



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN

REMANUFACTURA MECÁNICA DE MOTORES DE  
COMBUSTIÓN INTERNA RECIPROCANTES A GASOLINA.

## **TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**PRESENTA**

HELY ESPINOSA GONZÁLEZ

ASESOR

ING. SERGIO ÁNGEL LOZANO CARRANZA

MÉXICO 2012.





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## AGRADECIMIENTOS

A mi familia, que siempre ha confiado en mí y que de una u otra manera ha hecho más fácil este camino.

A mamá y papá, que me dieron la vida, sus enseñanzas y su amor y se han esforzado en darme la mejor herencia: mi educación.

A mis hermanos mayores, que fueron mi ejemplo a seguir.

A mis hermanas, por su solidaridad y su cariño.

A Guadalupe, por su amor y por toda esa paciencia para conmigo.

Al Ing. Lozano, por su amistad, sus consejos, por compartir sus amplios conocimientos y su experiencia en Remanufactura y por aceptar dirigir esta tesis.

A mis compañeros, por su amistad y su experiencia.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	7
OBJETIVO.	8
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.	9
1.1. TIPOS DE MOTORES.	9
1.2. COMPONENTES.	13
1.2.1. TAPA DE VÁLVULAS.	13
1.2.2. CABEZA O CULATA.	14
1.2.3. MONOBLOCK O MONOBLOQUE.	15
1.2.4. CIGÜEÑAL.	16
1.2.5. PISTONES.	17
1.2.6. BIELAS.	17
1.2.7. ÁRBOL DE LEVAS.	18
1.2.8. DISTRIBUCIÓN.	18
1.2.9. CÁRTER.	20
1.3. DISPOSICIÓN DE LOS CILINDROS.	21
1.4. DISPOSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS.	26
1.4.1. OHV (OVER HEAD VALVE).	26
1.4.2. S/D OHC (SIMPLE/DOUBLE OVER HEAD CAMSHAFT).	26
CAPÍTULO II. FALLAS DE MOTOR.	29
2.1. EL MOTOR NO ARRANCA.	29
2.1.1. FACTORES EXTERNOS	29
2.1.2. FACTORES INTERNOS.	31
2.2. EL MOTOR NO SE PARA (MOTORES CON CARBURADOR).	31
2.3. PRESENCIA DE HUMOS.	32
2.4. RUIDOS ANORMALES.	33





CAPÍTULO III. DESGLOSE DE PIEZAS INTERNAS REMANUFACTURABLES.	36
3.1.    TAPA DE VÁLVULAS.	36
3.2.    CABEZA.	36
3.3.    MONOBLOCK.	37
3.4.    CIGÜEÑAL.	38
3.5.    BIELAS.	38
3.6.    ÁRBOL DE LEVAS.	39
3.7.    PIEZAS NO REMANUFACTURABLES.	39
CAPÍTULO IV. REMANUFACTURA DE PIEZAS.	41
4.1.    CILINDROS Y PISTONES.	41
4.1.1.    DESGASTE Y OVALADO DE CILINDROS.	44
4.1.2.    MONTAJE DE LOS MOTORES PARA EL MAQUINADO.	45
4.1.3.    RECTIFICADO EN SOBREMEDIDA.	50
4.1.4.    BRUÑIDO DE CILINDROS.	55
4.1.5.    ENCAMISADO.	59
4.1.5.1.    ENCAMISADO PARA REDUCIR EL DIÁMETRO DE LOS CILINDROS A FIN DE AJUSTAR PISTONES.	66
4.1.6.    PISTONES MOLETEADOS.	66
4.2.    CABEZA O CULATA.	69
4.2.1.    RECTIFICADO DE SUPERFICIE.	69
4.2.1.1    MONTAJE.	72
4.2.1.2    CORROSIÓN POR ACCIÓN GALVÁNICA.	75
4.4.2.    ASIENTOS DE VÁLVULAS.	79
4.2.3.    VÁLVULAS.	81
4.2.4.    CALIBRADO DE VÁLVULAS Y PUNTERÍAS.	82



4.2.5.	GUÍAS DE VÁLVULAS.	86
4.3.	CIGÜEÑAL.	88
4.3.1.	REALINEADO DE CIGÜEÑAL.	90
4.3.2.	RECTIFICADO DE CIGÜEÑAL.	91
4.4.	MONOBLOCK.	91
4.4.1.	RECTIFICADO DE SUPERFICIE DE MONOBLOCK.	93
4.4.2.	ENCAMISADO DE CILINDROS.	93
4.4.3.	RECTIFICADO DE LOS BORDES DE LAS CAMISAS.	94
4.4.4.	AJUSTE DEL CLARO ENTRE PUNTAS DE LOS ANILLOS.	96
4.4.5.	REDUCCIÓN DE LA DISTANCIA DE COMPRESIÓN DE LOS PISTONES.	98
4.4.6.	CAMBIO DE BUJES DE ÁRBOL DE LEVAS, ÁRBOLES AUXILIARES Y BARRAS DE BALANCEO.	99
4.5.	BIELAS.	100
4.5.1.	BIELAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CIGÜEÑAL.	100
4.5.2.	SISTEMAS DE FABRICACIÓN: FORJADO Y SINTERIZADO.	101
4.5.3.	RECTIFICADO DE ALOJAMIENTO DE BIELA.	103
4.5.4.	RECTIFICADO DE BUJES DE BIELA.	104
4.6.	ENSAMBLE.	105
4.6.1.	ASENTADO DE CIGÜEÑAL.	105
4.6.2.	ENSAMBLE BIELA-PERNO-PISTÓN.	109
4.6.2.1.	AJUSTE CON INTERFERENCIA.	109
4.6.2.2.	AJUSTE FLOTANTE.	110
4.6.2.3.	ORIENTACIÓN BIELA-PISTÓN.	111
4.6.3.	ENSAMBLE ANILLO-PISTÓN.	113



4.6.3.1.	RECUBRIMIENTOS DE LOS ANILLOS.	115
4.6.3.2.	CLARO ENTRE PUNTAS Y REVISIÓN DE ANILLOS.	116
4.6.3.3.	COLOCACIÓN DE LOS ANILLOS.	117
4.6.4.	INSERCIÓN DE LOS PISTONES EN LOS CILINDROS Y ENSAMBLE BIELA-CIGÜEÑAL.	120
4.6.5.	ENSAMBLE MONOBLOCK-CABEZA.	121
4.6.6.	DISTRIBUCIÓN.	126
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.		133
5.1.	ECONÓMICAS.	133
5.2.	TEMPORALES.	133
CAPÍTULO VI. ANEXOS.		135
6.1.	TABLAS DE UN MANUAL DE REPARACIÓN DE MOTORES.	135
6.2.	ACABADO SUPERFICIAL EN BRUÑIDO DE CILINDROS.	140
6.3.	PRESUPUESTOS DE UNA CASA RECTIFICADORA EN EL D.F. PARA RECONSTRUIR DISTINTOS MOTORES.	141
6.4.	TABLA DE APLICACIONES Y DATOS TÉCNICOS PARA COJINETES, BUJES Y ARANDELAS DE MOTOR.	CD
6.5.	TABLA DE APLICACIONES DE VÁLVULAS Y DATOS TÉCNICOS DE CABEZAS DE MOTOR.	CD
6.6.	CATÁLOGO DE APLICACIONES DE PISTONES.	CD
REFERENCIAS.		145



## **INTRODUCCIÓN.**

Remanufactura es restaurar un producto o equipo de modo que funcione de la misma manera que si estuviese nuevo. Esto se logra mediante la reutilización, reacondicionamiento y/o reemplazamiento de sus componentes. A diferencia del reciclaje, que solo se sirve del material o materiales de que un equipo o sus componentes están hechos, en Remanufactura se aprovecha la geometría específica que ya tienen estos equipos y/o componentes.

La reutilización se entiende como el uso de componentes en buen estado, mientras que el reacondicionamiento supone restaurar las partes a una condición funcional y/o satisfactoria mediante diversos procesos.

La Remanufactura tiene beneficios importantes en comparación con la manufactura desde diversos puntos de vista, tales como los económicos, ambientales y legales. En el caso de los ambientales, es interesante considerar el ahorro en la energía que se utiliza mientras dura el proceso de manufactura, así como la reducción de los desechos que se producen al extraer la materia prima para la fabricación. En el ámbito legal, la exigencia cada vez mayor de que los fabricantes se responsabilicen del ciclo de vida de sus productos a fin de disminuir la necesidad de abrir mayor cantidad de vertederos de basura. En cuanto a los factores económicos, si la inversión que se requiere para restaurar un ensamble (para que funcione como nuevo) es pequeña, el costo de las partes remanufacturadas es mucho menor que el costo de otras nuevas y así, es posible obtener mejores ganancias que si se hubiesen reciclado las piezas (por su pequeño valor como material).



## **Objetivo.**

El presente trabajo tiene como finalidad ser un documento de referencia para reconstructores, rectificadores, mecánicos de motores de combustión interna recíprocos a gasolina, jefes de mantenimiento y propietarios de motores que requieren conocer las razones por las que estos equipos fallan, y cómo se reconstruyen, apegándose a los factores (medidas) de diseño original.

Es bien sabido que en México, la mayoría de las personas que se dedican a rectificar o reconstruir este tipo de motores, lo han aprendido de forma empírica, lo que no es malo en absoluto aunque muchas veces puede llegar a ser insuficiente. En ese sentido, se buscará llenar esos huecos para servir de apoyo a la gente que presta ese tipo de servicios.



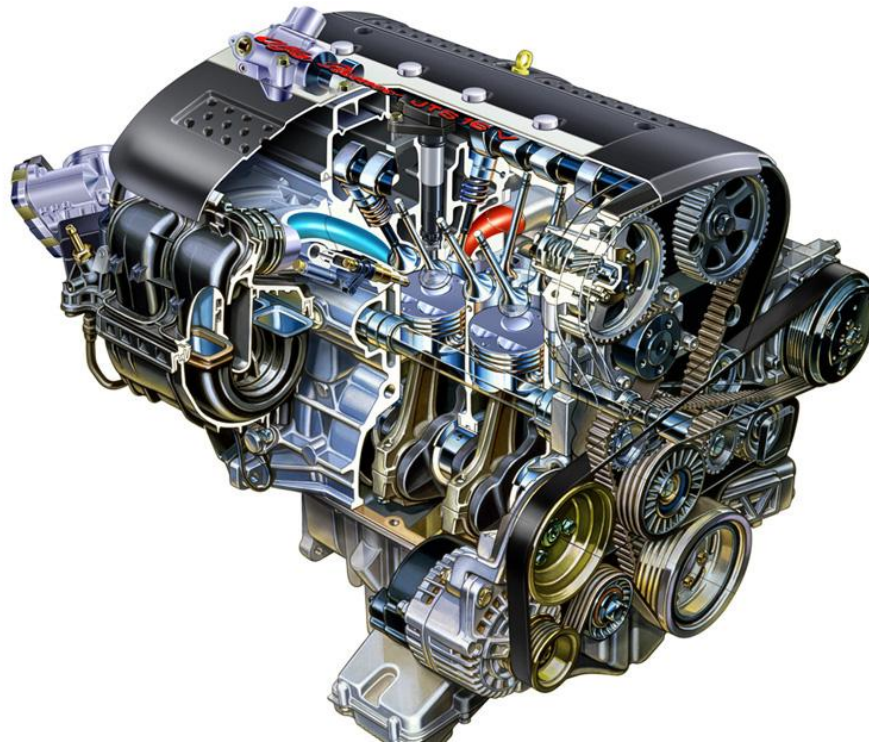
## **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.**

El motor es una fuente de energía mecánica. Es una máquina capaz de convertir la energía calorífica generada en su interior en energía mecánica que, dependiendo como se utilice, puede impulsar desde una pequeña motocicleta hasta grandes barcos, pasando por la generación de electricidad y las plantas estacionarias e industriales.

### **1.1. TIPOS DE MOTORES.**

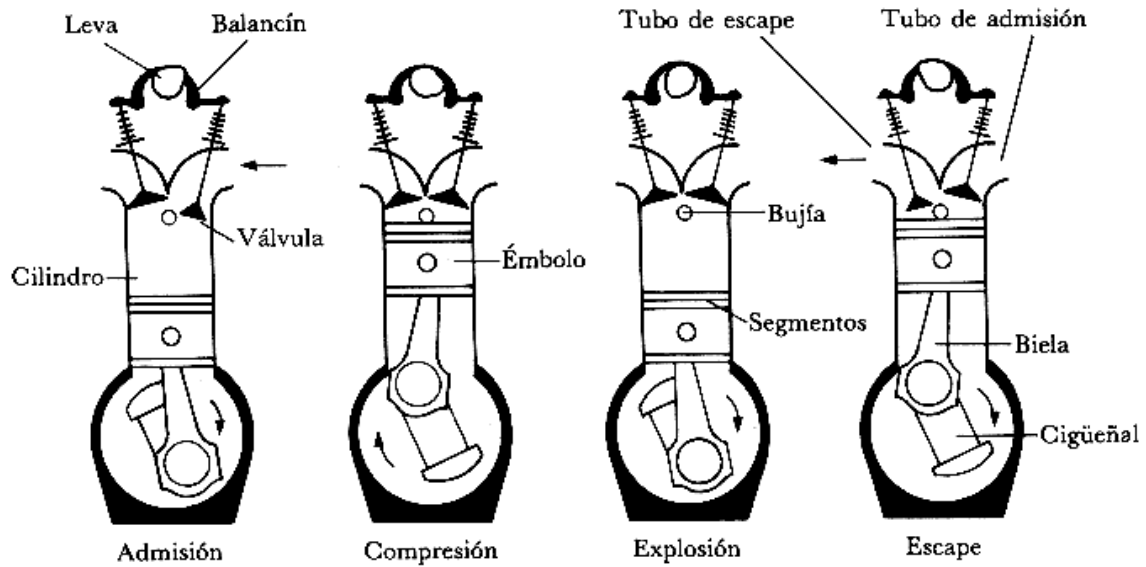
Existen varios tipos de motores que aprovechan la energía calorífica de los combustibles. Primeramente, los motores se clasifican en base al movimiento de su fluido de trabajo a través de la máquina; si el flujo es continuo, lo más probable es que se trata de un motor rotatorio o turbina, la cual puede ser de aviación, de generación o de uso industrial (compresores, bombas). Cuando el fluido de trabajo no se mueve dentro de la máquina de manera continua sino a intervalos, se dice que es de desplazamiento positivo. A esta clase de máquinas pertenecen los motores reciprocantes o alternativos, cuyo rasgo particular es la existencia de dos puntos cuya aceleración es cero. De este tipo son los motores de vapor de las primeras locomotoras, la mayoría de los motores de los coches, los motores de los primeros aviones.

Los motores rotatorios y los reciprocantes, a su vez se subdividen en función del fluido que transporta al calor que ha de transformarse en trabajo. Los exotérmicos (o de combustión externa) son aquellos en los que la combustión se realiza fuera del propio motor, y puede existir un fluido adicional que transporta el calor hacia el motor. El motor de vapor de la locomotora y las turbinas de vapor son ejemplos de esta clase de motores.



**Imagen 1. Motor de combustión interna recíprocante (de movimiento alternativo) a gasolina.**

Los endotérmicos (o de combustión interna) se diferencian de los anteriores en el hecho de que es dentro del motor donde se lleva a cabo la adhesión de calor, y los mismos componentes que se queman (combustible y comburente) conforman el fluido de trabajo. En cuanto al ciclo termodinámico, los motores de combustión interna recíprocantes pueden operar con ciclo Diesel y Otto. Inherente a esto, los combustibles son diferentes, por la ya conocida razón de que los motores de ciclo Diesel son encendidos por compresión (EC) y los de ciclo Otto por chispa (ECh). Si un combustible es carburante (es decir, que puede mezclarse de manera fácil y homogénea con el aire, además de poseer una elevada volatilidad), se emplea en motores de ciclo Otto: alcoholes, gases licuados de petróleo, metano, gasolinas. Si el combustible no es carburante, lo mejor es utilizarlo en motores de ciclo Diesel; tal es el caso del gasóleo.



**Ilustración 1. Ciclo Otto de cuatro tiempos. Solamente en tercer tiempo (explosión/expansión) produce trabajo.**

Aunque mecánicamente son muy parecidos, la remanufactura de los motores a Diesel es más restringida que la de los motores de ciclo Otto, y puede llegar a ser incluso reducida a la sustitución de piezas. Por las características de operación de los motores de ciclo Diesel, tales como altas temperaturas localizadas, relaciones de compresión de hasta 22:1, presiones y vibración, muchas de sus partes donde existe movimiento relativo son endurecidas para prolongar su vida útil. Si estas partes se han gastado y se rectifican, la dureza superficial disminuye drásticamente (hasta cerca de la mitad de su valor inicial) y estas piezas ya no son capaces de cumplir de forma satisfactoria con las exigencias propias del motor, por lo que presentan fallas recurrentes en tiempos demasiado cortos, lo que hace inconveniente la reparación. Es por esta razón que en general, solamente se fabrican refacciones (pistones, camisas, metales de biela, bancada y de árboles de levas) en estándar (medida original) y no en otras medidas.

Los motores que operan con ciclo Otto por lo general no cuentan con endurecimiento superficial en las zonas de rozamiento porque les basta la dureza propia de los materiales





con que las piezas se fabrican<sup>1</sup>; esto tiene una relación directa con las relaciones de compresión, cuyos valores máximos oscilan alrededor de 12:1, y que son significativamente más bajos que en los motores Diesel.

Otra diferencia notoria entre los dos ciclos anteriores, y muy importante en cuanto a la Remanufactura tiene que ver con los cilindros. En los motores Diesel, lo más frecuente es el uso de cilindros flotantes (postizos), mientras que en motores Otto predominan los cilindros formando parte del bloque. Los motores con cilindros postizos están pensados para reducir los costos de reparación, pues cuando se encuentran muy gastados, simplemente se cambian; los cilindros de recambio ya se venden terminados, endurecidos y listos para instalarse. En los motores cuyos cilindros forman parte del monoblock o que son contenidos dentro del cuerpo de fundición (siendo éste de un material diferente), se tiene la opción de rectificar y/o usar camisas (sin terminado) para recuperar los cilindros gastados. Estas camisas son secas, lo que significa que no tienen contacto con el fluido de enfriamiento, sino con las paredes del cilindro.

---

<sup>1</sup> Los cilindros de muchos motores a gasolina fabricados a base de aleaciones de hierro, son del mismo material, y casi todos los monoblocks de aluminio cuentan con camisas de aleaciones de hierro, que en contadas ocasiones se endurecen mediante láser; en el caso de los cigüeñales, no vienen endurecidos, y su dureza superficial no disminuye con el rectificado, que llega a ser de hasta 0.040" diametrales. Los árboles de levas si se endurecen en las superficies de deslizamiento de las levas.

<sup>2</sup> Uno de los motores más sofisticados que existen. Básicamente, consiste en dos motores VR a 72°. No es un motor comercial, y se produce en versiones de 8, 12 y 16 cilindros.

<sup>3</sup> No siempre ha sido así, pues hasta antes de 1950 los motores de ocho cilindros se fabricaban en línea, ya

## 1.2. COMPONENTES.

Los componentes básicos de los motores que esta tesis trata son: tapa de válvulas, cabeza o culata, monoblock o monobloque, cigüeñal, pistones, bielas, árbol de levas, sistema de distribución y cárter.

### 1.2.1. TAPA DE VÁLVULAS.

Cubre por arriba a la cabeza, aislando a los componentes (balancines, árbol de levas, punterías, válvulas, etc.) del ambiente exterior y permitiendo la existencia de una presión menor (creada por la succión de los pistones en el múltiple de admisión) para evitar sobrepresiones de los vapores calientes del aceite; esto se logra mediante la conexión de una manguera entre las cavidades del múltiple de admisión y la tapa, teniendo de por medio una válvula reguladora de condensado (PCV).

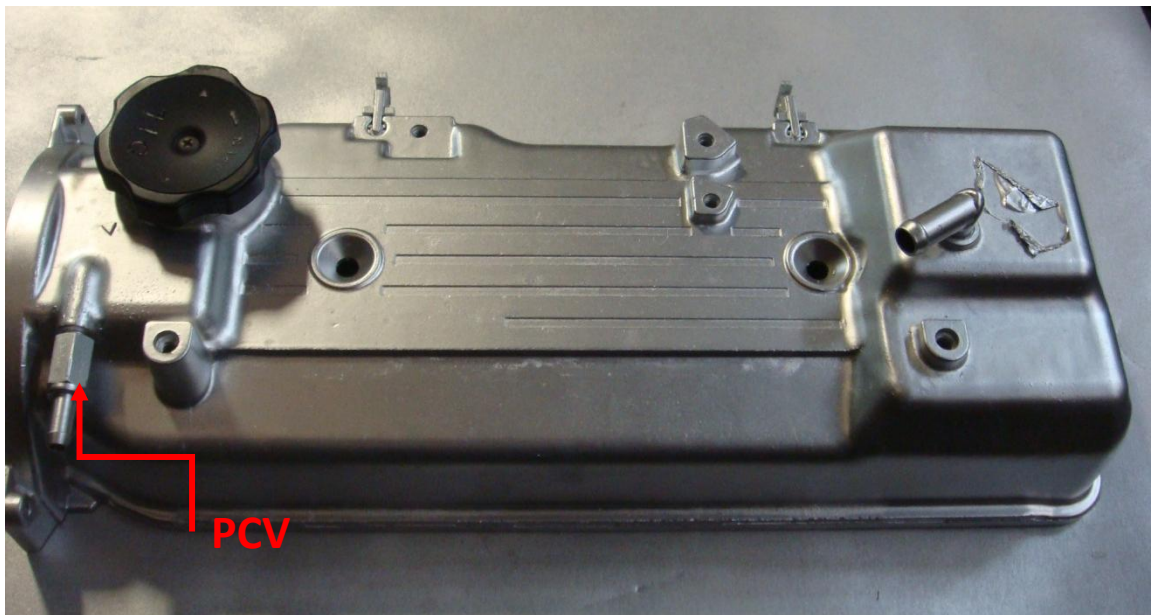


Imagen 2. Tapa de punterías de un motor Mitsubishi 4G64, L4, 2.4 litros, SOHC.

### 1.2.2. CABEZA O CULATA.

Cierra por arriba a los cilindros del monoblock; contiene a las cámaras de combustión, puertos de admisión y escape para la mezcla aire-combustible y gases quemados, respectivamente; aloja el tren valvular, en muchas ocasiones al árbol de levas y cuenta con perforaciones para las bujías, que producen las explosiones al encender mediante un arco eléctrico a la mezcla aire-combustible.



Imagen 3. Cabeza de un motor Chrysler 3.8 litros, V6, OHV.

### 1.2.3. MONOBLOCK O MONOBLOQUE.

Es la pieza central del motor, y sobre ésta se ensamblan todos los demás componentes. Con excepción de los motores enfriados por aire, en los que esta parte se convierte más bien en un cárter, y cuyos cilindros son externos, en el resto de los motores el monoblock aloja a los cilindros. Además, posee conductos para lubricación y enfriamiento, y en la parte inferior (o central en caso de arreglos en bóxer) tiene los alojamientos de bancada, donde el cigüeñal gira.

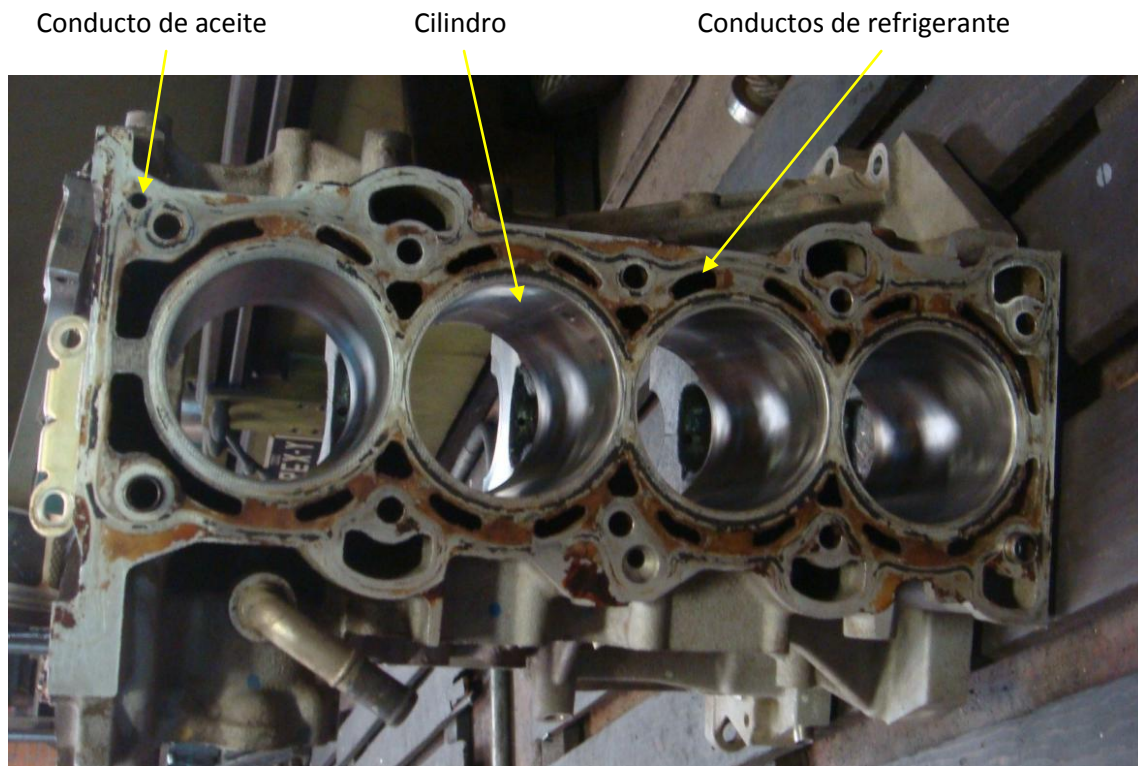
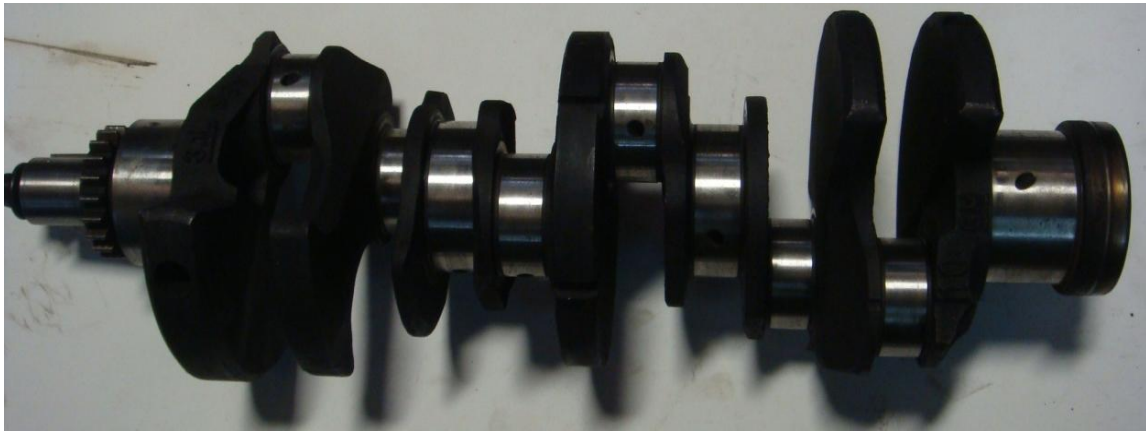


Imagen 4. Bloque de un motor Mazda 2.3 Litros, L4, DOHC.

#### 1.2.4. CIGÜEÑAL.

La pieza clave del motor recíprocante. Convierte el desplazamiento lineal de los pistones dentro de los cilindros en un movimiento circular, mediante unas manivelas. Para que el motor no presente exceso de vibraciones, ya que el movimiento no es precisamente uniforme, los cigüeñales vienen balanceados en conjunto con las bielas y pistones y adicionalmente, llevan acoplado un volante de inercia que suaviza el giro sobre todo cuando los pistones llegan a los puntos muertos.



**Imagen 5. Cigüeñal de un motor General Motors (Chevrolet) 3.1 Litros, V6, OHV. En este modelo la rueda para sensor de posición se localiza bajo la tapa de distribución.**





### 1.2.5. PISTONES.

Son las piezas que reciben el impulso de los gases de explosión. Se mueven dentro de los cilindros de manera lineal. Unos anillos situados en las ranuras de los pistones mantienen confinados a los gases de trabajo.

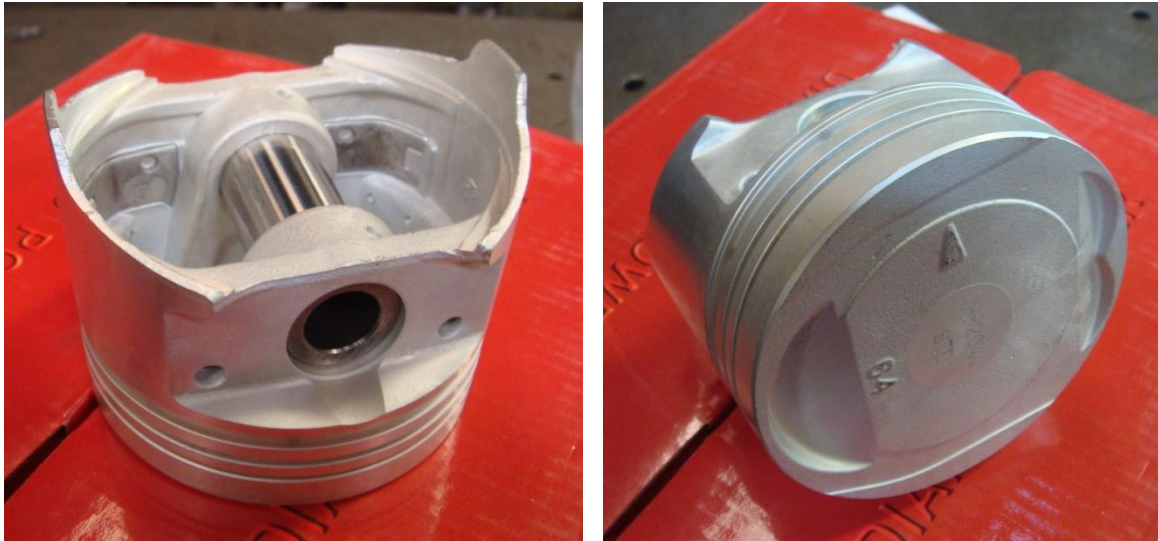


Imagen 6, 7. Vistas de un pistón para un motor Mitsubishi 4G64, 2.4 Litros, L4, SOHC.

### 1.2.6. BIELAS.

El enlace entre pistones y muñones del cigüeñal. El pistón transmite al árbol motor la energía que recibe, por medio de la biela. Esta pieza, define la localización geométrica de la carrera del pistón.



Imagen 8. Biela de un motor Ford Tritón 6.8 Litros, V10, OHV.

### 1.2.7. ÁRBOL DE LEVAS.

Puede concebirse como una flecha, la cual cuenta con varios puntos de soporte, y tiene levas en distintas posiciones que se encargan de impulsar a las válvulas de las cámaras de combustión para abrirlas o cerrarlas, según corresponda.



Imagen 9. Árbol de levas de un motor Ford 3.8 Litros, V6, OHV.

### 1.2.8. DISTRIBUCIÓN.

Es un conjunto de componentes cuyo objetivo es mantener la sincronía entre el desplazamiento angular del cigüeñal (indicador directo de la posición de los pistones dentro de los cilindros) y el giro del árbol de levas.



Imagen 10. Distribución de un motor Jaguar 3.8 Litros, L6, DOHC.





### **1.2.9. CÁRTER.**

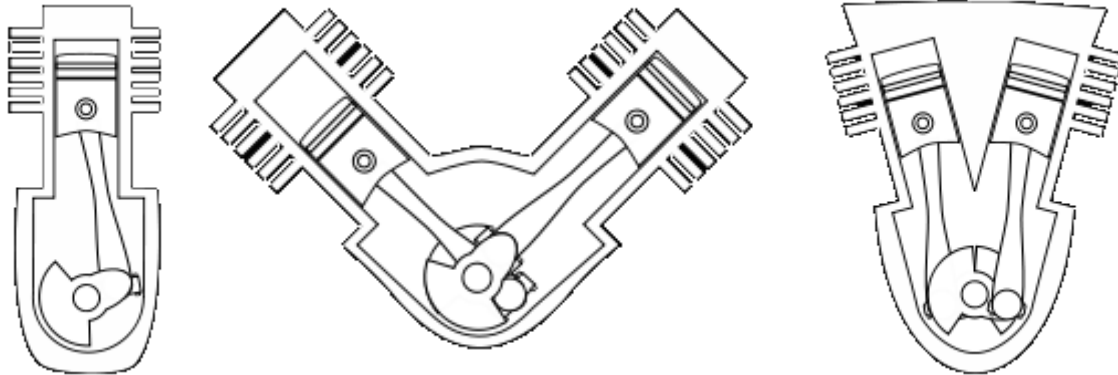
Se piensa, erróneamente, que es solamente el depósito de aceite. Es cierto que su función primordial es contener el lubricante, pero no es la única; sirve además para disminuir la temperatura del aceite, puesto que por el exterior tiene contacto con el aire; muchos cárteres cuentan con una retícula al interior que permite que el aceite de retorno repose y elimine posibles burbujas de aire, y que además retiene residuos que el mismo aceite transporta. Otra de sus funciones es mantener siempre una cantidad suficiente de aceite para que la toma (coladera) y en consecuencia la bomba de aceite, no se desceben y se pierda la presión del lubricante.



**Imagen 11. Cárter de un motor Mitsubishi.**

### 1.3. DISPOSICIÓN DE LOS CILINDROS.

En cuanto a la manera en que los cilindros se disponen, existen motores en línea (L), en “V” (V), en “V” cerrada a 15° (VR), en doble VR<sup>2</sup> (W), en bóxer y en “V” extremadamente abierta (a 180°).



**Ilustración 2. Vista simplificada de la disposición de cilindros. De izquierda a derecha, motor en línea, motor en V y motor en VR.**

Los motores en línea de cuatro (L4) son los más comunes. Generalmente de baja cilindrada y tamaño reducido, se utilizan en coches de muy alta producción (para 5 pasajeros), camionetas de hasta una tonelada de carga y montacargas.

---

<sup>2</sup> Uno de los motores más sofisticados que existen. Básicamente, consiste en dos motores VR a 72°. No es un motor comercial, y se produce en versiones de 8, 12 y 16 cilindros.



**Imagen 12. Bloque de un motor Mitsubishi 4G64, 2.4 Litros, SOHC. Se aprecian los cuatro cilindros.**

Existen motores en línea de tres (L3), de cinco (L5) y de seis (L6); los L3 se usan en vehículos para uso en ciudad, por sus bajas prestaciones y su bajo consumo de combustible; en el caso del L5 y L6, su dificultad radica en que, por su longitud, se coloca transversal al vehículo.





**Imagen 13. Bloque de un motor Jaguar 3.8 Litros, DOHC. Seis cilindros en línea.**

Para aprovechar mejor el espacio, de seis cilindros en adelante, los motores tienen cilindros en V<sup>3</sup>. V6, V8, V10, V12 son ejemplos de estos motores. El ángulo de la V también es importante: 90°, 60°, 72°, 180°, 15°. Estos dos últimos son los casos más especiales de los motores en V.

---

<sup>3</sup> No siempre ha sido así, pues hasta antes de 1950 los motores de ocho cilindros se fabricaban en línea, ya que aún no se inventaba el arreglo en V.



Imagen 14. Bloque (con cigüeñal, bielas, pistones, árbol de levas, distribución y tapa de distribución) de un motor Chrysler 3.8 OHV. Seis cilindros en V.

