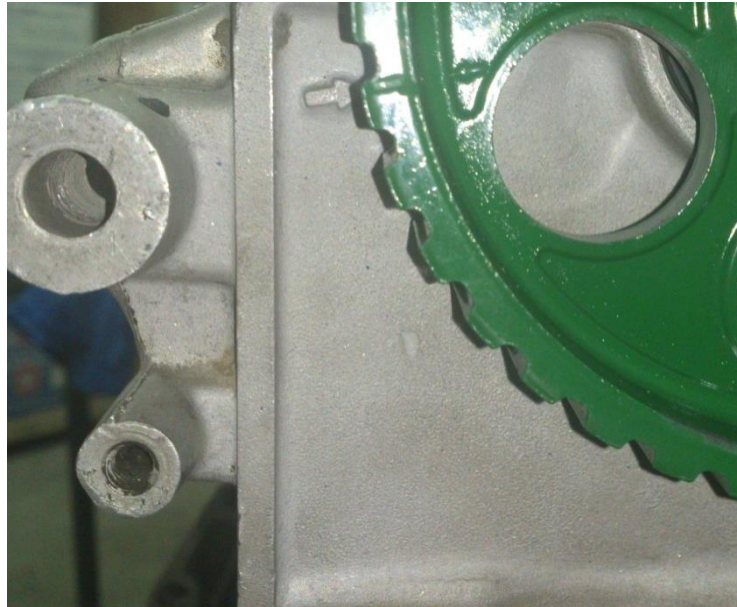


Foto 39: Sincronización de elementos en la culata.

Una vez que estos elementos se encuentren alineados, el siguiente paso es ubicar al pistón número uno (de derecha a izquierda), en el punto muerto superior. Cuando se cumpla este requisito, podremos ubicar la correa de transmisión en la polea del cabezote y en el piñón de transmisión del árbol de levas. Luego de esto, con ayuda del templador, procederemos a tensar la correa para asegurar que la misma no salga de su posición y exista una correcta transmisión de giro.



Foto 40: Ubicación del templador.

6.9.6 Ensamblaje de adicionales:

CARBURADOR.- Colocar sobre el soporte del carburador, el respectivo empaque. Una vez colocado dicho elemento, introducir el carburador en los espárragos del colector de admisión, sobre el empaque, y fijarlo con las tuercas correspondientes.

DISTRIBUIDOR: Ubicar la platina de fijación del distribuidor, sobre el orificio con el bocín donde se aloja el perno del cabezote. Ubicar el perno y ajustar, verificando que el piñón del distribuidor, engrane correctamente con el piñón saliente del árbol de levas. Colocar la tapa del distribuidor sobre el mismo y ajustarla mediante las vinchas correspondientes.

ALTERNADOR Y CORREA.- Ubicar el alternador en el orificio de la zona frontal derecha del cuerpo de la culata, pasar el perno de ajuste y hacerlo girar sin generar aún el ajuste final. Colocar la correa que transfiere el movimiento desde la polea del cigüeñal, pasándola por la polea de la bomba de agua y finalmente ubicarla en la polea del alternador. Haciendo palanca en este último elemento, tensar la correa para proceder a ajustar el perno del alternador.

