

CAPITULO II

PARTES DEL MOTOR

El motor es la parte del tractor más complicada, y por ello requiere un estudio y atención especiales.

El motor está constituido por las siguientes partes fundamentales: bloque, culata, junta de culata, tapa de balancines, pistón, segmentos, bulón, biela, cigüeñal, volante y cárter (Fig. 2-1).

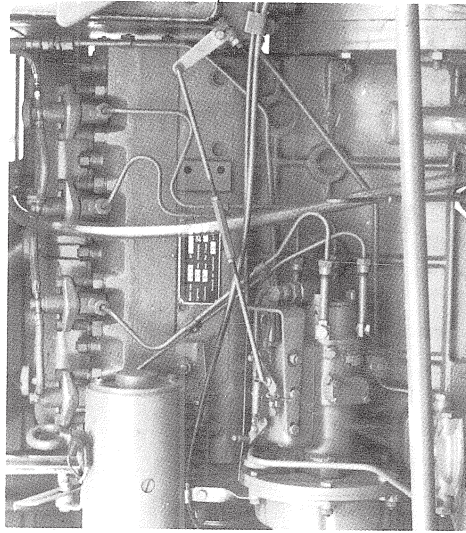


Fig. 2-1. Motor de un tractor.

Vamos a explicar cada una de estas partes y la misión que tienen en el conjunto del motor.

BLOQUE

Es una pieza hecha de fundición. Es la más pesada y voluminosa del motor, en la cual se insertan todos los mecanismos fundamentales de éste (Fig. 2-2).

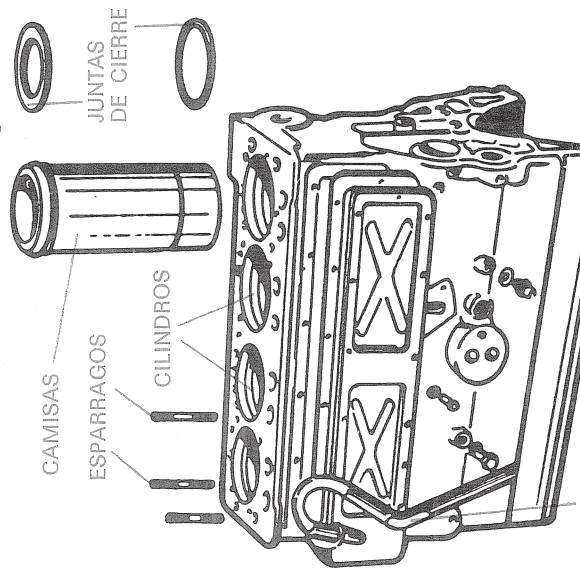


Fig. 2-2. Bloque y algunas de las piezas que contiene.

El bloque tiene unos huecos cilíndricos grandes que se llaman «cilindros», en cuyo interior es donde se realizan las combustiones que originarán el movimiento del motor.

Estos huecos pueden estar hechos directamente sobre el bloque, o bien ser postizos, llamándose en este caso «camisas»; las camisas (cilindros postizos), pueden ser «secas» o «húmedas» (Fig. 2-3), siendo «secas» las que no tienen contacto directo con el agua de refrigeración, y «húmedas» las que sí que lo tienen.

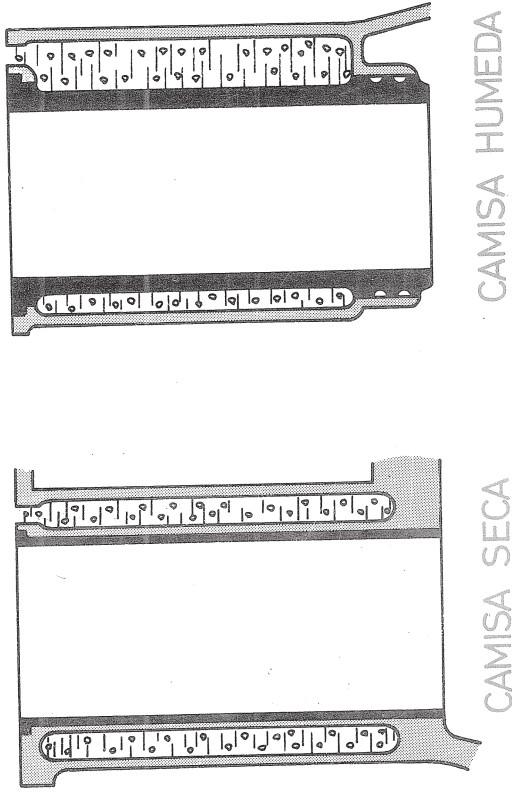


Fig. 2-3. Camisas o cilindros postizos.

Las camisas «húmedas», por estar en contacto directo con el agua de la refrigeración, llevan unas «juntas de cierre» que en la parte superior del cilindro suelen ser arandelas finas de cobre, y en la parte inferior unos anillos de goma (Fig. 2-2) que cierran herméticamente entre camisa y bloque, impidiendo las fugas de agua.

Lleva también el bloque unos taladros u orificios pequeños, alrededor de los cilindros, que sirven para dar paso al agua de refrigeración hacia la culata.

En la parte más baja de los conductos de refrigeración, en uno de los costados del bloque, lleva un grifo para el vaciado del agua.

El bloque, a un costado, lleva otros orificios por los que pasan las varillas empujadoras de la distribución.

En su cara superior van roscados unos espárragos que sirven para

CULATA

Es la pieza (Fig. 2-4) que tapa los cilindros por su parte superior. Está hecha de aluminio o de hierro colado.

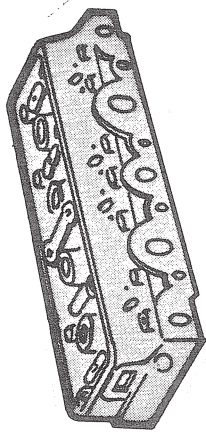


Fig. 2-4. Culata.

Tiene una serie de orificios que sirven para permitir el paso de:

- El agua de refrigeración.
- Las varillas empujadoras de la distribución.
- Los espárragos de sujeción al bloque.
- La entrada del aire de admisión.
- La salida de los gases del escape.

Sobre ella se sujetan los inyectores del sistema de alimentación y sirve de soporte a las válvulas y al eje de balancines de la distribución.

La culata se sujeta al bloque por medio de unas tuercas roscadas sobre los espárragos que lleva éste.

JUNTA DE CULATA

Como se ha dicho anteriormente, la culata sirve para cerrar los cilindros por su parte superior. Dado que son dos piezas metálicas (culata y bloque) con una superficie de contacto relativamente grande y que, por otra parte, están sometidas ambas a altas temperaturas, sería muy difícil el conseguir un cierre hermético.

Para lograrlo se recurre a la junta de culata (Fig. 2-5) que va colocada entre las dos piezas anteriormente citadas y aprisionada por ellas.

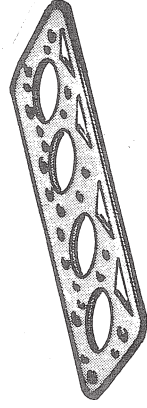


Fig. 2-5. Junta de culata.

La junta no sólo aísla del exterior sino también entre los diversos cilindros contiguos y el resto de orificios que comunican el bloque

Su constitución puede presentar diversas modalidades, la más normal se compone de una lámina de amianto recubierta por dos de cobre. En otros casos está formada por una lámina de aluminio o de tejido metálico recubierto de amianto.

El amianto es un material que resiste elevadas temperaturas sin quemarse, y a la vez es blando, para permitir que la culata y el bloque se acoplen y el ajuste sea perfecto.

TAPA DE BALANCINES

Va situada encima de la culata y sirve para proteger a los mecanismos de la distribución (eje de balancines, balancines, y válvulas) (Fig. 2-6).

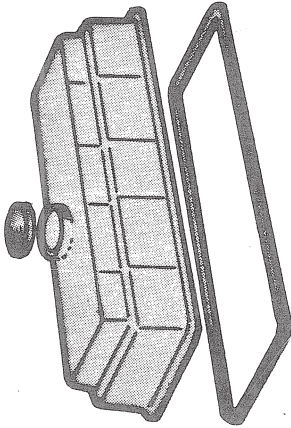


Fig. 2-6. Tapa de balancines y junta de la tapa.

Es de chapa de acero, y entre ella y la culata va colocada una junta de corcho o de goma para impedir la entrada de polvo y evitar las fugas del aceite del engrase.