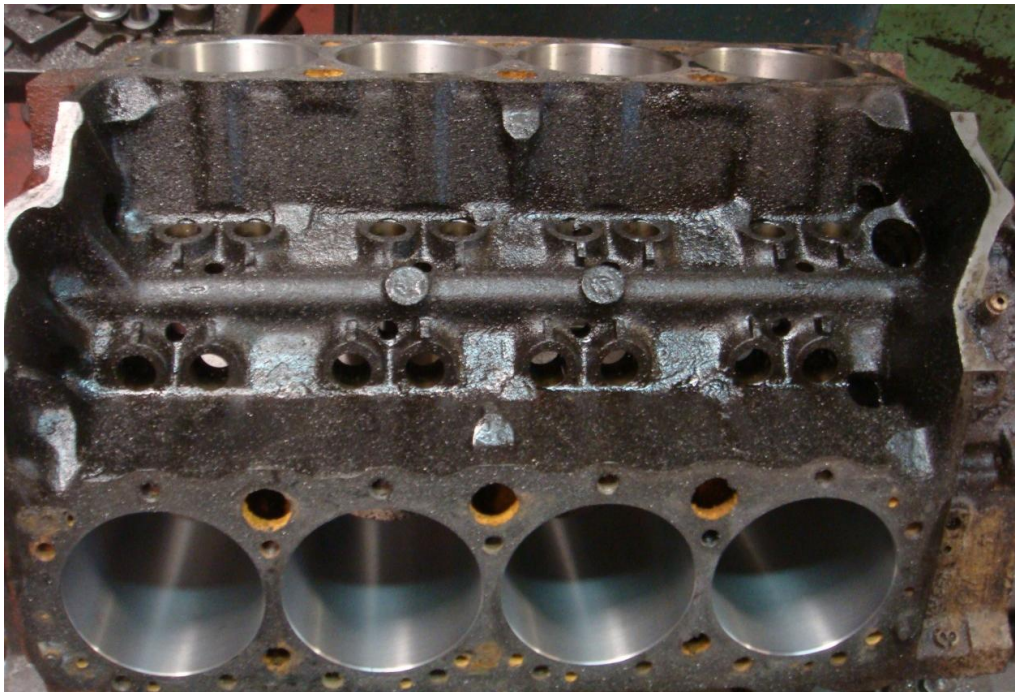


Imagen 15. Bloque de un motor Chevrolet 350 CID, OHV. Ocho cilindros en V.



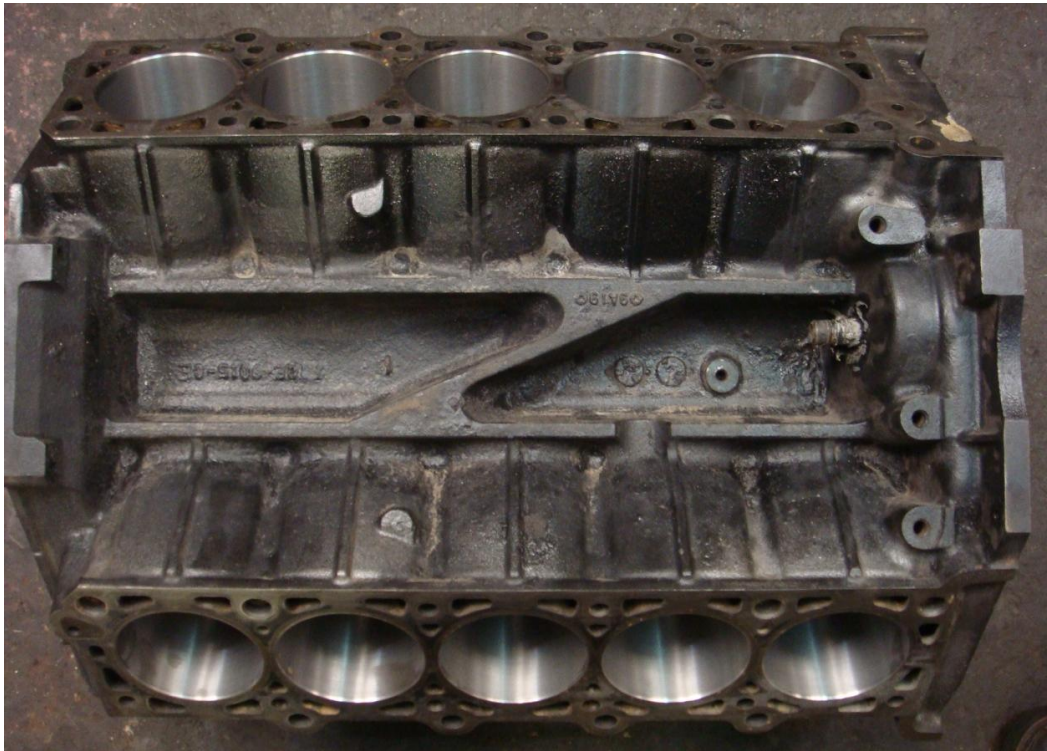


Imagen 16. Bloque de un motor Ford Tritón 6.8 Litros, OHC. Diez cilindros en V.

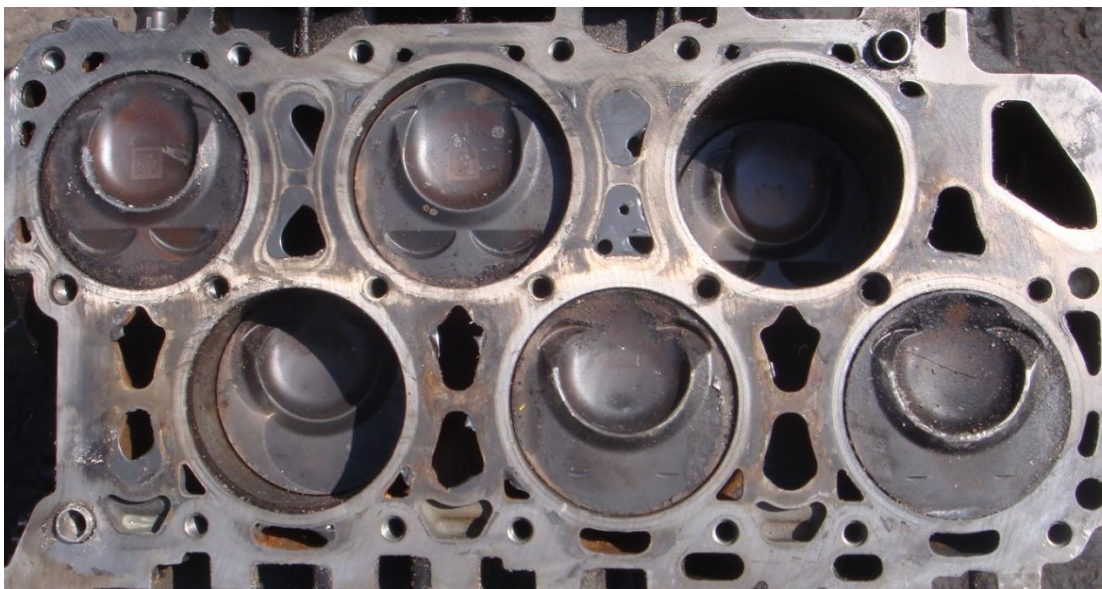


Imagen 17. Parte superior del monoblock (con pistones) de un Audi VR6 2.8 litros. Los dos bancos de cilindros comparten una superficie plana por la parte de arriba, por lo que solo tiene una cabeza.



El motor VR tiene la ventaja de ser el único en utilizar una sola cabeza para dos bancos (o líneas) de cilindros, lo que lo hace compacto en extremo.

En el caso de los motores con cilindros horizontales, existen los de cilindros opuestos (bóxer) y los motores con cilindros en V a  $180^\circ$ . Aunque parecen iguales, la diferencia es que en el bóxer los pistones 1 y 2 (y 3 y 4, claro está) se acercan y alejan simultáneamente al girar el cigüeñal, pues se localizan en muñones distintos, lo que no ocurre en el V a  $180^\circ$ , pues se comparten muñones.



**Ilustración 3. Dibujos a detalle de arreglos en bóxer (izquierda) y V a  $180^\circ$  (derecha).**

## **1.4. DISPOSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS.**

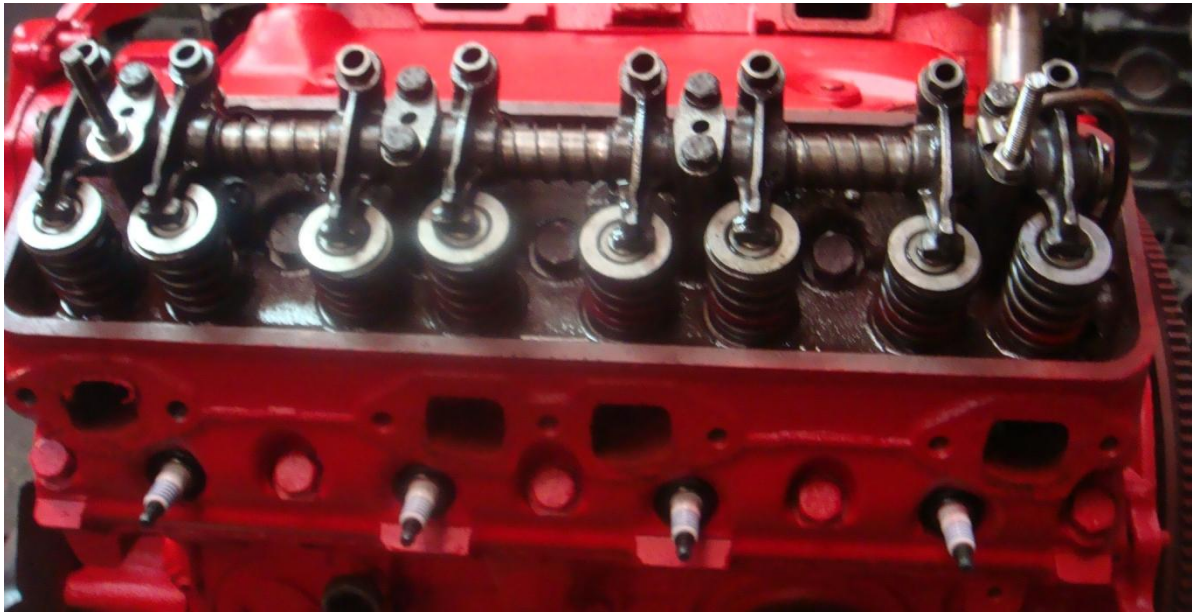
### **1.4.1. OHV (OVER HEAD VALVE).**

Se refiere a que en la cabeza solamente se encuentran las válvulas de admisión y escape. El árbol de levas, por tanto, se localiza en el monoblock, y la distribución es mediante varillas.

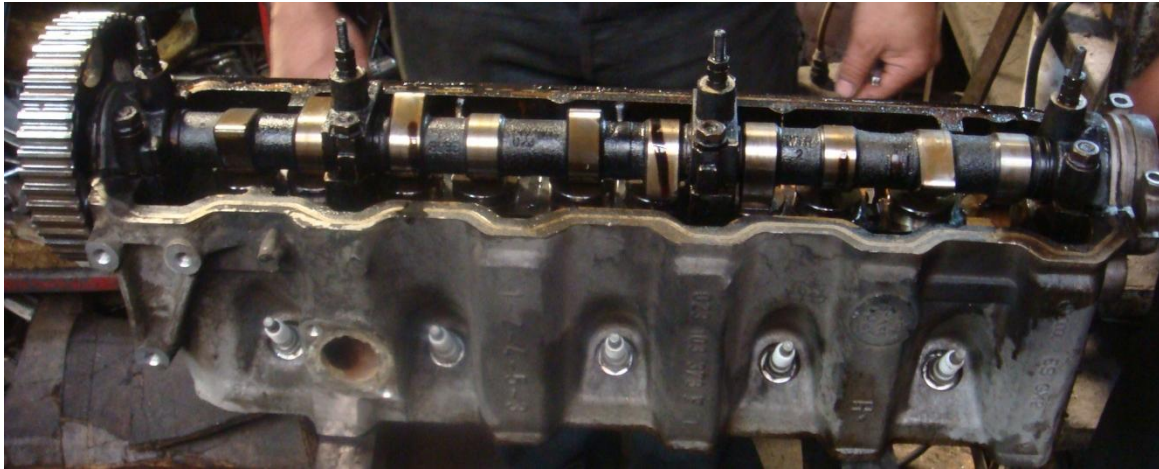
### **1.4.2. S/D OHC (SIMPLE/DOUBLE OVER HEAD CAMSHAFT).**

Indica que en la cabeza se encuentra el árbol de levas (árbol simple) o los árboles de levas (doble árbol).



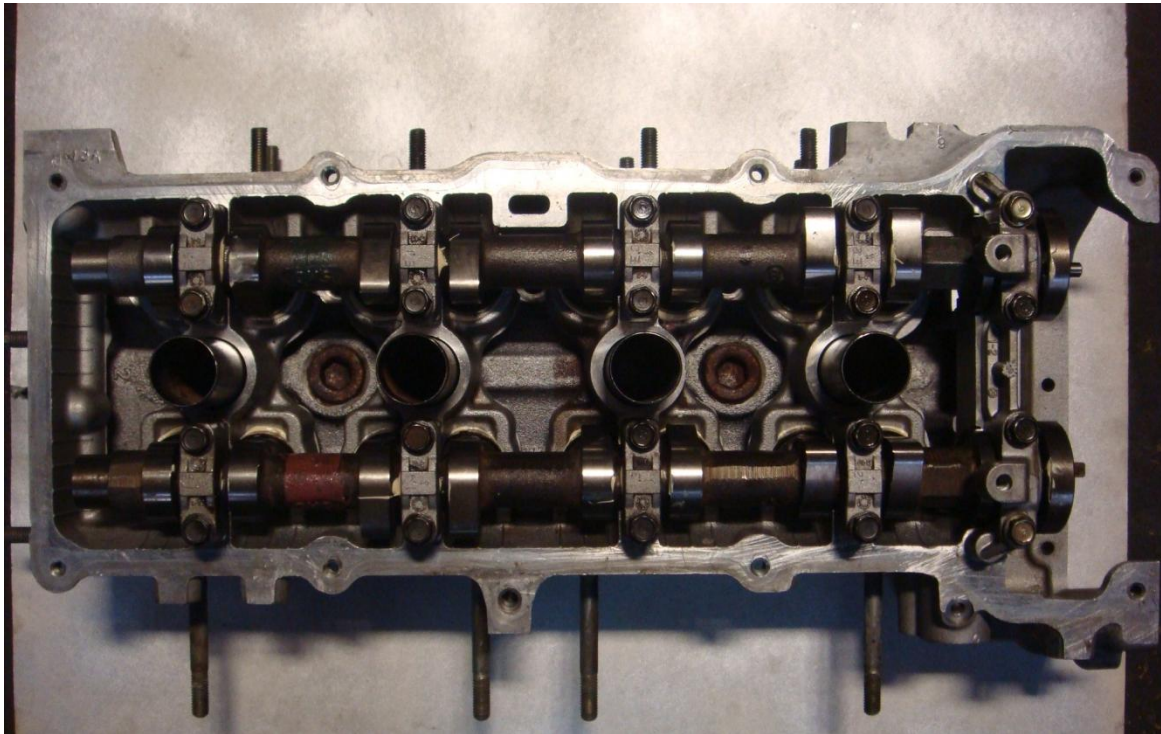


**Imagen 18. Cabeza de un motor Ford Thunderbird 1954, 5.4 Litros, V8. El impulso de las varillas cambia de dirección gracias a los balancines, que están montados en la barra.**



**Imagen 19. Cabeza de un motor Volkswagen 2.5 Litros, L5, con dos válvulas por cilindro. Las levas impulsan a las punterías hidráulicas, que dan a las válvulas el movimiento de apertura.**





**Imagen 20. Cabeza de un motor Nissan 1.8 Litros, L4, con cuatro válvulas por cilindro y doble árbol de levas. El impulso de las levas pasa a las punterías mecánicas situadas debajo de los árboles, y de éstas a las válvulas.**

Todos los motores actuales entran en esta definición; sin embargo, existieron motores anteriores en los que el árbol de levas y las válvulas se localizaban en el monoblock, y cuyas cabezas solo hacían la función de cerrar por arriba los cilindros y portar las bujías para el encendido.



## **CAPITULO II. FALLAS DE MOTOR.**

Existen gran variedad de fallas posibles en el motor de combustión. En este capítulo se abarcarán en mayor medida aquellas inherentes a la mecánica de las máquinas, y ocasionalmente, las debidas a la electrónica:

### **2.1 EL MOTOR NO ARRANCA.**

Los motivos pueden dividirse en internos y externos. Los internos tienen que ver con el motor en sí mismo, mientras los externos se relacionan con todos los elementos, ajenos a la máquina, que lo hacen funcionar.

#### **2.1.1 FACTORES EXTERNOS**

- Ausencia de chispa de ignición.
  - Motores con carburador.
    - Ajuste deficiente o daños en platinos y/o condensador.
    - Bobina dañada, en corto o con interrupción del devanado, no puesta a tierra.
    - Tapa del distribuidor rota, contactos dañados o escobilla en corto.
    - Distribuidor en corto o puesto a tierra.
    - Cables de bujía dañados.
    - Bujías dañadas, descalibradas, rotas (área de cerámica) o con desgaste en los electrodos.
    - Distribuidor dañado en el avance centrífugo o en el avance por vacío.
    - Batería dañada o bajo voltaje en el sistema primario (bobina, distribuidor, marcha, generador, regulador de voltaje, cables).
  - Motores con sistema de inyección (electrónico).
    - El sensor de posición del cigüeñal o el sensor de posición del árbol de levas no envían a la computadora la señal de que estos



elementos están girando, por lo que no existe respuesta hacia los inyectores, y estos no funcionan.

- El switch se anula si el sistema de alarma no es desactivado.
  - Bobinas dañadas (una sola bobina por cilindro, un solo chispazo).
  - Bobinas dañadas (Sistema DIS: cada bobina tiene un primario y dos secundarios, de alto y bajo voltaje para mejorar el vaciado de las cámaras de combustión).
  - Cables de alto voltaje dañados.
  - Bujías dañadas (igual que en los motores con carburador).
  - Falla en sensores de cigüeñal, de árbol de levas, de temperatura o de detonación. Falla de la computadora o del módulo DIS<sup>4</sup>.
  - Tubo de escape tapado (vehículos con convertidor catalítico). Las condiciones de explosión no pueden crearse cuando existe una contrapresión, la cual se crea porque el convertidor catalítico se tapa con el exceso de aceite o gasolina que se carbonizan.
  - Gasolina contaminada con agua.
- Falta de gasolina.
    - Bomba de gasolina en malas condiciones (pegada, quemada).
    - Cables de conexión en malas condiciones.
    - Filtro de gasolina tapado.
    - Válvula del riel de inyectores pegada o dañada.
    - Inyectores tapados o desconectados.
    - La computadora no envía señal a los inyectores.
  - Motor ahogado.
    - Exceso de gasolina (motores con carburador). Las bujías se mojan, lo que impide el salto de la chispa al aumentar la rigidez dieléctrica del aire entre los electrodos.

---

<sup>4</sup> Algunos fabricantes incluyen el módulo DIS en la misma computadora mientras que otros lo colocan por separado.



### **2.1.2 FACTORES INTERNOS.**

En esta parte, lo que impide que el motor arranque es la ausencia de compresión en las cámaras de combustión. Las posibles razones son:

- Tren valvular no sincronizado
  - Los pernos posicionadores de las coronas dentadas se encuentran barridos o gastados.
  - Árboles de levas rotos.
  - Cadenas/bandas de distribución rotas.
  - Tensores, guías de cadena con desgaste o rotura.
- Falta de hermeticidad en las válvulas.
  - Válvulas dobladas.
  - Válvulas desgastadas o flameadas (con sobrecalentamiento).
  - Resortes rotos.
  - Asientos desgastados o flameados.
- Falta de hermeticidad en los cilindros.
  - Cilindros ovalados.
  - Anillos desgastados, rotos o en una medida que no corresponde al diámetro del cilindro.
  - Cilindros rayados.
  - Pistones perforados o con fisuras.
  - Bielas dobladas.

### **2.2. EL MOTOR NO SE PARA (MOTORES CON CARBURADOR).**

- Preignición debida a depósitos de carbón que permanece encendido en las cámaras de combustión.
- Aceite que entra a las cámaras de combustión y se carboniza.



- Exceso de gasolina que al quemarse deficientemente deja residuos de hollín que se acumula.

### **2.3. PRESENCIA DE HUMOS.**

- Humo negro.
  - Exceso de gasolina o deficiencia de aire en la relación aire-combustible.
  - Inyectores de gasolina en mal estado.
  - Válvula de mariposa mal calibrada.
  - Sensores de presión absoluta del múltiple de admisión, de flujo de masa de aire o de oxígeno (este último localizado después del múltiple de escape) en mal estado o fuera de rango.
  - Compresión y/o chispazo insuficiente para provocar la explosión.
  - El motor funciona a una temperatura muy inferior a la cual debería operar.
- Humo blanco.
  - Presencia de refrigerante en las cámaras de combustión.
  - Motor sobrecalentado. Cabeza y/o monoblock deformados en superficies de ensamble.
  - El motor opera solamente con agua como refrigerante. Corrosión por acción galvánica.
  - Cabeza o monoblock con fisuras que comunican las cavidades del refrigerante con las cámaras de combustión.
- Humo azul.
  - Presencia de aceite en las cámaras de combustión.



- Holgura entre guía de válvula y vástago que excede el máximo indicado. El juego excesivo de la válvula daña el sello de goma permitiendo el paso de aceite.
- Sobrepresión de los vapores de aceite entre la tapa de válvulas y la culata.
- Exceso de aceite por obstrucción de los orificios de retorno hacia el cárter.
- Presión positiva de los vapores de aceite en el cárter.
- Anillos de pistón gastados, invertidos o en la medida incorrecta.
- Cilindros ovalados.
- Holgura excesiva entre muñones de biela y cojinetes (motores con sistema de anillos mojados).
- Nivel de aceite que excede el máximo (motores con cilindros horizontales).
- Válvulas de los inyectores de aceite permanentemente abiertas o pegadas (motores con enfriamiento y lubricación directos al pistón).
- Inyectores de aceite mal dirigidos.

#### **2.4. RUIDOS ANORMALES.**

- Punterías.
  - Error de calibrado de la altura de las válvulas (punterías hidráulicas).
  - Error de calibrado de la holgura entre punterías (o balancines) y válvulas (punterías mecánicas).
  - Punterías hidráulicas con el cilindro principal pegado.
  - Punterías hidráulicas con la válvula de no retroceso permanentemente abierta.
  - Desgaste en punterías o en vástagos de válvulas.



- Bielas.
  - Holgura excesiva entre muñones y metales de biela.
  - Ruido notorio en el tiempo de explosión.
  - Al desconectar (uno a la vez) los cables de bujías con el motor en marcha, el ruido desaparece o disminuye drásticamente.
- Bancada.
  - Holgura excesiva entre los muñones de centro del cigüeñal y los metales de centro.
  - Ruido que corresponde con la frecuencia de giro del cigüeñal.
  - El motor tira aceite por los retenes del cigüeñal.
- Ruido y tirón al presionar el pedal del embrague (transmisión manual estándar).
  - Cable del embrague mal ajustado.
  - Holgura mayor a 0.010" entre cojinete axial y paredes de control del cigüeñal.
    - Cojinete con desgaste.
    - Paredes de control del cigüeñal con desgaste.
- Explosiones.
  - Error en la sincronización del cigüeñal con el árbol de levas.
  - Error en el orden de encendido del motor.
  - Falta de hermeticidad de las válvulas de admisión (motores con carburador).



- Pernos.
  - Holgura entre pernos y barrenos de pistón igual o mayor a 0.0005".
  - Pernos y/o barrenos para pernos desgastados.
  - Ruido a partir de las 1800 y hasta las 2400 rpm.





## **CAPITULO III. DESGLOSE DE PIEZAS INTERNAS REMANUFACTURABLES.**

Las piezas que componen al motor pueden o no ser reacondicionadas para volver a operar, en función de que tan dañadas se encuentren. En este capítulo se muestran las razones de que una pieza sea o no aceptada, a fin de evitar el invertir trabajo y refacciones en piezas que no podrán operar.

### **3.1. TAPA DE VÁLVULAS.**

- Reutilizable
  - En buenas condiciones, con todos sus componentes, no torcida o rota.
  - En caso de rotura, si la pieza es de aluminio o lámina de acero es posible recuperarla con soldadura.
  - Si cuenta con separador de condensados, verificar que no se encuentre taponado. Si lo está, es imprescindible retirar la suciedad.
- No reutilizable.
  - Tapa rota de plástico duro (baquelita o algún tipo de plástico termoestable).
  - Separador de condensados no desmontable, obstruido y no se puede limpiar.
  - Pieza lo suficientemente deformada para no sellar con ayuda de la junta.



### **3.2. CABEZA.**

- Reutilizable.
  - Guías de válvulas en buen estado (o con diámetro de barreno dentro de las tolerancias indicadas para insertar nuevas guías, si no cuenta con éstas o están muy gastadas).
  - Tapas de bancada de árbol de levas (S/DOHC) correctas y completas.
  - Rectificado de superficie no excesivo.
  - Ausencia de roturas o fisuras.
- No reutilizable.
  - Nula interferencia en los barrenos para insertar guías.
  - Bancada de árbol de levas y tapas con desgaste excesivo que anulan la cuña de aceite, al escapar demasiado pronto el lubricante.
  - Fisuras o grietas que comunican a los asientos de válvulas o a éstos con las cavidades por donde fluye el refrigerante.
  - Altura total de la cabeza inferior al límite establecido por los manuales de Remanufactura o por el fabricante de la junta de cabeza.

### **3.3. MONOBLOCK.**

- Reutilizable.
  - Perforaciones en zonas no importantes para la operación, las cuales pueden soldarse con aportación de material para mantener cerrado el motor.
  - Puede haber fisuras o grietas en los cilindros siempre que en algún momento una misma grieta no involucre a más de un cilindro.
  - Las tapas de bancada deben estar completas y pertenecer al monoblock.
- No reutilizable.
  - Perforado o con fisuras en conductos de aceite o entre cilindros adyacentes.



- Tapas de bancada incorrectas (al medir los alojamientos, éstos no son circulares) o faltantes.

### **3.4. CIGÜEÑAL.**

- Reutilizable.
  - Medidas en centros y muñones de biela superiores a las más bajas en que es posible rectificar, siempre y cuando existan los cojinetes para estas medidas.
  - Desgaste excesivo en las caras de control de juego axial, siempre y cuando el cigüeñal no sea de hierro gris.
- No reutilizable.
  - Muñones desgastados y en la medida más baja en que se fabrican los cojinetes.
  - Centros desalineados por más de 0.015". Al enderezar es muy probable que el cigüeñal se fracture.
  - Si la pieza es de hierro gris, caras de control de juego axial desgastadas.

### **3.5. BIELAS.**

- Reutilizable.
  - Bielas forjadas: el desgaste debe ser menor que la mitad de la distancia permitida en que las bielas pueden acortarse.
  - Bielas sinterizadas, éstas deben observar las medidas indicadas en los manuales.
- No reutilizable.
  - Rotas
  - Desgastadas en exceso (sinterizadas y forjadas).
  - Dobladas, torcidas.



- Barreno para perno sin interferencia suficiente.
- Tapas que no coinciden.
- Bielas sinterizadas: si la tapa o sombrerete se colocó al revés y se apretaron los tornillos.

### **3.6. ÁRBOL DE LEVAS.**

- Reutilizable.
  - Centros no desalineados.
  - Sin roturas, levas o muñones de soporte completos, sin picaduras ni superficies surcadas.
- No reutilizable.
  - Roto.
  - Muñones de soporte con desgaste mayor a 0.003”.
  - Picaduras y/o desgaste severo (visible) en las levas.

### **3.7. PIEZAS NO REMANUFACTURABLES.**

En los motores, existen muchas piezas cuya reparación suele ser más costosa que las mismas piezas en sí, o que simplemente sean repuestos no reparables. A continuación se presenta un listado de estas piezas<sup>5</sup>.

- Sellos de aceite.
- Retenes.
- Balancines con exceso de desgaste y/o juego.
- Punterías tapadas, con fisuras, desgaste excesivo o con la válvula de no retroceso permanentemente abierta.
- Resortes de válvulas doblados o con carga menor a la mínima.
- Asientos de válvulas rotos o desprendidos.
- válvulas dobladas, rotas, con fisuras o desgaste excesivo en el vástago.

---

<sup>5</sup> Para el caso de pistones, revisar el capítulo IV en la parte Cilindros y pistones.



- Varillas dobladas o rotas.
- Cojinetes axiales y radiales.
- Kit de distribución.
- Juntas de todo tipo.
- Tapones de motor.
- Pistones.
- Anillos.
- Bombas de aceite.
- Guías de válvulas.
- Deflectores de aceite.
- Tornillos.
- Tubos, coples, tomas de agua.
- Termostatos.
- Tensores.



## CAPITULO IV. REMANUFACTURA DE PIEZAS.

### 4.1 CILINDROS Y PISTONES.

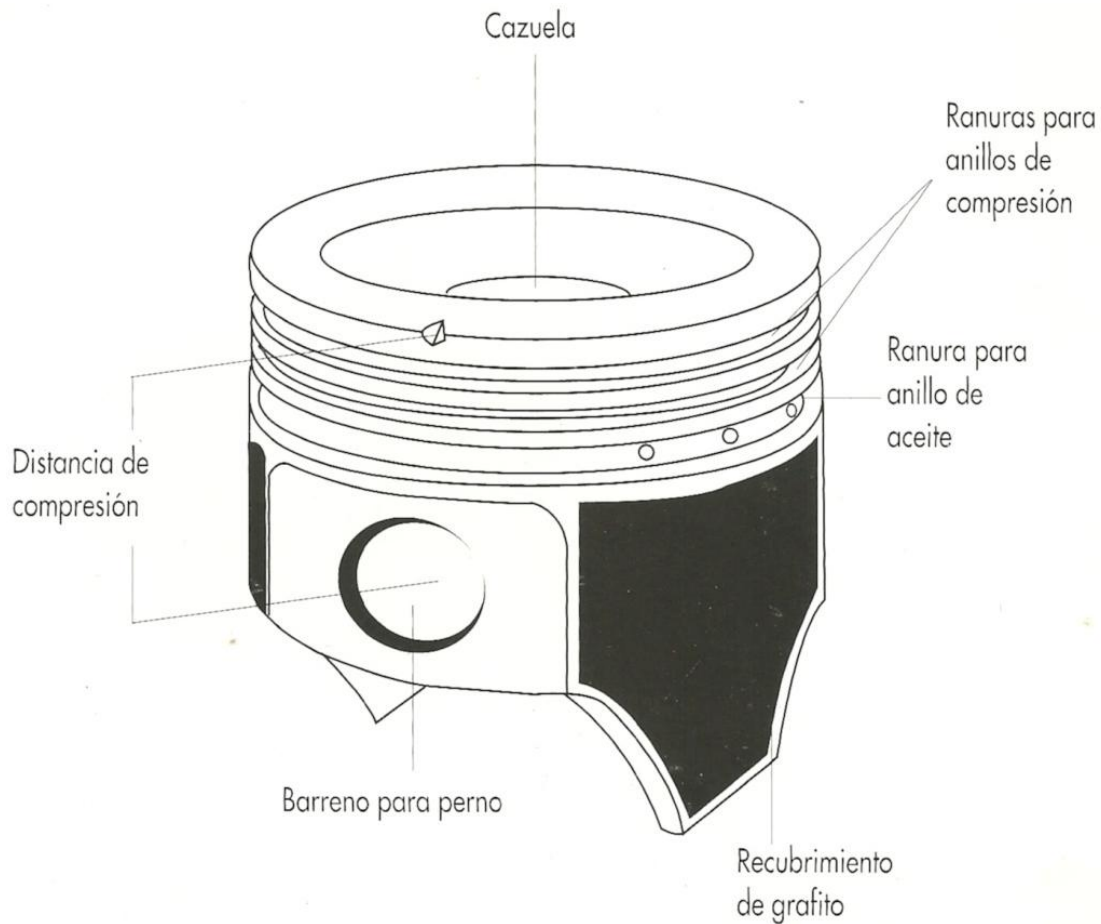
El proceso de rectificado de cilindros comienza conociendo el motor que ha de repararse; esto es, saber la marca y modelo y las medidas características (diámetro de los cilindros, carrera, desplazamiento volumétrico, etc.).

El siguiente paso consiste en medir los cilindros y los pistones para conocer el estado de éstos y comparar esta información con la obtenida en manuales de reparación (o catálogos de los fabricantes de refacciones). En los pistones se debe medir el ancho de las ranuras para los anillos, el “diámetro” mayor en la falda<sup>6</sup> y verificar la inexistencia de movimientos parásitos en los barrenos para pernos. Para los cilindros se ha de checar el desgaste (en dos direcciones, para conocer qué tan oval se encuentra) con un micrómetro de interiores. En este punto, es conveniente averiguar la disponibilidad de las piezas que han de utilizarse y/o cambiarse.

Los pistones no son reutilizables cuando presentan marcas de “amarre”, roturas, claros entre anillos y ranuras mayores a 0.005” y pernos con holguras mayores a 0.0004” dentro de los barrenos; asimismo, en motores sobrecalentados los pistones se distorsionan porque los materiales de que están hechos pierden sus capacidades mecánicas por efecto del exceso de temperatura y no pueden soportar las presiones a las que normalmente se someten. En estos casos, es común encontrar anillos “prensados” en las ranuras y huellas de amarre en la falda o incluso a la altura de la cabeza del pistón.

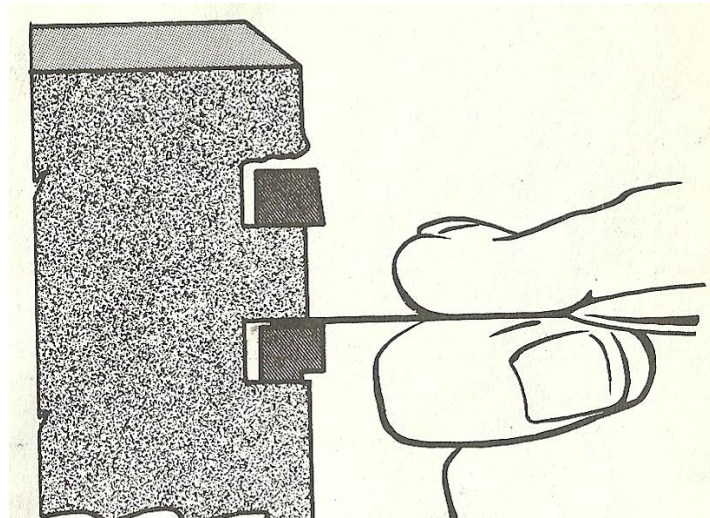
---

<sup>6</sup> Los pistones no se fabrican circulares, sino ligeramente ovalados, con el eje mayor de la elipse perpendicular al perno. Al calentarse, la zona donde va anclado el perno se dilata más por estar dotada de mayor cantidad de material, otorgando la forma circular cuando alcanza la temperatura de funcionamiento. Además, la medición se puede realizar a la altura del perno o en el extremo de la falda, dependiendo si el pistón es troncocónico o abarrilado.



**Ilustración 4. Partes de un pistón. Cabe aclarar que no siempre se tiene cazuela, pues el pistón con cabeza cóncava es el caso típico de pistones de baja compresión; existen pistones con cabeza plana y convexa, así como formas irregulares para fines específicos. Del mismo modo, la zona de la falda varía su forma y longitud, y puede o no tener recubrimientos especiales (grafito, teflón). Tomado del Boletín Técnico #4 Car Pro, México 1999.**





**Ilustración 5. La holgura entre ranuras y anillos de pistón se mide con calibrador de hojas. Tomado de Chilton, Auto Repair Manual.**



**Imagen 20. Marcas de "amarre" en la falda del pistón por exceso de temperatura. La capa de teflón se rompe debido al contacto friccionante con el cilindro.**



Con excepción de lo dicho anteriormente, los pistones se pueden reutilizar si su medida característica (a nivel del perno o en el extremo de la falda según sea el caso) se encuentra entre 0.0015 y 0.003" por debajo del diámetro indicado para los cilindros del motor. Esto es porque los pistones que exceden 0.003" de tolerancia con respecto a los cilindros no solo se mueven de manera rectilínea dentro de éstos, sino que golpetean contra las paredes al estar muy holgados, presentando problemas de ruido, desgaste prematuro y bajo rendimiento ligado a la presencia de humo de aceite en el escape, pues los anillos pierden su estanqueidad (es decir, dejan de sellar) cuando el pistón se "gira" dentro del cilindro. Los motores con cilindros de diámetros muy grandes (mayores de 4") son menos sensibles a este fenómeno por causas obvias.