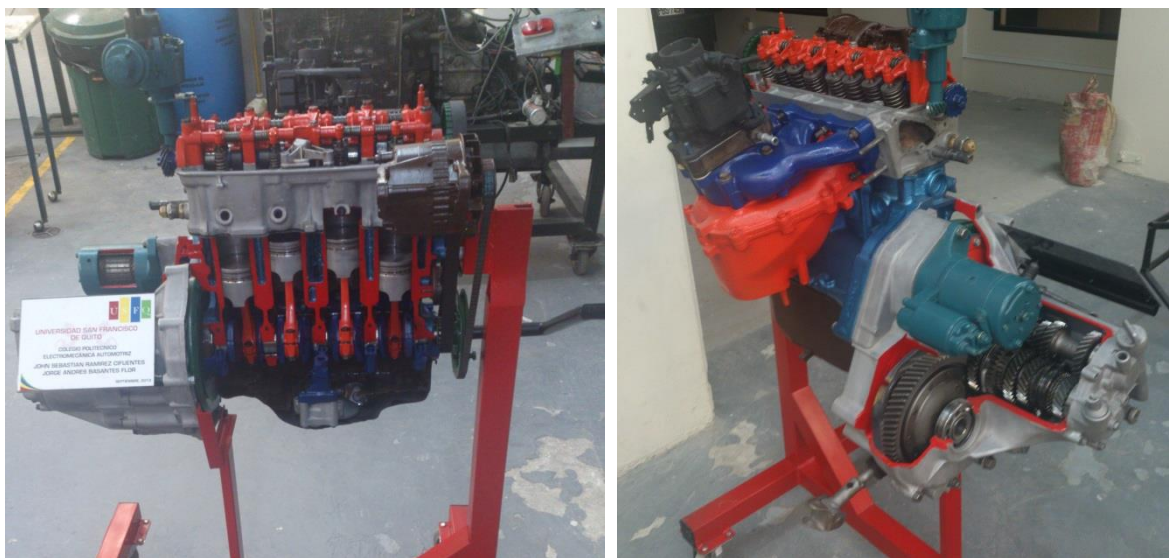


Foto 41: Proyecto final.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

7.1 Conclusiones:

Luego de concluir con la elaboración del material didáctico en un motor de gasolina de 4 tiempos podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- El motor es el elemento fundamental para el funcionamiento del vehículo. El presente trabajo ha sido realizado para facilitar el estudio del mismo, comprender su funcionamiento, conocer sus componentes fundamentales así como los sistemas que lo complementan.
- El desarrollo de este trabajo nos ha ayudado a comprender en un mayor grado todo lo referente al motor de combustión interna a gasolina de 4 tiempos, así como sus diferentes componentes, sistemas adicionales y funcionamiento de todo el conjunto.
- Mediante la utilización del presente material didáctico, los estudiantes serán capaces de conocer todos y cada uno de los elementos que conforman un motor de combustión interna de 4 tiempos a gasolina, la caja de cambios, el embrague, el sistema de distribución, el sistema de encendido, el sistema de lubricación y el sistema de refrigeración.
- El implementar junto con el motor de 4 tiempos, material didáctico del sistema de embrague y caja de cambios, será de gran ayuda al momento de estudiar el funcionamiento de los mismos ya que podremos observar el trabajo que realizan en conjunto con el motor así como cada uno de los componentes que conforman dicho sistema.
- Los motores automotrices, día a día van incorporando sistemas que ayudan a mejorar su rendimiento, tratando de sacar el máximo provecho de la

energía generada y evitando mal funcionamiento. Sin embargo, el principio de funcionamiento de todo motor es el mismo que el del motor que ha sido utilizado para la realización del presente proyecto. Por este motivo estamos seguros que será de gran beneficio para varias generaciones futuras que desarrollaran sus estudios en la Universidad San Francisco de Quito.

- La utilización de pintura de varios colores en los diferentes elementos que conforman el motor de combustión, ayuda a que el motor sea más didáctico facilitando la comprensión del trabajo que realizan todos y cada uno de dichos componentes.
- Para que los componentes y funcionamiento de este material didáctico puedan apreciarse fácilmente, es necesario que el soporte donde irá ubicado el motor tenga dimensiones adecuadas así como puntos de fijación que no afecten la visualización de sus elementos y del trabajo que realiza cada uno. De igual manera debe existir un correcto análisis al momento de elegir el material del cual será fabricado dicho soporte.
- Al realizar los diferentes cortes en el motor varios soportes de fijación de algunos componentes debieron ser eliminados con la finalidad de obtener una visualización clara del funcionamiento del motor. Por este motivo fue necesario la realización de adaptaciones para de esta manera poder fijar correctamente a todos los elementos.

7.2 Recomendaciones:

- A pesar que el funcionamiento del motor no se encontrará sometido a altas revoluciones, es necesario lubricar constantemente los elementos móviles

del motor y sistemas adicionales, principalmente cojinetes, paredes de cilindro, árbol de levas y engranes o piñones de la caja de cambios.

- Para garantizar un correcto funcionamiento del presente material didáctico, es recomendable mantenerlo aislado de cualquier fuente de contaminación que pueda generar daños en los componentes: polvo, agua, entre otros.
- En caso de que exista la necesidad de desarmar el material didáctico, cualquiera fuese la razón, es necesario seguir un orden de desmontaje para no tener inconvenientes posteriormente. De igual manera garantizar el correcto almacenaje e identificación de los componentes.
- Existen varios talleres especializados en una sola marca de vehículo los cuales nos pueden ayudar como guía en caso de necesitar un determinado componente o en caso de necesitar información respecto al motor del presente trabajo de tesis.
- Para la elaboración de un material didáctico que ayude a visualizar y comprender el funcionamiento de cualquier tipo de sistema del vehículo, es necesario que todos los componentes, tanto internos como externos puedan ser visibles. Por este motivo, de ser necesaria la realización de cortes en dicho sistema, los cortes deben ser correctamente implementados, realizando los respectivos análisis previos para determinar las zonas más apropiadas para realizar dichos cortes.
- Existe un tema primordial al momento de realizar un trabajo de tesis práctico: la seguridad industrial. De acuerdo a las condiciones de trabajo que se presenten y la actividad a realizar, siempre debemos tener presente utilizar elemento de protección personal: mascarillas, guantes, ropa de trabajo, gafas de seguridad, entre otros.