En algunos casos esta tapa lleva el orificio de llenado del aceite con su tapón correspondiente.

PISTON

Es una pieza de aluminio, cilíndrica, que va situada dentro del cilindro (Fig. 2-7), bastante ajustado con él pero sin llegar a tocar sus paredes, ya que si tocara se desgastaría y calentaría mucho. Durante el funcionamiento del motor el pistón tiene un movimiento de vaivén deslizándose por el interior del cilindro.

Se pueden distinguir dos partes: Cabeza y falda.

En la parte superior de la cabeza van unas ranuras donde se acoplan los segmentos de compresión, y a continuación lleva otra ranura donde va el segmento rascador o de engrase.

Entre la cabeza y la falda lleva un orificio transversal donde se

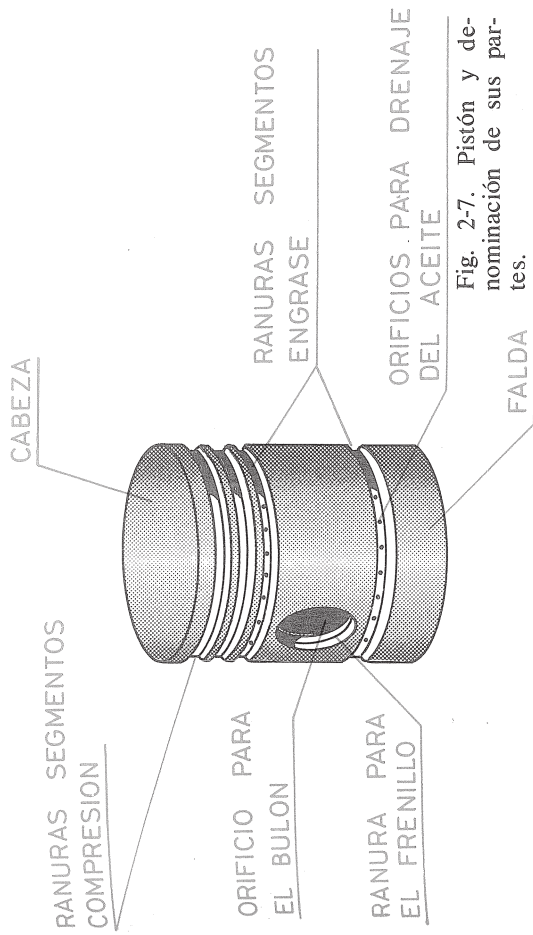


Fig. 2-7. Pistón y denominación de sus partes.

este orificio lleva una ranura interior donde se colocan los frenillos del bulón.

En la falda suele llevar una ranura donde se aloja otro segmento rascador o de engrase.

SEGMENTOS

Los segmentos son unos aros metálicos, elásticos y abiertos que van en las ranuras del pistón.

Pueden ser de dos tipos: De compresión y rascadores o de engrase.

Los segmentos de compresión (Fig. 2-8) son macizos, y son los que hacen el cierre hermético entre el pistón y las paredes interiores del cilindro, para que no se pierda la compresión. Al segmento colocado en la parte más alta, que es el que soporta la combustión, se le denomina segmento de fuego.

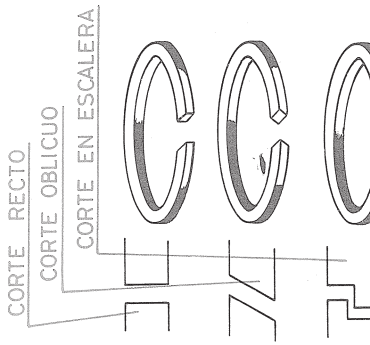
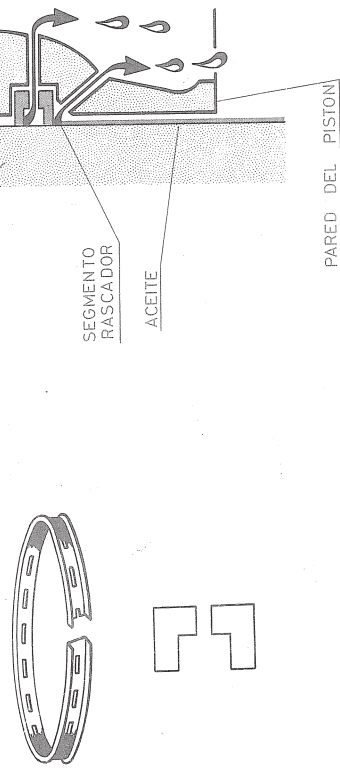


Fig. 2-8. Diversos tipos de segmentos de compresión.

Los segmentos rascadores (Fig. 2-9) (comúnmente llamados engrase) llevan unas perforaciones en el centro, y tienen por misión eliminar el exceso de aceite que se deposita en las paredes del cilindro y enviarlo a través de sus orificios, y de los que lleva el pistón en sus ranuras, al cárter del motor.

Aunque el segmento, como se ha dicho antes, tiene configuración de anillo, es un anillo partido. Entre las puntas de cada segmento, una vez metido en el cilindro, tiene que quedar una pequeña separación para que al dilatarse con el calor no se lleguen a tocar dichas puntas, lo que originaría el agrandamiento de la circunferencia externa de rozamiento, provocando el agarrotamiento del pistón (gripado). Si esta separación fuese excesiva, los gases se escaparían al cárter (pérdida de compresión). Para disminuir este defecto, las puntas de los segmentos pueden estar cortadas de forma oblicua o en escalera.

Fig. 2-9. Segmento rascador. A la derecha, apréciase la acción y el efecto de los segmentos rascadores o de engrase.



BULON

Es un pasador de acero (Fig. 2-10) que une el pistón con la biela, permitiendo una cierta oscilación de ésta, pero manteniendo las dos piezas siempre unidas.

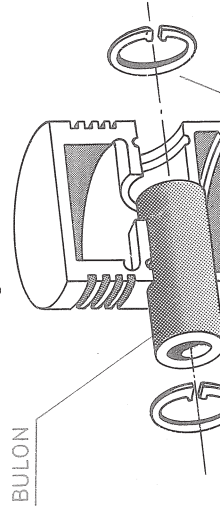


Fig. 2-10. Bulón y sus frenillos.

Una vez metido el bulón en el pistón se colocan sobre éste, en las ranuras que lleva en los extremos de su orificio, unos frenillos para evitar que el bulón pueda salirse cuando el motor esté funcionando, lo que originaría grandes desperfectos en las paredes del cilindro.

BIELA

Es la pieza encargada de unir el pistón con el cigüeñal (Fig. 2-11). Es una pieza de acero muy resistente, que tiene que transmitir la fuerza y movimiento que le da el pistón hasta el cigüeñal. Se divide en tres partes: Cabeza, cuerpo y pie.

En el pie lleva un orificio con un casquillo interior de latón, dentro del cual va metido el bulón.

En la cabeza tiene otro orificio donde se aloja uno de los «codos» del cigüeñal.

El cuerpo de la biela une las dos partes descritas antes.

Para poder unir la biela al cigüeñal, la cabeza de biela va dividida en dos partes: una que es solidaria con el cuerpo de la biela y otra, llamada sombrerete, desmontable, que se une a la anterior por medio de dos espárragos o tornillos con sus respectivas tuercas.

En cada una de estas partes de la cabeza de biela va un medio casquillo que es el que está en contacto con el cigüeñal. Este casquillo está constituido por una capa exterior de acero, otra de bronce y otra interior de material antifricción que es lo que roza en el cigüeñal.

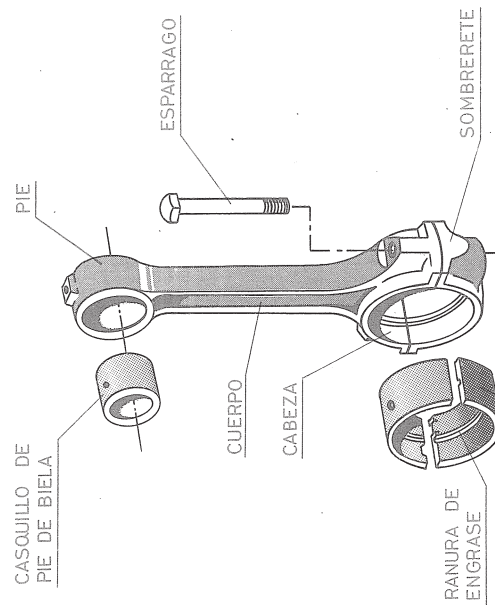


Fig. 2-11. Biela y sus elementos complementarios.