Existen casos especiales en los que se reutilizan pistones a pesar de que exceden las tolerancias con respecto a los cilindros, y esto puede deberse a tres razones principalmente:

- Los pistones nuevos son extremadamente costosos (hasta diez veces el valor de otros semejantes), toda vez que el fabricante del motor es generalmente el único que los comercializa por medio de las agencias automotrices. Cabe destacar que rara vez se encuentran pistones en sobremedida.
- Los pistones de motores muy antiguos ya no se encuentran en el mercado de refacciones, lo que obliga a utilizarlos de nueva cuenta.
- El costo total de la Remanufactura de cilindros (incluyendo las refacciones) es más bajo si se utilizan camisas para ajustarlas a los pistones usados, que si se rectifica y se usan pistones nuevos.

#### **4.1.1 DESGASTE Y OVALADO DE CILINDROS.**

Para los cilindros, las tolerancias de ovalado son críticas: para diámetros mayores a 3.5", es permisible tener hasta 0.00075" de ovalado. En diámetros menores, los anillos conservan su capacidad de sellado en cilindros ovalados hasta 0.0005". La causa más común de que los cilindros se hagan elípticos es el sobrecalentamiento.



El desgaste se entiende como la diferencia entre la medida actual de algún elemento que ha operado y su medida inicial. En el motor de cuatro y dos tiempos a gasolina, cuando el combustible explota en la cámara destinada a este fin, el aumento repentino de la presión empuja contra las paredes del cilindro a los anillos que el pistón lleva consigo. Como la presión más elevada de todo el ciclo corresponde al instante de la explosión, es en la zona del PMS donde el cilindro tiene el mayor desgaste. No obstante, dado que se tienen dos anillos para sellar la explosión, y que el tiempo que ésta dura es muy corto, la medida que aquí se obtiene no es un indicador muy confiable. Es preferible medir aproximadamente a la mitad del cilindro.

El desgaste en los cilindros no es muy importante si llega a ser de hasta 0.0015". Si es mayor, existirá una holgura excesiva entre cilindros y pistones que, como ya se ha visto, es por completo indeseable.

#### **4.1.2 MONTAJE DE LOS MOTORES PARA EL MAQUINADO.**

Antes de comenzar a describir las operaciones de maquinado que es común realizar para la Remanufactura de cilindros, es importante tomar en cuenta el montaje del motor y su posterior sujeción a la bancada de la máquina herramienta. Parte fundamental es la limpieza de las superficies de montaje: alojamientos de bancada de cigüeñal (para el caso de motores con arreglo de cilindros en V o VR) y superficie de la base del motor (para los motores de cilindros en línea). En algunos motores es necesario, además, retirar los inyectores de aceite (localizados en el fondo de los cilindros) para evitar dañarlos en el maquinado.



**Imagen 21. Bancada de la mandrinadora vertical LEMPCO.**

Los motores deben estar firmemente sujetos a la bancada de la máquina herramienta debido a que han de resistir las fuerzas que se generan durante el corte. El anclaje para los motores en línea es relativamente sencillo: se colocan y atornillan los soportes rectangulares en las guías de la bancada de la máquina, se pone encima el motor y se fija a dichos soportes. A cada lado de los soportes y dispuestos en diagonal, se ubican los postes que portan las barras de sujeción, que al apretarse evitarán que durante el corte el motor tenga movimiento trepidatorio. Puesto que la superficie de la bancada de la máquina es paralela a la base del motor y por tanto, perpendicular a los cilindros, no se requiere nivelar el monoblock. El situar al monoblock de esta manera permite lograr que el cilindro maquinado sea concéntrico al original, paralelo y perpendicular a la base.



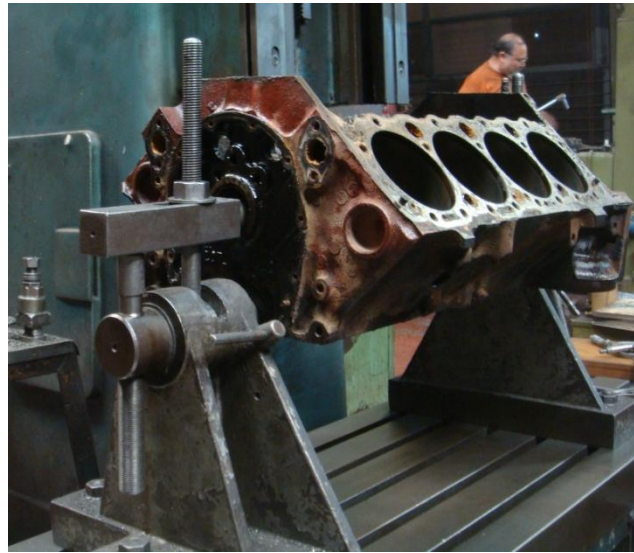


**Imagen 22, 23. Soportes para motores en línea. Sobre la bancada de la máquina y al centro, las bases planas; a ambos lados, los postes de sujeción. En la imagen de la derecha, un motor Volkswagen 1.8 litros, SOHC montado. En la parte superior se ve el husillo de la máquina.**

Para los motores con arreglos en V o VR, el montaje es diferente: a los dos soportes para estos motores se les colocan ruedas de la medida de los alojamientos del cigüeñal, las cuales evitarán que el trabajo de corte haga girar al bloque de cilindros. Para mantener firme al monoblock sobre estos muñones, se disponen a cada lado dos robustos balancines apoyados entre el motor y un tornillo con la misma altura (ajustable). Estos brazos son forzados hacia abajo al apretar la tuerca de la espiga intermedia. Una vez hecho lo anterior, se atornillan los soportes a la bancada de la máquina.

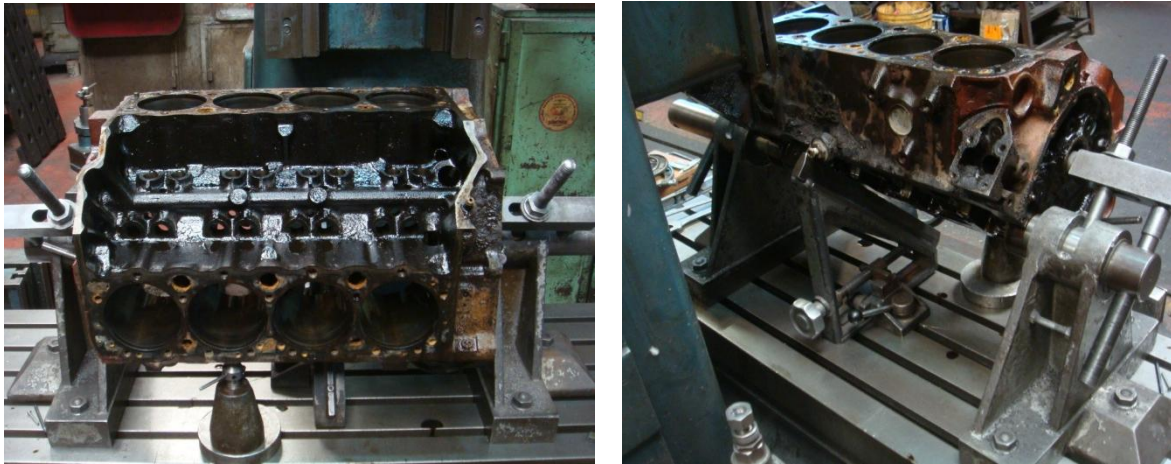
Ya que la base no es perpendicular a ninguno de los bancos de cilindros, es necesario nivelar cada banco, a modo de conseguir que los cilindros sean perpendiculares a la bancada de la máquina; esto se logra mediante el uso de un equipo palpador-indicador:





**Imagen 24, 25. A la izquierda, uno de los soportes para motores en V y VR. A la derecha montado sobre los soportes, un motor Chevrolet TBI de 350 CID. Los brazos mantienen “prensado” al motor contra las ruedas de los muñones, y se colocan en los alojamientos para el árbol de levas si el arreglo es OHV.**

- En motores en V, se coloca un indicador de nivel simple en la superficie del banco de cilindros para tener una aproximación aceptable que facilite un nivelado más rápido y preciso. Para motores con arreglos en VR se usa un indicador con ampolla perpendicular y se inserta en alguno de los cilindros. No puede usarse la superficie de estos motores para nivelar, porque no es perpendicular a los cilindros.
- Se coloca el palpador en su posición, se inserta la barra en el cilindro y se procede a centrar en la sección más próxima al fondo. Una vez que se ha logrado lo anterior, se eleva lentamente la barra hasta una pulgada por debajo del nivel del PMS y se aprecia que el indicador oscila de manera creciente. A uno de los lados del motor (el más bajo) se le coloca un soporte de tornillo para controlar la inclinación; se procede a girar el tornillo en sentido positivo contra el motor y se observa el indicador. Si tiende a disminuir el intervalo de puntos cercanos/lejanos del centro, se está en el camino correcto; si es al revés, el tornillo debe girarse en sentido inverso.



**Imagen 26, 27. A la izquierda, soporte de tornillo. A la derecha, el soporte triangular que va por la parte más alta.**

- Un procedimiento muy aceptado para nivelar bancos de cilindros consiste en girar el tornillo hasta conseguir que el intervalo de “descentrado”, por así llamarlo, se reduzca a la mitad. Entonces se vuelve a centrar en el fondo del cilindro y se comienza otra vez. El proceso termina cuando todos los puntos de las paredes del cilindro se encuentran a la misma distancia perpendicular de la barra y por tanto, el indicador ya no oscila al subir o bajar el palpador por el cilindro.
- Cuando ya se ha nivelado el banco de cilindros, es necesario asegurarlo para que no pueda moverse. Se aprietan los soportes principales y se coloca y avanza un soporte triangular por el lado contrario al sitio donde se apoya el tornillo. Al tener contacto con el monoblock, el indicador muestra un descentrado que deberá compensarse subiendo el tornillo contrario.

Las operaciones que pueden realizarse son el rectificando en sobremedida y el encamisado. Este último puede tener como fin alguna aplicación especial, como por ejemplo, reducir el diámetro del cilindro debido a que el pistón tiene una medida inferior a la que inicialmente poseía.



Imagen 28. Equipo palpador-indicador con carátula.

#### 4.1.3 RECTIFICADO EN SOBREMEDIDA.

Consiste en cortar material del cilindro para hacer éste diametralmente más grande. Los fabricantes de refacciones, en este caso pistones, pueden producir éstos en estándar (para el caso de encamisado o recambio de pistones) y 0.020", 0.030", 0.040", 0.050" y 0.060" como medidas extra<sup>7</sup>; esto significa que los pistones son más grandes para poder reutilizar los cilindros mediante rectificado.

La decisión de rectificar los cilindros es debida a que tienen más desgaste y/u ovalado del que permitiría un funcionamiento correcto en el motor. Para saber cuál es la sobremedida

---

<sup>7</sup> En el caso de cilindros de motocicleta y de compresores de aire, es usual encontrar pistones en +0.010".





que mediante el rectificado dejará una superficie completamente nueva, se mide el desgaste en el interior del cilindro justo por debajo del borde en que los anillos erosionan más. Este valor se multiplica por dos y el resultado ha de estar dentro de un rango en el que el límite superior sea alguna de las medidas (o sobremedidas) en que los pistones se fabriquen.

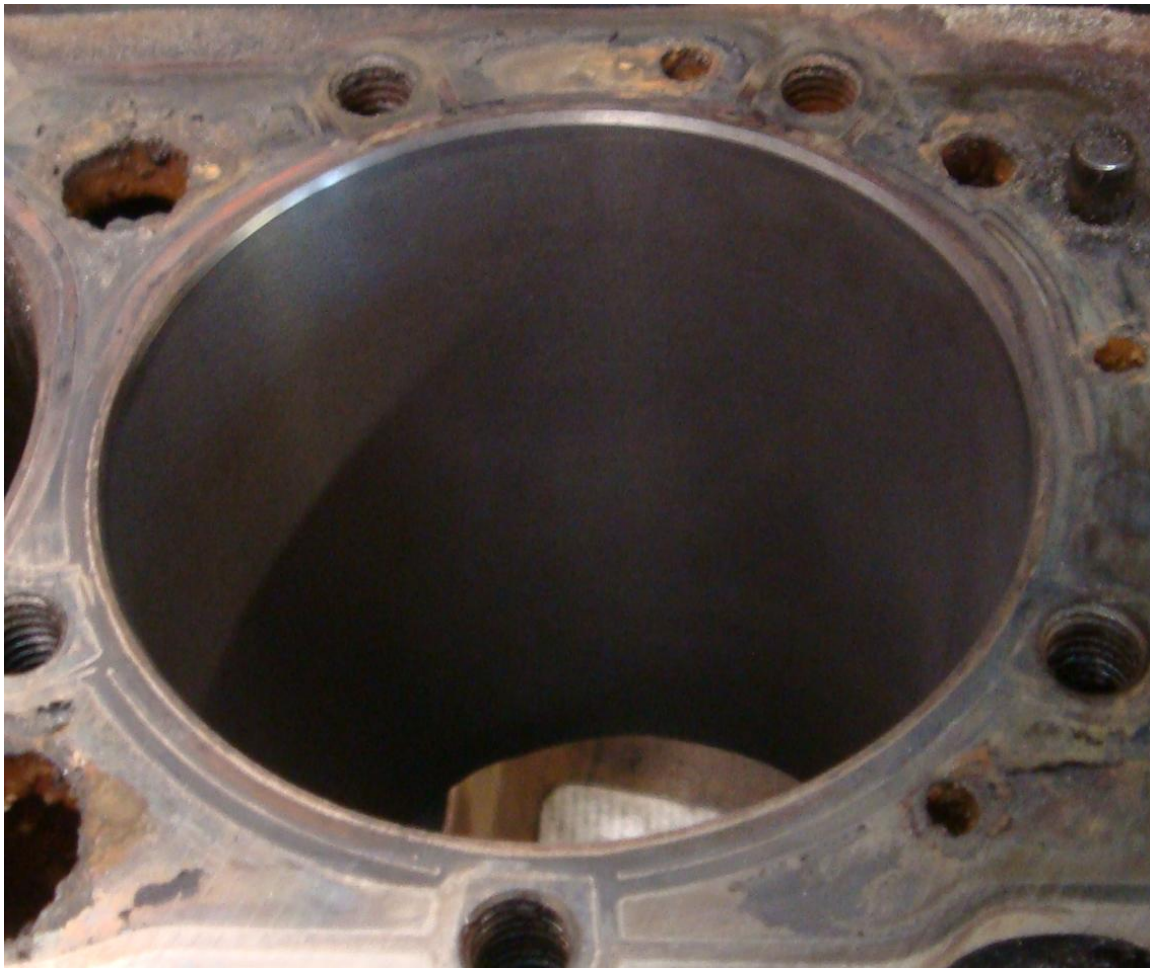


**Imagen 29. Un cilindro maquinado en mandrinadora con una profundidad de corte de 0.003". Las zonas grises revelan que el cortador ha arrancado material del cilindro. Las partes desgastadas se ven oscuras, pues la herramienta no puede cortar material más allá del diámetro que se fija en el micrómetro.**

El proceso mediante el cual se logra este tipo de rectificado es conocido como "cilindrado", aunque su nombre correcto es mandrinado, puesto que para llevarlo a cabo se utiliza una máquina-herramienta llamada mandrinadora, en la cual, grosso modo, una herramienta de corte gira alrededor de un eje fijo a una velocidad angular, profundidad de



corte y avance definidos, sobre una pieza estática, ampliando diametralmente un orificio. En muchas ocasiones le llaman torneado interior, pues los cilindros de los primeros motores se hacían en tornos; actualmente este término es incorrecto puesto que el monoblock ya no gira en un mandril, sino que permanece estático durante el maquinado, y es la herramienta la que gira y se desplaza a lo largo del cilindro realizando el corte.



**Imagen 30. Cilindro terminado en la mandrinadora. La superficie es opaca pero homogénea, lo que significa que no hay depresiones o áreas gastadas.**

Las herramientas de corte son buriles; anteriormente se utilizaban los HSS (High Speed Steel), pero ahora se prefieren con insertos de materiales más resistentes a las condiciones severas de trabajo (aleaciones de cobalto, carburo de tungsteno). Estas



herramientas de corte deben afilarse para obtener un acabado superficial aceptable, menor consumo de energía en la máquina-herramienta, así como bajos niveles de ruido y vibraciones. También se pueden utilizar como herramientas de corte el diamante sintético y el nitruro de boro cúbico (CBN), pero su uso se restringe a las plantas automotrices, debido a sus elevados costos, fragilidad y a la dificultad de ser afilados.

Cada uno de los buriles que se utilizan debe tener una geometría diferente puesto que son para distintas aplicaciones. Las operaciones que se realizan son:

- Corte de desbaste. En donde se busca arrancar mayor cantidad de material, sin atender mucho a la precisión del corte. La rugosidad y el terminado que se obtienen no son muy importantes puesto que el desbaste precede a un corte más fino. El fabricante de la máquina Lempco recomienda no exceder de 0.070" diametrales de profundidad de corte para evitar rotura de los buriles y desgaste prematuro, así como limitar el avance a un máximo de tres pulgadas por minuto para evitar un corte helicoidal.
- Corte de acabado. Aquí se desea eliminar una menor cantidad de material, buscando la mayor precisión. Son deseables las superficies poco rugosas para facilitar el bruñido. En este sentido, profundidades de corte de 0.003" máximo, así como el avance más bajo (1 3/16 por minuto); la velocidad angular puede incrementarse mientras menor sea la profundidad de corte.
- Chaflanado: es necesario para facilitar la inserción de los pistones con los anillos, y se realiza por lo general en el borde superior del cilindro, con la excepción de los cilindros de motocicleta y VW enfriados por aire, en los cuales típicamente el chaflán se localiza en el extremo inferior. Es aceptable un ángulo de 45 a 60°.





**Imagen 31. Cilindro de una motocicleta BMW. La conicidad en el extremo inferior se debe a que el orden de ensamble es anillo-pistón-perno-cilindro y finalmente, biela.**

- Corte recto: se requiere para eliminar el material sobrante de las camisas (ver Encamisado), cortando éstas al nivel del monoblock o más arriba, de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante (o en su caso, manuales de Remanufactura). El corte se realiza con la parte más baja del buril (la cual debe ser recta) para obtener una superficie paralela a la del monoblock.

#### 4.1.4 BRUÑIDO DE CILINDROS.

La siguiente operación es el bruñido o “honeado” (también conocido como asentado), el cual consiste en realizar un “rayado” especial en la superficie interior del cilindro con una herramienta abrasiva. El objetivo de esta operación es crear una superficie con la función de una “microlima” capaz de gastar y ser gastada mediante el trabajo de los anillos rozantes del pistón para amoldarse a ellos y así mejorar su capacidad de mantener la estanqueidad a los gases y al aceite, a lo cual se le llama asentado de motor. Aunado a lo anterior, se requiere el bruñido para obtener superficies tersas, ya que el corte de acabado con buril deja surcos y restos de material fragmentado, que pueden entorpecer el sellado de los anillos al existir demasiada fricción entre el anillo y el cilindro, lo cual aumenta la temperatura en las paredes destruyendo la película de aceite. Esto origina que el anillo raspe o produzca rayaduras en el cilindro.



Imagen 32, 33. Juego de piedras abrasivas SUNNEN #500 para bruñir cilindros (izquierda). Al lado, herramienta insertada en uno de los cilindros de un motor Chevrolet 350 CID, OHV.



Las herramientas abrasivas usadas en el bruñido pueden ser de distintos tipos, dependiendo la profundidad de las rayas que se desea obtener y la cantidad de material que se necesita retirar; y están compuestas por granos pequeños ligados entre sí con varios adhesivos. Las piedras abrasivas usan las aristas filosas de los gránulos para cortar el material del cilindro. Conforme los gránulos se desgastan, las aristas se redondean y pierden su capacidad de cortar material del cilindro, requiriendo cada vez mayor presión.

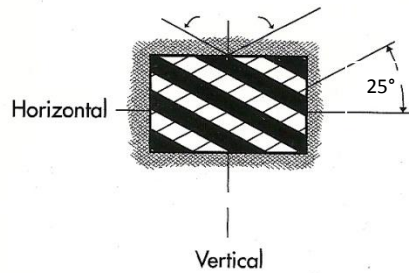
Si la fuerza no es excesiva, los gránulos se fracturan antes de redondearse y presentan nuevas aristas filosas. El adhesivo además debe permitir que los gránulos se desprendan de la piedra, evitando que ésta se frote contra los cilindros en vez de cortar.

Los manuales de los fabricantes de camisas recomiendan utilizar piedras abrasivas de grano grueso para desbastar, y de grano fino para el acabado final; sin embargo, esto en la práctica es por completo inútil, ya que no es necesario desbastar si se ha dejado desde el mandrinado solo el material suficiente para lograr el diámetro final y el bruñido requerido<sup>8</sup>. Esto funciona bien cuando el último corte diametral en la mandrinadora se ha realizado con poca profundidad y avance pero con mayor velocidad angular, a modo de obtener una superficie poco rugosa que al ser bruñida a la medida del diámetro final no deje imperfecciones o rayaduras.

La especificación de acabado superficial es de 15-35 miropulgadas dependiendo el tipo de anillos que se hayan de utilizar. El ángulo de cruce de las líneas del rayado interior debe ser de 22 a 32° (preferible 25°) con respecto a la horizontal. Este entrecruzado de rayas (o crosshatch) es útil, además de lo ya mencionado, para evitar que el aceite que lubrica los cilindros precipite hacia el cárter demasiado rápido (como podría ocurrir en caso de que el ángulo sea muy abierto) o demasiado lento (lo cual puede suceder si el ángulo es muy cerrado).

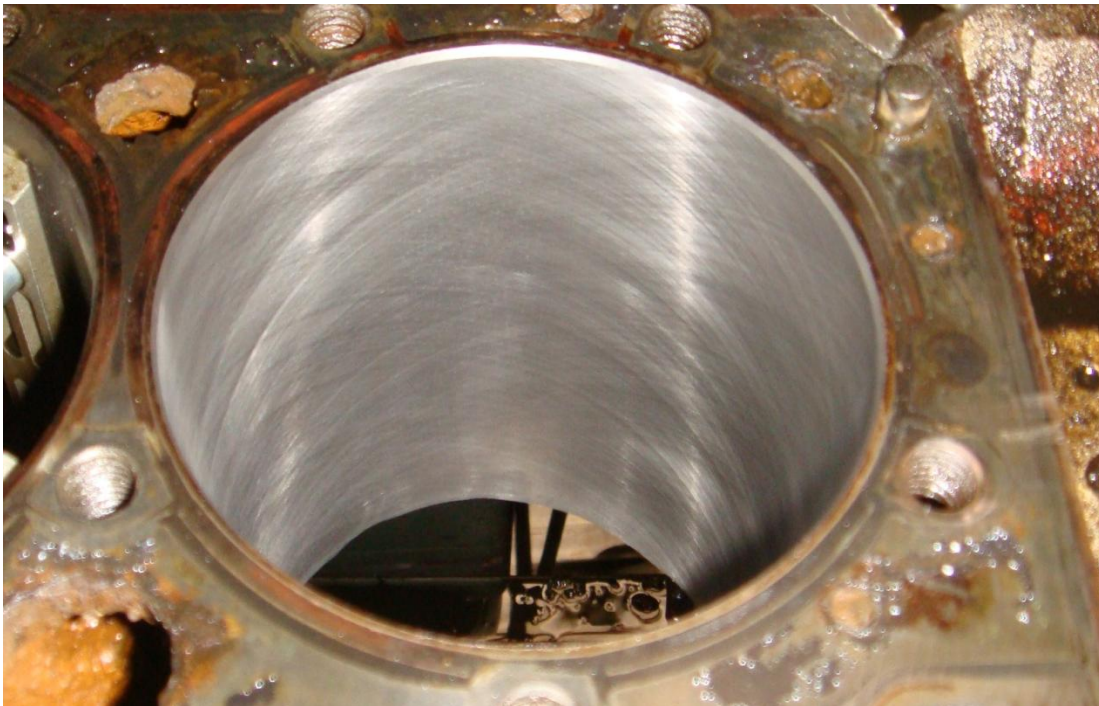
---

<sup>8</sup> Al usar una herramienta abrasiva, se arranca material del cilindro haciendo este más grande. Por esta razón, el corte diametral de acabado en la mandrinadora debe terminar el cilindro 0.0015" menos que el diámetro final.



**Ilustración 2. Ángulo de entrecruzado de líneas en el bruñido de cilindros. Tomado del Catálogo de Camisas para Motor Car Pro 98-99.**

Para lograr el ángulo de entrecruzado de rayas, es necesario controlar la velocidad angular de la máquina así como el movimiento recíprocante para encontrar la combinación adecuada. La limitante en la velocidad es que cada cierto número de ciclos alternativos se debe medir el cilindro para evitar exceder el diámetro, así como las tolerancias en cuanto a conicidad y ovalado.



**Imagen 34. Cilindro de la imagen anterior, esta vez terminado en bruñidora; se alcanza a apreciar el crosshatch.**





Es importante mencionar que es imprescindible el uso de un fluido refrigerante que no ataque al material del monoblock o a los cilindros. En el bruñido se desprenden cantidades muy importantes de calor que es necesario desalojar para evitar distorsiones y “amarre” o ruptura de la herramienta. También se requiere el refrigerante para arrastrar los granos rotos o desprendidos de la herramienta y el material arrancado del cilindro. Al igual que en el resto de los procesos de rectificado, se usa una emulsión agua-aceite (95-5%).

El bruñido se utiliza también en cilindros que ya han operado. Cuando se sacan de su cilindro correspondiente los pistones, es necesario realizar el rayado al interior de los cilindros para lograr que los anillos nuevos se amolden más fácilmente cuando el motor comience a funcionar. En este caso, no es necesario que la herramienta pase a través de todo el cilindro, sino solamente por la zona donde los anillos rozan.



**Imagen 35, 36. Cilindro 1 de un motor Ford Escort 2001, 2 litros, DOHC 16 válvulas. A la izquierda, el cilindro sin pulir. La parte oscura es la zona donde trabajan los anillos. A la derecha, el cilindro con el rayado. Se aprecian zonas oscuras donde la herramienta no pudo cortar debido al desgaste que ocasionan los anillos en el PMS, al explotar la mezcla aire-combustible.**

En muchas ocasiones este rayado se realiza con herramientas manuales impulsadas por taladro, y es aceptable siempre y cuando los cilindros no se encuentren ovalados. En caso contrario, es posible disminuir la diferencia entre el semieje mayor y el menor si en la



bruñidora se colocan las piedras sobre la zona más oval y se selecciona “Neutral”. En este caso, el movimiento recíproco se anula y las piedras al girar cortan mayor cantidad de material en la parte más “cerrada” del cilindro, obteniendo una sección transversal más parecida a un círculo que a una elipse.

La limitante en el uso del bruñido para recuperar cilindros ovalados es la tolerancia máxima entre pistones y cilindros (0.0035”). Es lógico que cualquier cilindro oval es susceptible de volverse circular; sin embargo, entre más se desgasten las paredes, el diámetro se incrementa, y al existir una holgura excesiva entre el cilindro y el pistón, éste puede golpetear. Por otro lado, cada milésima de pulgada en que el diámetro sea aumentado corresponde con 0.003” extras que los anillos presentarán en la abertura, sellando cada vez menos.

#### **4.1.5 ENCAMISADO**

El encamisado de cilindros se considera una operación semejante al rectificado, con el adicional de la inserción. Cuando los cilindros se encuentran tan gastados que no es suficiente el rectificado en sobremedida para “rehacer” el cilindro, se opta por utilizar camisas; una camisa es una sección tubular de hierro producido por fundición centrífuga (lo que asegura ausencia de burbujas, densidad uniforme y buena maquinabilidad), que en su diámetro exterior puede ser 0.140”, 3/16” ó ¼” mayor que el diámetro estándar del cilindro y en su diámetro interior es inferior a éste, garantizando así la capacidad de, mediante rectificado, obtener un cilindro con el diámetro original.

En los motores a gasolina, lo más común es el uso de camisas “secas”<sup>9</sup>. Se les llama así a aquellas que por su pared exterior no tienen contacto directo con el fluido de enfriamiento del motor.

---

<sup>9</sup> Pocos fabricantes, entre ellos Rover y Renault optan por el uso de camisas húmedas en aplicaciones a gasolina. Este sistema es más generalizado en motores que operan con ciclo Diesel.





**Imagen 37. Distintas camisas secas para recuperar cilindros.**

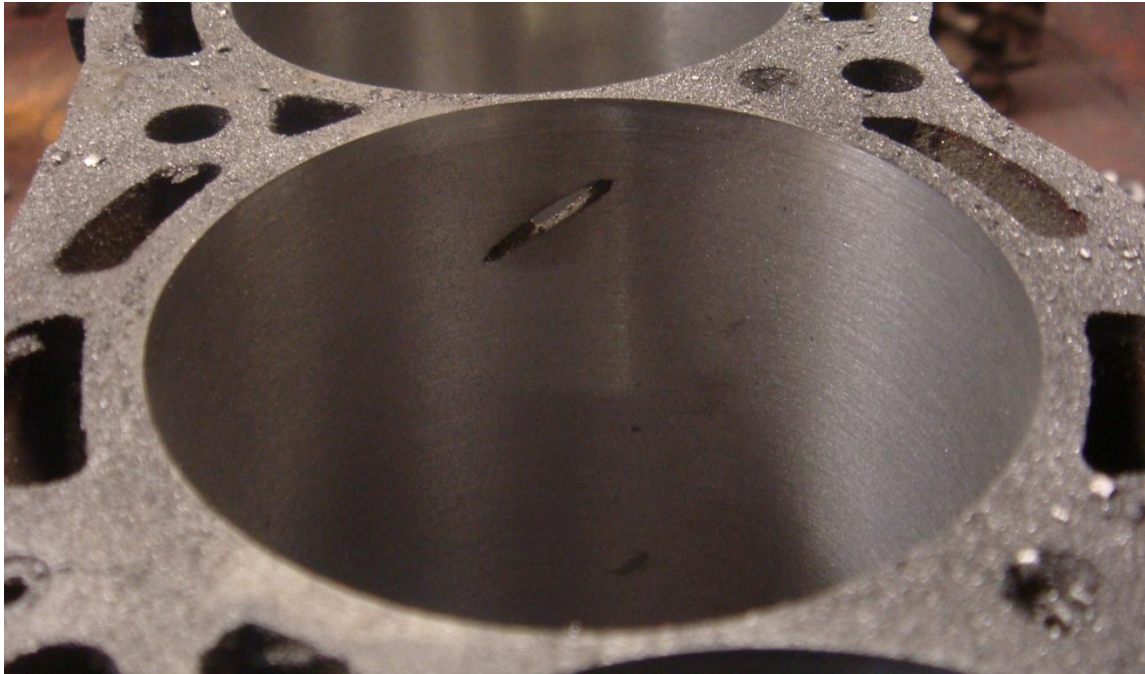
Es claro que para beneficiar la transferencia de calor entre la camisa y el fluido refrigerante del motor, es indispensable el contacto directo entre la superficie del monoblock que aloja a la camisa y la propia camisa. Cuando no se tiene este contacto directo, puede existir un espacio perjudicial que permite la filtración de aceite o residuos de la combustión, dificultando la conducción apropiada del calor.

Existen dos métodos de instalación de camisas secas; a presión (tradicional) y el de ajuste libre. En el método tradicional, las camisas se insertan con interferencia de 0.002" a 0.003", dependiendo el largo del cilindro (a mayor longitud, se requiere menos interferencia) y su diámetro. Esto significa que el diámetro del cilindro en que ha de insertarse la camisa debe ser menor que el diámetro exterior de ésta.

Es importante hacer notar que este tipo de camisas son lisas, y la interferencia es lo único que ha de sujetar a la camisa, puesto que ésta pasa por los dos extremos del cilindro. Al momento de la inserción, se recomienda usar aceite para lubricar las dos superficies en contacto y así facilitar el deslizamiento de la camisa, además de requerir menor cantidad de energía puesto que las pérdidas por rozamiento son menores. En ciertos motores en

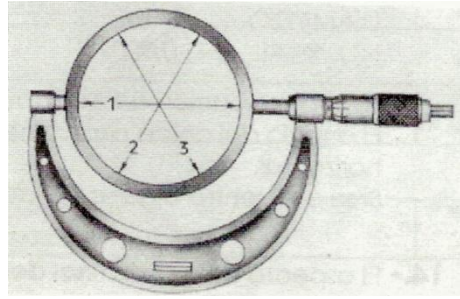


los que los cilindros se encuentran muy cercanos entre sí (Nissan, VW), la parte superior (aproximadamente de 0.25 a 0.5" del borde) se perfora durante el maquinado, requiriendo el uso de un material que evite que el refrigerante tenga contacto con la camisa o pueda fugarse. Por tal razón, se utiliza sellador para juntas, el cual sirve como lubricante para deslizar la camisa y, al calentarse, endurece e impide el paso del refrigerante a la camisa y al interior del cilindro.



**Imagen 37. Cilindro de un motor Nissan 1.8 Litros, DOHC. Al maquinar 0.140" diametrales para insertar la camisa, se llega a un barreno perforado diagonalmente y los cilindros se comunican.**

Por causas inherentes a la fabricación, almacenamiento y transporte, las camisas no siempre son circulares. Por ello, y a fin de lograr que la interferencia del ensamble sea la requerida, es recomendable medir el diámetro en tres puntos por la parte inferior y superior, y sacar un promedio para conocer el diámetro real.



**Ilustración 7. Vista superior de una camisa, y las direcciones en que ha de medirse.**

**Tomado del Catálogo de Camisas para Motor Car Pro 98-99.**

Anteriormente y por su menor costo inicial, la inserción de camisas a presión se lograba mediante golpes de martillo. Este método rudimentario, que en algunos lugares se usa aún, presenta problemas debido a que no se tiene control de la fuerza que se aplica al extremo de la camisa, pudiendo fracturar, doblar o insertar ésta por debajo del nivel de la superficie del monoblock. Estas dificultades han disminuido en gran medida con el uso de prensas hidráulicas, que aplican la fuerza de manera continua (a diferencia del golpe de martillo, que es intermitente) y uniforme.

En el método de ajuste libre, el diámetro del cilindro donde ha de alojarse la camisa debe ser de 0.001" a 0.0015" mayor que el diámetro exterior de la camisa, y se realiza un corte en escalón a 3/16" del fondo del cilindro, de 0.005" a 0.010" menor, que ha de servir como tope para que la camisa no se deslice hacia abajo. La camisa se inserta con sellador metálico, que junto con la cabeza y el tope inferior, eliminan la posibilidad de deslizamiento.

En la práctica, estos sistemas de inserción de camisas secas presentan detalles cuestionables porque, si bien son efectivos para el encamisado, no atienden el siguiente proceso (rectificado), donde se ha de centrar el cilindro. En el caso de la colocación con interferencia, donde la camisa pasa por todo el cilindro, el centrado se hace en el interior de la camisa ya colocada, lo cual no garantiza que los cilindros queden alineados (como originalmente se encuentran). La razón de este problema es que el interior de las camisas tiene un acabado rugoso, lo cual solo permite centrar de manera aproximada.

En cuanto al método de ajuste libre, tiene la restricción de ser usado en camisas ya terminadas. Si se utiliza para camisas que una vez insertadas han de rectificarse, el proceso de corte puede hacer que la camisa gire dentro del cilindro donde está alojada, dañándola y obligando a usar una nueva camisa.

Estos problemas encuentran solución al combinar las ventajas que presentan los dos sistemas de inserción de camisas secas: insertar la camisa a presión para mantener el contacto entre los dos metales y fijar un tope al fondo del cilindro original. Esto evita que la camisa deslice más adentro del cilindro y también tiene la utilidad de presentar una superficie apta para el centrado, puesto que es una sección de cilindro con un acabado cercano al espejo y que no se desgasta por no ser parte de la zona de rozamiento de los anillos.