- Para la elaboración de trabajos prácticos a ser utilizados en una tesis de grado, se necesita contar con un taller especializado en el tema del cual será desarrollada la tesis para poder obtener la ayuda necesaria en caso de cualquier duda o problema que se presente en el transcurso de la elaboración del mismo. Adicionalmente debe contar con toda la herramienta que sea necesaria para facilitar la ejecución de los diferentes trabajos.
- Teniendo como base el presente motor de combustión interna de 4 tiempos, se debe incentivar a los estudiantes de la carrera a continuar con la elaboración de este tipo de materiales didácticos, referentes a otros tipos de motores o a los diferentes sistemas y mecanismos presentes en el vehículo, para de esta manera contribuir con el aprendizaje de futuras generaciones de estudiantes.

8 BIBLIOGRAFIA:

Alonso Pérez, J. M. (2000). *Técnicas del Automóvil motores*. Madrid: Paraninfo thomas learning.

Arregle, J. (2002). *Procesos y tecnología de máquinas y motores térmicos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

CEAC, E. (2004). *Manual CEAC del automóvil*. Barcelona: Ediciones CEAC.

Company, F. M. (2013). *Ford*. Retrieved from corporate.ford.com

Crouse, W. (1993). *Mecánica del automóvil, Volumen I*. Barcelona: Marcombo.

Crouse, W. (1996). *Motores de Automóvil: construcción, funcionamiento y mantenimiento* (Cuarta edición ed.). Mexico D.F.: Alfaomega.

Dietsche, K.-H., & Bosch, R. (2005). *Manual de la técnica del automóvil 4ta Edición*. Alemania: Reverte.

Domínguez Soriano, E. J., & Ferrer Ruiz, J. (2008). *Mecánica del vehículo*. Madrid: Edítex.

España, G. d. (n.d.). *Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado*. Retrieved from <http://www.ite.educacion.es/es/recursos>

Fernández Pérez, P. (2007). *Del metal al motor, innovación y atraso en la historia de la industria metal-mecánica española*. Bilbao: Fundacion BBVA.

Gil Martínez, H. (1999). *Manual del Automovil, reparación y mantenimiento, motores de gasolina*. Madrid: Cultural S.A.

Jóvaj, M. S., & Máslov, G. (1985). *Motores de automóvil*. Editorial Pueblo y educación. Lobecor. (2013). Retrieved from www.lobecor.com

Meganeboy, D. (2013). *Aficionados a la Mecánica*. Retrieved from www.aficionadosalamecanica.net

Slide Share. (2013). Retrieved from www.slideshare.net

Taller Virtual. (n.d.). Retrieved from <http://www.tallervirtual.com>

9 GLOSARIO DE TÉRMINOS:

ESTANQUEIDAD: (pg. 23, 31, 43) El concepto de estanqueidad es una propiedad de estanco e indica la impermeabilidad de una estructura o mecanizado dado para evitar la entrada o salida de un fluido.

GASOLINA (pg. X, 2, 4, 7, 16, 18, 21, 50, 51, 52, 53, 84, 93, 99, 108, 109, 113) Es un líquido muy volátil, derivado del petróleo, utilizado como combustible en motores de combustión interna.

HIDROCARBURO (pg. 7) Es un compuesto químico formado por una cadena de átomos de Carbono e Hidrógeno.

HORQUILLA (pg. 71, 72, 76, 79, 80) Pieza u objeto que tiene forma de Y, sirve generalmente para sujetar o sostener.

KEVLAR (pg. 71) Fibra artificial, ligera, robusta y con gran resistencia al calor.

METANO (pg. 7) Gas incoloro, inodoro y muy inflamable, que constituye el principal componente del gas natural; procede de la descomposición de sustancias orgánicas: el metano se utiliza como combustible y en la elaboración de productos químicos y químicamente es el alcano más sencillo que existe. Su formula es CH₄.

POLÍMERO (pg. 41) Sustancia química constituida por moléculas o grupos de moléculas (monómeros) que se repiten y están unidos entre sí formando cadenas: el caucho y el plástico son polímeros.

RUPTOR (pg. 3, 55, 56) Es un dispositivo para la apertura y cierre de un circuito eléctrico de una manera sucesiva y continua.