CIGUEÑAL

El cigüeñal (Fig. 2-12) es una pieza de acero forjado que tiene por misión transformar el movimiento de vaivén del pistón en movimiento de giro.

Las partes del cigüeñal que van alojadas en las cabezas de las bielas se llaman codos o muñequillas, y las partes por donde va sujeto al bloque se llaman apoyos, los cuales constituyen el eje de giro de toda la pieza. Codos y apoyos contiguos están unidos por tramos perpendiculares a ellos.

El cigüeñal tiene tantas muñequillas como cilindros tiene el motor, y generalmente, tantos apoyos como número de muñequillas hay más uno, teniendo por lo tanto, cada muñequilla un apoyo a cada lado, quedando de esta forma el cigüeñal firmemente sujeto al bloque del motor.

En los apoyos, el cigüeñal gira sobre unos casquillos de antifricción, similares a los de la cabeza de biela, que se denominan cojinetes de bancada. Para la lubricación de estos cojinetes y de los cojinetes de biela, el cigüeñal lleva unas perforaciones interiores por las que circula el aceite del sistema de engrase.

Dado que esta pieza gira a gran velocidad, y que las muñequillas están distanciadas del eje de giro, lleva unos contrapesos opuestos a ellas con objeto de equilibrar perfectamente el conjunto, evitando así vibraciones y fuerzas extrañas que llegarían a provocar su rotura.

El cigüeñal va sujeto en la parte baja del bloque por medio de los cojinetes de bancada, ya descritos.

En su extremo delantero lleva un engranaje con el que da movimiento a la distribución y a la bomba de inyección; también lleva una polea con la que mueve el ventilador y bomba de agua, y la dinamo o el alternador. En su extremo posterior lleva sujeto a él, por medio de tornillos, el volante.

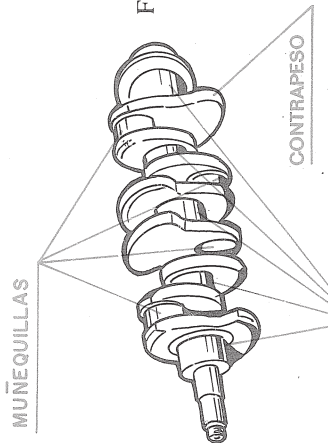


Fig. 2-12. Cigüeñal

VOLANTE

Es una rueda metálica, bastante pesada, situada en el extremo posterior del cigüeñal (Fig. 2-13).

Tiene por misión absorber inercia durante el tiempo en que la carrera global del motor dé saldo positivo para soltarla en los momentos en que la carrera global del motor dé saldo negativo (carrera global del motor = suma de carreras de cilindros en trabajo, menos suma de carreras de cilindros en compresión, admisión y escape).

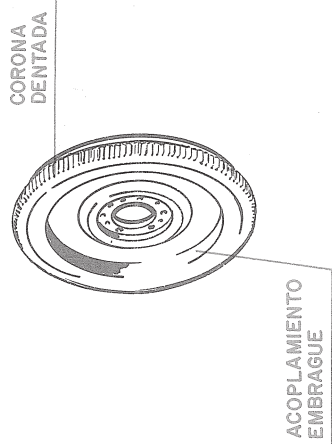


Fig. 2-13. Volante.

Sobre su parte exterior lleva una corona dentada en la que engrana el piñón del motor de arranque, y en su cara opuesta al motor lleva un alojamiento donde se acopla el mecanismo del embrague.

CARTER

Cerrando el bloque, por la parte inferior del motor, va un fondo que es el cárter (Fig. 2-14). Este fondo suele ser de fundición, aunque en algunos casos es de chapa de acero.

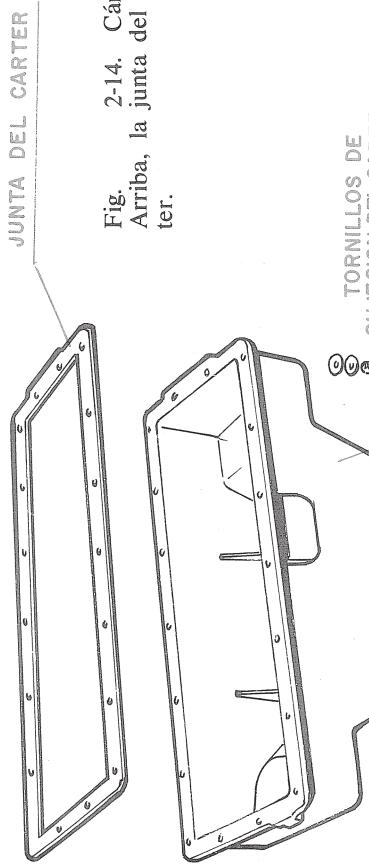


Fig. 2-14. Cárter. Arriba, la junta del cárter.

TORNILLOS DE
SUSPENSIÓN DE

Tiene por misión evitar la entrada de polvo y suciedad del exterior, protegiendo así a las piezas del motor y, además, sirve como depósito de aceite para el sistema de engrase.

Va sujeto al bloque mediante tornillos, y entre ambas piezas se coloca una junta de corcho para evitar fugas de aceite.

En la parte más baja lleva un tapón roscado que sirve para vaciar el aceite.

COTAS DEL CILINDRO

Todo cilindro de un motor tiene una serie de características denominadas cotas del cilindro (Fig. 2-15) que vamos a desarrollar a continuación.

PUNTO MUERTO SUPERIOR (PMS)

Es el punto más alto que alcanza la parte más alta del pistón en su recorrido por el interior del cilindro.

PUNTO MUERTO INFERIOR (PMI)

Es el punto más bajo que alcanza la parte más alta del pistón en su recorrido por el interior del cilindro.

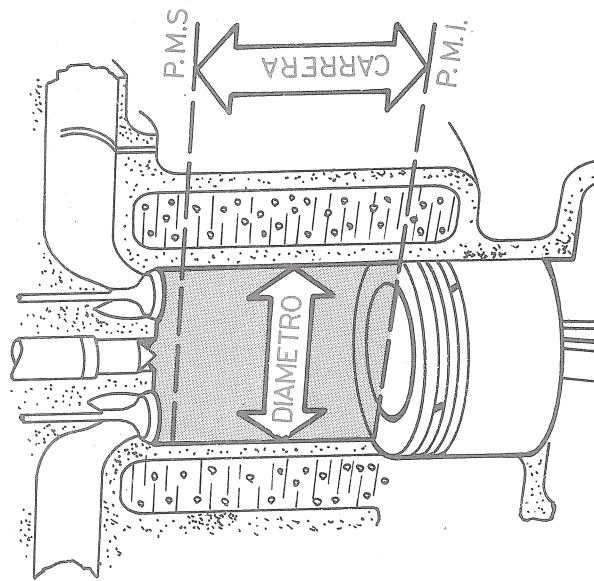


Fig. 2-15. Carrera de un cilindro y sus cotas.

CARRERA

Es la distancia comprendida entre el PMS y el PMI (L).

DIÁMETRO

Es el diámetro interior del cilindro (D).

CILINDRADA

Es el volumen de aire comprendido dentro del cilindro entre el PMS y el PMI. Se mide en centímetros cúbicos (cm³ o cc). La cilindrada de un motor se obtiene mediante la fórmula:

$$C = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L \cdot n$$

Siendo D el diámetro, L la carrera y n el número de cilindros del motor.

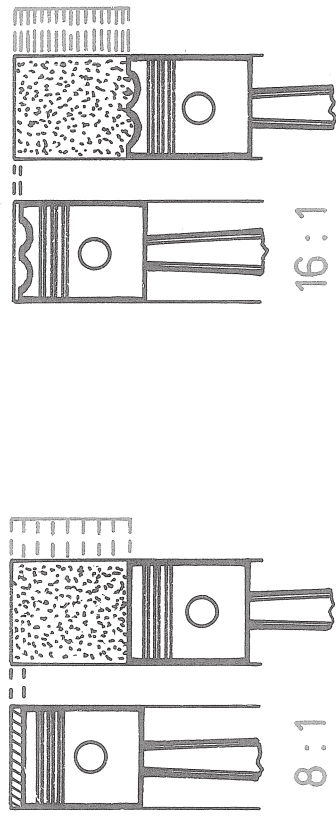
CÁMARA DE COMPRESIÓN

Es el volumen existente entre la culata y la parte más alta del pistón cuando éste se encuentra en el PMS.