De este modo, se consigue que los cilindros remanufacturados con camisas sean idénticos a los que originalmente tiene el motor (en diámetro y localización), porque el centrado se realiza en un segmento del cilindro original, y el nuevo cilindro, cortado a partir de la camisa ya insertada, es paralelo a los demás y se encuentra alineado a ellos.



**Imagen 38, 39. A la izquierda, inserción de una camisa C-644 x 3/32" en un cilindro de un motor Ford Triton 6.8 litros SOHC. El disco de acero sirve para que la fuerza de la prensa hidráulica se distribuya de manera homogénea por toda la camisa, evitando así**



**esfuerzos localizados que puedan romperla o doblarla. A la derecha puede verse a detalle la camisa ya insertada. En muchas ocasiones, es deseable que sobresalga para tener una zona donde comenzar a cortar sin que se afecte al cilindro en caso de exceder la medida.**

Existen otras situaciones en las cuales es necesario el uso de camisas, y no siempre se requiere este procedimiento para todos los cilindros del motor. Las causas más comunes pueden ser

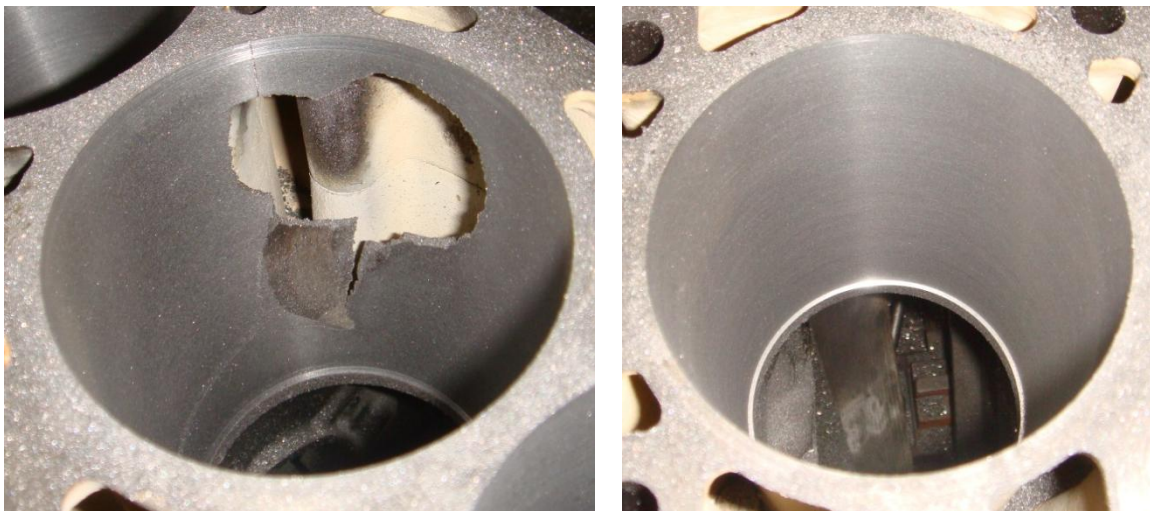
- Cilindro perforado, con fisuras o raspado, debido al impacto de una biela rota o al “amarre” del pistón. También puede ser porque el cilindro ha “reventado” al ser sometido a condiciones severas de operación.
- Cilindro rayado. Ocurre si alguno de los anillos se ha insertado mal o se ha roto. Las aristas del anillo hacen las veces de herramienta de corte cada vez que el pistón realiza su recorrido, dejando “surcos” en el cilindro. Otras causas pueden ser que algún material extraño (virutas, asientos de válvulas desprendidos, seguros de perno sueltos, partes de válvulas rotas, etc.) se encuentre dentro del cilindro o que éste se ha sobrecalentado hasta permitir el contacto con el pistón.
- Cilindros con excesivo desgaste y rayaduras por abrasión debido a la presencia de partículas de sílice (usados como abrasivos de limpieza de partes del motor) que no fueron removidas antes de ensamblar.

La experiencia nos muestra que estos problemas rara vez afectan a más de un cilindro (con excepción del tercer punto). Por esta razón es que no se reparan todos los cilindros, sino solamente el que se ha dañado. En estos casos se debe tener cuidado de no exceder el ajuste de interferencia cuando no se colocan camisas a todos los cilindros de un mismo banco, pues se puede inducir deformación en los cilindros adyacentes haciéndolos elípticos. En este sentido es recomendable el uso de pegamento y una disminución del 20-30% en la interferencia normal. Los motores de aluminio son poco sensibles a este fenómeno, ya que los cilindros que alojan a las camisas “ceden” cuando la presión es





excesiva. Los motores de hierro en cambio, si no son muy robustos y la interferencia es demasiada, presentan problemas de ovalado después de encamisar algún cilindro.



**Imagen 40, 41. Cilindros de un motor Ford Triton V10, 6.8 litros SOHC. A la izquierda, un cilindro roto y a la derecha uno completo. Ambos se encamisán, pero debido a que el motor es para usarse en una unidad blindada, en el cilindro roto se usará una camisa con espesor de pared de 3/32", mientras en el resto de los cilindros, donde el soporte para la camisa es uniforme, conviene la de 0.070" de espesor.**

En los cilindros que se encuentran fisurados o perforados, antes de insertar la camisa es recomendable el uso de un producto que de algún modo cubra el hueco o la fisura. Esto es necesario ya que la camisa, al ser insertada con interferencia, propicia que la grieta se continúe o se amplíe, lo cual muy probablemente ya no se pueda ver con la camisa insertada. Sin embargo, cuando el motor trabaja, el líquido refrigerante pasa por la grieta y tiene contacto con la camisa, causando corrosión y en ocasiones filtración hacia el cilindro. Esto último es por completo indeseable, ya que permite el contacto (y posterior emulsión) del refrigerante de base agua y el aceite lubricante.

Lo anterior ocurre debido a que las camisas de tipo seco, al estar sometidas permanentemente al esfuerzo causado por la inserción a presión y por tener un espesor de pared bajo (0.070" por lo general), son más vulnerables a la acción corrosiva y erosiva del refrigerante, que en muchas ocasiones, puede transportar también arenas y óxidos.





El producto utilizado en estos casos para “rellenar” los huecos o fisuras es un material que consiste en polvo de acero mezclado con una resina epóxica, la cual le sirve como matriz. Se aplica en forma de pasta en y alrededor de la fisura, y se inserta la camisa a presión. Al descender la camisa por el cilindro, la conicidad que presenta en el extremo para facilitar su inserción, fuerza a la pasta a entrar en la fisura, sellándola.

Una vez que esta resina endurece, además de servir para proteger a la camisa del refrigerante del motor, sirve también de sustento o soporte de la propia camisa, evitando que ésta se deforme debido a las presiones de los gases del interior.

#### **4.1.5.1 ENCAMISADO PARA REDUCIR EL DIÁMETRO DE LOS CILINDROS A FIN DE AJUSTAR PISTONES.**

Como al inicio se decía, el encamisado puede realizarse para que los cilindros se ajusten a la medida de los pistones que de otro modo serían inservibles. Se realiza el proceso de encamisado de manera normal, pero los cilindros se terminan a una medida 0.0015” mayor que los pistones para lograr que éstos operen adecuadamente, aunque este diámetro de cilindro sea inferior al indicado en el manual de reparación. Esta operación no tiene gran repercusión en la cilindrada del motor ni en la relación de compresión y por el contrario, puede significar un ahorro de hasta el 50% en el costo total de las refacciones. Como el diámetro se reduce, es necesario ajustar el claro entre puntas de los anillos, lo cual se aborda en 4.4.4.

#### **4.1.6 PISTONES MOLETEADOS.**

Existen motores a gasolina enfriados por líquido cuyos cilindros son desmontables. Estos cilindros (o camisas) no se venden como refacciones, y poseen por el exterior formas complejas y precisas que es difícil y costoso reproducir si no se cuenta con la maquinaria adecuada para hacerlo. Como las camisas son de acero (no de hierro aleado, como es común), son muy resistentes al desgaste, a las altas temperaturas y cuentan con espesores de pared relativamente bajos (hasta 0.050” en la parte inferior).



**Imagen 42. Monoblock de un motor Land Rover 2.5 Litros, DOHC. las camisas son húmedas y, como se puede apreciar, postizas.**

Los pistones de dichos motores, cuando se sobrecalientan y posteriormente disminuyen su temperatura, pueden llegar a medir hasta 0.005" menos que el diámetro nominal de los cilindros. Estos pistones tampoco se venden como refacciones.

Como no se le pueden insertar camisas a los cilindros para adaptarlos a los pistones, dado que son muy delgadas sus paredes, y en vista de que no es posible conseguir pistones nuevos (con mejores tolerancias con respecto a los cilindros), solo resta una posibilidad de volver los pistones operables: agrandarlos.

Lo que hace que cualquier ensamble sea o no correcto, es la tolerancia que exista entre las piezas que forman parte de él. Basado en esta premisa, es posible imaginar soluciones al problema:

- Colocar el pistón en una prensa hidráulica y aplicar la carga a los lados de los barrenos para el perno, comprimiendo. La fuerza debe ser suficiente para alcanzar



la zona plástica del diagrama esfuerzo-deformación para el aluminio de la pieza. El pistón tenderá a “alargarse” en la dirección del eje perpendicular al perno.

- Realizar un moleteado en la zona estabilizadora del pistón. En un torno, se sujeta al pistón por la cabeza, dejando libre la falda; el moleteador realiza en la superficie un proceso de forjado en frío que crea valles y crestas cuya forma y altura depende del tipo de rueda que se utilice. También es posible moletear con disco y usando el avance automático del torno, de la misma manera que se rosca un tornillo.

La primera opción tiene muchas dificultades para ser realizada, y lo más común es que se termine rompiendo el pistón. Si esto no ocurre, existe otro impedimento: los barrenos para el perno se desalinean al deformar el pistón, lo que provoca a su vez que el perno no deslice o que se atore.

La segunda opción si es viable, y no induce daños en la pieza, siempre y cuando no se ejerza demasiada presión con la herramienta. Aunque se realiza en torno, la operación del mandril es manual porque la superficie de la falda en los pistones no es continua (y de serlo, no es cilíndrica sino elíptica). Se moletea toda la falda y se comprueba la medida obtenida; en caso de ser necesario, puede utilizarse otro juego de ruedas con distintas características, tales como huellas más o menos profundas, que se adapten a los requerimientos específicos del moleteado.

Este procedimiento, a pesar de ser poco ortodoxo, es muy usado en pistones de coches de competencia. Como el exceso de temperatura en los pistones provoca que estos se dilaten en exceso y lleguen a atascarse en los cilindros, se opta por aumentar el espacio entre pistones y cilindros. Pero de esta manera, los pistones tienen demasiado juego y, como golpetean, los anillos no asientan y por tanto no son capaces de sellar, aunado a que los pistones aumentan su temperatura y pueden atascarse.

Cuando se realiza el moleteado en las faldas de los pistones, se pueden conseguir varios beneficios que dan solución a los problemas anteriores:



- Se mejora la tolerancia en el ensamble pistón-cilindro, lo que evita que el pistón pueda “cabecear”. Como consecuencia, los anillos asientan y sellan de forma óptima.
- Los “valles” creados por el moleteador en la superficie de la falda tienen gran retención de aceite, lo que mejora la lubricación del ensamble.

## **4.2 CABEZA O CULATA.**

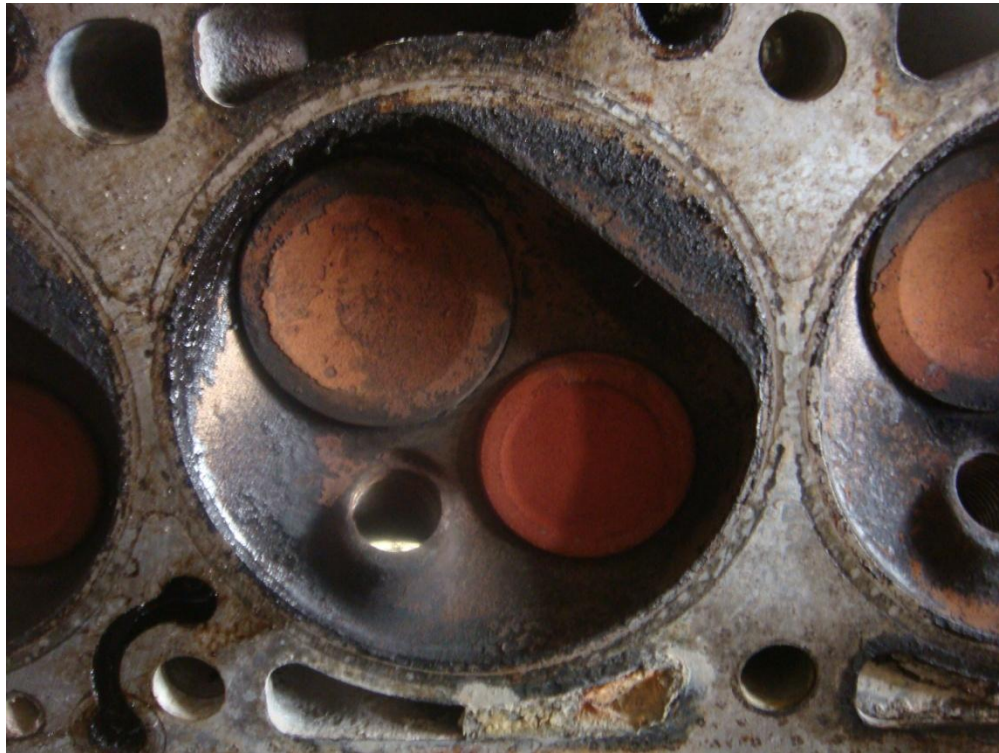
### **4.2.1 RECTIFICADO DE SUPERFICIE.**

La cabeza del motor, durante su vida de servicio, se encuentra sujeta a cambios de temperatura y a presiones elevadas debido a que aloja a las cámaras de combustión. Cuando se tienen temperaturas muy altas en la cabeza, ya sea debido a fallas de los sistemas de enfriamiento o lubricación, o a que el motor ha trabajado en condiciones severas (altas revoluciones, etc.), es común que la cabeza “ceda” a los esfuerzos producidos por la presión de las cámaras de combustión, deformándose y perdiendo la capacidad de sellar herméticamente éstas. Lo anterior ocurre cuando se alcanza una temperatura crítica a la cual el material de la pieza deja de ser estable mecánicamente y queda imposibilitado para resistir los esfuerzos para los que fue concebido.

El objetivo de la junta de cabeza es mantener el correcto sellado de las cámaras de combustión, los orificios que conducen el refrigerante y los que conducen aceite, evitando que los fluidos puedan tener contacto entre sí. Al deformarse la cabeza, se crean depresiones en la superficie de ésta que el espesor de la junta no es capaz de “llenar”, y es posible que durante la carrera de admisión del pistón, pequeñas cantidades de refrigerante entren al cilindro impulsadas por la presión baja reinante debida a la succión y por la presión alta del mismo refrigerante, necesaria para que éste circule.

La cantidad de refrigerante que pasa a los cilindros puede ser pequeña, al punto de producir solamente mayor cantidad de vapor (visible en el escape), o muy grande, al grado

de impedir la combustión. En los dos casos, se tendrá consumo de refrigerante y problemas para arrancar el motor en frío.



**Imagen 43. Cámara de combustión en la cabeza de un motor Chevrolet 1.6 litros, SOHC.**

**El tono rojizo se debe a la presencia de refrigerante en las cámaras.**

Los fabricantes de cabezas dan especificaciones técnicas sobre la capacidad de las juntas para mantener el sellado de las cámaras de combustión cuando la superficie de ensamble de la cabeza se encuentra deformada. Por lo general, las juntas fabricadas a partir de materiales fibrosos toleran hasta 0.0025" de desviación de planicidad, mientras que las de lámina metálica, 0.0015". La diferencia se encuentra en que las juntas fibrosas admiten mayor deformación por tener un espesor más considerable que las fabricadas de lámina, aunado a una mayor capacidad de ser compactadas.

Así, una vez que la superficie de la cabeza se ha deformado, y por cuestiones inherentes a la junta, no existe presencia de refrigerante en las cámaras de combustión, es recomendable que si se ha desmontado el motor y/o la cabeza, se revise la superficie para, si es necesario, rectificarla y evitar fallas posteriores, puesto que es lógico que es



más probable que falle una superficie que ya se encuentra deformada, a una que está plana.

El rectificado de la superficie de ensamble de la cabeza consiste en “hacer” la superficie plana, y se logra mediante una máquina-herramienta llamada Rectificadora de Superficies, que consiste en una herramienta abrasiva en forma de disco que gira paralela a la superficie de la cabeza, y que se desplaza a lo largo de ésta, impulsada por un motor eléctrico. La cabeza se encuentra estática y sujeta a la bancada de la máquina. La velocidad angular es constante (1180 rpm), al igual que el avance (12”/min); la profundidad de corte se controla manualmente y por lo general no es mayor a 0.001”, para evitar vibraciones tanto en la máquina como en la pieza que se rectifica, lo cual repercute en el acabado final de la superficie.

La rugosidad aceptable de una superficie de cabeza rectificada depende del material de que esté fabricada la junta que ha de utilizarse. En cabezas de aluminio con juntas multilamina, la rugosidad debe ser 0.5/1.0 micras (20/40 micropulgadas); si la junta es de material fibroso, se permite 2.3 micras (90 micropulgadas) como máximo. En el caso de las cabezas de fundición de hierro con juntas MLS, la rugosidad indicada es 1.5/1.8 micras(60/70 micropulgadas), mientras que con juntas de material fibroso se tolera hasta 3.8 micras (150 micropulgadas).

Como las áreas que la herramienta abrasiva (o piedra) abarca son grandes, este tipo de rectificado requiere de un fluido que extraiga el calor que se genera tanto por el rozamiento de la piedra con la pieza, como por la transformación del trabajo de corte al deformar el material que se arranca de la pieza en cuestión.

Este fluido debe ser una mezcla de agua (95%) y un aceite especial (5%) que es soluble en ella, y sirve además para retirar las virutas que quedan incrustadas o atrapadas en los poros de la piedra, así como los gránulos rotos o desprendidos de ésta, evitando que se tape y friccionen contra la pieza en lugar de cortar.





Existen otros métodos para conseguir la planicidad de las superficies, siendo el más común el de tipo “caminadora”, donde en lugar de banda de neopreno se tiene una lija, que se mueve sobre una superficie plana y con la cara abrasiva hacia arriba. La pieza se coloca encima de la lija y, al moverse ésta, los granos de abrasivo cortan material hasta conseguir una superficie plana.

Este método, aunque usual, no garantiza que las piezas queden planas aunque si pulidas. Al inicio y conforme avanza cortando material de la pieza, se obstruye la tira abrasiva y ya no es capaz de realizar su cometido, por lo que quedan zonas pulidas pero sin cortar y zonas donde se ha cortado en exceso (el extremo de la pieza por donde la lija pasa primero).

Otra de las maneras es mediante cabezales con múltiples buriles en la periferia, como si fuera una fresa. De hecho, de ese modo se rectifican las superficies de los monoblocks y cabezas en las plantas donde son producidos, pues se consiguen velocidades de producción mayores con respecto al rectificado con abrasivos. En el caso de la Remanufactura, este tipo de máquina es conveniente cuando el número de piezas y el tiempo requerido durante el maquinado (sobre todo este último) exceden la capacidad propia de otros equipos de rectificado y del operador.

#### **4.2.1.1. MONTAJE.**

La pieza se monta sobre una barra rígida, ya sea mediante los birlos de sujeción de alguno de los múltiples (escape o admisión), o los tornillos de las tapas de bancada del árbol de levas (si es que éste se encuentra en la cabeza y su bancada es partida).

De esta manera, la cabeza debe quedar suspendida y con la cara a rectificar hacia arriba, y puede ser girada sobre el eje que une teóricamente los soportes de la barra. La inclinación de este eje puede lograrse por un mecanismo localizado entre la bancada de la máquina y uno de los soportes de la barra, en el cual el giro de una tuerca empuja una palanca o balancín, que aumenta o disminuye la altura de ese soporte.

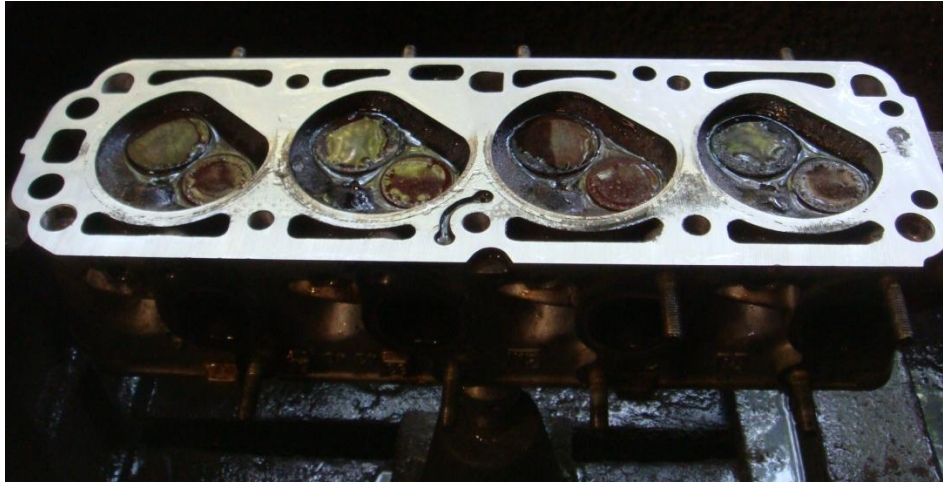


El plano que la rectificadora ha de crear, debe ser lo más parecido (paralelo) al plano que existía originalmente en la cabeza. Por ello, y mediante el uso de un equipo palpador-indicador, se localizan tres puntos sobre la superficie de la cabeza (los más altos), y se posiciona ésta para lograr que se encuentren al mismo nivel con respecto a la piedra abrasiva.



**Imagen 44. Cabeza de Chevrolet 1.6 litros (Chevy) antes del rectificado de superficie.**

Una vez que se ha terminado el proceso de rectificado, es muy importante realizar el desalojo de las virutas arrancadas durante éste, así como los restos de gránulos desprendidos o rotos de la piedra, ya que pueden entorpecer el trabajo de las partes móviles de la cabeza, obstaculizando el correcto sellado de las válvulas contra los asientos y, por su naturaleza abrasiva, producir desgaste prematuro.



**Imagen 45. La pieza de la imagen anterior después del primer recorrido de la piedra abrasiva, con profundidad de corte de 0.001", 1250 RPM y avance de 10 pies/minuto. Las partes blancas son zonas donde la piedra ya ha cortado, mientras las oscuras son áreas "hundidas".**

En muchas ocasiones, debido a los elevados costos del aceite soluble, se decide usar solo agua en el rectificado, lo que hace necesario el secado de las piezas. Las cabezas de hierro, en presencia de agua y habiéndose realizado un corte de material son extremadamente sensibles a la corrosión. En el caso de las cabezas de aluminio, es bien sabido que solamente se oxidan unas cuantas capas de átomos de su superficie, protegiendo a la pieza. No obstante, los asientos de válvula son susceptibles de oxidarse puesto que son insertos de un material diferente (hierro por lo general), y las guías de válvulas en muchas cabezas son también de un material ferroso. Si a lo anterior se añade que se han rectificado estos insertos, es eminentemente necesario retirar la humedad para evitar la corrosión.

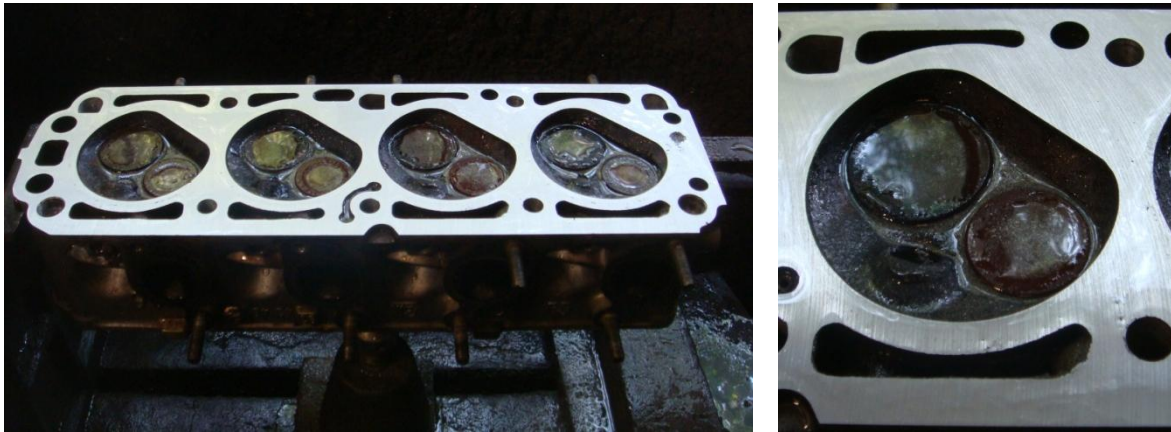


Imagen 46, 47. A la izquierda, la cabeza de Chevy después del rectificado de superficie. A la derecha, acercamiento a una de las cámaras de combustión.

#### 4.2.1.2. CORROSIÓN POR ACCIÓN GALVÁNICA.

Existe otra situación en la que es necesario el rectificado de la superficie de la cabeza, y es cuando se han corroído en exceso los orificios que conducen el refrigerante. Dichos orificios, al ampliarse, pueden no solo transportar refrigerante de la cabeza al monoblock, sino también a las cámaras de combustión, por hallarse en la periferia de éstas.



Menos noble

Magnesio  
Zinc  
Aluminio  
Cadmio  
Acero  
Hierro fundido  
Acero inoxidable  
Plomo  
Estaño  
Níquel  
Latón  
Cobre  
Bronce  
Monel  
Plata  
Titanio  
Grafito  
Oro  
Platino

Más noble

**Tabla 1. Serie galvánica de los metales para uso en agua de mar. Tomado de Diseño de Elementos de Máquinas, de Robert L. Norton; Prentice Hall México, 1999.**

La razón de este problema se encuentra en la acción galvánica: todos los metales son electrolíticamente activos en mayor o menor grado; si en su potencial electrolítico son lo suficientemente distintos, crearán una pila en presencia de un electrolito conductor. La tabla que se muestra a continuación muestra algunos metales comunes, ordenados en función de su potencial de acción galvánica, desde los menos nobles (electrolíticamente más activos) hasta los más nobles (menos activos). Los metales que se encuentran más cercanos entre sí en la serie galvánica son menos susceptibles a la acción galvánica, no así aquellos que se encuentran más alejados. A pesar de que la tabla está indicada para agua de mar, también es útil para electrolitos con mayor o menor capacidad conductora; la diferencia, asumiendo tiempos iguales de exposición, es la severidad de la acción galvánica.

En un medio conductor, los dos metales se convierten en ánodo y en cátodo, respectivamente, siendo por lo general el ánodo el metal menos noble. El flujo eléctrico causa una pérdida de material en el ánodo, así como depósitos de material sobre la superficie del cátodo, de modo que el metal del ánodo tiende a desaparecer.



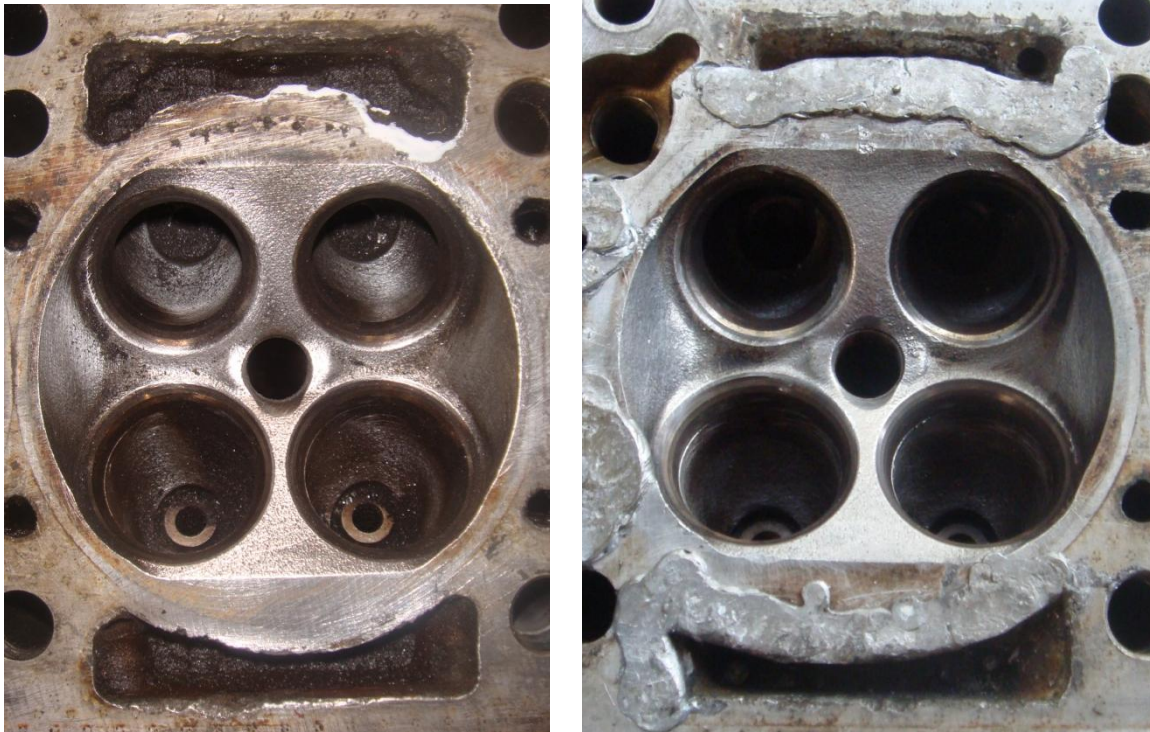


La mayoría de los bloques de cilindros están fabricados de hierro, y las cabezas, de aluminio; entre estas partes fluye un medio acuoso cuyo propósito es mantener estable la temperatura de los cilindros y las cámaras de combustión. Cuando se utiliza agua, y no etilenglicol como fluido refrigerante, además de los inconvenientes como la formación de hielo o la presencia de vapor en los conductos, se produce el potencial galvánico, causando corrosión en el aluminio.

En motores cuyo monoblock es del mismo material que la cabeza, no existe el inconveniente de la acción galvánica entre ambos componentes.

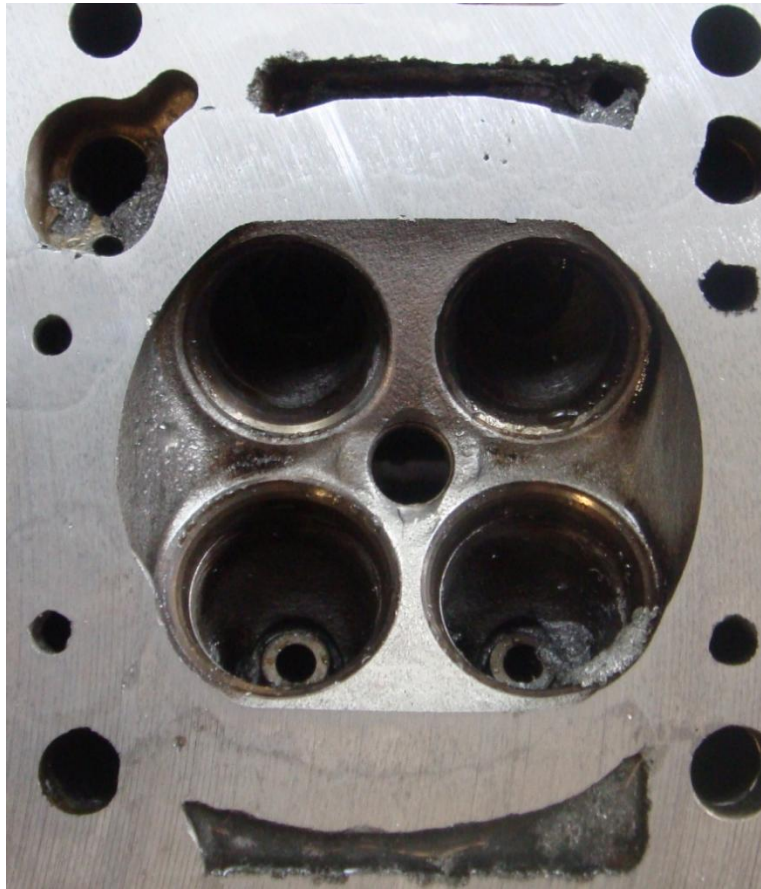
El refrigerante comercial (a base de etilenglicol), que se mezcla con agua en distintas proporciones según el área geográfica y el tipo de uso del motor, es un conductor eléctrico muy pobre (casi un aislante), lo que elimina el problema de la corrosión en las cabezas de aluminio montadas en monoblocks de hierro. Los propietarios de vehículos, no obstante, ya sea por ignorar este hecho y/o por ahorrar, usan en muchas ocasiones solamente agua de uso común, cuyo contenido en sales minerales la hace conductora.

Para retornar los orificios corroídos a su tamaño original, se realiza una soldadura con aporte de material para “rellenar” los huecos. Sin embargo, por ser de poca precisión, este procedimiento deja residuos o excedentes del material de aporte por encima de la superficie, además de que ocasiona que ésta se deforme debido a la presencia de altas temperaturas localizadas en puntos específicos alrededor de las zonas a las que se aplica soldadura.



**Imagen 48, 49. Cámara de combustión de una cabeza de Mercedes 2.8 litros, L6. Los conductos de refrigerante corroídos “invaden” la cámara de combustión y conducen refrigerante a esta, a pesar de la junta. A la derecha, cámara de combustión con soldadura de aporte.**

Es importante la revisión de los orificios una vez que se han soldado, pues es común que éstos se encuentren mucho más “cerrados” de lo que originalmente estaban. En este caso es necesario cortar parte del material de aporte de la soldadura para obtener los conductos del tamaño adecuado. Esto puede prevenir futuras fallas por calentamiento de la cabeza, pues se impide que el refrigerante se “estaque” por la reducción de los conductos.



**Imagen 50. Cámara de combustión después del rectificado de superficie. Ahora la junta de cabeza es capaz de sellar alrededor de toda la cámara de combustión.**

#### **4.2.2 ASIENTOS DE VÁLVULAS.**

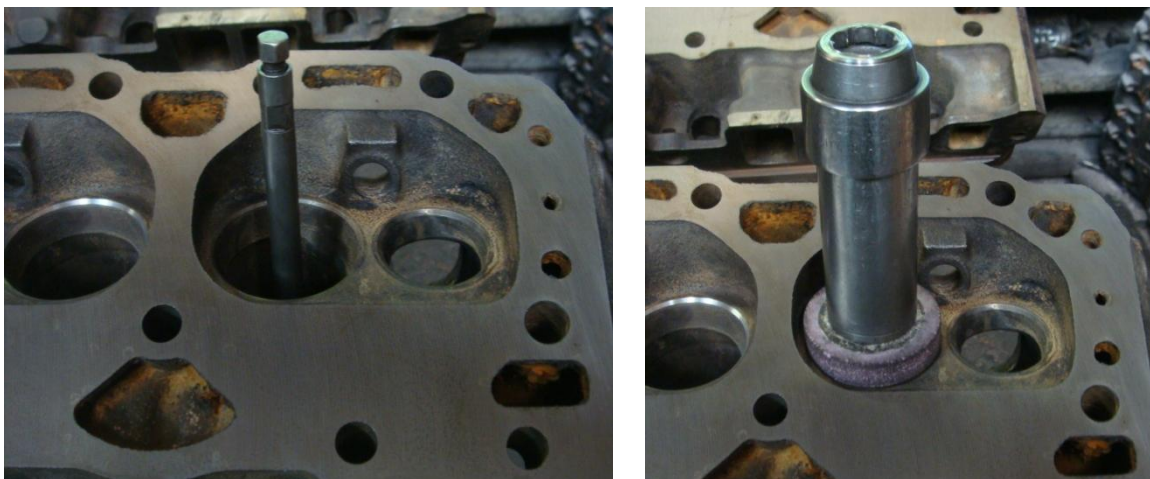
La presión dentro de la cámara de combustión se eleva al iniciar la carrera de compresión, y alcanza su punto máximo cuando la mezcla aire-combustible explota al saltar la chispa en la bujía. En la cabeza, las válvulas de admisión y escape se encuentran cerradas para impedir que los gases (mezcla aire-combustible en la compresión y gases de combustión en la explosión y posterior carrera de trabajo) escapen. Las piezas contra las que estas válvulas sellan herméticamente son los asientos de válvulas.

Estos asientos pueden ser parte de la misma cabeza, como es el caso de las cabezas de hierro, o pueden ser insertos fabricados de materiales resistentes al impacto y la deformación por altas temperaturas (hierros aleados por lo general), muy comunes en las cabezas de aluminio. Cuando el motor funciona, el constante golpeteo de la válvula y/o

problemas de excesiva holgura en las guías de válvulas ocasionan que el asiento se desgaste y pierda su capacidad de sellar correctamente. Este problema es inherente al funcionamiento del motor y a su autodestructibilidad.

Los asientos de válvulas se prueban con fluidos de baja viscosidad para saber si las válvulas sellan contra el asiento. Para conocer donde se encuentran las zonas con desgaste, se utiliza azul de Prusia; se pone en el asiento una capa uniforme y delgada de este material y, acto seguido, se coloca la válvula en posición de cierre. Se retira la válvula, y las zonas de ésta que no se encuentran coloreadas indican cavidades, ya sea en el asiento o en la válvula.

La superficie del asiento donde se lleva a cabo el sellado de la válvula, tiene forma de cono invertido (visto desde las cámaras de combustión). La válvula debe tener contacto en toda esa zona para sellar. Las presiones elevadas (superiores a la atmosférica) en el cilindro y los resortes de válvulas forzan a éstas contra los asientos.



**Imagen 48, 49. Una de las cabezas de un motor Chevrolet 350 CID. A la izquierda se aprecia un asiento de válvula de admisión con la guía para mantener centrada la herramienta abrasiva. A la derecha, la piedra abrasiva (rosa) y su portaherramienta.**

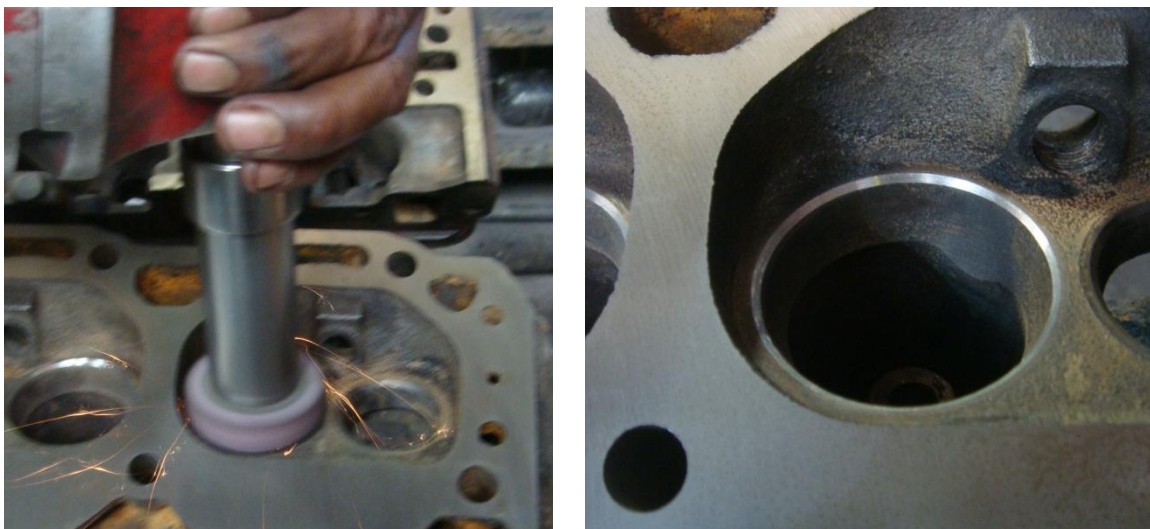
En la mayoría de las cabezas, la superficie del asiento forma un ángulo de  $45^\circ$  con respecto a la guía de válvula. En tanto, la válvula ha de tener este mismo ángulo menos un grado





con respecto al plano del “plato”. De esta manera, la superficie de sellado aumenta con el uso, ya que se produce desgaste en la válvula y el asiento.

Los asientos se rectifican con una herramienta abrasiva (piedra) que tiene la forma de cono, con el ángulo de 45°. Esta piedra gira alrededor de un eje rígido insertado en la guía de válvula para asegurar que el plato de ésta sea perpendicular a la guía. La máquina que impulsa a esta herramienta abrasiva se conoce como Vibrocenter.



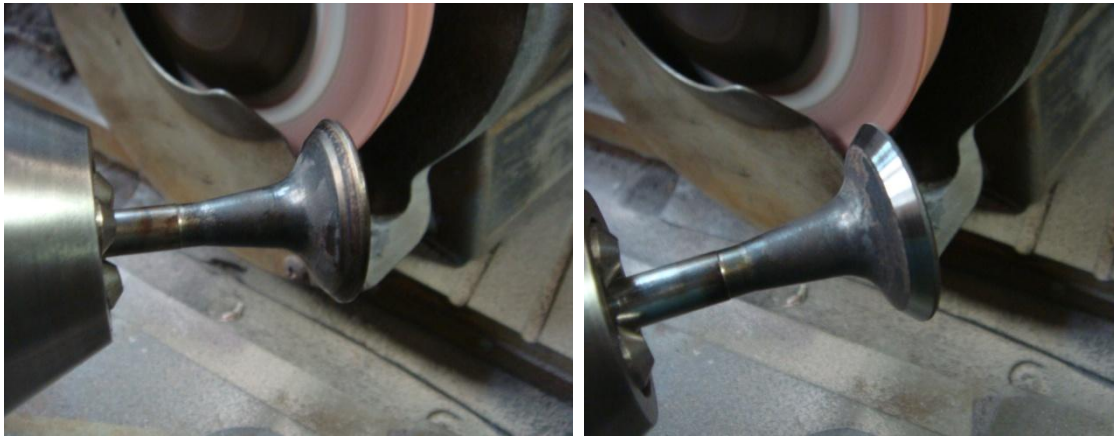
**Imagen 50, 51. Rectificado de un asiento de admisión con vibrocenter (izquierda). Al lado, imagen a detalle del asiento terminado.**

### **4.2.3 VÁLVULAS.**

Además de rectificar los asientos de válvula, en muchas ocasiones es necesario el rectificado de las válvulas, puesto que también se desgastan. Esto se hace en una máquina-herramienta en la que el vástago se coloca en un mandril orientable (para conseguir el ángulo deseado), y la herramienta de corte es una piedra de rectificado radial. La velocidad del mandril es baja comparada con la velocidad de la piedra y de dirección opuesta. La parte de la máquina que contiene al motor y a la piedra que éste mueve está sujeta a una bancada móvil, que se desplaza al girar un tambor graduado. Esta parte móvil sirve para proporcionar el avance (manual) de la piedra. El proceso termina



cuando la parte rectificada presenta una sola luz, es decir, no tiene depresiones, marcas o rayaduras.



**Imagen 52, 53. Válvula de escape de un motor Volkswagen 1.8 litros SOHC, sujeta por el vástago al mandril orientable (en este caso, a 45°). La pieza rosa es la rueda abrasiva, que gira en sentido opuesto al mandril a 3200 RPM. A la izquierda, la pieza gastada. A la mitad del asiento se ve una zona surcada, más oscura que el resto del asiento. A la derecha, la válvula después del rectificado.**

Es importante aclarar que no siempre se puede realizar el rectificado de las válvulas. Cuando presentan huecos o picaduras muy pronunciados, o forma de canal, debe retirarse más material del plato, adelgazándolo. Si el plato es muy delgado, a pesar de sellar perfectamente, ya no es útil porque tiene partes que por ser de poco espesor, no son capaces de transferir el calor al vástago a suficiente velocidad. Entonces el plato se expone a temperaturas muy elevadas, que provocan fisuras y deformidades en él, y le dejan imposibilitado para sellar contra el asiento.

#### **4.2.4 CALIBRADO DE VÁLVULAS Y PUNTERÍAS.**

Cuando se ha realizado rectificado de asientos y/o válvulas, es imprescindible realizar el calibrado de las válvulas. La altura desde la base donde se coloca por lo general el sello, hasta el extremo libre del vástago es conocida como altura de calibración, y es especificada por el fabricante del motor; esta altura no debe excederse, ya que cuando el motor alcanza su temperatura de operación, el vástago aumenta su longitud y, si no existe



una holgura que compense esta elongación, la válvula puede permanecer abierta aún cuando la leva no se encuentre presionando la puntería (o el balancín).

En el caso contrario, si se han cambiado asientos de válvulas, es necesario rectificarlos no solo para obtener la superficie donde ha de sellar la válvula, sino también para alcanzar la altura de calibración, ya que la válvula se encuentra “hundida” (la altura del extremo del vástago es menor que la altura de calibración). A pesar de no ocasionar que la válvula permanezca abierta, es posible que se produzca un retardo en la apertura de la válvula, aunado a un golpeteo en la puntería, por existir demasiada distancia entre ésta y el extremo del vástago.

Las válvulas, en su mayoría, cuentan con una “pastilla” de alta dureza soldada en el extremo del vástago para resistir el desgaste. Cuando el vástago de la válvula excede la altura de calibración correspondiente, se disminuye su longitud desgastando el extremo libre con una piedra abrasiva de rectificado frontal. Esta piedra gira en la misma flecha que la de rectificado radial para válvulas, en el otro extremo.

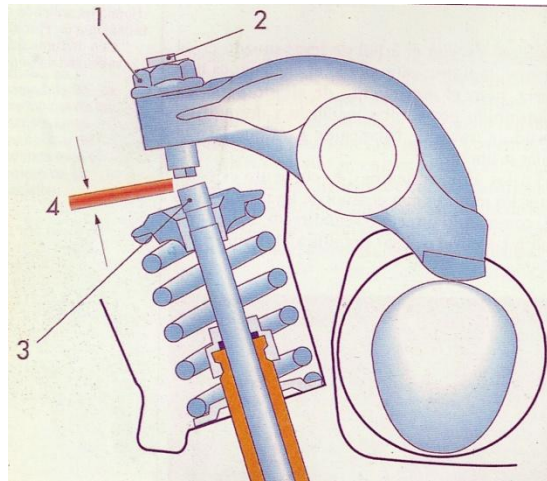
Cuando se trata de punterías hidráulicas, basta conseguir la altura de calibración que los manuales indican. Esto es porque cada puntería tiene dentro un resorte que al comprimirse compensa, junto al aceite que se libera de la misma puntería, la elongación del vástago debida al incremento de temperatura. En el caso de punterías mecánicas, si éstas no tienen el mismo espesor (lo cual es muy común), se requiere auxiliarse de un calibrador de hojas. Con las válvulas, punterías y balancines colocados en su sitio (sin resortes), y el árbol de levas sujeto en su bancada, se prosigue así:

- Se gira el árbol hasta que la parte trasera de la leva apunte (corresponda) al extremo del balancín (o la puntería, en caso de que la cabeza no use balancines). Esta es la posición de una válvula en cierre total.
- Entre la válvula y la puntería que la ha de empujar, debe existir un espacio que se mide con el calibrador de hojas. Esta distancia se indica en manuales de fabricante y/o de Remanufactura. Generalmente, para motores pequeños la holgura es

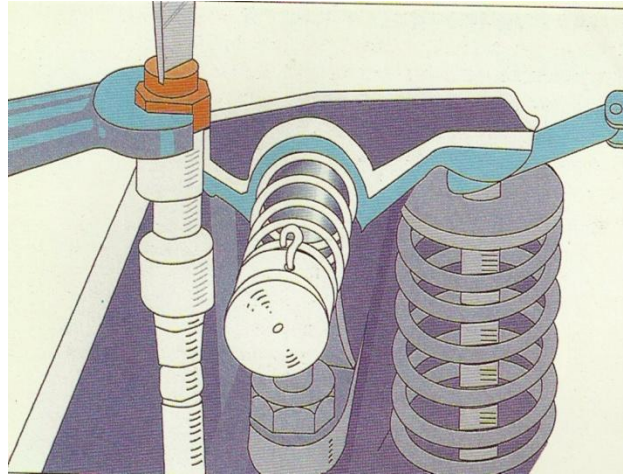


0.008/0.009" para las válvulas de admisión y 0.011/0.012" para las de escape. En el caso de motores más grandes, la holgura puede llegar a 0.016/0.018".

- Cuando el espacio es menor que el indicado en el manual, se procede a disminuir la longitud del vástago como se explicó más arriba. Esto debe hacerse con cuidado para no exceder la distancia de calibración. Se mide nuevamente y se rebaja aún más, de ser necesario.



**Ilustración 8. Se muestra una configuración OHC, usando balancines y punterías calibrables. La distancia de calibración (4) es el espacio entre la "punta" del tornillo (cuya cabeza es señalada en (2)) y el extremo del vástago de la válvula (3), y se mide con un calibrador de hojas. Tomado de la Enciclopedia Práctica del Automovil, tomo 1: El motor.**



**Ilustración 9.** En este caso, se trata de una configuración OHV, en la que el árbol de levas y las punterías se encuentran en el monoblock. El impulso de las levas se transmite a los balancines mediante varillas. Al igual que en la imagen anterior, la distancia de calibración se mide entre el vástago y la pieza que lo empuja (en este caso, el extremo del balancin). Se disminuye o incrementa este valor al girar en sentido antihorario u horario el tornillo en el otro extremo del balancin.

Una vez que se ha conseguido calibrar la válvula, se continúa con las demás siguiendo el mismo procedimiento. Es común que la distancia (o la altura) de calibración no sea la misma para las válvulas de admisión y las de escape. Esto se debe a las condiciones de operación y a las características de estas, pues a pesar de estar montadas en la misma cabeza y estar localizadas muy cercanas entre sí, tienen diferencias considerables:

- En general, el diámetro del plato de la válvula de admisión es mayor que el de la válvula de escape, por lo que recibe más calor.
- Al ser menor la superficie de sellado en la válvula de escape, la cantidad de calor que debe transmitirse hacia el asiento por unidad de tiempo es mayor que en el caso de la válvula de admisión.
- Los productos de la combustión salen por la válvula de escape a alta temperatura, y tienen contacto directo con el plato y parte del vástago y la guía.



- La mezcla aire-combustible entra por la válvula de admisión a temperatura ambiente, por lo cual la válvula permanece a menor temperatura que la de escape.

Los dos últimos puntos son los más importantes, ya que la dilatación es directamente proporcional al incremento de la temperatura. Es por esta razón que en general, la distancia de calibración es mayor para las válvulas de escape que para las de admisión.

#### **4.2.5 GUÍAS DE VÁLVULAS.**

El vástago de la válvula se desplaza dentro de un orificio cilíndrico, que se encuentra firmemente sujeto a la cabeza (a presión), o que es parte de ésta. Esta pieza es la guía de válvula, que aloja gran parte del vástago y que precisamente, “guía” su movimiento, impidiendo que tome una trayectoria que no sea la de este cilindro. Para evitar el amarre de estas dos piezas al calentarse, existe una holgura entre ellas, que será especificada por el fabricante del motor. Cuando ésta holgura es demasiada, la válvula comienza a fallar porque el plato no se apoya de manera uniforme sobre el asiento, aunado a la presencia de ruido. Además de lo anterior, el vaivén del vástago daña los sellos que impiden al aceite pasar hacia la cámara de combustión por la guía.

Para solucionar estos problemas, existen dos opciones posibles: el rimado y el cambio de guías. El rimado se hace con una herramienta (rima) que corta material de la guía, aumentando su diámetro y dejándola recta. Este proceso tiene la limitante de que se requiere cambiar las válvulas por otras con vástago en sobremedida, las cuales en muchas ocasiones no se producen como refacciones.

En el caso del cambio de guías, cuando éstas son insertos colocados a presión, se retiran de la cabeza impulsándolas con impacto o mediante una prensa hidráulica. Antes de realizar esta operación, es importante medir la parte de la guía que permanece libre (sin insertar), ya que aquí se “anclan” los sellos de válvula, y por tanto, las guías nuevas deben mantener esa característica. Otra cuestión importante es que las piezas nuevas tengan la misma longitud que las usadas. En muchas ocasiones los fabricantes producen guías de longitud única, que sirven para varios tipos de cabezas (y sus respectivas válvulas) por sus





diámetros interior y exterior, pero que deben ser cortadas a la medida requerida. No se deben usar guías de mayor longitud que las originales, ya que las válvulas pueden atascarse si la zona próxima a la cabeza de válvula, que comienza a ensancharse, y que ya no forma parte del vástago, se inserta en la guía.



**Imagen 8. Guías de válvula fabricadas en bronce, para la cabeza de un Volkswagen 1.8 litros. Se aprecia la conicidad en la parte baja, que facilita la inserción; también se ve el escalonamiento que evita que la guía descienda a mayor profundidad, y finalmente, la zona de anclaje del sello de válvula (parte superior).**

Las guías deben tener un chaflán en el extremo por el cual han de insertarse, y es recomendable el uso de aceite para eliminar la posibilidad de que las piezas se “amarren” antes de llegar a su posición final. La inserción puede hacerse con prensa hidráulica o mediante golpe de martillo, aunque la primera opción es recomendable porque la guía se desliza de manera continua, y por eso es menos susceptible a romperse o deformarse.

Las guías ya insertadas se deben rimar a la medida que se requiere, porque disminuye su diámetro interior al ser colocadas a presión.

En muchas cabezas, de hierro principalmente, las guías son barrenos, no insertos. En estas situaciones, para colocar guías nuevas es necesario ampliar dichos barrenos mediante rimado. Como se ha de retirar una cantidad importante de material, este procedimiento



se realiza en una máquina-herramienta. La rima que se utiliza es impulsada por un motor eléctrico; su velocidad es constante y el avance es manual. Debido a que la herramienta de corte posee en el extremo inicial un diámetro igual al del interior del barreno (el cual le sirve de guía), es necesario que el cabezal se encuentre alineado para evitar dañar la rima.

Las guías nuevas se insertan de la misma manera que en las cabezas de aluminio, y la interferencia que ha de existir para mantenerlas en su sitio varía de 0.0015" a 0.0025".

### **4.3. CIGÜEÑAL**

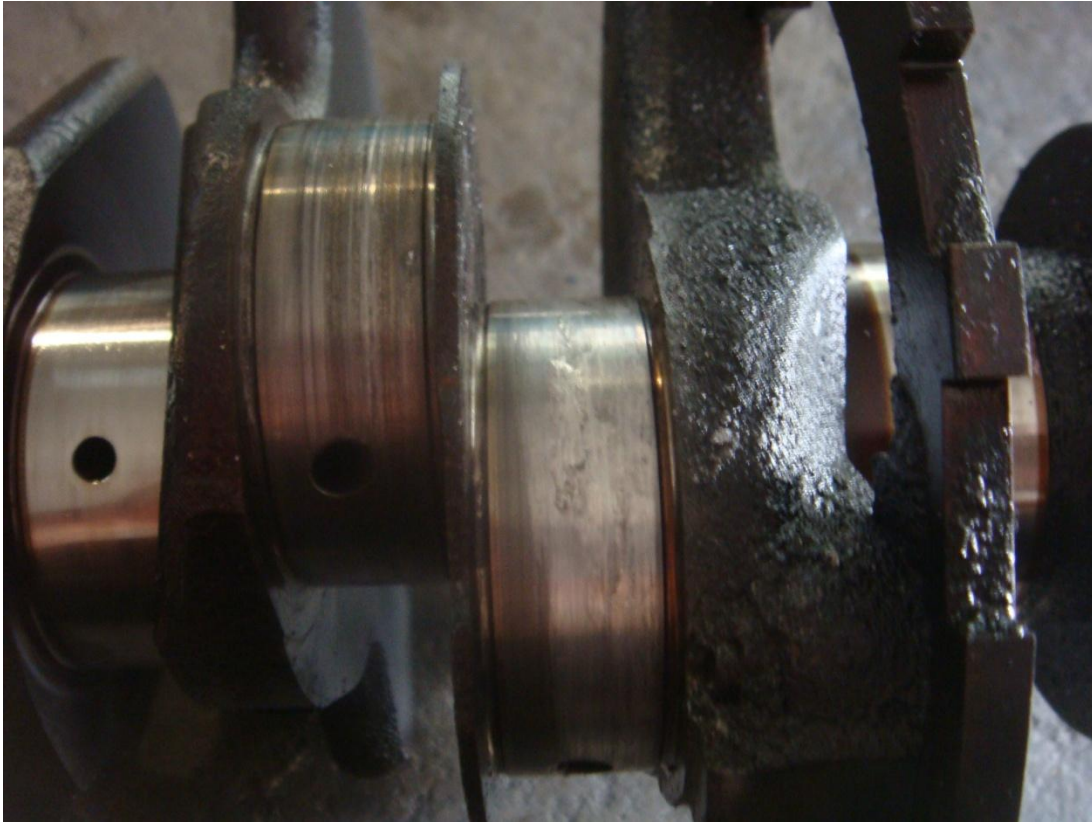
Se encarga de transformar el movimiento lineal del pistón en un movimiento rotativo. Durante su operación normal se encuentra sujeto a esfuerzos torsionales que varían en función de la secuencia de encendido, la velocidad angular, la presión de los gases en la explosión, el diámetro del cilindro y la carrera. Además, estos esfuerzos cambian de dirección de manera casi instantánea cuando la carrera de compresión termina y comienza la explosión; es por esta razón que cuenta con varios contrapesos que sirven para compensar dichos esfuerzos y lograr que el giro sea lo más uniforme posible.

En operación, el cigüeñal gira alrededor de los soportes que se alojan en la bancada del monoblock. De modo parecido, las bielas son soportadas en los muñones. Entre las partes móviles se colocan cojinetes simples y de empuje (que soportan cargas axiales). Los cojinetes comunes se fabrican de babbitts, una familia de aleaciones basadas en plomo y estaño combinados con otros elementos, que mediante electrodeposición forman películas delgadas sobre un sustrato más resistente, como el acero. La baja dureza del babbitt permite la incrustación de partículas extrañas, y es posible conseguir superficies con acabados poco ásperos. Sin embargo, por estar fabricado de elementos de bajo punto de fusión, este material es susceptible a fallar en presencia de elevaciones de temperatura. Por esta razón, los cojinetes fabricados de este material requieren una buena lubricación hidrodinámica o hidrostática.



Otro material con que se fabrican cojinetes para motores es una aleación llamada Duraluminio, que es más estable al aumento de temperatura y tiene mayor resistencia al desgaste por poseer una menor relación de dureza flecha-cojinete (6 a 1 contra 8 a 1 del babbitt), lo que lo hace más apropiado durante el arranque y parada del motor, donde la lubricación es marginal y existe contacto entre la flecha y el cojinete que la aloja. Sin embargo, por ser más duro, es menos incrustable.

Cuando el cigüeñal opera a una temperatura mayor a la de diseño, la dilatación térmica puede ser suficiente para reducir a cero la holgura normal entre los cojinetes y muñones, aumentando la fricción y cada vez más, la temperatura. Cuando se utilizan cojinetes de babbitt, la fricción provoca que los muñones arranquen las capas del material suave del cojinete, evitando en gran medida el desgaste en el cigüeñal. Sin embargo, si se continúa esta operación anormal y se forza al motor a vencer las cargas por rozamiento, es posible que la fricción sea tan elevada que el cigüeñal se “amarre” en los cojinetes, provocando que éstos giren dentro de sus alojamientos.



**Imagen 54. Cigüeñal de un motor Chrysler 3.7 Litros. El muñon de biela se ha barrido en el cojinete y presenta rayaduras, mientras que el muñon de centro aún muestra aluminio que ha arrancado al cojinete.**

#### **4.3.1 REALINEADO DE CIGÜEÑAL.**

Para reutilizar el cigüeñal que se ha gastado, primero es necesario averiguar si los centros se encuentran alineados, pues es común que al calentarse en exceso el material ceda ante los esfuerzos y se deforme. Para esto, en una máquina se coloca la pieza entre dos soportes, y un equipo palpador-indicador se ajusta a alguno de los centros que se encuentran libres, de preferencia al intermedio. Se procede a girar lentamente el cigüeñal, y el indicador muestra que tan excéntrico se encuentra (con respecto a los puntos donde está soportado el cigüeñal) y en qué sentido. Para alinear nuevamente los centros, mediante un sistema hidráulico se le aplica carga lentamente al cigüeñal, hasta sobrepasar ligeramente el límite elástico. Entonces se retira la carga y se gira la pieza a fin de observar en el indicador algún cambio en la alineación. Como la composición y tratamientos a que



los cigüeñales se someten en su fabricación son en general desconocidos, el proceso de alineado es meramente iterativo; sin embargo, una vez que, aún en lo más mínimo se ha conseguido mejorar la alineación, es preciso incrementar la carga de manera que se consigan deformaciones muy pequeñas, puesto que al encontrarse en la zona plástica se corre el riesgo de sobrepasar el punto de fluencia y puede sobrevenir la fractura.

#### **4.3.2 RECTIFICADO DE CIGÜEÑAL.**

Ya que se ha alineado el cigüeñal, se puede proceder al rectificando de los centros y/o los muñones de biela, según se requiera. La rectificadora de cigüeñales es una máquina-herramienta semejante a un torno, con la diferencia esencial de que la herramienta de corte es una piedra abrasiva de corte radial y no un buril. Además cuenta con dos mandriles, entre los cuales se sujeta la pieza a rectificar; para trabajar en centros, ambos mandriles se fijan en la posición cero. Para los muñones de biela, los mandriles se alejan del centro del radio de giro, deslizándose radialmente de acuerdo a la mitad de la carrera (stroke) del cigüeñal. De este modo, cuando los mandriles giran, lo hacen alrededor del muñón que se ha de rectificar. Los granos de la rueda abrasiva, al presentar en muchas ocasiones ángulos de corte negativos, transforman gran cantidad del trabajo en calor, por lo que un chorro de refrigerante (emulsión de agua y aceite soluble) enfría la parte que se rectifica mientras un equipo palpador-indicador muestra como el diámetro disminuye. El acabado superficial mínimo aceptable es de veinte micropulgadas.

#### **4.4. MONOBLOCK.**

En la actualidad existe la tendencia creciente de construir monoblocks de aluminio, el cual posee mayor coeficiente de transferencia de calor que el hierro, además de ser más ligero. Si el calor se transmite a mayor velocidad hacia el fluido refrigerante, la diferencia de temperaturas entre las cámaras de combustión y dicho fluido puede ser mayor que en un monoblock de hierro, posibilitando temperaturas más altas en las cámaras de combustión, y por tanto, mejores condiciones de explosión.





Para aumentar la capacidad de transferencia de calor hacia el refrigerante, se utiliza el sistema de camisas húmedas, en el cual, las camisas se encuentran unidas al bloque por la parte baja, pero por arriba se encuentran libres. Como en este tipo de arreglos el sellado de las cámaras de combustión por medio de la junta de cabeza es crítico, es muy común que las camisas sobresalgan del aluminio, aumentando la capacidad del anillo metálico de la junta para sellar y asegurando así la estanqueidad de las cámaras. El área de la camisa que tiene contacto con la junta debe ser plana y capaz de resistir, mediante la sujeción de los tornillos de cabeza, los esfuerzos generados por los gases de combustión.

No obstante las mejoras que este sistema ofrece, cuando estos motores se sobrecalientan (la temperatura se eleva hasta aproximarse o exceder la temperatura de estabilidad termomecánica del aluminio), las camisas y el aluminio que las aloja, la superficie de la cabeza y la del monoblock, ceden ante la presión de los gases dentro de los cilindros, deformándose.

En estas situaciones son necesarias varias operaciones de Remanufactura para dar al motor las condiciones más aproximadas a las de diseño:

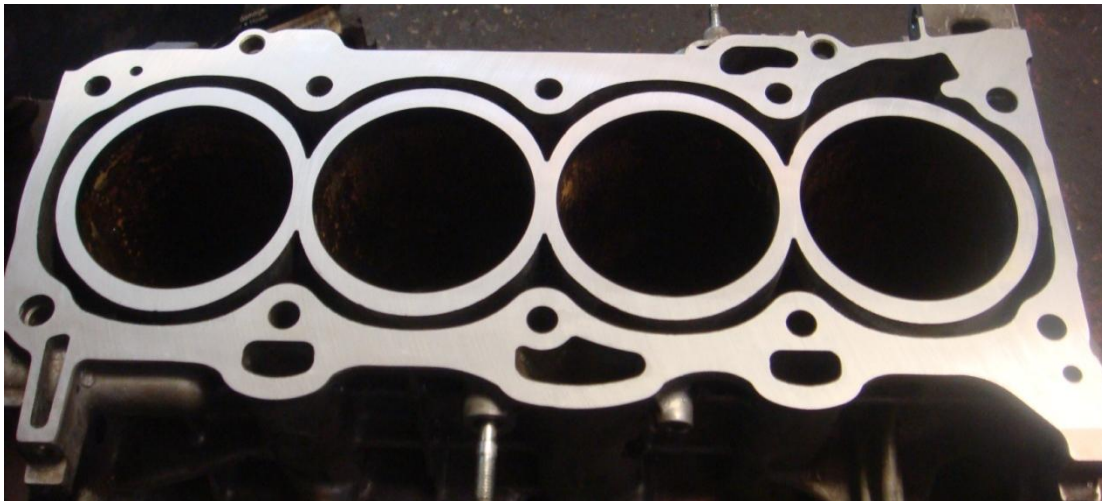
- 1) Rectificado de cabeza.
- 2) Rectificado de superficie del monoblock.
- 3) Encamisado de cilindros.
- 4) Rectificado de los extremos de las camisas (según la altura con respecto al monoblock que indica el fabricante o que se mide antes de la operación 2).
- 5) Ajuste de los nuevos anillos de los pistones a los cilindros, en caso de terminar éstos a un diámetro menor al original.
- 6) Reducción de la distancia de compresión de los pistones, en caso de que al término de las operaciones anteriores, las cabezas de éstos sobresalgan de las camisas y exista el riesgo de contacto con las válvulas o con la misma cabeza del motor.



#### 4.4.1 RECTIFICADO DE SUPERFICIE DE MONOBLOCK.

El rectificado de la superficie del monoblock (donde la cabeza se ensambla), es muy parecido al rectificado de la superficie de la cabeza, del cual se ha hablado anteriormente. El monoblock ha de sujetarse a la barra rígida por la bancada del cigüeñal, que es partida. Una vez nivelado, y antes de comenzar el rectificado, es muy importante conocer la altura de los extremos de las camisas.

Como con las cabezas, el rectificado termina cuando la superficie presenta una sola luz, lo cual significa que la piedra ha pasado cortando por todos los puntos de la superficie y ha creado así un área plana. Esto incluye a las camisas, cuyos bordes se eliminan.



**Imagen 9. Monoblock de Mazda 2.3 litros al que se ha rectificado la superficie de ensamble.**

#### 4.4.2 ENCAMISADO DE CILINDROS.

A pesar de que este punto ya se ha tratado en el apartado de cilindros y pistones, aquí se busca ser más específico en cuanto a las diferencias existentes entre los bloques de hierro aleado y los de aluminio, no solo en base al material mismo sino al diseño del sello estático entre la culata y el monoblock.

Encamisar los cilindros obedece principalmente a tres razones:



- Con el exceso de temperatura, las camisas y los pistones se dilatan lo suficiente para que exista contacto entre ellos. Aun si no ocurre el amarre de los pistones a los cilindros, éstos últimos se deforman y cambian su geometría, ovalándose. Por este hecho, los anillos rozantes son ya incapaces de mantener la estanqueidad a los gases y al aceite.
- Los pistones disminuyen su diámetro al enfriarse, ya que se “forjan” por la acción de una fuerza generada por el contacto de las paredes de los cilindros y de los mismos pistones al estar dilatados. Si los cilindros no se han ovalado (lo cual es poco probable), es necesario el encamisado para “adaptar” el diámetro interior de las camisas a la nueva medida de los pistones, en el caso de que éstos sean muy costosos o no existan como refacciones.
- Como se decía antes, al rectificar la superficie del bloque de cilindros, los bordes de las camisas originales se eliminan, por lo que es necesario el encamisado para volver a tener los bordes mencionados.

El encamisado de los cilindros se realiza de la misma manera que en los bloques de hierro, con la diferencia de que las camisas se insertan con mayor interferencia (aproximadamente 0.0015” por cada pulgada diametral) y se requiere pegamento (no aceite) para facilitar el deslizamiento y la fijación.

#### **4.4.3. RECTIFICADO DE LOS BORDES DE LAS CAMISAS.**

Para este procedimiento se requiere utilizar nuevamente la rectificadora de superficies, pues todos los bordes han de estar a la misma altura y ser planos para conseguir que la junta de cabeza sea capaz de realizar su cometido. Esto no se puede lograr en la mandrinadora, porque si bien su precisión en el corte radial es de  $\pm 0.0005$ ”, en corte completamente axial es cercana a  $\pm 0.003$ ”. Si la altura del borde de las camisas (con respecto a la superficie del bloque) es de 0.0035”, es fácil apreciar que ninguna camisa tendrá la misma altura que otra y, en el caso más extremo, puede haber una variación hasta de 0.006”.



Por lo anterior, en la mandrinadora se cortan los bordes aproximadamente a 0.012" y se realiza el chaflán tomando en cuenta que una parte de esta conicidad se eliminará en la siguiente operación (esto dependerá de ángulo del chaflán, así como del espesor final de pared de la camisa). Por otra parte, en la rectificadora de superficies el monoblock se ha de centrar a cero, pues la superficie de éste ya se ha rectificado anteriormente y lo que se busca ahora es crear un plano paralelo en las camisas.

Ya que el monoblock se ha nivelado y se ha realizado el primer recorrido de trabajo, se fija en cero el tambor graduado de profundidad de corte y se mide la altura de la camisa por la que ya ha pasado la piedra arrancando material; a este valor se resta el correspondiente a la altura que se desea obtener en las camisas, y el resultado será el número de milésimas de pulgada que han de proporcionarse en profundidad de corte (una a cada recorrido de la herramienta) para obtener la altura deseada.



**Imagen 10. Acercamiento al borde de un cilindro encamisado de un monoblock de Volvo 2.3 litros, L5. La camisa sobresale 0.005" por arriba de la superficie rectificada del monoblock.**

Una vez que se ha alcanzado la altura requerida en los bordes de las camisas, es conveniente realizar un recorrido más, sin aumentar la profundidad de corte. Esto es para



minimizar los efectos que puede tener en el sello estático, la vibración ocasionada por el corte.