A este pequeño volumen quedan reducidos el aire o los gases que entraron en el interior del cilindro durante el tiempo de admisión.

RELACIÓN DE COMPRESIÓN

Es la relación entre los volúmenes ocupados por el aire cuando el pistón está en el PMI y cuando el pistón está en el PMS (Fig. 2-16).



8 : 1

16 : 1

Teniendo en cuenta las definiciones anteriores, es la relación entre cilindrada más cámara de compresión y cámara de compresión.

$$\text{Relación de compresión} = \frac{\text{cilindrada} + \text{cámara de compresión}}{\text{cámara de compresión}}$$

En los motores Diesel esta relación de compresión está comprendida normalmente entre 15:1 y 18:1.

POTENCIA DEL TRACTOR

Potencia del motor

Una de las características indicadas por el fabricante del tractor en el «Manual de Instrucciones» es la potencia del motor, que puede ser medida según la norma DIN (alemana) o la norma SAE (americana).

En ambos casos la medida de potencia se efectúa sobre el volante del motor, girando este a las revoluciones marcadas por el fabricante como velocidad de régimen del motor.

En un mismo motor la potencia DIN es siempre menor que la potencia SAE.

Esto es debido a que según las normas DIN se cuenta con que el motor acciona todos sus mecanismos, (bomba de agua, ventilador, dinamo, etc.) y sin embargo, según la norma SAE se cuenta con que el motor no acciona estos mecanismos. Por lo tanto, la norma SAE nos da la potencia íntegra del motor, que lógicamente, es mayor que con la norma DIN.

Generalmente la potencia se expresa en CV. A veces se utiliza la norma SI (Sistema internacional) que viene dada en kilovatios (kW), teniendo la siguiente equivalencia:

$$1 \text{ CV} = 0,736 \text{ kW} \text{ o bien } 1 \text{ kW} = 1,36 \text{ CV}$$

Potencia homologada

Es la potencia del tractor medida en la toma de fuerza, cuando el motor hace girar a ésta a su velocidad de régimen, estando el tractor parado.

Potencia Fiscal

Es la potencia obtenida mediante la aplicación de una fórmula en función del diámetro, la carrera y el número de cilindros del motor.

AVERIAS

DE LOS CILINDROS

Con el funcionamiento normal del motor las paredes interiores de los cilindros o de las camisas se van desgastando y al hacerse estos orificios más grandes y ovalados (Fig. 2-17) el ajuste entre los segmentos y el cilindro no es perfecto originándose fugas de gases en la compresión y en el trabajo, así como pérdida de potencias.

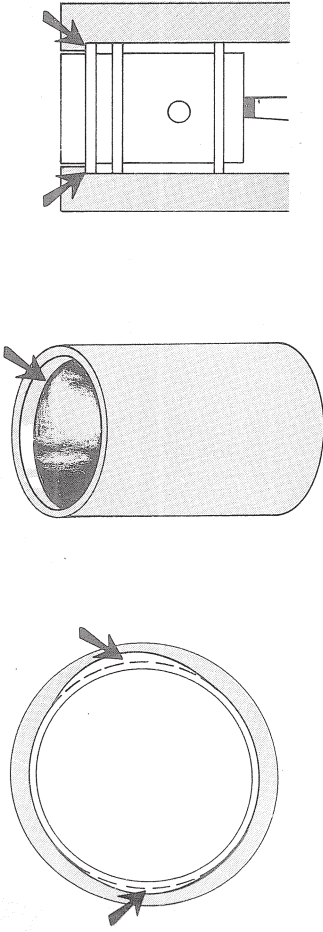


Fig. 2-17. Desgaste interior del cilindro.

Síntomas: Pérdidas de potencia en el motor, consumo excesivo de aceite, salida de gran cantidad de gases por el respiradero del cárter, humos azulados por el escape.

Solución: Si el motor lleva camisas postizas, cambiárselas y poner también pistones y segmentos a la medida, en taller especializado. Si el motor no tiene camisas postizas habrá que rectificarlo, con lo cual los orificios de los cilindros se agrandan, colocando así mismo pistones y segmentos nuevos de mayor medida.

DE LA CULATA

No son frecuentes las averías de la culata. Un calentamiento excesivo o el desmontarla cuando aún está caliente puede provocar deformaciones en la misma (Fig. 2-18), lo que da lugar a que no cierre perfectamente con el bloque.

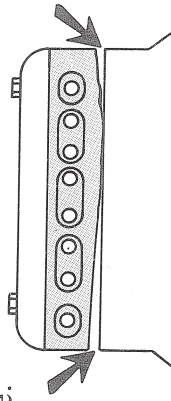


Fig. 2-18. Culata deformada.

Síntomas: La junta de culata se quema con mucha frecuencia y casi siempre por el mismo sitio.

Solución: Planear la culata en un taller especializado.

DE LA JUNTA DE CULATA

Cuando la culata no asienta bien sobre el bloque, no está bien apretada sobre éste, o a veces, por haberse calentado excesivamente el tractor, se quema la junta.

La junta se puede quemar: *Entre dos cilindros, entre un cilindro y el exterior, y entre un cilindro y los conductos del agua de refrigeración* (Fig. 2-19).

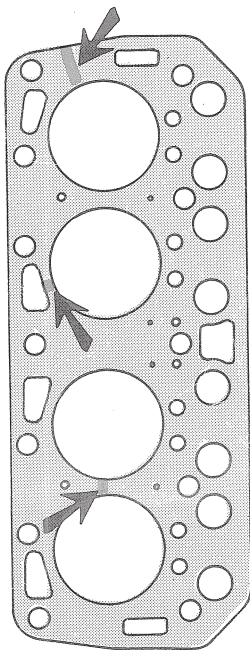


Fig. 2-19. Junta de culata quemada.

Síntomas: Cuando se quema entre dos cilindros se nota porque el motor pierde mucha potencia, hace fallos, y si comprobamos qué cilindros son los que van mal, nos daremos cuenta que son dos cilindros seguidos. Se puede determinar qué cilindro es el que falla, aflojando una por una las tuercas de los inyectores; si al aflojar una vemos que el motor no cambia la marcha, será señal de que ese cilindro no trabaja; si al aflojarla el motor falla aún más, de lo que estaba fallando, será señal de que ese cilindro va bien.

Cuando es entre un cilindro y el exterior, lo notaremos porque el motor perderá potencia, fallará y además, si nos fijamos, veremos que por algún costado del motor, en la unión de la culata y el bloque se escapa el aire.

Si es entre un cilindro y los orificios del agua de refrigeración, los síntomas serán parecidos a los anteriores. Lo podremos comprobar, quitando el tapón del radiador, llenándolo de agua hasta arriba, y poniendo el motor en marcha, miraremos a ver si salen burbujas por el tapón del radiador. Si salen será señal de que está quemada la junta.

Solución: Sea uno u otro caso, habrá que desmontar la culata

Los tornillos de la culata se deben apretar muy bien, y una vez apretados se debe poner en marcha el tractor, para darles el apriete final con el motor caliente. El apriete de estas tuercas debe hacerse con llave dinamométrica y a la presión y en el orden que indique el manual del tractor. De esta forma quedará bien apretada la junta entre culata y bloque, y será más difícil que se quemé.

DE PISTÓN Y SEGMENTOS

El pistón suele dar lugar a pocas averías. Sin embargo, a lo largo de su funcionamiento, las ranuras en las que se alojan los segmentos se van agrandando quedando los segmentos muy holgados en su interior (Fig. 2-20), y con el movimiento de vaivén del pistón el aceite de engrase que hay en la pared interior del cilindro va pasando a la parte superior del pistón quemándose durante la combustión.

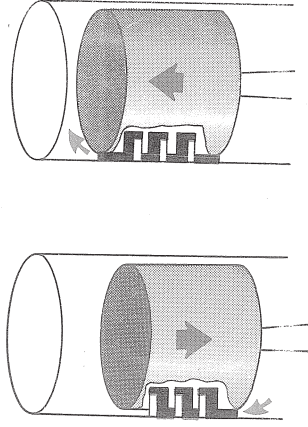


Fig. 2-20. Consumo de aceite por holgura de segmentos.