#### **4.4.4. AJUSTE DEL CLARO ENTRE PUNTAS DE LOS ANILLOS.**

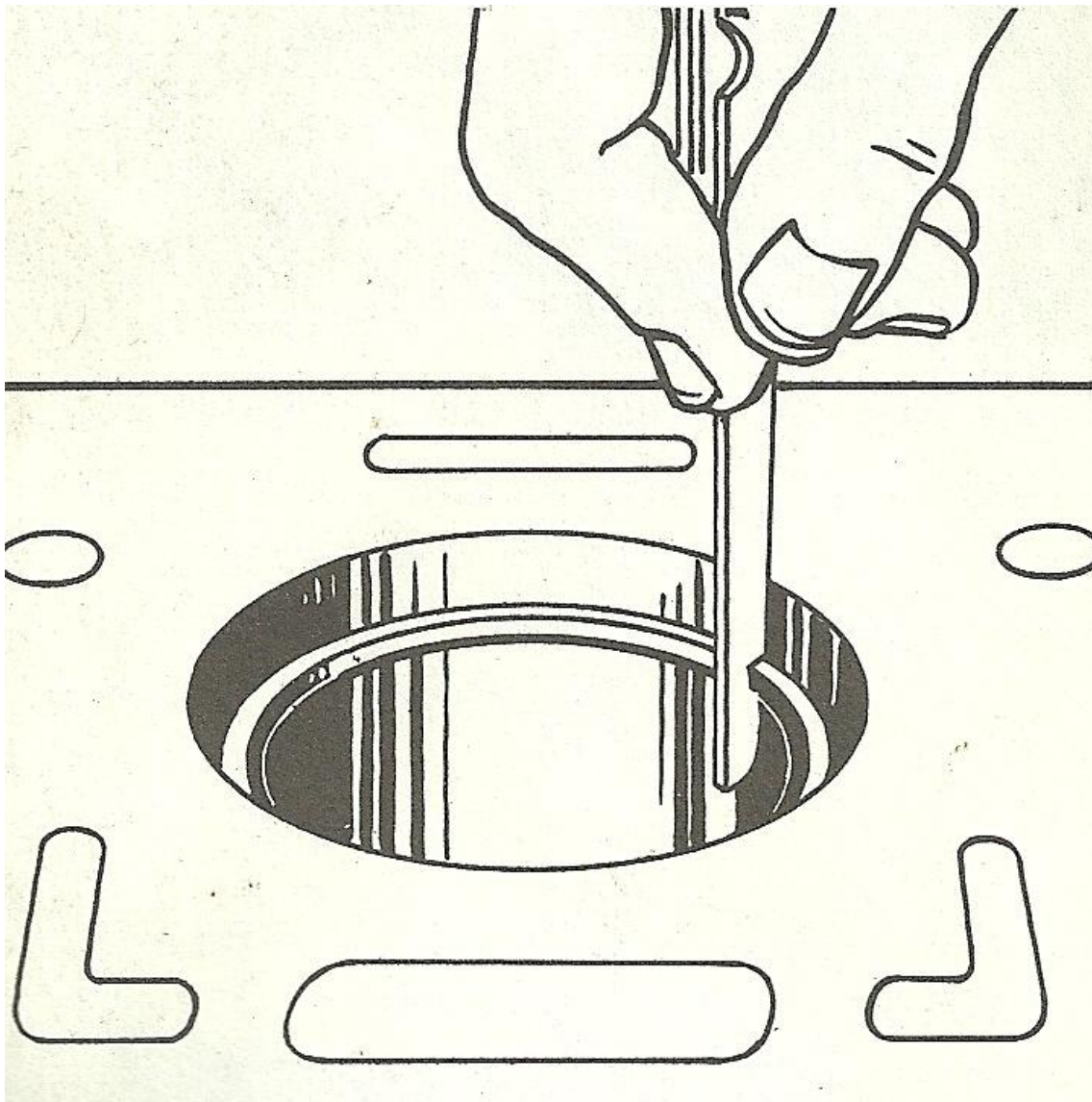
En los casos en que se han terminado los cilindros a diámetros inferiores a los originales para reutilizar los pistones, es necesario ajustar los anillos para que tengan la abertura correcta.

La abertura ideal es de 0.004" a 0.005" por cada pulgada de diámetro del cilindro. De esta manera, los valores de claro entre puntas oscilan entre 0.012" y 0.022".

Cuando el anillo se fabrica, se calcula el perímetro que ha de cubrir, y la abertura que debe tener, en función del diámetro del cilindro donde ha de operar. Obviamente, el claro disminuye cuando el diámetro es menor, siendo 0.0031" menor por cada 0.001" menos del diámetro original en el cilindro.

Si la abertura entre las puntas de los anillos es menor que 0.004" por cada pulgada de diámetro del cilindro, se corre el riesgo de que las puntas lleguen a tocarse (debido a la dilatación del anillo) y se produzcan rayaduras en el cilindro al atascarse el anillo. Por esta razón se debe "recortar" uno de los extremos de los anillos para obtener el claro especificado. Se sujeta el anillo en un tornillo de banco, con uno de los extremos lo más cercano posible a las mordazas para evitar deformaciones, y se procede a limar (de preferencia con una lima plana muza fina) la cara del extremo que se encuentra más rígidamente sujeto. La lima debe pasar por toda la superficie para obtener un corte parejo (a una sola luz). Se retira el anillo, se coloca en el cilindro y se alinea con un pistón para asegurar que se encuentra en la posición adecuada, y se mide la abertura con un calibrador de hojas. Si la medida es aún menor a la deseada, se vuelve a limar para obtener dicha abertura; cuando ya se ha conseguido, se continúa con el resto de los anillos.





**Ilustración 10. El calibrador de hojas puede medir la abertura entre puntas de los anillos.**

En muchas ocasiones no se utilizan anillos de hierro, sino de acero (originales) o que poseen puntas de cromo o molibdeno; estos materiales son muy difíciles de desgastar con lima, y se prefiere usar ruedas abrasivas para facilitar el trabajo. Sin embargo, se debe tener cuidado de no cortar demasiado el anillo (aberturas de 0.025" o más), pues esto reduce su capacidad de sellado.



#### **4.4.5 REDUCCIÓN DE LA DISTANCIA DE COMPRESIÓN DE LOS PISTONES.**

La disminución de la distancia de compresión de los pistones es una operación delicada que no siempre se requiere, y puede obedecer a alguna (o ambas) de las siguientes razones:

- Al rectificarse la cabeza, las válvulas se encuentran más cerca de los pistones.
- La superficie del monoblock donde se ensambla la cabeza se ha rectificado.

Como no se cambia la geometría de las levas, la carrera del cigüeñal ni la longitud de las bielas, los pistones siguen alcanzando la misma altura con respecto al centro sobre el que gira el cigüeñal. Sin embargo, como se ha disminuido la altura del monoblock, es posible que el pistón sobresalga de la camisa al llegar al punto muerto superior y golpee la cabeza o las válvulas.

La distancia de compresión de los pistones solamente se reduce lo suficiente para compensar el “acercamiento” que existe con la cabeza y las válvulas debido al rectificado de las superficies, y corresponde a la suma de lo que se ha rebajado en el monoblock y en la culata; se monta el pistón en el torno y se refrenta la cabeza de éste. También se puede utilizar una superficie abrasiva como el papel de lija, pero ha de medirse la distancia (inicial y final) desde el borde de la falda hasta la cabeza para saber cuándo se ha terminado el trabajo, pues no se tiene un tambor graduado para saberlo (como en el torno).

En muchos casos se prefiere utilizar juntas dobles o más gruesas para alejar la cabeza del monoblock y así evitar alterar los pistones, siempre y cuando el espesor de la junta sea suficiente para mantener separados los pistones de la cabeza. Esto se recomienda en los casos en que los pistones tienen cabeza con forma compleja y por ende, su maquinado sería difícil y costoso.



Lo anterior puede no ser aplicable a todos los motores de aluminio a los que se les rectifica la superficie, y esto se debe a que en algunos casos los pistones no llegan hasta el borde superior de las camisas, por lo que no es necesario rebajarlos.

#### **4.4.6 CAMBIO DE BUJES DE ÁRBOL DE LEVAS, ÁRBOLES AUXILIARES Y BARRAS DE BALANCEO.**

Cuando un motor se ajusta, es necesario reemplazar muchos componentes que, por la operación normal, se desgastan. Tal es el caso de los bujes de árboles de levas, barras de balanceo y árboles auxiliares, que durante el arranque y parada del motor pueden encontrarse sin la lubricación adecuada.

Los bujes se encuentran insertados a presión para evitar que puedan moverse y para transferir mejor el calor. Se retiran mediante piezas cilíndricas cuyo diámetro es ligeramente inferior (0.01-0.02") que los alojamientos, y mayor que el diámetro interior de los bujes.

Para insertar los bujes nuevos se utilizan piezas similares a las anteriormente descritas pero con la diferencia que deben exceder el diámetro de los alojamientos aproximadamente 0.15" y han de poseer un barreno central por donde pasa la barra que las impulsa.

Lo más común y práctico es la utilización de una barra recta que posee distintos diámetros (decrecientes). El extremo más delgado se hace pasar por el barreno del insertor y, al impulsar la barra, el escalonamiento de ésta lo golpea, forzando al buje a entrar al alojamiento. Se requieren varios impactos para poner al buje en su posición, y éstos dependerán de la experiencia del mecánico y de la dificultad propia del motor. Para lograr que el buje entre alineado, en los alojamientos extremos se colocan piezas cónicas que sirven de guías para la barra.

Cada buje tiene una localización propia en el motor y una posición definida en su alojamiento. La localización es porque los diámetros de los muñones de los árboles no son



todos iguales<sup>10</sup>, y la posición obedece al sitio donde se encuentran los conductos que han de lubricar a los muñones. En motores que utilizan cadenas para la distribución, es usual que el buje más cercano a ésta posea un corte para enviarle aceite.

#### **4.5. BIELAS.**

En un motor de combustión interna recíprocante, las bielas son, junto con los pistones, cilindros, cigüeñal y tren valvular, los componentes principales. Al explotar la mezcla aire-combustible en la cámara de combustión, la presión de los gases obliga al pistón a realizar la carrera de trabajo. La fuerza con la cual es impulsado el pistón, se transfiere al cigüeñal mediante la biela para transformar el movimiento lineal en uno circular, que es más uniforme y aprovechable.

La biela es entonces un conector especial que enlaza al pistón con el cigüeñal. Se divide en tres partes: el pie (que es la parte que se une al pistón a través del perno), la cabeza (que se une al cigüeñal, cojinete de por medio), y el cuerpo de biela (que es el nexo de unión entre el pie y la cabeza). Su longitud se determina en base a la carrera del cigüeñal (stroke), a la longitud del cilindro y a las características de la cámara de combustión (si ha de ocupar o no parte del cilindro). La pieza en cuestión, trabaja casi exclusivamente a compresión y por lo general se diseña como una viga en “H” para hacerla ligera y además, capaz de resistir esfuerzos de flexión. En la zona de la cabeza de biela, la pieza es robusta porque aquí ha de resistir los efectos de la fuerza centrífuga originada por la rotación del cigüeñal.

##### **4.5.1. BIELAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CIGÜEÑAL.**

En los motores con cigüeñales de una sola pieza, las bielas son necesariamente partidas para permitir el ensamble con los muñones del cigüeñal. Cuando son cigüeñales de varias piezas (como es el caso de la mayoría de los motores de motocicleta), las bielas no

---

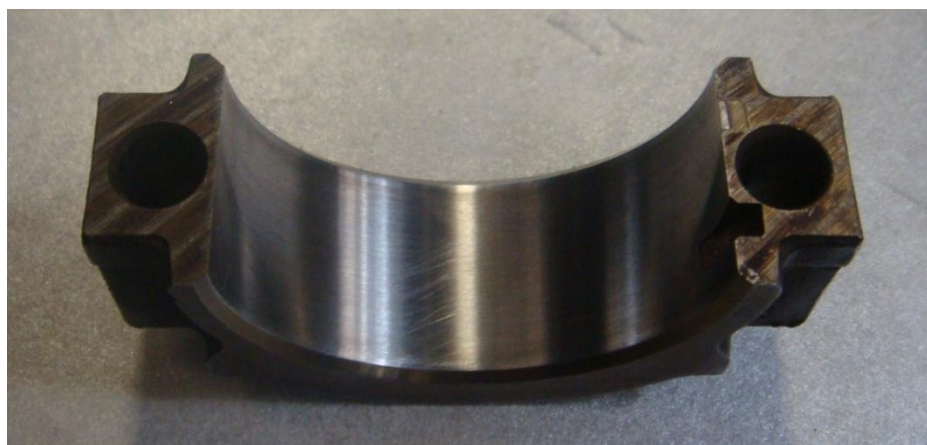
<sup>10</sup> Para facilitar la colocación de los árboles, cada muñón es diametralmente inferior que su antecesor.



requieren ser partidas, pues al ensamblar los muñones del cigüeñal se colocan las bielas con sus respectivos rodamientos (baleros).

#### 4.5.2. SISTEMAS DE FABRICACIÓN: FORJADO Y SINTERIZADO.

Desde los inicios de los motores, las bielas se han fabricado mediante forjado puesto que este proceso mejora las propiedades mecánicas de los materiales y por consiguiente aumenta su vida útil. Fabricar las piezas mediante forjado implica producir las partes por separado y luego rectificar las zonas donde se unen, el alojamiento y el pie de biela. Los avances en el conformado de materiales y el desarrollo de equipos más sofisticados, a la vez que el abatimiento de los costos de producción han logrado generalizar el uso de un proceso que ofrece mayores ventajas: el sinterizado.



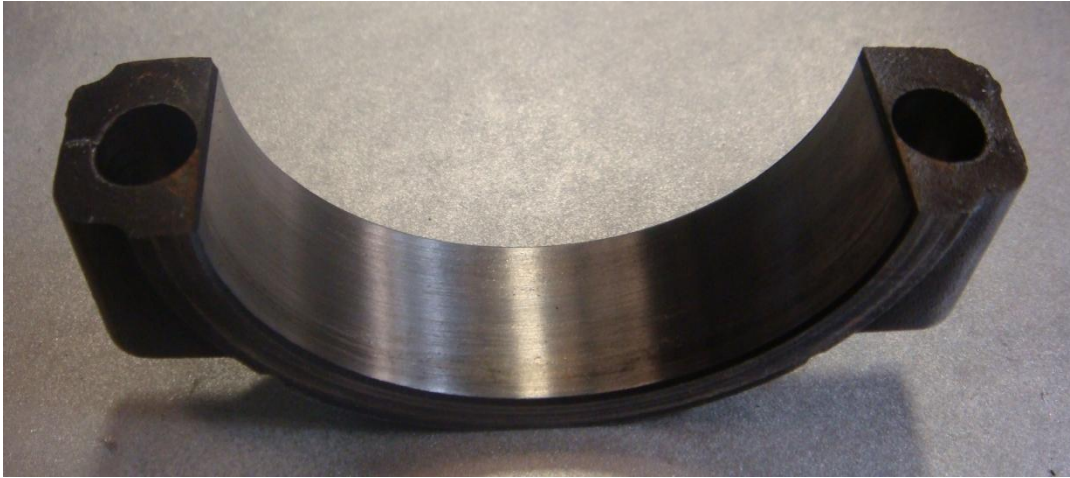
**Imagen 11. Tapa (o sombrerete) de biela de un motor Nissan 1.6 litros. La superficie plana alrededor de los barrenos es la zona de cerramiento, y puede apreciarse que está rectificada.**

El sinterizado es un tratamiento térmico que se aplica a los aceros entre los 800 y 1300°C; las piezas que se someten a este tratamiento se conforman mediante moldeo a presión, a temperatura ambiente, de polvos metálicos cuya obtención es relativamente sencilla.

En lugar de dividir la cabeza de la biela con métodos de serrado o fresado, ésta se quiebra por unos puntos de fractura bien definidos. Con esta técnica, la unión posterior de la biela y su “tapa” resulta mucho más perfecta, y logra que la cabeza de la biela posea una rigidez



extrema que garantiza un buen contacto con los cojinetes y no produce movimientos parásitos.



**Imagen 12. Tapa de biela de un motor Chrysler 3.7 litros. En este caso la biela se fabrica de una sola pieza, y la zona donde se fractura crea la zona de cerramiento, por lo que no requiere rectificado.**

Las piezas que se fabrican usando esta tecnología presentan algunas características interesantes:

- Elevada resistencia a la compresión.
- Mayor ligereza.
- Más susceptibles de romperse en caso de flexión y/o carga excesiva, lo que evita daños al motor.
- Precio más bajo.
- Imposibilidad de intercambiar “tapas”, ya que se fabrican de una sola pieza, se maquinan y mediante un impacto se rompen. De este modo, a cada biela le corresponde una y solo una tapa: la que la complementa perfectamente en la zona de partición.



Sin embargo, no todas las bielas son “rotas”. No todos los fabricantes de motores hacen uso de la tecnología antes descrita, tal vez porque resulta costosa de inicio o la producción no justifica cambiar de un sistema a otro.

#### **4.5.3 RECTIFICADO DE ALOJAMIENTO DE BIELA.**

Solamente para los casos de bielas forjadas, existe un proceso de Remanufactura para la parte del alojamiento. Cuando por algún motivo el diámetro del alojamiento no se encuentra dentro de las tolerancias especificadas por el fabricante de cojinetes (ovalado excesivo, raspaduras por cojinetes adheridos...) y la biela no se encuentra torcida o doblada, es posible volverla a sus condiciones de operación siguiendo el mismo procedimiento que se usa al fabricarla, mediante el uso de equipos adecuados.

En una máquina herramienta se monta la “tapa” de la biela y se rectifica el área donde se une con la otra parte de la pieza. Acto seguido se realiza la misma operación en la parte contraria. Se unen y atornillan, apretando al torque indicado en el manual de reparación (o de cojinetes). La biela se monta en una mandrinadora horizontal, se centra y fija contra un plato que se desliza sobre la bancada, en un carro. El husillo de la máquina cuenta con un barreno en el que se coloca un buril, el cual se fija con un prisionero perpendicular a dicho barreno. La altura del buril se gradúa con ayuda de un micrómetro sujeto a un brazo móvil. La medida que se establezca ha de ser la mínima que el manual indique. Se enciende la máquina y se selecciona avance automático, lo cual permite un corte uniforme.

Una vez que la máquina ha terminado el corte, se comprueba la medida diametral del alojamiento rectificado y se hacen los ajustes o cambios necesarios. Como el acabado del corte con buril no es muy fino, una herramienta abrasiva ha de dar el acabado final; se dirige el carro hacia la piedra de rectificado (al lado opuesto del buril) y se selecciona avance automático una vez más, solo que en esta ocasión en sentido inverso. La piedra tiene un giro alrededor de su propio eje y además un giro excéntrico para recorrer todo el



alojamiento de la biela a pesar de no poseer el diámetro de éste. La excentricidad se regula mediante una manivela situada a la derecha de la máquina, y depende del diámetro del alojamiento y de la piedra.

Como en todo proceso de rectificado, el uso de abrasivos genera mucho calor, por lo que es necesario enfriar la pieza para evitar que se distorsione y se termine cortando a un diámetro mayor, por el efecto de la dilatación térmica. El enfriamiento se hace con emulsión de aceite soluble y agua, aunque es común usar agua solamente, debido al costo del aceite; sin embargo se requiere que las zonas con las que tiene contacto el refrigerante se encuentren protegidas para evitar que se corroan.

#### **4.5.4 RECTIFICADO DE BUJES DE BIELA.**

En el ajuste de perno flotante existen dos variantes del ojo de biela

- Barreno simple, con excelente acabado y 0.0002" excedido del diámetro del perno.
- Barreno con buje. El acabado no es muy fino, pero lleva insertado un buje que puede ser de bronce o aluminio, el cual se rectifica para ajustarlo al perno.

En muchas ocasiones no existen bujes comerciales para bielas de algunas marcas (Nissan, Ford, etc.), pero fabricarlos no es muy difícil. Lo más sencillo y fiable es el uso de bronce naval si se requiere para motores con relaciones de compresión altas (resistencia a la cedencia de hasta 465 MPa). Sin embargo, el bronce fosforado de corte libre es el material más utilizado para bujes y cojinetes, debido a que tiene una buena maquinabilidad, aunque su resistencia a la cedencia es menor que el bronce naval por su alto contenido de cobre (88%).

En caso de que se fabriquen, es muy importante atender a una interferencia de ensamble con el pie de biela de 0.0025/0.0035". Esto garantiza que el buje no se gire con respecto a su alojamiento durante el maquinado posterior o durante la operación del motor.



Cuando se cambian bujes es muy importante hacerles las perforaciones por donde se han de lubricar, pues los bujes de recambio muchas veces no cuentan con estas. Muchas bielas poseen un conducto que comunica al alojamiento con el pie, y es necesario comprobar que no se encuentre obstruido con residuos de aceite.

## **4.6 ENSAMBLE.**

Una vez que se han realizado las operaciones necesarias en las partes del motor para lograr que este funcione correctamente, es necesario armarlo. La limpieza ha de preceder al ensamble, y tiene un papel importante tanto al darle una buena presentación al trabajo realizado, como al evitar que gran cantidad de impurezas permanezcan en el motor y puedan, de manera determinada o fortuita, ser causa de un mal funcionamiento. Es por esto que han de retirarse los residuos de juntas, silicón, selladores, óxidos, depósitos de polvo y aceite, carbón, virutas y residuos de maquinado.

### **4.6.1 ASENTADO DE CIGÜEÑAL.**

Lo primero que en un motor convencional se coloca, es el cigüeñal. Pero antes, han de colocarse los cojinetes, pues en ellos gira esta importante pieza. Para los cojinetes es imprescindible limpiar los alojamientos de bancada del monoblock, y es muy común hacerlo con papel de lija o con un buril a modo de eliminar los residuos de aceite. En muchas ocasiones, a pesar de ser nuevos, los cojinetes tienen residuos propios del maquinado, por lo que también es necesario limpiarlos con un trapo seco.

Los cojinetes no se colocan de forma indistinta, pues en uno de sus extremos cuentan con una saliente cuya posición es determinada por las “muescas” de los alojamientos. Estas son cortes, que actúan como “seguros” que evitarán que el cojinete gire dentro del alojamiento. Además de lo anterior, no siempre son iguales ambas partes de un cojinete, ya que alguna de ellas debe permitir la entrada del aceite de lubricación (por lo general la que se coloca en el monoblock). Es por esta razón que tiene perforaciones que han de comunicar con los conductos de alimentación de aceite. El colocar estos cojinetes

invertidos (es decir en las “tapas” de bancada) ocasiona amarre del cigüeñal cuando el motor funciona, ya que no cuenta con la lubricación ni el enfriamiento adecuados por encontrarse obstruidos los conductos.



Imagen 55. Cojinetes de bancada de cigüeñal fabricados de aluminio con base acero.

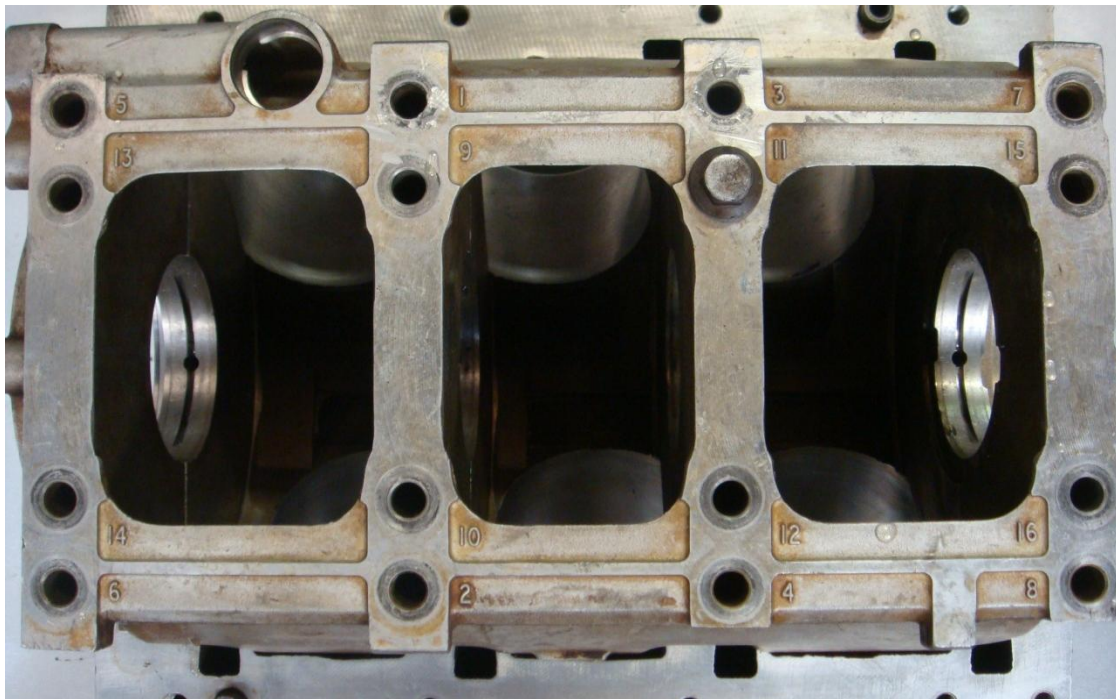


Imagen 56. Algunos fabricantes incluyen el orden de apriete de los tornillos en la tapa de bancada. Monoblock de un motor Land Rover 2.5 Litros.



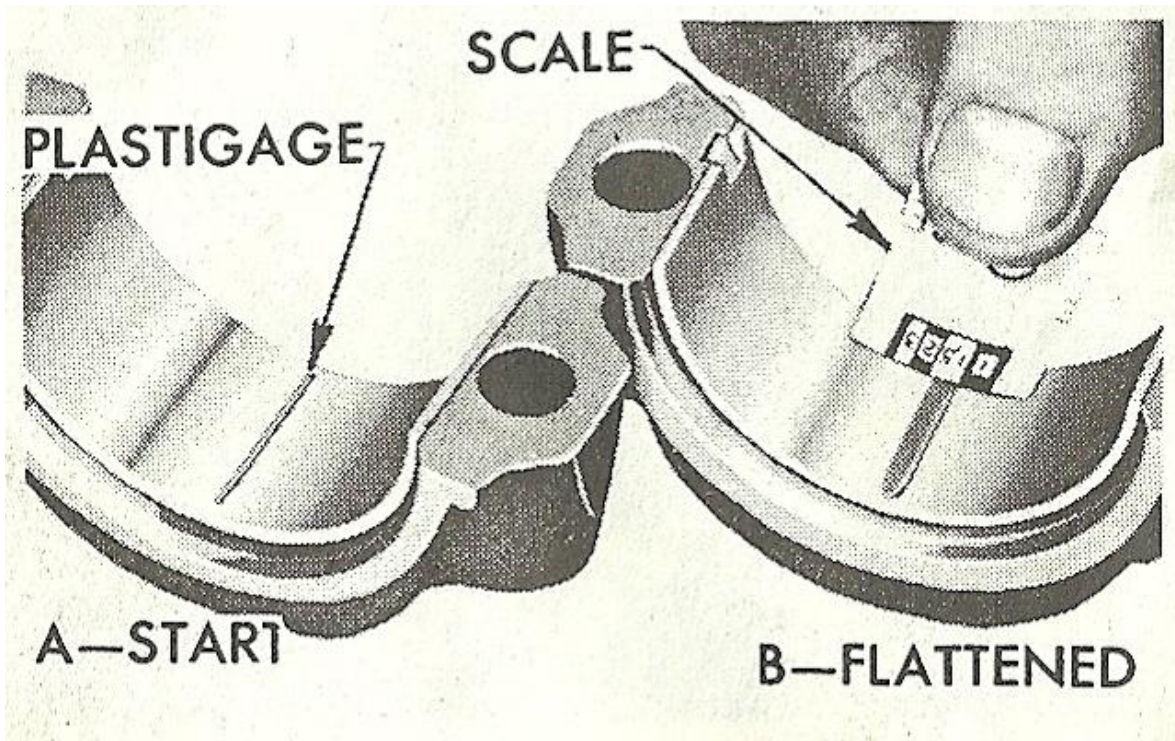


Ahora, con los cojinetes en su posición, se procede al “asentado”. Se pone una capa de crema superlubrificante (recordemos que no se tiene aún bomba ni aceite) en las superficies de los cojinetes, se coloca el cigüeñal en la bancada y a continuación se colocan las “tapas de bancada” en el orden correspondiente con sus tornillos. Estos tornillos han de apretarse siguiendo el orden y el torque establecidos por el fabricante del motor. Una vez conseguido esto, se gira el cigüeñal para comprobar que no se atore.

Es usual que para girar, el cigüeñal requiera mucha fuerza. Esto indica que existe demasiada fricción entre la flecha y sus cojinetes (radiales y/o axial), y puede deberse a que:

- El diámetro de los “centros” está fuera de tolerancia (más allá del límite superior), la cual reduce y aproxima a cero el claro de lubricación entre la flecha y el cojinete.
- El cojinete de empuje, que puede ser solidario con otro radial o independiente de este (media luna), está demasiado ajustado a las paredes de control (0.002” o menos) y no tiene la holgura suficiente para permitir el giro libre del árbol motor, y mucho menos para, en funcionamiento, contrarrestar la dilatación térmica del cigüeñal.

Para el primer caso, se requiere medir el claro de lubricación y comparar esta información con la que se indique en manuales o catálogos del fabricante de cojinetes. Un método simple y confiable para obtener esta medida es usando Plastigage. Este es un hilo de cera calibrado que se coloca entre la flecha y el cojinete. Cuando los tornillos de las “tapas” de bancada se aprietan al torque requerido, el hilo se “aplana” porque el espacio entre la flecha y el cojinete se acorta. El ancho de la cera es una medida del claro de lubricación, y se compara con un patrón que viene impreso en la tira de papel que contiene al hilo.



**Ilustración 11. Uso del Plastigage y forma en que se compara con la escala impresa.**

Es necesario aclarar que hay varios rangos de medición dependiendo el tipo de plastigage que se utilice. Este material se fabrica en cuatro rangos diferentes, que cubren la mayoría de las aplicaciones:

- SPG-1 (Green). 0.001 – 0.003" (0.025 – 0.075 mm).
- SPR-1 (Red). 0.002 – 0.006" (0.050 – 0.150 mm).
- SPB-1 (Blue). 0.004 – 0.009" (0.10 – 0.23 mm).
- SPY-1 (Yellow). 0.009 – 0.020" (0.23 – 0.50 mm)

El que se requiere en este caso es el de color verde (SPG-1), cuyo rango es de 0.001 a 0.003". Por esta razón se debe evitar su uso en caso de haber sido doblado durante el manejo, así como tampoco colocar este material debajo de la flecha, ya que el mismo peso de esta lo puede deformar, obteniendo una información no válida. De preferencia, ha de colocarse en uno de los puntos de mayor carga, al centro del cojinete.



Si el claro de lubricación es menor que el mínimo indicado para este ensamble, es necesario rectificar los centros, pues se corre el riesgo de que el cigüeñal se “amarre” en operación.

En el segundo caso, basta con retirar el cojinete de empuje y rebajarlo en una lija plana hasta obtener el espesor satisfactorio. En este sentido, es bueno aclarar que la cara que se ha de lijar es la opuesta al lado de carga. Lo importante en este caso no es este espesor en sí mismo, sino la separación que ha de existir entre el cojinete de empuje y las paredes rectificadas del cigüeñal. Una holgura bastante aceptada en estos casos es de 0.006 a 0.008”. Existe un procedimiento más sencillo que consiste en golpear el cigüeñal con un mazo de bronce o aluminio en dirección axial; de este modo, el cojinete se forma contra la pared de control y asienta por la acción del impacto y permite al cigüeñal girar libremente. Sin embargo, este método se restringe a los casos en los que el cojinete de empuje cabe entre las paredes donde ha de operar, pero se encuentra muy ajustado.

#### **4.6.2. ENSAMBLE BIELA-PERNO-PISTÓN.**

En la mayoría de los motores, antes de anclar las bielas a los muñones correspondientes, ha de realizarse primero el ensamble biela-perno-pistón, y colocar los anillos a este último.

##### **4.6.2.1. AJUSTE CON INTERFERENCIA.**

En el ajuste con interferencia, el perno se mantiene siempre aprisionado por el barreno del pie de biela, cuyo diámetro es cerca de 0.002” menor que el diámetro del perno. En vista de lo anterior, para el ensamble se requiere calentar el pie de biela para dilatarlo lo suficiente de tal manera que permita que el perno se deslice hasta ocupar su posición final<sup>11</sup>. Al enfriarse, el “ojo de biela” se cierra sobre el perno, sujetándolo. En los instructivos de instalación de los fabricantes de pistones se recomienda lubricar el perno

---

<sup>11</sup> Se debe cuidar de no calentar en exceso la biela para evitar cambios en la estructura cristalina del material que puedan mermar las propiedades mecánicas de la pieza. Está demostrado que basta exponer a la fuente de calor el hemisferio más extremo del ojo de biela para conseguir que el perno se deslice libremente.



para ayudar a que se deslice en los barrenos del pistón, lo cual no es correcto pues al contacto con el aceite el ojo de biela se enfría con mayor rapidez, lo que reduce su diámetro, impidiendo el paso del perno o “atrapando” a este antes de que llegue a su posición final.

El método más confiable para no sobrecalentar el pie de biela es usando un calentador de resistencia eléctrica, que distribuye el calor de manera homogénea y no solamente calienta el barreno donde se ha de alojar el perno, sino también parte del cuerpo de la biela.



**Imagen 13. Calentar el ojo de biela con resistencia eléctrica evita temperaturas excesivas.**

El uso de sopletes a gas no es muy recomendado, ya que pueden lograrse temperaturas muy elevadas en la zona de incidencia de la flama, lo que puede dañar a la biela.

#### **4.6.2.2. AJUSTE FLOTANTE.**

En el ajuste flotante, el perno puede deslizar dentro de los barrenos del pistón y dentro del ojo de biela. Para impedir que el perno se salga por algún lado del pistón, se instalan



seguros en las ranuras localizadas para tal fin en los extremos de los barrenos. Este ensamble se hace a temperatura ambiente.



**Imagen 57. Seguros para perno de pistón en un motor Ford 5.4 Litros. En este caso el pie de biela tiene buje de bronce.**

#### **4.6.2.3. ORIENTACIÓN BIELA-PISTÓN.**

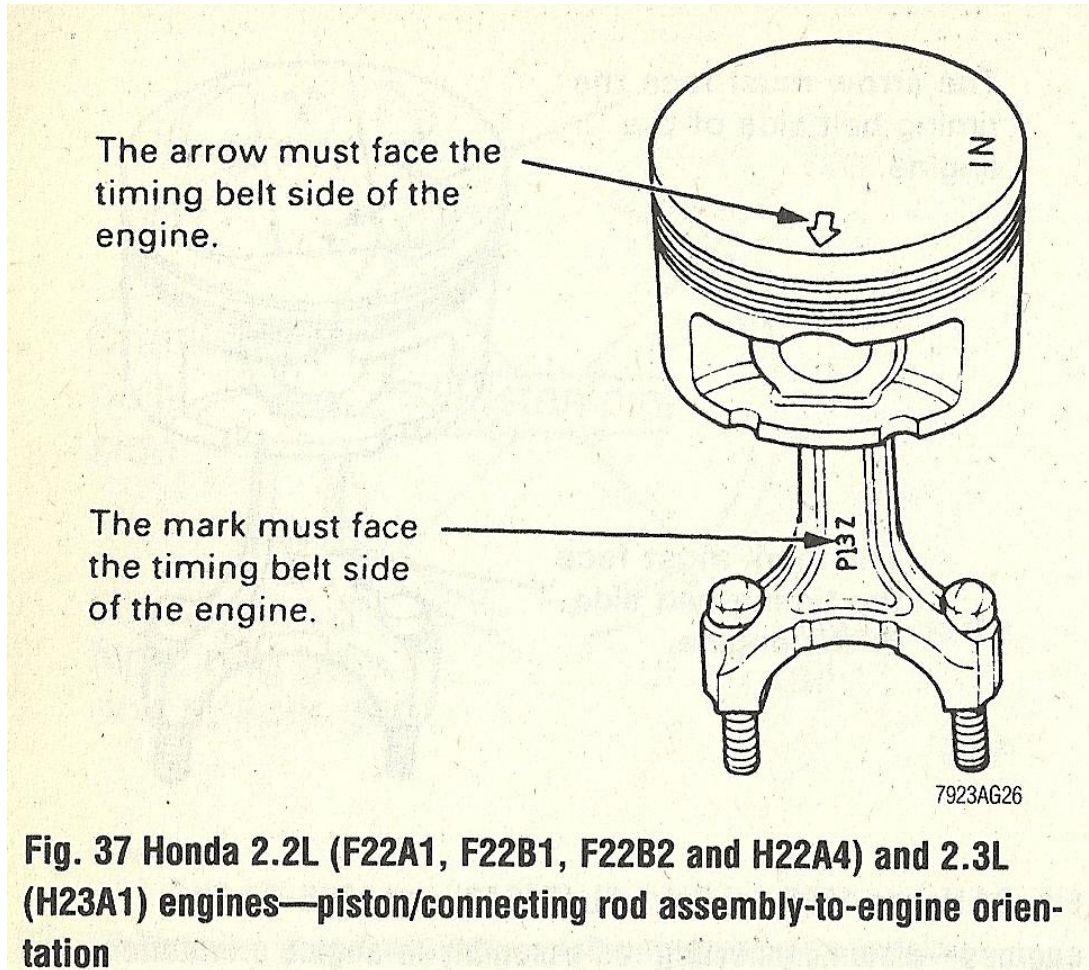
Es de hacer notar que debido al diseño de operación de los anillos rozantes, el barreno donde se aloja el perno del pistón no se localiza en el centro geométrico, y por tanto los pistones tienen indicado el frente (que ha de apuntar al frente del motor al momento del ensamble<sup>12</sup>). En muchas ocasiones las bielas tienen orificios laterales que sirven para

---

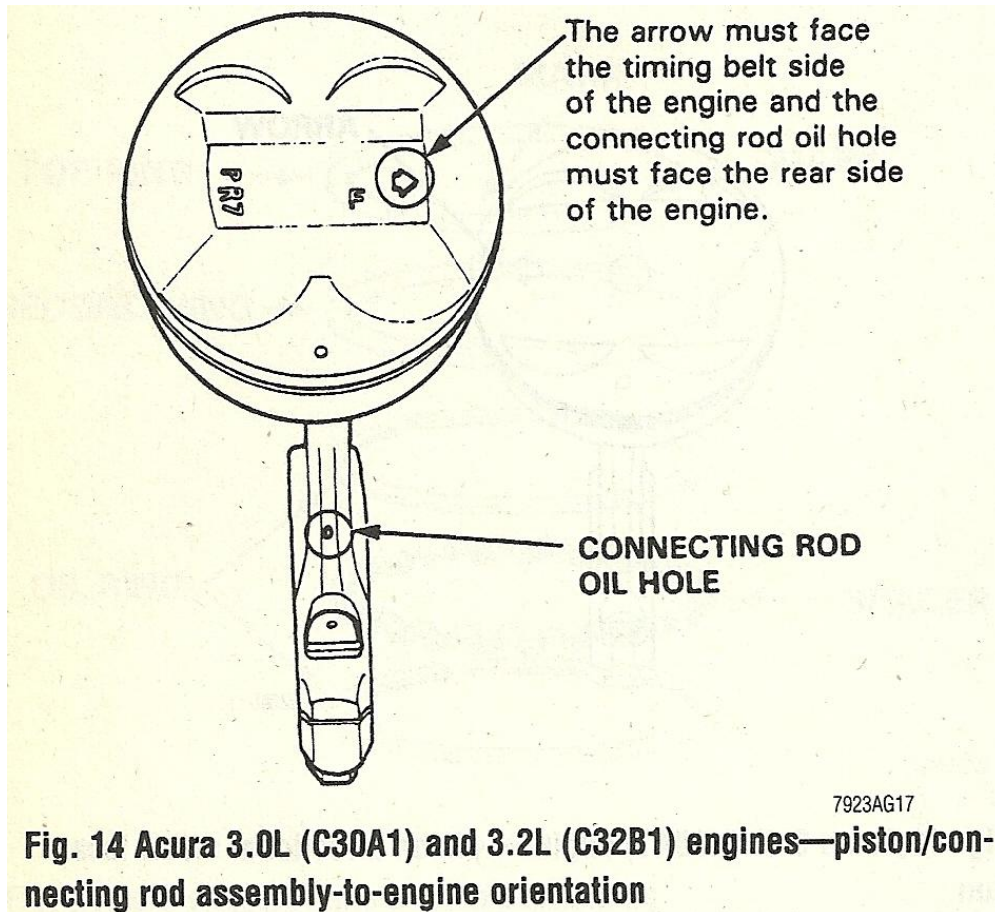
<sup>12</sup> El frente del motor no siempre es hacia el sistema de distribución. Los VW enfriados por aire y toda la línea Renault (incluido el Nissan Platina) consideran el frente del motor al lado del volante de inercia, por lo que las bielas y pistones van orientados hacia ese lado. En muchos motores en V, las bielas de cada banco de cilindros se ensamblan en sentido contrario.



lubricar con chorros de aceite a piezas como árboles de levas (configuración OHV) o barras de balanceo. Por tal razón, siempre han de ensamblarse los pistones con las bielas en el sentido correcto para evitar problemas de lubricación y exceso de fricción de los anillos con las camisas.



**Ilustración 123. Marcas que indican la manera en que se ha de realizar el ensamble biela-pistón. Tomado de Chiltons Import Car Repair Manual 1995-1999.**



**Ilustración 13. Indicaciones para ensamblar bielas y pistones en función del barreno de lubricación de la biela.**

#### **4.6.3. ENSAMBLE ANILLO-PISTÓN.**

Lo siguiente es instalar los anillos. Lo más común en los pistones de motores a gasolina es tener (nombrados a partir de la cabeza del pistón):

- 1 anillo de primera ranura o anillo de fuego, encargado de mantener confinados a los gases de trabajo en la cámara de combustión.
- 1 anillo de segunda ranura, que tiene como función servir de apoyo al primero y que además retira el excedente del aceite que pueda estar en las paredes del cilindro. El porcentaje dependerá del fabricante del anillo.



- 2 anillos rascadores de aceite, separados por un espaciador. Con forma de tándem, se encargan de quitar la mayor cantidad de aceite del cilindro, tirándolo hacia el cárter.

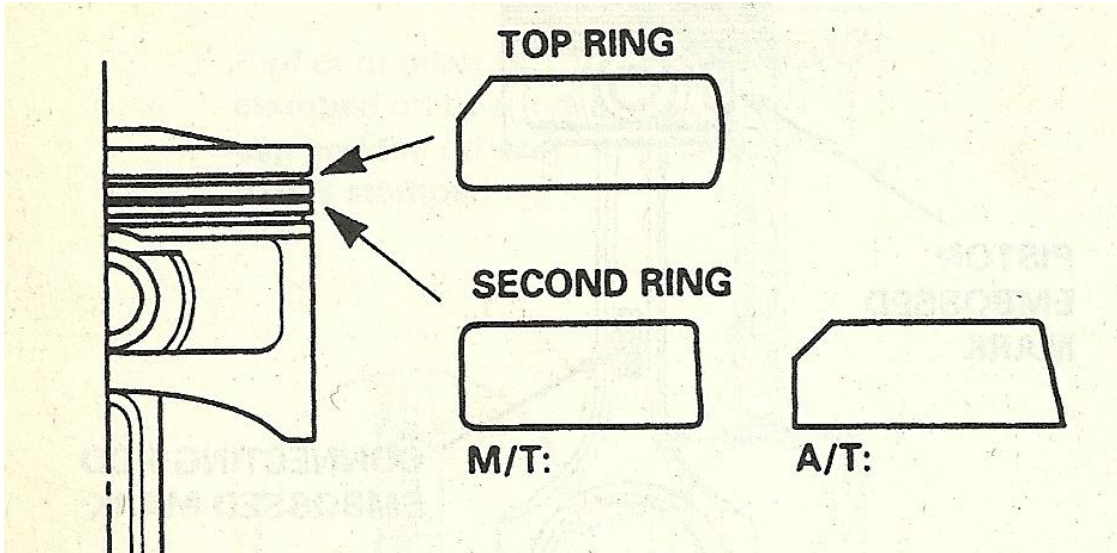


Ilustración 14. Forma de identificación de los anillos de compresión con base en los biselos y las letras impresas en los anillos de segunda ranura.

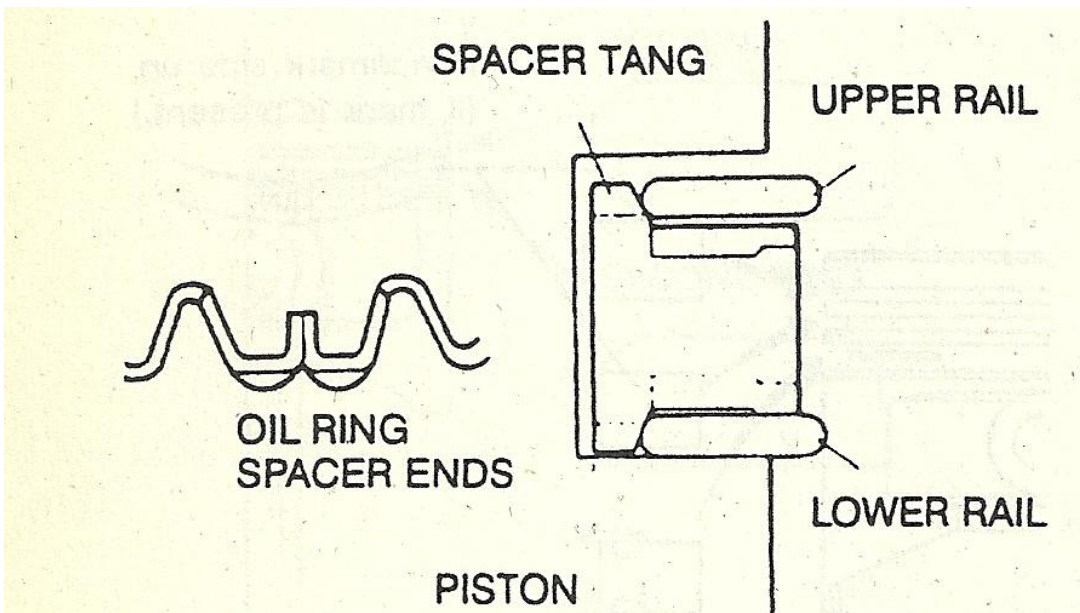


Ilustración 15. Posición de los anillos rascadores de aceite y el espaciador. Las puntas del espaciador deben ir hacia arriba para que la figura de la derecha quede como se indica.



#### **4.6.3.1. RECUBRIMIENTOS DE LOS ANILLOS.**

En la actualidad, y en gran medida por las exigencias en cuanto a rendimiento, existen anillos con recubrimientos especiales que resisten temperaturas más altas, tienen bajos coeficientes de fricción, son más ligeros y sellan mejor. Estos recubrimientos pueden ser de tres tipos:

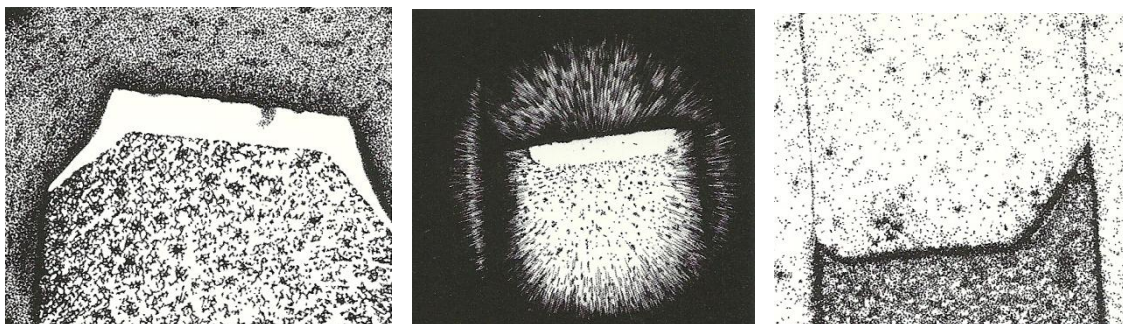
- Negro. Con fosfato de zinc o de manganeso, es un recubrimiento que sirve para proteger al anillo contra la oxidación, así como para alojar aceite (dada su granulometría). Actualmente se utiliza en anillos de segunda ranura, por su capacidad de retener aceite y por su baja resistencia al impacto (se fabrican de hierro colado).
- Cromo. Es usado en anillos de primera ranura. El espesor de la capa de cromo es 0.002/0.004". El cromado solo es en la cara que tiene contacto con las paredes del cilindro, aunque el material base es generalmente una aleación que también incluye cromo para hacerlo compatible con el recubrimiento y que además hace al anillo más resistente al impacto.
- Molibdeno. Se aplica en el canal de la cara de contacto de los anillos (previamente fabricada). Al tener un punto de fusión más alto que el cromo, es ideal para motores que funcionan a mayor temperatura. El molibdeno es un material con la capacidad de ser autolubricante.



Características	Negros (X)	Cromados (KX)	Molibdeno (KM)
Color	Negro, gris	Plateado	Gris oscuro
Dureza del recubrimiento	0	68-70 Rc	60-62 Rc
Temperatura de fusión	1200°C	1857°C	2617°C
Espesor del recubrimiento	0.003"	0.002" a 0.004"	0.004" a 0.009"
Capacidad de retención de aceite	50%	5%	15%
Material base	Hierro normal	Hierro intermedio y dúctil	Hierro intermedio y dúctil
Resistencia a la corrosión	Media	Alta	Alta
Resistencia a la fricción	Baja	Media	Alta
Resistencia a la rayadura	Baja	Alta	Media
Fuerza de impacto	Baja	Media	Alta
Temperatura de trabajo	Normal	Media	Alta

**Tabla 2. Comparativo de las características de los anillos con recubrimientos especiales.**

**Tomado del Boletín Técnico #7, Car Pro. México, 2008.**



**Imagen 58, 59, 60. Microfotografías de los recubrimientos en los anillos. De izquierda a derecha: recubrimiento de cromo, de molibdeno y anillo negro (fosfato de zinc/manganeso). Tomado del Boletín Técnico #7, Car Pro. México, 2008.**

#### **4.6.3.2. CLARO ENTRE PUNTAS Y REVISIÓN DE LOS ANILLOS.**

Una de las características más importantes que ha de comprobarse es el claro entre puntas de los anillos, lo cual se explica en 4.4.4. La abertura indicada es 0.004/0.005" por cada pulgada diametral.





Es conveniente comprobar que todos los anillos se muevan libremente en las ranuras para evitar que se atoren cuando el motor opere. También se recomienda verificar que los anillos (comprimidos, claro está) queden perfectamente contenidos dentro de las ranuras. Esto se hace preferentemente antes de colocar los anillos en el pistón, y es muy sencillo; se inserta lateralmente el anillo en la ranura y se desliza un dedo “intentando” tocar la zona del anillo que se encuentra dentro de la ranura. Si el anillo no sobresale, es adecuado. En caso contrario, habrá que examinar las causas de esto y tener presente que no se puede continuar el ensamble hasta no resolver el asunto. Una causa muy conocida es la presencia de residuos de carbón o sílice en las ranuras de pistones que se reutilizan.

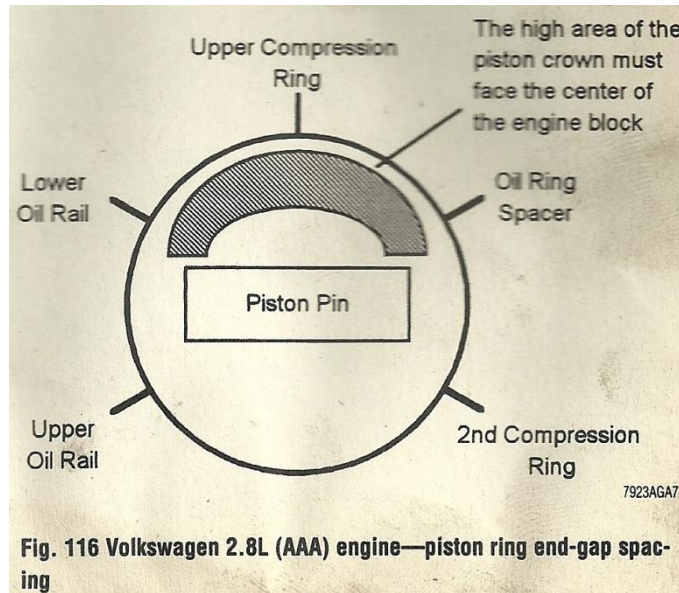
#### **4.6.3.3. COLOCACIÓN DE LOS ANILLOS.**

Los anillos se van colocando en el siguiente orden: espaciador, rascador de aceite inferior, superior, anillo de segunda ranura y por último anillo de fuego. A menos que el manual indique una orientación distinta<sup>13</sup>, los anillos se colocan con el pistón entre las manos, con el frente orientado hacia la izquierda, la cabeza hacia arriba, y suponiendo una vista superior como si fuese un reloj:

- El espaciador, con las puntas de unión hacia arriba se inserta con la ranura a las seis.
- El rascador inferior se pone bajo el espaciador, a las cuatro.
- Rascador superior, a las ocho.
- Anillo de segunda ranura, a las nueve.
- Anillo de fuego, a las tres.

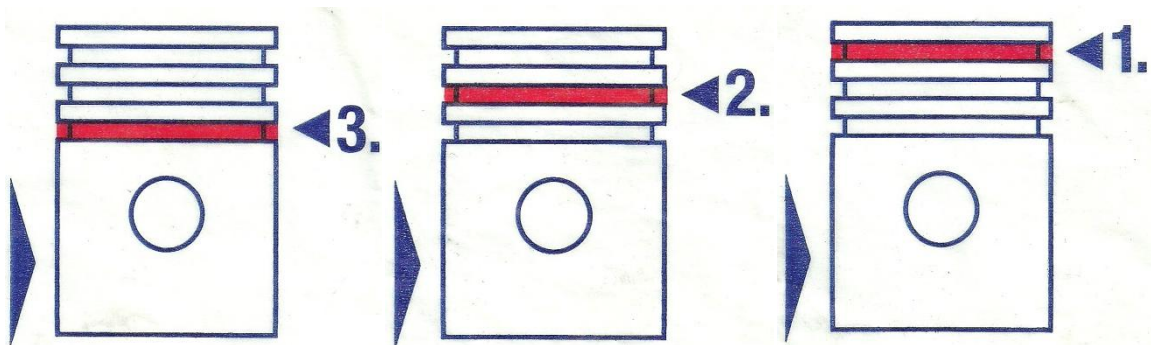
---

<sup>13</sup> En específico, motores con cilindros horizontales tales como los fabricados por Volkswagen y Porsche enfriados por aire, así como el VR6 de VW, que tiene cilindros dispuestos en VR.



**Imagen 14. Orientación de los anillos en el pistón para un motor Volkswagen 2.8 litros. Esta es una de las excepciones de la orientación típica de los anillos de pistón.**

El espaciador y sus dos rieles son muy flexibles, por tanto, primero se coloca una de las puntas (quedando una espiral que sube hacia la cabeza del pistón) y después se desliza el resto del anillo.

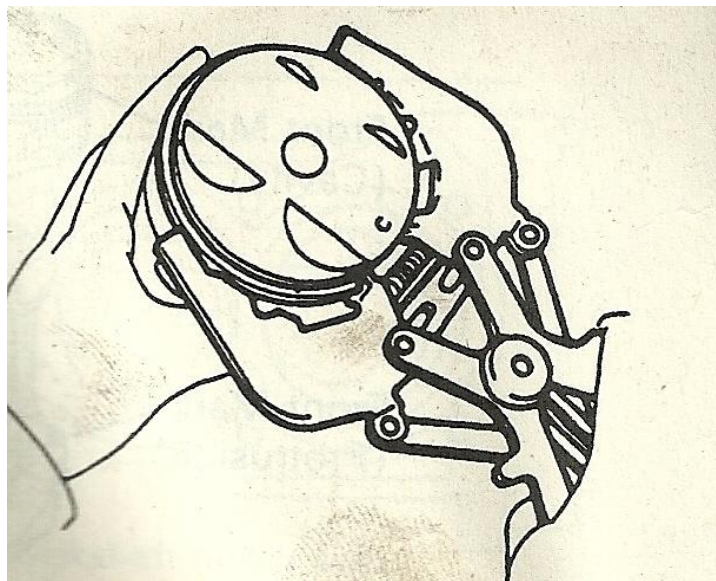


**Ilustración 16. Secuencia progresiva de la colocación de los anillos. Primero, el conjunto de rascadores de aceite (tercer anillo); luego el anillo de segunda ranura y finalmente, el anillo de fuego. Imágenes obtenidas de NPR EUROPE.**

Los anillos de segunda y primera ranura se insertan de manera distinta, pues son muy propensos a doblarse e incluso a romperse cuando son de hierro colado, un material muy común en anillos de recambio. Nuevamente con el pistón entre las manos, del mismo

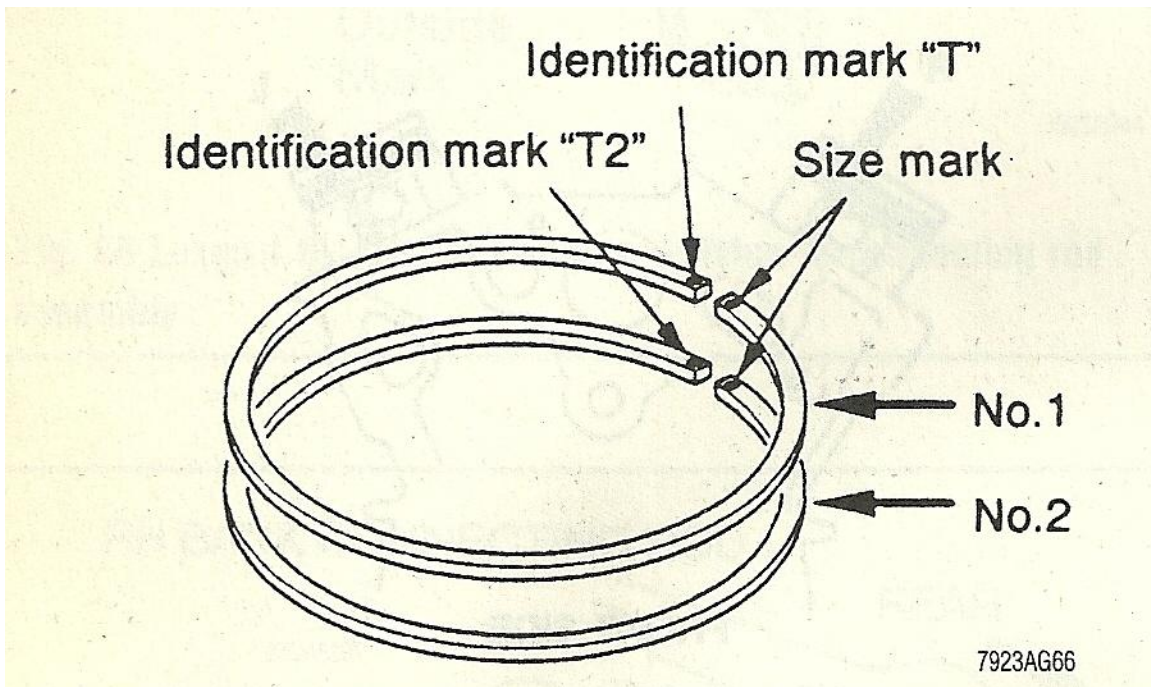
modo en que arriba se describe la posición de los anillos, se sobreponen ambos extremos del anillo en la ranura correspondiente y, mientras con los pulgares se separan los extremos para expandir este elemento, los dedos índice empujan a la parte opuesta, obligándolo a pasar por sobre la cabeza del pistón para llegar a ocupar su posición final.

Existe una herramienta especial para insertar anillos en las ranuras, pero pocas personas la utilizan debido a que es necesario ajustarla cada vez que se utiliza para un diámetro distinto; si no se hace esto correctamente, se corre el riesgo de romper los anillos. Con la práctica, a la mayoría se le facilita más usar solo las manos para expandir los anillos.



**Ilustración 17. Herramienta expansora para insertar los anillos en las ranuras del pistón.**

La mayoría de los anillos de primera y segunda ranura tienen puntos que indican el lado que va hacia arriba. Cuando los anillos no tienen marcas ni aristas chaflanadas, pueden colocarse de cualquier lado.



**Ilustración 18.** Marcas que indican las caras de los anillos que van orientadas hacia la cabeza del pistón.

#### **4.6.4 INSERCIÓN DE LOS PISTONES EN LOS CILINDROS Y ENSAMBLE BIELA-CIGÜEÑAL.**

A continuación han de colocarse los cojinetes de biela en los alojamientos destinados a este fin. Además de que los metales de biela deben ser indicados para el motor que se ensambla, es imprescindible que se encuentren en la medida que corresponda a los muñones del cigüeñal (estándar, 0.010", 0.020", etc.).

Para insertar los pistones en sus respectivos cilindros, se procede de la siguiente manera:

- Se coloca horizontal el banco de cilindros con el que se inicia y se gira el cigüeñal para poner en PMI (punto muerto inferior) el muñón que corresponde al cilindro donde ha de insertarse el pistón.



- Se pone crema superlubrificante en los cojinetes y se inserta la biela en el cilindro, cuidando de no rayarlo<sup>14</sup>. El pistón debe orientarse hacia el frente del motor.
- Cuando la falda del pistón ha entrado, se usa un opresor de anillos<sup>15</sup> para mantener estos cerrados y evitar que se doblen o rompan mientras se impulsa al pistón.
- El pistón se impulsa hasta que queda al ras de la superficie del monoblock. Mientras tanto, por el lado opuesto se sujeta la biela para guiarla en dirección al muñón.
- Se inserta el pistón en su totalidad hasta llegar al PMI. En ese punto, el muñón ya se encuentra en el cojinete de la biela.
- Se coloca el sombrerete en el muñón, se atornillan las tuercas y se aprietan al torque indicado en el manual de Remanufactura.

Para el resto de los pistones se sigue el mismo procedimiento. Para facilitarlos, es recomendable que el siguiente pistón a insertar sea el que corresponde al muñón que también está en el PMI.

#### **4.6.5 ENSAMBLE MONOBLOCK-CABEZA.**

Para evitar doblar las válvulas, al colocar la(s) cabeza(s), es necesario que tanto el cigüeñal y los árboles (en el caso de configuraciones OHC) ya tengan la posición que el manual indica para colocar la distribución. Otra forma puede ser aflojando las tapas de los árboles de levas, lo que impide que las válvulas abran a pesar de que el peralte de las levas impulse los balancines o las punterías. Un método más funcional es girar el cigüeñal

---

<sup>14</sup> Existen en el mercado fundas de plástico para poner a los tornillos de las bielas, y así impedir que los cilindros se rayen mientras se manipulan las bielas durante la inserción de los pistones.

<sup>15</sup> Un opresor de anillos en una lámina en forma cilíndrica que se coloca alrededor del pistón y oprime los anillos manteniéndolos por completo dentro de las ranuras, facilitando la inserción del pistón en el cilindro.





apenas lo suficiente para que ningún pistón alcance el PMS y, por lo mismo, se elimine el riesgo de que se toque alguna válvula.

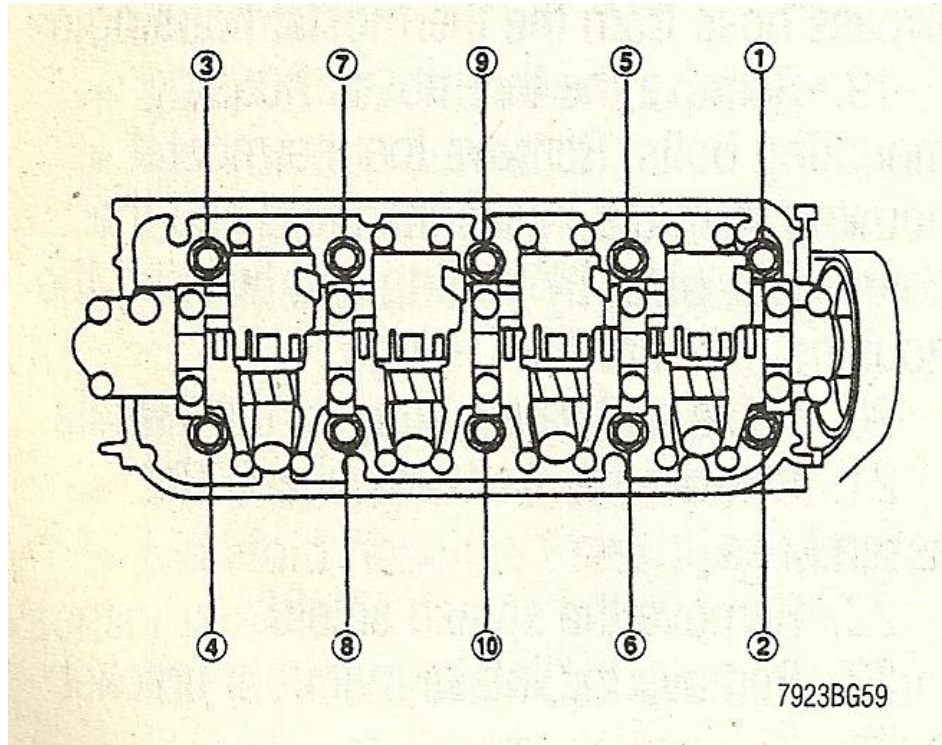
En el caso de configuraciones OHV, no se requiere ninguna precaución al colocar la cabeza, ya que ninguna válvula abre porque las varillas y balancines aún no se instalan.

La superficie donde se coloca la junta de cabeza debe estar limpia y los orificios que conducen al líquido refrigerante y al aceite han de estar destapados. Es importante que se tengan las dos guías cuya función es mantener la posición de la cabeza y de la junta. A esta última se le aplica pegamento para juntas a ambos lados y se coloca en el monoblock<sup>16</sup>. Inmediatamente después ha de instalarse la cabeza, puesto que el pegamento endurece en poco tiempo.

En muchas ocasiones, los tornillos de la cabeza no son todos iguales, y su longitud depende de la altura del lugar en que van colocados; de modo que los tornillos que van en la parte más alta de la cabeza (medida desde la superficie de ensamble) son más largos que los que se encuentran al borde, pues la altura de éste es menor. Por otra parte, existen motores cuyos tornillos de cabeza no se deben reutilizar, pues su probabilidad de falla es alta; ejemplos de estos tornillos son los de Trail Blazer (GM) y Tritón (Ford, todos los tipos). En todo caso, es conveniente consultar algún manual para saber si los tornillos de cabeza son o no reutilizables.

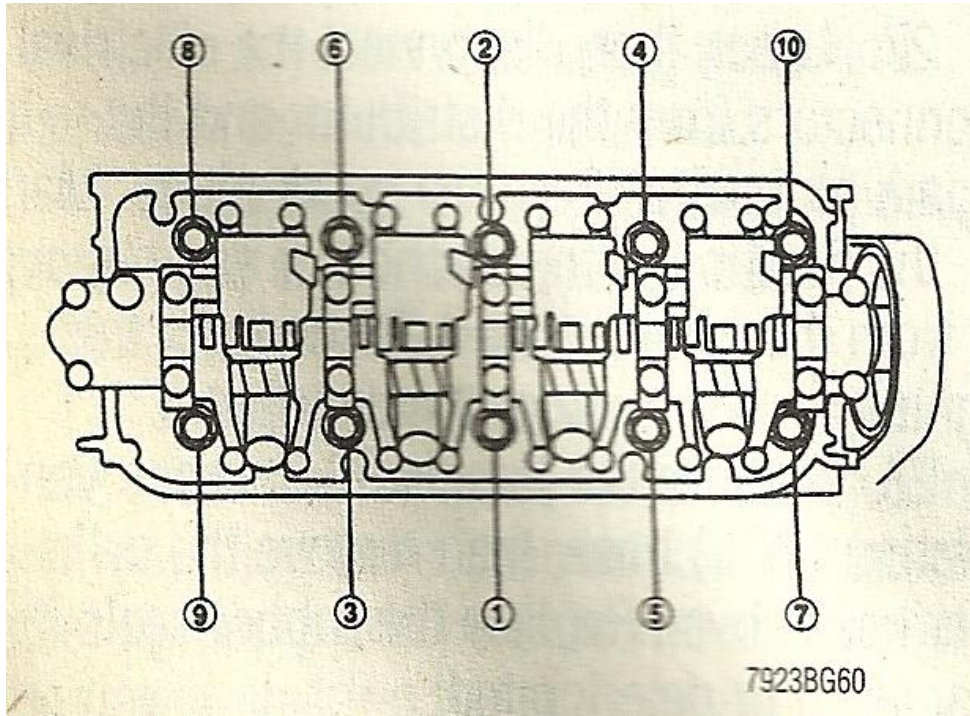
---

<sup>16</sup> Por lo general, la junta tiene indicada la orientación: “REAR” para la parte trasera del motor, o “FRONT” señalando el frente). En otras ocasiones tiene las letras L y R (Left y Right) indicando la cabeza del lado derecho o izquierdo (viendo el motor desde atrás). Es conveniente señalar que en motores en V, las juntas no son siempre iguales aunque las cabezas si pueden serlo; en ocasiones una de las juntas es más larga que la otra, y puede corresponder con el banco de cilindros que se encuentra más alejado del frente del motor. La colocación incorrecta de la(s) junta(s) puede ocasionar fugas de aceite, refrigerante y calentamiento excesivo de la máquina.



**Ilustración 19. Orden en que han de aflojarse los tornillos de cabeza. Para prevenir deformación de la cabeza, es recomendable afojar cada vez un tercio de vuelta cada tornillo, en el orden indicado en la imagen, hasta que estén completamente flojos.**

Una vez que los tornillos se han puesto en su sitio, se atornillan con la ayuda del dado que corresponda a la cabeza del tornillo y un berbiquí (o un taladro neumático). Ahora los tornillos han de apretarse al torque que el manual indica, y en el orden correcto; en la mayoría de los motores el orden de apriete es en forma de espiral con inicio en el centro, o en forma de cruz. Sin embargo, hay casos especiales en los que incluso se tiene más de una etapa de torque y a cada etapa puede corresponder un orden distinto.



**Ilustración 20. Orden de apriete para tornillos de cabeza. Todos los tornillos tienen que haberse apretado al torque que se indique antes de pasar a la siguiente etapa de torque.**

Es casi universalmente aceptado que los torques estén especificados en sistema inglés (lb.ft), pero puede ser que excepcionalmente estén expresados en N.m. La equivalencia es 1 lb.ft=1.35 N.m.

lb.ft	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	14	27	41	54	68	81	95	108	122
1	15	28	42	55	69	82	96	109	123
2	16	30	43	57	70	84	97	111	124
3	18	31	45	58	72	85	99	112	126
4	19	32	46	59	73	86	100	113	127
5	20	34	47	61	74	88	101	115	128
6	22	35	49	62	76	89	103	116	130
7	23	36	50	63	77	90	104	117	131
8	24	38	51	65	78	92	105	119	132
9	26	39	53	66	80	93	107	120	134

N.m

**Tabla 3. Tabla para convertir torques especificados en lb.ft ó N.m. Como ejemplo, si un tornillo debe apretarse a 43 lb.ft y el torquímetro que se usará tiene como unidades**



**N.m, se busca la equivalencia en la tabla de la siguiente manera: primero, sobre la línea azul horizontal se localiza la columna con valor 40, y luego en la azul vertical el renglón con valor 3; la celda donde se intersecan la columna (valor 40) y el renglón (valor 3), es 58. Este valor es la equivalencia en N.m de 43 lb.ft.**

El principio en el cual se basa el uso del torquímetro para precarga es el siguiente: “la elongación del tornillo y la fuerza con que éste aprisiona a la pieza que sujeta, como si de un resorte se tratase, tiene relación directa con la resistencia que presenta el tornillo a continuar su giro en la perforación roscada”.

Cuando las roscas internas y/o los tornillos tienen impurezas (óxidos, polvo, suciedad, etc.), la fricción aumenta la resistencia del tornillo a girar, por lo que el torquímetro indica que se ha alcanzado el par, cuando lo que realmente ocurre es que el tornillo está “atorado”. Lo anterior se debe a la imprecisión de los torquímetros manuales, pues su error en precarga se considera de hasta  $\pm 30\%$ . Si se lubrican las roscas y se toma cuidado en aplicar lentamente el par, este error puede disminuir a la mitad, aunque sigue siendo muy grande.

Otro método más fiable para apretar el tornillo es usando su desplazamiento angular. Después de poner una referencia (un torque pequeño o un apriete a mano), se gira el tornillo a través de un número adicional de vueltas o fracciones de vuelta calculadas para estirar el tornillo la cantidad deseada. A este tipo de apriete se le llama torque angular.

Los torques se indican por etapas para conseguir que la superficie de la cabeza asiente de manera uniforme en la junta, y ésta en el monoblock. Para mayor precisión, la primera etapa suele ser un torque relativamente bajo mientras que las subsecuentes no se especifican en unidades de torque (lb.ft ó N.m), sino en desplazamiento angular, lo cual elimina el riesgo de que los tornillos no aprieten de manera uniforme a la culata.