Síntomas: Consumo excesivo de aceite, pérdida de potencia, humos azulados por el escape.

Solución: Cambiar el pistón y los segmentos.

Otras veces, debido a un calentamiento excesivo del motor, o bien por no utilizar los aceites del tipo recomendado en el «Manual de Instrucciones», los segmentos pueden quedar agarrados a las paredes de la ranura del pistón (Fig. 2-21) con lo que pierden su flexibilidad y no se ajustarán con la pared interior del cilindro.

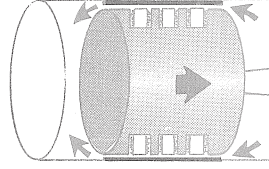


Fig. 2-21. Consumo de aceite por segmentos agarrados al pistón.

Síntomas: Pérdida rápida de potencia, consumo excesivo de aceite, humos azulados por el escape.

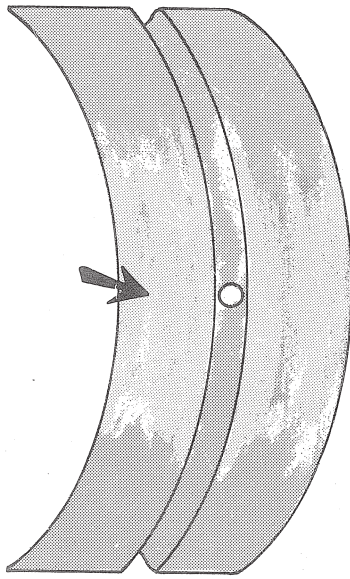
Solución: Desmontar los pistones, sacar los segmentos agarrados, limpiar las ranuras del pistón y poner segmentos nuevos.

DE LA BIELA

Dijimos que la biela llevaba en la cabeza un orificio donde iba cogido el cigüeñal. En esta parte de la biela lleva unos casquillos de un material que se llama antifricción. Este material, tan pronto como le falta el engrase se calienta, y se funde, quedando en esa forma muy holgada la muñequilla del cigüeñal.

Lo que se pretende con estos casquillos, es proteger al cigüeñal, que es una pieza delicada y cara, y que en caso de avería, sean estos casquillos los que sufran y no él. Cuando se funden los casquillos de antifricción se dice que «se ha fundido una biela» y al sacar el casquillo se aprecian unas zonas de color rosa que corresponden a la capa de bronce que va debajo del material antifricción (Fig. 2-22).

Fig. 2-22. Casquillo de antifricción fundido.



Síntomas: Cuando esto nos ocurra, se siente un golpeteo muy fuerte en el motor, producido por las holguras que quedan entre la biela y la muñequilla del cigüeñal, al haberse fundido los casquillos.

Si se sigue trabajando con una biela fundida, es fácil que se rompan los espárragos que sujetan al sombrerete, quedando suelta la biela y pudiendo romper el costado del motor al salir despedida. Por tanto, cuando se observe este golpeteo se parará inmediatamente el motor.

Solución: Desmontar el motor y poner unos casquillos de antifric-

Otra avería de la biela puede producirse por desgaste del casquillo de pie de biela debido al roce con el bulón (Fig. 2-23).

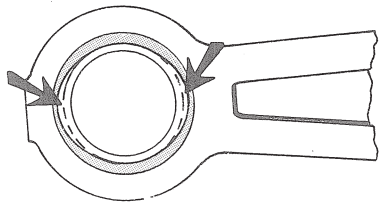


Fig. 2-23. Casquillo de pie de biela desgastado.

Síntomas: Cuando esto ocurre, se escucha un golpeteo que es más acusado cuando el motor está frío.

Solución: Desmontar y cambiar el casquillo y el bulón.

DEL CIGÜEÑAL

En el cigüeñal suelen ocurrir pocas averías. Lo que sí es conveniente es, siempre que se haga una reparación general del motor (cambiar camisas, pistones, etc.), rectificar también las muñequillas y los apoyos del cigüeñal, para dejarlos otra vez redondos, ya que con el movimiento se desgastan más por unos sitios que por otros. A veces, incluso es necesario rellenar los apoyos y muñequillas con un baño de cromo, y rectificar después para dejarlo a la medida original.

También es conveniente, cuando se realice una de las operaciones citadas anteriormente, limpiar los conductos interiores del cigüeñal por donde circula el aceite de engrase.

CAPITULO III

FUNDAMENTO DEL MOTOR DIESEL

El fundamento del motor Diesel es el siguiente. Si en el interior de un cilindro lleno de aire, que se ha comprimido fuertemente, y que por lo tanto se ha calentado mucho, que está tapado por la parte superior con la culata y por la parte inferior por el pistón, inyectamos una pequeña cantidad de gas-oil, finamente pulverizado y a mucha presión, se producirá la combustión espontánea de éste, originándose una gran cantidad de gases y un fuerte aumento de la temperatura, lo que da lugar a una gran presión sobre las paredes del cilindro. Esta presión se ejerce en todas las direcciones; pero al estar la culata firmemente sujeta al bloque, las paredes del cilindro ser muy resistentes, y ser la única pieza móvil el pistón, éste, será desplazado hacia abajo transmitiendo este movimiento a través de la biela hasta el cigüeñal, produciendo el movimiento del motor.

TIEMPOS DEL MOTOR

Según acabamos de ver en el fundamento del motor Diesel, para que éste funcione es necesario: 1.º que el cilindro se llene de aire, 2.º que este aire sea comprimido y 3.º que se inyecte el gas-oil y arda; finalmente para que el motor pueda seguir funcionando, una vez realizada la combustión, los gases producidos deben ser desalojados fuera del cilindro.

A cada una de estas fases se le denomina *tiempo* del motor, llamándose *tiempo de admisión* a la entrada de aire al cilindro, *tiempo de compresión* al comprimir el aire que acaba de entrar, *tiempo de trabajo* a la combustión del gas-oil inyectado y a la expansión de los gases originados, y *tiempo de escape* a la expulsión de

Estos cuatro tiempos constituyen el ciclo de funcionamiento del motor y se repiten, siempre en el mismo orden, cada dos vueltas completas del cigüeñal.

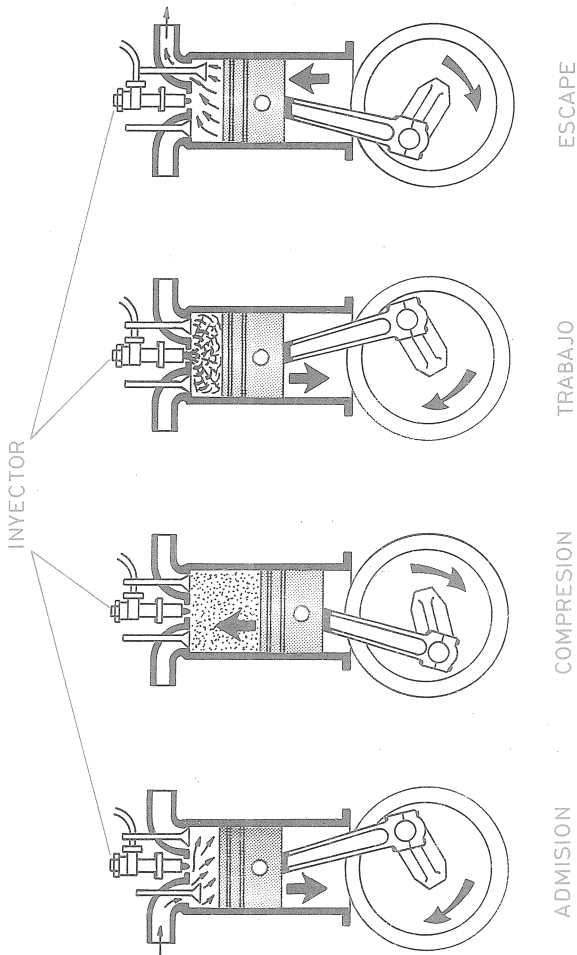


Fig. 3-1. Esquema del funcionamiento de un cilindro del motor de cuatro tiempos.

FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE CUATRO TIEMPOS Y UN CILINDRO

1.º ADMISION (FIG. 3-2)

El pistón descende del PMS al PMI, estando abierta la válvula del orificio de admisión, entrando aire por la succión que hace el pistón hasta que éste llega al PMI.

El cigüeñal habrá dado la primera media vuelta del ciclo.

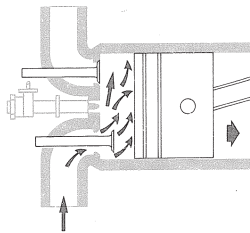


Fig. 3-2. Esquema de un cilindro en tiempo de admisión.

2.º COMPRESIÓN (FIG. 3-3)

La válvula del orificio de admisión por el que ha entrado el aire, se cierra. El pistón asciende del PMI al PMS. Como el aire no puede salir por estar los dos orificios cerrados se va comprimiendo al subir el pistón hasta alcanzar una presión de 35 a 40 kg/cm² y una temperatura de 500° C a 700° C, cuando el pistón llega al PMS.

El cigüeñal habrá dado la segunda media vuelta del ciclo.

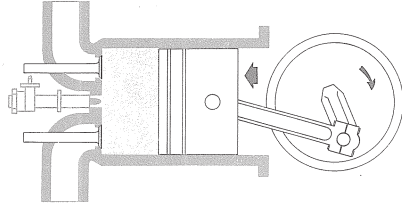


Fig. 3-3. Cilindro en tiempo de compresión.

3.º TRABAJO (FIG. 3-4)

Al finalizar la compresión del aire, el inyector introduce una pequeña cantidad de gas-oil, finamente pulverizado, que al entrar en contacto con el aire a alta temperatura se inflama produciéndose la combustión del mismo. Debido a esta combustión, la temperatura de los gases se eleva hasta 1.500° C ó 2.000° C, produciéndose un aumento de presión hasta llegar a los 60 a 90 kg/cm².

Al ejercerse esta presión sobre la cabeza del pistón, le empuja hacia abajo hasta el PMI, efectuando la carrera de trabajo, siendo éste el único tiempo en el que el cigüeñal recibe movimiento.

El cigüeñal habrá dado la tercera media vuelta del ciclo.

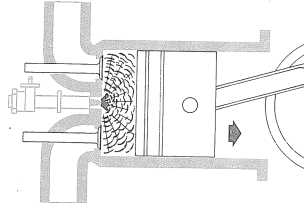


Fig. 3-4. Cilindro en tiempo de trabajo.

4.º ESCAPE (FIG. 3-5)

Finalizada la carrera de trabajo, el cilindro se encuentra lleno de gases quemados procedentes de la combustión por lo que será necesario expulsarlos para dejar limpio el cilindro y pueda volver a repetirse el ciclo.

Para ello se abre la válvula del orificio de escape y el pistón es empujado por el cigüeñal hacia arriba expulsando los gases quemados al exterior.

Al llegar el pistón al PMS se cierra la válvula del orificio de escape, se abre la válvula del orificio de admisión y vuelve a repetirse el ciclo.

El cigüeñal habrá dado la cuarta media vuelta del ciclo.

Como vemos, para completarse el ciclo, han sido necesarias cuatro medias vueltas, o sea, dos vueltas completas del cigüeñal.

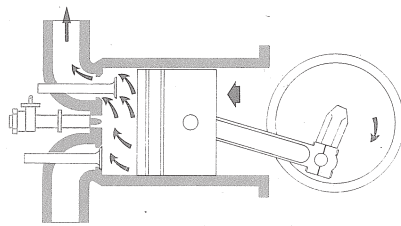


Fig. 3-5. Cilindro en tiempo de escape.

Ahora bien, sólo en una media vuelta, la del tiempo de trabajo, recibe movimiento el cigüeñal del pistón, mientras que en los otros tres tiempos es el cigüeñal el que tiene que arrastrar al pistón. Estas tres medias vueltas las da el cigüeñal gracias a la inercia que ha tomado el volante durante el tiempo de trabajo. Naturalmente, esta consideración sólo vale para el motor de un sólo cilindro, en el de varios cilindros se hace por la carrera global del motor.

De aquí que en los motores de un sólo cilindro sea imprescindible disponer de uno o dos volantes en los extremos del cigüeñal para que

CICLO PRACTICO DE CUATRO TIEMPOS

La apertura y cierre de las válvulas no se efectúa, como acabamos de describir en la anterior explicación, en el preciso momento de estar el pistón en los puntos muertos superior o inferior, sino que cada fabricante, de acuerdo con las características que quiere obtener del motor, fija, en relación a los puntos muertos, el momento que tienen que abrirse o cerrarse las válvulas consiguiendo que la entrada y salida de gases en el cilindro se realicen con más facilidad y mejore el rendimiento del motor (Fig. 3-6).

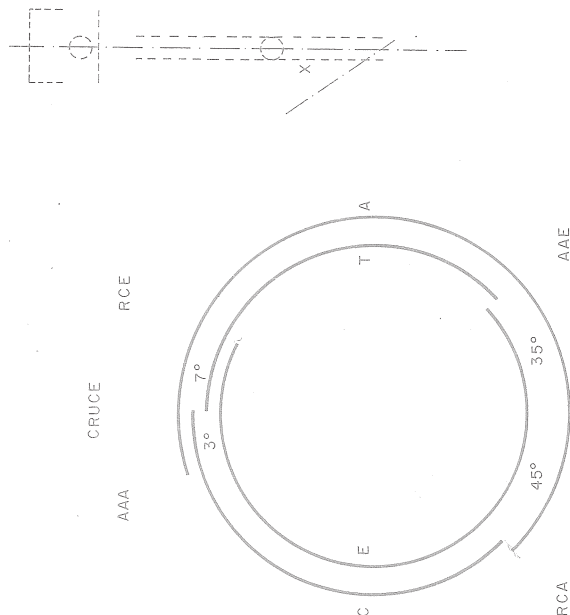


Fig. 3-6. Esquema de apertura y cierre de válvulas de un cilindro AAA, adelanto de apertura en la admisión; RCE, retraso de cierre en el escape; RCA, retraso de cierre en admisión; AAE, adelanto de apertura en escape; C, compresión; E, escape; T, trabajo; y A, admisión.

Por lo que respecta a la admisión, la válvula se abre alrededor de tres grados sexagesimales antes de que el pistón se coloque en el PMS, y se cierra alrededor de 45° después del PMI; de esta forma se facilita el llenado del cilindro, pues aunque la válvula permanece abierta cuando el pistón empieza a subir y la compresión empieza a actuar en contra de la admisión, la velocidad del aire en el colector de admisión hace que éste siga entrando en el cilindro.

Por lo que respecta al escape, la válvula se abre alrededor de 35° antes del PMI, pues en estos momentos los gases ya no ejercen

tiene la ventaja de que salen rápidamente por el orificio de escape. La válvula se cierra alrededor de 7° después del PMS.

Los ángulos que acabamos de citar son los formados entre la línea que une cigüeñal y bulón, cuando el pistón se encuentra en el PMS o en el PMI, con la línea que une cigüeñal y codo, en cada posición.

Se puede observar que hay un espacio de alrededor de 10° en el que las válvulas de admisión y escape están abiertas a la vez, a este espacio se le llama «cruce de válvulas». Con esto se pretende aprovechar la succión creada por la velocidad de salida de los gases quemados para absorber los gases frescos dándoles un impulso inicial y facilitar el llenado del cilindro. Este «cruce de válvulas», será tanto más largo cuanto más revolucionado sea el motor, porque los gases quemados salen a más velocidad creando una mayor succión, lo que permite abrir antes la válvula de admisión.

MOTORES DE VARIOS CILINDROS

Generalmente, los tractores llevan motores que tienen más de un cilindro. En estos motores cada uno de los cilindros funciona como si fuese un motor independiente, realizando los cuatro tiempos del ciclo que hemos explicado anteriormente. Lo más interesante de estos motores es que la fuerza la hacen todos los pistones sobre el mismo cigüeñal, pero desfasados entre sí. De esta forma el movimiento es más regular que en el de un solo cilindro que tuviera la misma potencia, ya que la fuerza se reparte en varias carreras de trabajo a lo largo de las dos vueltas del cigüeñal que dura el ciclo completo.

En los tractores actuales, la mayoría de los motores son de cuatro cilindros, si bien también los hay de tres y, cuando son de gran potencia se llega a los seis e incluso a los ocho cilindros.

MOTORES DE CUATRO CILINDROS

Los motores de cuatro cilindros, están constituidos de forma que en cada media vuelta, cada cilindro está en un tiempo distinto del ciclo de cuatro tiempos, ocurriendo por lo tanto, en cada media vuelta una carrera de trabajo sobre el cigüeñal.