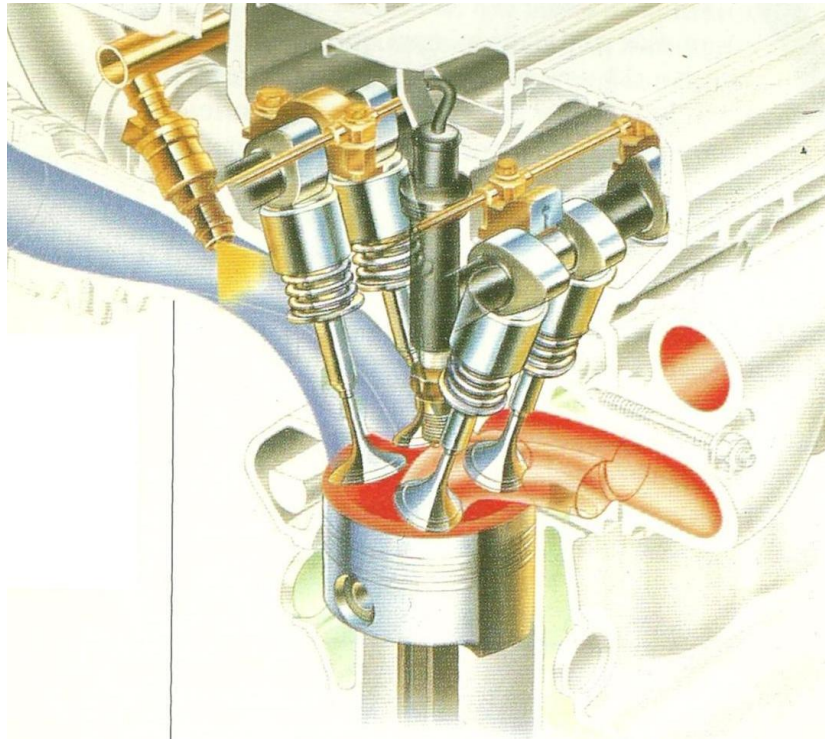


#### **4.6.6 DISTRIBUCIÓN.**

Es el conjunto de piezas y mecanismos destinados a controlar, en la cámara de combustión, la entrada de la mezcla aire-combustible por el puerto de admisión, y la salida de los productos de combustión a través del puerto de escape.

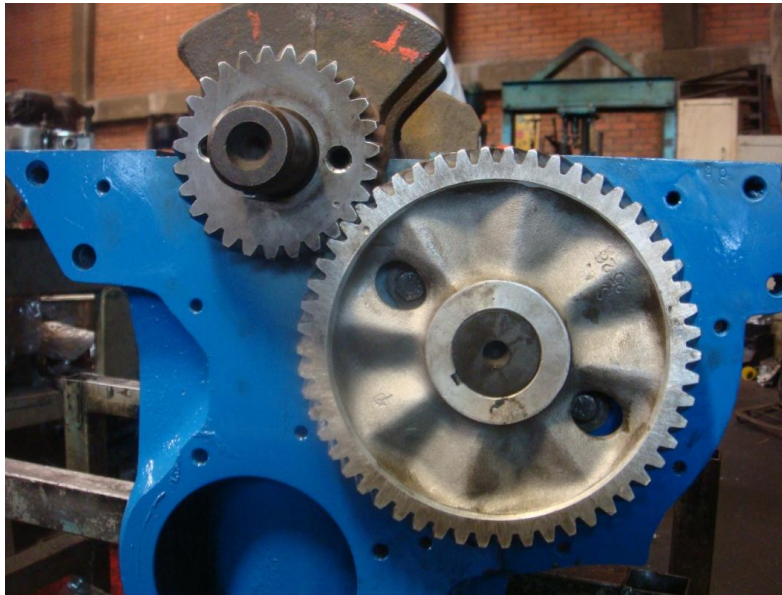
Todo el sistema de distribución está diseñado para dar movimiento a las válvulas que abren y cierran los conductos por los que entran y salen los gases hacia y desde la cámara de combustión, y cada momento de apertura y cierre está condicionado por la situación de los pistones a lo largo de su carrera. El sincronizado de la apertura y cierre de las válvulas hace posible que entre a la cámara la mezcla aire-combustible que proviene del sistema de alimentación, mientras el pistón realiza su carrera descendente (admisión). Cuando el pistón asciende para crear el tiempo de compresión, el sistema cierra la válvula de admisión; con el pistón en el punto más alto y con la cámara herméticamente cerrada, salta la chispa en la bujía produciendo la explosión y posteriormente, la carrera de trabajo. Cuando el pistón vuelve a subir, el sistema de distribución ya ha abierto la válvula de escape para evacuar los gases quemados. A continuación, el ciclo se repite.



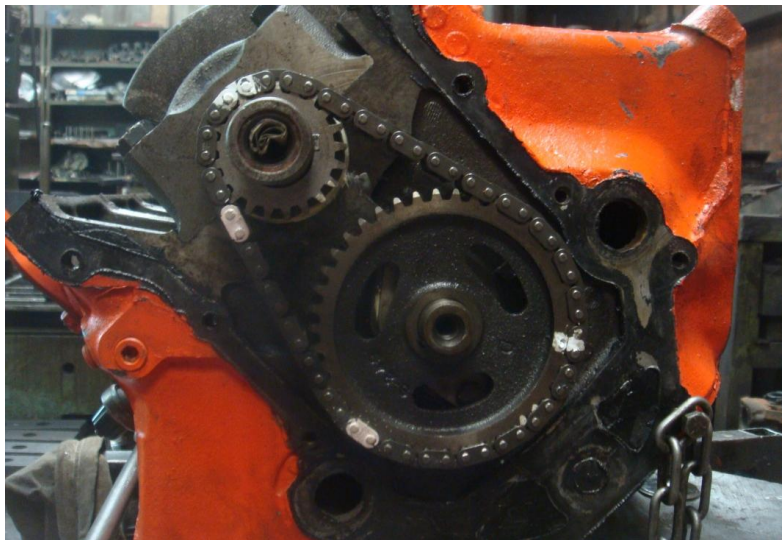


**Ilustración 21. Árboles de levas que sincronizados con el cigüeñal, giran obligando a las válvulas a abrir los puertos de admisión o escape según corresponda.**

Existe un punto de partida para la colocación del sistema de distribución, y generalmente es con el pistón #1 en el PMS (punto muerto superior) y las válvulas correspondientes a ese cilindro cerradas, en el tiempo de compresión. Los manuales incluyen instrucciones precisas sobre la posición en que deben encontrarse las marcas de los engranes (para el caso de distribución con engranes, típica de los primeros motores, y el caso de distribución mediante cadena) o ruedas dentadas, si la distribución es mediante correa, del cigüeñal y del (los) árbol(es) de levas.



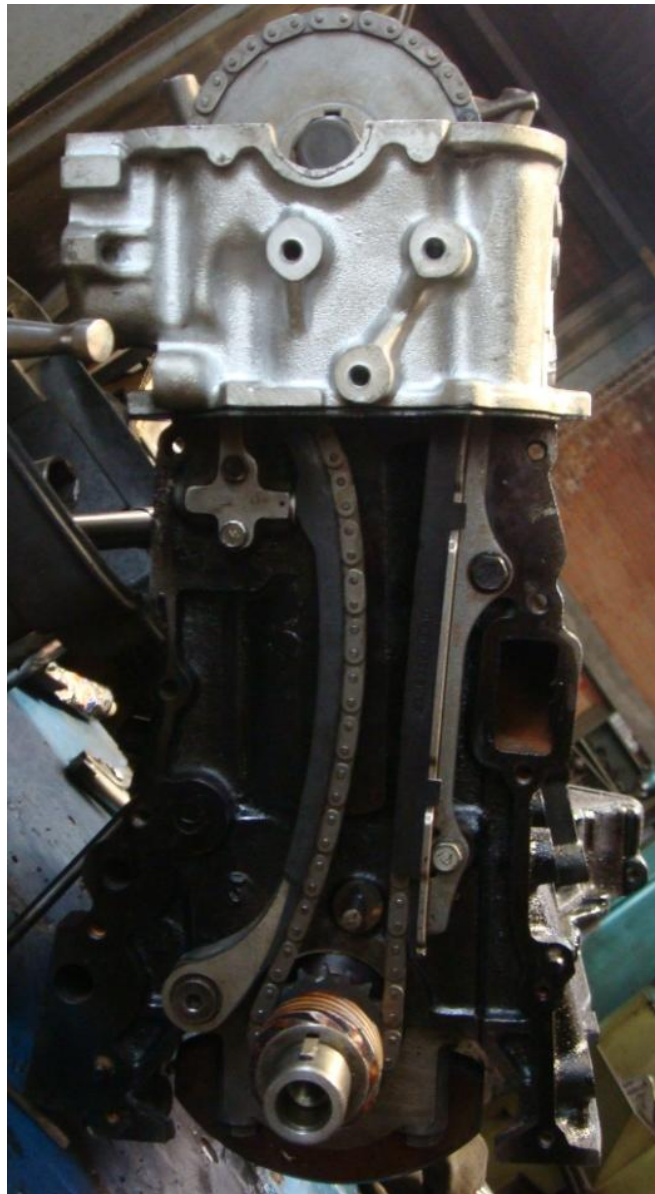
**Imagen 4. Sistema de distribución de un motor Chevrolet 292 CID, OHV. Este es uno de los sistemas de distribución más viejos, y ya no se utiliza en los motores modernos a gasolina. La sincronización se logra haciendo coincidir las marcas (puntos) de los engranes.**



**Imagen 62. Sistema de distribución de un motor Ford 5.4 Litros, OHV, montado en un clásico Thunderbird 1954. Las ruedas dentadas y la cadena tienen marcas para sincronizar.**



En la mayoría de las cadenas de distribución, se tienen eslabones de distinto color que al momento de colocar la cadena, corresponden con las marcas de los engranes. De no ser así, se indica cuantos eslabones debe haber, con la cadena puesta, entre las marcas de los engranes que se sincronizan. A fin de evitar equivocaciones, es conveniente marcar los eslabones que han de coincidir con las marcas de los engranes antes mencionados.



**Imagen 5. Sistema completo de distribución en un motor Nissan 2.4 Litros SOHC. El lado de carga de la cadena tiene un patín fijo (lado derecho), mientras que el lado de regreso tiene un patín flotante que pivota en un perno por la parte baja. Un tensor hidráulico empuja al patín flotante por arriba, tensando la cadena.**





**Imagen 6. Marca en la cadena de distribución, en la corona del árbol de levas y posición de éste último para sincronización del motor Nissan 2.4 Litros SOHC.**



**Imagen 7. Posición del cigüeñal y marcas de sincronización en la cadena y la corona para el motor Nissan 2.4 Litros SOHC.**



Para las bandas o correas de distribución, lo más común es que no tengan marcas, excepto las que indican el sentido en que la banda gira<sup>17</sup>. Sin embargo, las ruedas dentadas de la bomba del agua, barras de balanceo y árbol de levas tienen marcas que deben coincidir en ciertas posiciones al momento de montar la banda. En este caso no se cuenta el número de dientes de la correa, puesto que uno o más tensores ayudan a mantenerla justa y apretada.

La mayoría de los motores con distribución mediante cadena, cuentan con tensores y patines cuya función primordial es evitar que la cadena deslice con respecto a alguno de los engranes que sincroniza. Cuando la velocidad del motor disminuye, por el lado de tensión la cadena tiende a aflojarse, mientras por el otro lado se tensa; si en ese instante el motor aumenta la velocidad de manera repentina, es muy probable que la cadena deslice.

Por otro lado, es conveniente que los esfuerzos en la cadena se mantengan lo más constante posible para disminuir el riesgo de rotura de la misma. Del lado de carga, un patín fijo o flotante mantiene a la cadena sobre una ruta más estrecha que si estuviese libre, lo que limita que la cadena “se brinque”. Del lado de regreso de la cadena, lo más usado es un patín con tensor mecánico o hidráulico. Este último tiene la ventaja de aumentar su fuerza en función de la presión del aceite, o lo que es lo mismo, en función de la velocidad del motor.

Una falla común en motores con tensores hidráulicos en el sistema de distribución, es el taponamiento. El sobrecalentamiento, el uso incorrecto de aditivos para aceite, los cambios de aceite entre periodos muy prolongados o el uso intenso, degradan el lubricante. Si los tensores se atascan con residuos, dejan de realizar su función, y la

---

<sup>17</sup> Al momento de desarmar un motor, es muy importante indicar el sentido en que la banda gira, si es que se piensa reutilizar. Si esto no se hace, lo mejor será usar una banda nueva, pues se tiene el 50% de probabilidad de que la banda usada se coloque al revés y en poco tiempo se rompa, causando desperfectos cuyo costo comparado con el de una nueva correa hará parecer irrisorio a este último. La razón es que, al igual que las llantas, las cuerdas o tejidos internos de la banda se alinean con respecto al sentido en que se ejerce la tracción; cuando se gira en sentido contrario, no todas las cuerdas se vuelven a alinear, y algunas se rompen, disminuyendo la resistencia del conjunto que, en caso de un esfuerzo excesivo, se romperá.





cadena comienza a hacer ruido al estar floja. De prolongarse el funcionamiento del motor en esta situación, puede salirse de sincronía el sistema de distribución, ocasionando daño a las válvulas o alterando el tiempo de encendido al no coincidir la información de los sensores de árbol de levas y de cigüeñal.

En esencia, un tensor hidráulico consiste en un pequeño pistón insertado en un cilindro, con una holgura muy cerrada (0.0008/0.001") y un resorte de por medio. El cilindro contenedor se alimenta de aceite mediante un conducto procedente de la bomba, y una válvula de no retorno evita que al caer la presión del aceite, el tensor pierda fuerza de manera instantánea. En el pistón, por la cara que da al patín existe un orificio por donde se libera aceite, con lo que el tensor reduce lentamente su fuerza. El resorte sirve de apoyo mientras no hay presión de aceite.

Existen tensores más sofisticados, como los que tienen las cabezas de VW 1.8, 2.0 y sus versiones Turbo. En estos casos, una cadena une y sincroniza los engranes de ambos árboles de levas (admisión y escape), y el tensor se localiza en medio de las coronas. Este tensor tiene dos pistones y dos patines, que guían y tensan la cadena por ambos lados.

En motores con distribución por banda, los tensores son generalmente poleas locas, aunque también suele utilizarse la polea de la bomba del agua. Aquí no es posible el uso de patines o tensores sobre los cuales la banda se deslice porque existiría demasiada fricción (las bandas trabajan secas, no así las cadenas, que se lubrican con aceite). Cuando se decide que una polea de balero ha de reutilizarse, es muy importante que no se lave con solventes, ácidos, bases o abrasivos, ya que puede diluirse o contaminarse el lubricante que el balero tiene consigo, ocasionando falla prematura, ruido excesivo y altas temperaturas que pueden dañar a la misma banda.



## **CAPITULO V. CONCLUSIONES.**

### **5.1 ECONÓMICAS.**

La Remanufactura mecánica, en este caso específico la capacidad de hacer nuevamente operables los motores depende en gran medida de los costos. En la práctica, si el costo de reconstruir un motor o una parte del motor iguala o supera el 60% del costo de ese equipo nuevo, generalmente es una opción inviable. Esta es una de las restricciones más importantes de la Remanufactura.

Sin embargo, la reutilización de piezas en función de la evaluación del estado de estas, puede disminuir significativamente el costo de la reparación al bajar el costo de las refacciones, que influye mucho en el costo total.

El área de oportunidad se encuentra en motores costosos (precios en agencias automotrices de más de MXN \$40000), pues los costos de mano de obra y maquinado son similares a los de otros motores de menos precio. La diferencia radica en que se tiene un mayor margen para dar una oferta atractiva (igual o menor a un 50% del costo del motor nuevo) al cliente.

### **5.2 TEMPORALES.**

Se piensa que de alguna manera, en un tiempo relativamente corto (10 a 15 años) el motor de combustión interna desaparecerá, y será sustituido por motores eléctricos alimentados con baterías y/o células de combustible (motor de hidrógeno). Desde el punto de vista automotriz, esta es una verdad innegable. Sin embargo, el motor de combustión interna no solo se utiliza en coches y motocicletas, pues se tienen aplicaciones diferentes, tales como el arrancar máquinas más grandes, o impulsar otros equipos (generadores de electricidad, lanchas, montacargas, motobombas).

Estos motores tienen una ventaja por sobre los que se alimentan de electricidad, y es su facilidad para operar en sitios alejados de las redes eléctricas, así como su fiabilidad y su



capacidad (a pesar de su eficiencia tan baja) de entregar trabajo mecánico a cambio de combustible.

De modo que, si bien es cierto que existen nuevas tecnologías que en cierta medida irán sustituyendo a los motores de combustión, no podrán hacerlo al 100%. La industria de la construcción, la naval y la agrícola, así como los equipos pesados seguirán utilizando motores de combustión. Incluso, los coches con motores híbridos usan un motor de combustión para los casos en que no es posible cargar las baterías o se tienen mayores requerimientos de potencia.



**CAPITULO VI. ANEXOS.**

**6.1. ANEXO 1. TABLAS EXTRAÍDAS DEL MANUAL DE REPARACIÓN DE MOTORES CHILTON'S AUTO REPAIR MANUAL.**

**CHRYSLER CORP.**

**Chrysler Cirrus• Sebring Convertible• Dodge Stratus• Plymouth Breeze**

**CARTA DE IDENTIFICACIÓN DEL VEHÍCULO**

<b>Engine Code</b>						<b>Año y Modelo</b>	
<b>Código</b>	<b>Litros</b>	<b>Pulg. Cúb. (cc)</b>	<b>Cil.</b>	<b>Sist. Comb.</b>	<b>Fab. Mot.</b>	<b>Código</b>	<b>Año</b>
C	2.0	122 (1996)	L4	MFI	Chrysler	S	1995
H	2.5	152 (2497)	V6	MFI	Mitsubishi	T	1996
X	2.4	148 (2429)	L4	MFI	Chrysler	V	1997
						W	1998
						X	1999



### IDENTIFICACIÓN DEL MOTOR

Todas las medidas están dadas en pulgadas.

Año	Modelo	Despl. Litros (cc)	Serie Del Motor (ID/VIN)	Sist. Comb.	Número de Cilindros	Tipo de motor
1995	Cirrus	2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
	Stratus	2.0 (1996)	C	MFI	4	SOHC
	Stratus	2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
	Stratus	2.4 (2429)	X	MFI	4	DOHC
1996	Breeze	2.0 (1996)	C	MFI	4	SOHC
	Cirrus	2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
	Cirrus	2.4 (2429)	X	MFI	4	DOHC
	Sebring Conv.	2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
	Sebring Conv.	2.4 (2429)	X	MFI	4	DOHC
	Stratus	2.0 (1996)	C	MFI	4	SOHC
	Stratus	2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
	Stratus	2.4 (2429)	X	MFI	4	DOHC
	1997	Breeze	2.0 (1996)	C	MFI	4
Cirrus		2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
Cirrus		2.4 (2429)	X	MFI	4	DOHC
Sebring Conv.		2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
Sebring Conv.		2.4 (2429)	X	MFI	4	DOHC
Stratus		2.0 (1996)	C	MFI	4	SOHC
Stratus		2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
Stratus		2.4 (2429)	X	MFI	4	DOHC
'98-'99	Breeze	2.0 (1996)	C	MFI	4	SOHC
	Cirrus	2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
	Cirrus	2.4 (2429)	X	MFI	4	DOHC
	Sebring Conv.	2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
	Sebring Conv.	2.4 (2429)	X	MFI	4	DOHC
	Stratus	2.0 (1996)	C	MFI	4	SOHC
	Stratus	2.5 (2497)	H	MFI	6	SOHC
	Stratus	2.4 (2429)	X	MFI	4	DOHC

MFI: Inyección de combustible en múltiples puertos.

SOHC: Un solo árbol de levas a la cabeza.

DOHC: Doble árbol de levas a la cabeza.

OHV: Válvulas a la cabeza.





**Universidad Nacional Autónoma de México**

**ESPECIFICACIONES GENERALES DEL MOTOR**

<b>Año</b>	<b>Motor ID/VIN</b>	<b>Despl. Litros (cc)</b>	<b>Sist. Comb.</b>	<b>Potencia neta HP @ rpm</b>	<b>Torque Neto@ rpm (ft. Lbs.)</b>	<b>Diám. x Carrera (in)</b>	<b>Relación de Compresión</b>	<b>Presión de aceite @ rpm (psi)</b>
1995	C	2.0 (1996)	MFI	132@6000	129@5000	3.44x3.26	9.8:1	25-80@3000
	H	2.5 (2497)	MFI	164@5900	163@4350	3.29x2.99	9.4:1	35-75@3000
	X	2.4 (2429)	MFI	140@5200	160@4000	3.44x3.98	9.4:1	25-80@3000
1996	C	2.0 (1996)	MFI	132@6000	129@5000	3.44x3.26	9.8:1	25-80@3000
	H	2.5 (2497)	MFI	164@5900	163@4350	3.29x2.99	9.4:1	35-75@3000
	X	2.4 (2429)	MFI	140@5200	160@4000	3.44x3.98	9.4:1	25-80@3000
1997	C	2.0 (1996)	MFI	132@6000	129@5000	3.44x3.26	9.8:1	25-80@3000
	H	2.5 (2497)	MFI	164@5900	163@4350	3.29x2.99	9.4:1	35-75@3000
	X	2.4 (2429)	MFI	140@5200	160@4000	3.44x3.98	9.4:1	25-80@3000
98-99	C	2.0 (1996)	MFI	132@6000	129@5000	3.44x3.26	9.8:1	25-80@3000
	H	2.5 (2497)	MFI	164@5900	163@4350	3.29x2.99	9.4:1	35-75@3000
	X	2.4 (2429)	MFI	140@5200	160@4000	3.44x3.98	9.4:1	25-80@3000



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS**

Año	Motor ID/VIN	Despl. Litros (cc)	Ángulo de Asiento (deg.)	Ángulo de cara (deg.)	Presión de prueba de los resortes (lbs. @ in.)	Altura de resorte instalado	Claro de vástago a guía admisión (in.)	Claro de vástago a guía escape (in.)	Diámetro del Vástago Admisión (in.)	Diámetro del Vástago escape (in.)
1995	C	2.0 (1996)	44.5-45	45-45.5	75@1.54	1.540	0.0018-0.0025	0.0029-0.0037	0.2340	0.2330
	H	2.5 (2497)	44-44.5	45-45.5	60@1.74	1.740	0.0008-0.0020	0.0016-0.0028	0.2360	0.2360
	X	2.4 (2429)	45-45.5	44.5-45	76@1.50	1.496	0.0018-0.0025	0.0029-0.0037	0.2340	0.2330
1996	C	2.0 (1996)	44.5-45	45-45.5	75@1.54	1.540	0.0018-0.0025	0.0029-0.0037	0.2340	0.2330
	H	2.5 (2497)	45-44.5	45-45.5	60@1.74	1.740	0.0008-0.0020	0.0016-0.0028	0.2360	0.2360
	X	2.4 (2429)	45-44.5	45-45.5	76@1.50	1.496	0.0018-0.0025	0.0029-0.0037	0.2340	0.2330
1997	C	2.0 (1996)	44.5-45	45-45.5	75@1.54	1.540	0.0018-0.0025	0.0029-0.0037	0.2340	0.2330
	H	2.5 (2497)	45-44.5	45-45.5	60@1.74	1.740	0.0008-0.0020	0.0016-0.0028	0.2360	0.2360
	X	2.4 (2429)	45-44.5	45-45.5	76@1.50	1.496	0.0018-0.0025	0.0029-0.0037	0.2340	0.2330
1998-99	C	2.0 (1996)	44.5-45	45-45.5	75@1.54	1.540	0.0018-0.0025	0.0029-0.0037	0.2340	0.2330
	H	2.5 (2497)	45-44.5	45-45.5	60@1.74	1.740	0.0008-0.0020	0.0016-0.0028	0.2360	0.2360
	X	2.4 (2429)	45-44.5	45-45.5	76@1.50	1.496	0.0018-0.0025	0.0029-0.0037	0.2340	0.2330



### ESPECIFICACIONES DE TORQUE

Todos leídos en lb.ft.

Año	Motor ID/VIN	Despl. Litros (cc)	Tornillos de cabeza	Tornillos de cojinetes principales	Tornillos de bielas	Tornillos de polea de cigüeñal	Tornillos de Volante	Tornillos múltiple de admisión	Tornillos múltiple de escape	Bujías
1995	C	2.0 (1996)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	105	70	17	17	20
	H	2.5 (2497)	80	60	37	134	70	16	22	18
	X	2.4 (2429)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	100	70	17	17	20
1996	C	2.0 (1996)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	105	70	17	17	20
	H	2.5 (2497)	80	60	37	134	70	16	22	18
	X	2.4 (2429)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	100	70	17	17	20
1997	C	2.0 (1996)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	105	70	17	17	20
	H	2.5 (2497)	80	60	37	134	70	16	22	18
	X	2.4 (2429)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	100	70	17	17	20
1998-99	C	2.0 (1996)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	105	70	17	17	20
	H	2.5 (2497)	80	60	37	134	70	16	22	18
	X	2.4 (2429)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	100	70	17	17	20

$\alpha$  Paso 1: 25  
 Paso 2: 50  
 Paso 3: 50  
 paso 4: + 1/4 de vuelta

$\beta$  Paso 1: 30  
 Paso 2: + 1/4 de vuelta

$\gamma$  Paso 1: 20  
 Paso 2: + 1/4 de vuelta



**6.2. ANEXO 2. ACABADO SUPERFICIAL EN BRUÑIDO DE CILINDROS.**

Acabado superficial aproximado en micropulgadas Ra/ micras Ra

Material	Tipo de abrasivo	Tamaño de grano de la piedra									
		80	100	150	220	280	320	400	500	600	1200
Acero duro	Óxido de Aluminio/Carburo de silicio	25/ 0.65	--	20/ 0.50	18/ 0.45	12/ 0.30	10/ 0.25	5/ 0.12	3/ 0.08	1/ 0.03	--
	CBN Borazon	--	55/ 1.40	45/ 1.15	40/ 1.0	28/ 0.70	--	20/ 0.50	--	7/ 0.18	2/ 0.05
Acero suave	Óxido de Aluminio/Carburo de silicio	80/ 2.0	--	35/ 0.90	25/ 0.65	25/ 0.65	16/ 0.40	7/ 0.18	4/ 0.10	2/ 0.05	--
	CBN Borazon	--	65/ 1.65	--	70/ 1.75	--	--	25/ 0.65	--	16/ 0.40	5/ 0.12
Hierro fundido	Carburo de silicio	100/ 2.50	--	30/ 0.75	20/ 0.50	12/ 0.30	10/ 0.25	6/ 0.15	5/ 0.12	3/ 0.08	--
	Diamante	--	--	--	80/ 2.0	--	--	50/ 1.27	--	20/ 0.50	12/ 0.30
Aluminio, latón, bronce	Carburo de silicio	170/ 4.30	--	80/ 2.0	55/ 1.40	33/ 0.85	27/ 0.70	16/ 0.40	12/ 0.30	2/ 0.05	--
Carburos	Diamante	--	--	30/ 0.75	20/ 0.50	--	--	7/ 0.18	--	3/ 0.08	1/ 0.03
Cerámicos	Diamante	--	--	50/ 1.27	40/ 1.0	--	--	20/ 0.50	--	16/ 0.40	10/ 0.25
Vidrio	Diamante	--	--	95/ 2.40	70/ 1.80	--	--	30/ 0.75	--	16/ 0.40	8/ 0.20



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**6.3. ANEXO 3. PRESUPUESTOS DE UNA CASA RECTIFICADORA EN EL D.F. PARA RECONSTRUIR DISTINTOS MOTORES.**

NOMBRE	ORDEN
<b>CLIENTE A</b>	
<b>PRESUPUESTO</b>	
MANO DE OBRA	PRECIO
<b>Desincrustar</b>	\$ 330.00
Rectificar superficie	\$ 300.00
Armar cabezas	\$ 300.00
<b>Asientos rectificar</b>	\$ 280.00
Calibrar válvulas	\$ 280.00
Rectificar cilindros	\$ 790.00
<b>Bielas rectificar</b>	\$ 258.00
Alinear Bielas	\$ 248.00
Cambiar pernos a pres.	\$ 258.00
<b>Cigüeñal rectificar C/B 010</b>	\$ 398.00
<b>Pulir árbol de levas</b>	\$ 98.00
Asentar en línea met. Cig.	\$ 389.00
Ajustar met. de árbol	\$ 300.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>\$4,229.00</b>

MOTOR	FECHA
<b>CHEV. PICKUP S10</b>	<b>10-JUN-12</b>
<b>4 CIL. 2000</b>	
REFACCIONES	PRECIO
Pistones	\$ 1,067.20
Anillos STD	\$ 377.00
Metales bielas 010	\$ 312.04
Metales bancada 010	\$ 516.20
Metales árbol	\$ 261.00
Árbol de Levas	\$ 3,422.00
Válvulas escape	\$ 693.68
Válvulas admisión	\$ 693.68
Punterías	\$ 1,682.00
Juego de juntas	\$ 1,612.40
Bomba de aceite	\$ 1,147.24
KIT de Distribución	\$ 603.20
Tapones de motor	\$ 113.68
Bomba de agua	\$ 539.40
<b>TOTAL REFACCIONES</b>	<b>\$ 13,040.72</b>

OPERACIÓN OPCIONAL ADICIONAL;  
ENSAMBLADO DE MOTOR \$1,500.00

<b>REPORTE</b>	<b>\$ 17,269.72</b>
----------------	---------------------





**Universidad Nacional Autónoma de México**

NOMBRE	ORDEN
<b>CLIENTE B</b>	
<b>PRESUPUESTO</b>	
MANO DE OBRA	PRECIO
<b>Desincrustar</b>	\$ 330.00
Rectificar superficie	\$ 300.00
Armar cabezas	\$ 300.00
<b>Asientos rectificar</b>	\$ 280.00
Calibrar válvulas	\$ 280.00
Rectificar cilindros	\$ 790.00
<b>Bielas rectificar</b>	\$ 258.00
Alinear Bielas	\$ 248.00
Cambiar pernos a pres.	\$ 258.00
<b>Cigüeñal rectificar C/B 10</b>	\$ 398.00
<b>Pulir árbol de levas</b>	\$ 98.00
Asentar en línea met. Cig.	\$ 389.00
Ajustar met. de árbol	\$ 300.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>\$4,229.00</b>

MOTOR	FECHA
<b>CHEV. PICKUP LUV</b>	<b>15-JUN-12</b>
<b>4 CIL. 2003</b>	
REFACCIONES	PRECIO
Pistones	\$ 1,102.00
Anillos STD	\$ 567.24
Metales bielas 010	\$ 412.96
Metales bancada 010	\$ 371.20
Arbol de Levas	\$ 1,809.60
Válvulas escape	\$ 451.24
Válvulas admisión	\$ 493.00
Punterias	\$ 754.00
Juego de juntas	\$ 1,914.00
Bomba de aceite	\$ 1,531.20
KIT de Distribucion	\$ 1,200.00
Tapones de motor	\$ 145.00
<b>TOTAL REFACCIONES</b>	<b>\$ 10,751.44</b>

<b>REPORTE</b>	<b>\$ 14,980.44</b>
----------------	---------------------

**MAS IVA**

OPERACIÓN OPCIONAL ADICIONAL;  
ENSAMBLADO DE MOTOR \$1,500.00



**Universidad Nacional Autónoma de México**

<b>NOMBRE</b>	
<b>CLIENTE C</b>	
<b>PRESUPUESTO</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>PRECIO</b>
<b>Desincrustar</b>	\$ 330.00
Rectificar superficie	\$ 300.00
Armar cabezas	\$ 380.00
<b>Asientos rectificar</b>	\$ 320.00
Calibrar válvulas	\$ 298.00
Rectificar cilindros	\$ 860.00
<b>Bielas rectificar</b>	\$ 298.00
Alinear Bielas	\$ 268.00
Cambiar pernos a pres.	\$ 360.00
<b>Cigüeñal rectificar C B</b>	\$ 460.00
Asentar en línea met. Cig.	\$ 389.00
Cambiar met. de árbol	\$ 360.00
Cambiar engrane árbol	\$ 150.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>\$4,773.00</b>

<b>MOTOR</b>	<b>FECHA</b>
<b>FORD PICKUP 6 CIL</b>	<b>25-JUN-12</b>
<b>EN LINEA AÑO 1996</b>	
<b>REFACCIONES</b>	<b>PRECIO</b>
Pistones	\$ 1,624.00
Anillos	\$ 649.60
Metales bielas	\$ 345.68
Metales bancada	\$ 493.00
Metales árbol	\$ 255.20
Arbol de Levas	\$ 1,147.24
Válvulas escape	\$ 742.40
Válvulas admisión	\$ 522.00
Punterias	\$ 603.20
Juego de juntas	\$ 1,218.00
Bomba de aceite	\$ 603.20
KIT Distribucion	\$ 684.40
Tapones de motor	\$ 113.68
<b>TOTAL REFACCIONES</b>	<b>\$ 9,001.60</b>

OPERACIÓN OPCIONAL ADICIONAL;  
ENSAMBLADO DE  
MOTOR \$1,500.00

<b>REPORTE</b>	<b>\$ 13,774.60</b>
----------------	---------------------

**MAS IVA**



**Universidad Nacional Autónoma de México**



<b>NOMBRE</b>	<b>ORDEN</b>
<b>CLIENTE D</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>PRECIO</b>
<b>Desincrustar</b>	\$ 240.00
Rectificar superficie	\$ 300.00
Armar cabezas	\$ 280.00
<b>Asientos rectificar</b>	\$ 298.00
<b>Rectificar válvulas esc</b>	\$ 100.00
Calibrar válvulas	\$ 260.00
<b>Monoblock encamisar</b>	\$ 720.00
<b>Bielas rectificar</b>	\$ 248.00
Alinear Bielas	\$ 258.00
Cambiar pernos a pres.	\$ 258.00
<b>Cigüeñal rectificar C B</b>	\$ 398.00
<b>Pulir árbol de levas</b>	\$ 260.00
Asentar en línea met. Cig.	\$ 295.00
Cambiar met. de árbol	\$ 285.00
<b>Ensamblar motor</b>	\$ 1,600.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>\$ 5,800.00</b>

<b>MOTOR</b>	<b>FECHA</b>
<b>MITSUBISHI G64</b>	<b>30-JUN-12</b>
<b>REFACCIONES</b>	<b>PRECIO</b>
Pistones	\$ 2,668.00
Camisas	\$ 1,049.57
Anillos	\$ 1,450.00
Metales bielas	\$ 1,067.20
Metales bancada	\$ 1,194.80
Metales barra balanceo	\$ 823.60
Válvulas admisión	\$ 835.20
Juego de juntas	\$ 1,969.68
Bomba de aceite	\$ 2,273.60
Bomba de Agua	\$ 638.00
kit de Distribucion	\$ 2,030.00
Tapones de motor	\$ 139.20
<b>TOTAL REFACCIONES</b>	<b>\$ 16,138.85</b>

<b>REPORTE</b>	<b>\$ 21,938.85</b>
----------------	---------------------

**MAS IVA**



**REFERENCIAS.**

**Chilton Auto repair manual 1995-99. Publicado por W. G. Nichols, Inc. 1998.**

**Chilton Import car repair manual 1995-99. Publicado por W. G. Nichols, Inc. 1998.**

**Chilton repair and tune-up guide Mercedes Benz 1. Publicado por Chilton Book Company. Tercera reimpresión 1973.**

**Federal Mogul. Engine bearings catalog and shop manual. Federal Mogul 1998.**

**Norton, Robert L. Diseño de Máquinas. Prentice Hall México, 1999.**

**Car-pro, Boletines técnicos 2-8. Car-pro, 1999.**

**T. F. Victor, Manual para motores a diesel y gasolina 2012. T. F. Victor. Edición 19, México, 2011.**

**[www.dacomsa.com.mx](http://www.dacomsa.com.mx).**

**[www.moresa.com.mx](http://www.moresa.com.mx).**