Es muy importante el orden en que se efectúan las carreras de trabajo, con el fin de no someter al cigüeñal a esfuerzos progresivos que llegarían a romperlo. El orden de trabajo más corriente en estos motores es el 1-3-4-2, teniendo en cuenta que el cilindro número 1 es

En estos motores cada par de muñequillas del cigüeñal están desfasadas entre sí 180°, o sea media vuelta, y los pistones, cada par alterno, lleva el mismo movimiento, ascendente en dos de ellos y descendente en los otros dos. Correlativamente en el ciclo de cuatro tiempos hay dos carreras ascendentes (compresión y escape) y otras dos descendentes (admisión y trabajo).

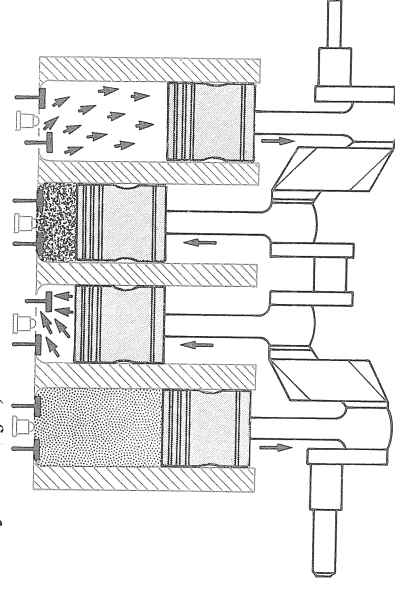


Fig. 3-7. Primera media vuelta.

1ª MEDIA VUELTA

E C A

De acuerdo con el orden de trabajo anterior 1-3-4-2, vamos a suponer que en la primera media vuelta del cigüeñal (Fig. 3-7) el pistón primero está descendiendo, pero en trabajo. El núm. 2 estará ascendiendo en escape, el núm. 3 estará ascendiendo en compresión y el núm. 4 estará descendiendo en admisión. En la segunda media vuelta (Fig. 3-8), el 1, que estaba en trabajo, estará ascendiendo en escape, el 2, que estaba en escape estará descendiendo en admisión, el 3, que estaba en compresión estará descendiendo en trabajo, y el 4, que estaba en admisión, estará ascendiendo en compresión.

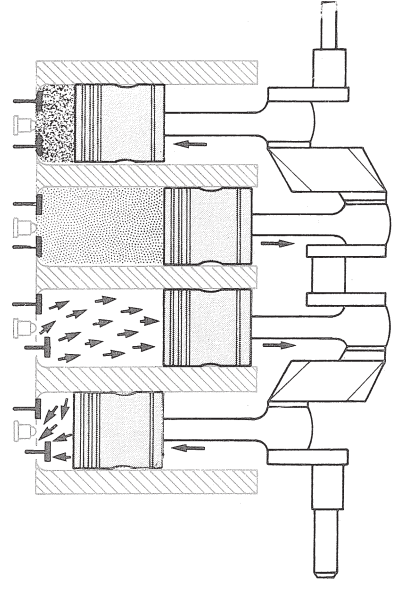


Fig. 3-8. Segunda media vuelta.

Vamos a explicar el funcionamiento de este motor viendo los tiempos que realizan cada uno de los cilindros en cada tercio de vuelta (Fig. 3-12).

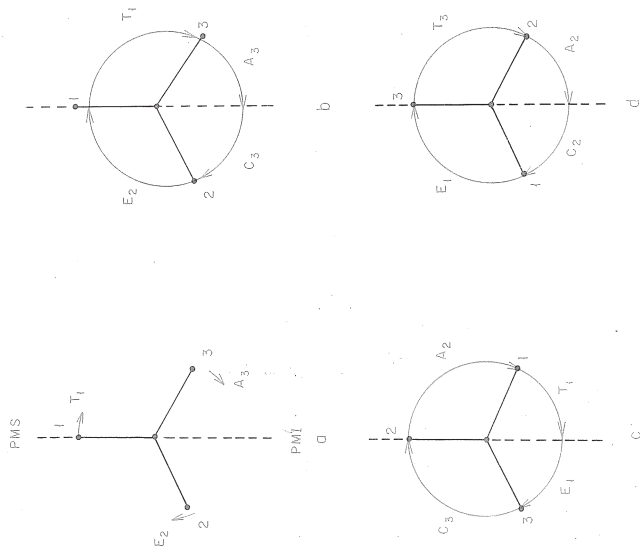


Fig. 3-12. Esquema de las posiciones del funcionamiento del motor de tres cilindros.

Partimos con el pistón 1 en el PMS, iniciando la carrera de trabajo, y seguimos el orden de trabajo 1-3-2. El pistón 3 no habrá llegado al PMI y está realizando la carrera de admisión. El pistón 2 habrá superado el PMI y está realizando la carrera de escape (Fig. 3-12-a).

En el primer tercio de vuelta el 1 hará parte de su carrera de trabajo, el 3 terminará la de admisión en el PMI y seguirá iniciando la de compresión, y el 2 llegará al PMS y terminará la de escape (Fig. 3-12-b).

En el segundo tercio de vuelta, el 1 terminará la carrera de trabajo al llegar al PMI y seguirá iniciando la de escape, el 3 llegará al PMS terminando la de compresión, y el 2 hará parte de la admisión (Fig. 3-12-c).

En el tercer tercio de vuelta, el 1 llegará al PMS terminando su carrera de escape, el 3 hará parte de la de trabajo y el 2 terminará la de admisión al llegar al PMI, y seguirá haciendo la compresión (Fig. 3-12-d).

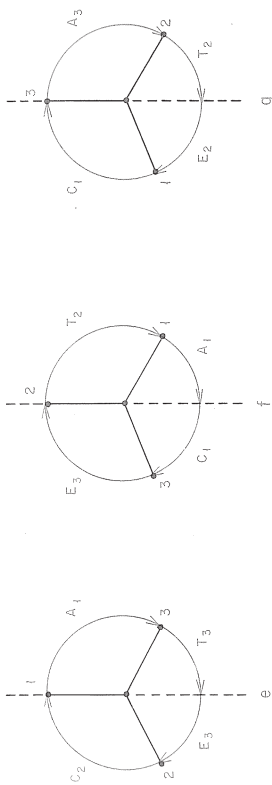


Fig. 3-12 bis.

Posiciones de los cilindros.

En el cuarto tercio de vuelta, el 1 hará parte de la de admisión, el 3 terminará la de trabajo al llegar al PMI y seguirá iniciando la de escape, y el 2 llegará al PMS terminando la compresión (Fig. 3-12-e).

En el quinto tercio de vuelta, el 1 terminará la de admisión al llegar al PMI y seguirá haciendo la de compresión, el 3 llegará al PMS terminando la de escape y el 2 hará parte de la de trabajo (Fig. 3-12-f).

En el sexto tercio de vuelta, el 1 llegará al PMS terminando la de compresión, el 3 hará parte de la de admisión y el 2 terminará la de trabajo al llegar al PMI, y seguirá iniciando la de escape (Fig. 3-12-g).

En el tercio siguiente el 1 empezará la de trabajo, el 2 seguirá con la de admisión y empezará la de compresión y el 3 seguirá con la de escape, con lo que se cierra el ciclo por ser igual al primer tercio de vuelta.

Al completar los seis tercios de vuelta, el cigüeñal habrá dado dos vueltas completas y se habrá realizado tres carreras de trabajo, una en cada cilindro.

Resumiendo este funcionamiento quedará el siguiente cuadro:

CILINDROS

Tercios	1	2	3
1.º	T	E	A - C
2.º	T - E	A	C
3.º	E	A - C	T
4.º	A	C	T - E
5.º	A - C	T	E
6.º	C	T - E	A

MOTORES DE SEIS CILINDROS

Estos motores son los que tienen el movimiento más uniforme, ya que en todo momento hay un cilindro realizando la carrera de trabajo; antes de que ésta se termine hay otro cilindro que inicia su carrera de trabajo.

En este tipo de motores cada par de muñequillas contiguas del cigüeñal están desfasadas 120° (Fig. 3-13), igual que en el de tres cilindros, yendo los pistones emparejados el 1 con el 6, el 2 con el 5 y el 3 con el 4, haciendo el mismo recorrido pero en distinto tiempo. El orden de trabajo de estos motores suele ser el 1-5-3-6-2-4.

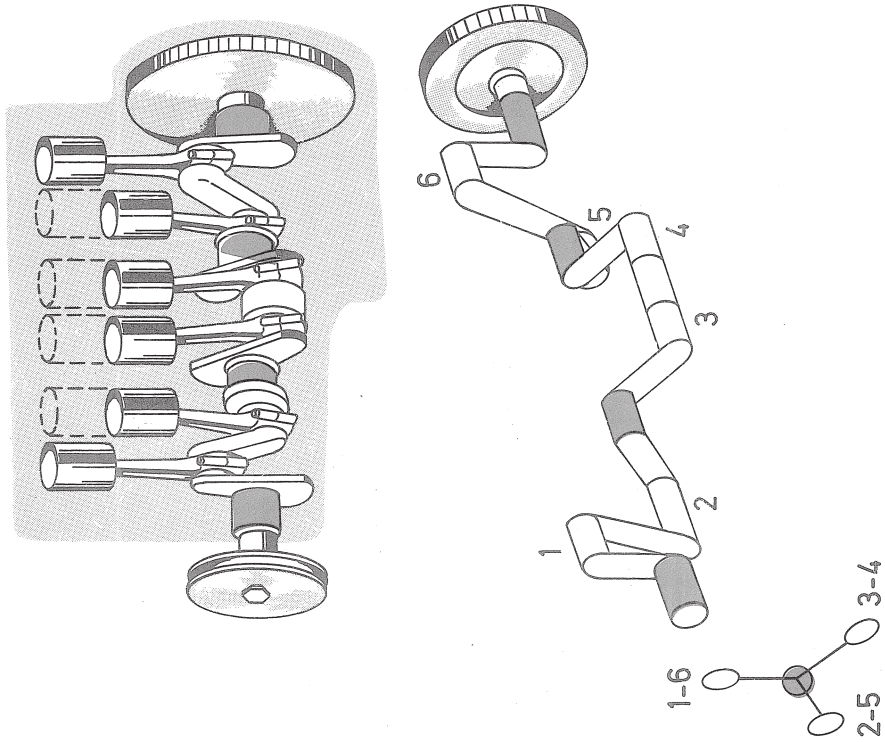


Fig. 3-13. Motor de seis cilindros.

Partimos de una posición inicial, en la que los pistones 1 y 6 están en el PMS, el 1 va a empezar la carrera de trabajo y el 6 la de

Siguiendo el orden de trabajo, los pistones 2 y 5 que habrán pasado del PMI, estarán el 5 en la carrera de compresión y el 2 en la de escape. Los pistones 3 y 4, que no han llegado todavía al PMI, estarán el 3 en la de admisión y el 4 en la de trabajo (Fig. 3-14-a).

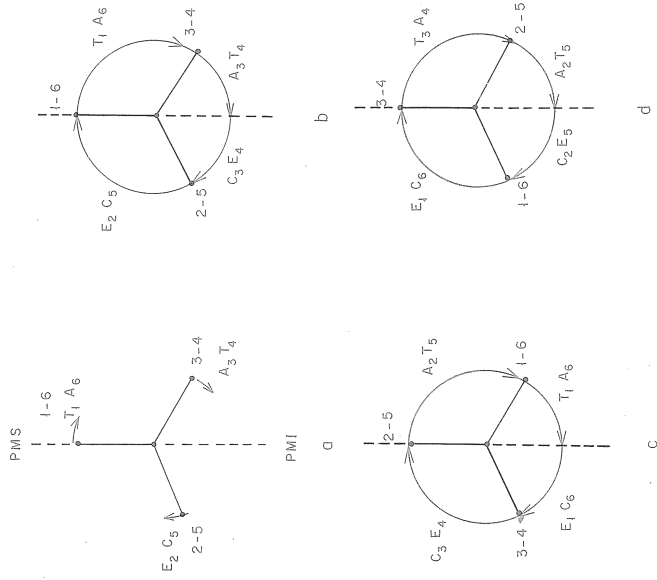


Fig. 3-14. Esquema de las posiciones del funcionamiento del motor de seis cilindros.

En el primer tercio de vuelta el 1 hará parte de la carrera de trabajo, el 6 hará parte de la admisión, el 3 terminará la admisión en el PMI y seguirá con la de compresión, el 4 terminará la de trabajo en el PMI y seguirá con escape, el 2 terminará la de escape en el PMS, y el 5 terminará la de compresión en el PMS (Fig. 3-14-b).

En el segundo tercio de vuelta, el 1 terminará la de trabajo en el PMI y seguirá con escape, el 6 terminará la de admisión en el PMI y seguirá con la de compresión, el 3 terminará la de compresión en el PMS, y el 4 terminará la de escape en el PMS, el 2 hará parte de la de admisión, y el 5 hará parte de la de trabajo (Fig. 3-14-c).

En el tercer tercio de vuelta, el 1 terminará la de escape en el PMS, y el 6 terminará la de compresión, el 3 hará parte de la de trabajo y el 4 hará parte de la de admisión, el 2 terminará la de admisión en el PMI y seguirá con la de compresión, y el 5 terminará la de trabajo

MOTORES DE CINCO CILINDROS

Recientemente se está montando sobre los tractores agrícolas motores de cinco cilindros. La finalidad de éstos es conseguir un mayor equilibrio en su funcionamiento y una progresividad de las carreras de trabajo sobre el cigüeñal a lo largo de las dos vueltas del mismo, que son necesarias para completar el ciclo de los cuatro tiempos.

Con el motor de cuatro cilindros, fijándonos en el ciclo teórico del mismo, esta progresividad se consigue, pero no es así, pues si nos fijamos en el ciclo práctico que se pone como ejemplo en la Fig. 3-6, al abrir la válvula de escape 35° antes de PMI, durante todo este recorrido, el cigüeñal no recibe ningún impulso que provenga de las bielas, sino todo lo contrario.

En el motor de cinco cilindros las muñequillas del cigüeñal van desfasadas una con respecto a la contigua 72° , que es el resultado de dividir los 360° de la circunferencia entre cinco que es el número de muñequillas (Fig. 3-15). Dado que en dos vueltas del cigüeñal (720°) tienen que realizar el trabajo los cinco cilindros, entre el que inicia la carrera de trabajo y el que le corresponde hacer la siguiente, hay un desfase de 144° . Si a media circunferencia (180°) se restan los 144° (que es el camino recorrido por el que está haciendo trabajo hasta que lo inicie el siguiente) nos da como resultado $180 - 144 = 36^\circ$, que es el momento aproximado en que veamos en el ciclo práctico, abrir la válvula de escape.

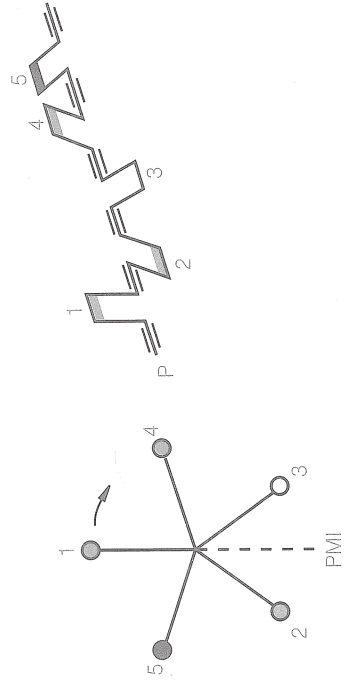


Fig. 3-15. Situación de los codos del cigüeñal.

De todo esto se deduce lo que comentábamos en un principio acerca de la progresividad en el reparto de esfuerzos que sobre el cigüeñal se produce en estos motores, ya que en el momento que un cilindro finaliza el trabajo, lo inicia otro.

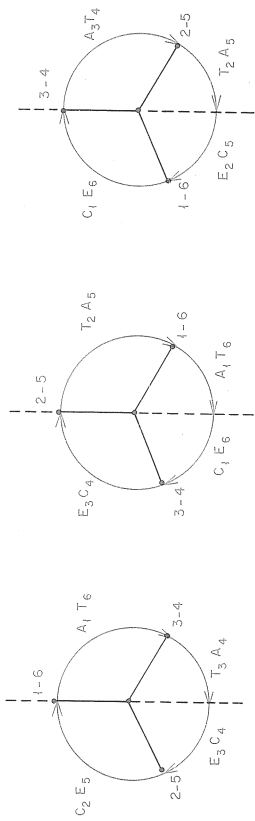


Fig. 3-14 bis. Posiciones de los cilindros.

En el cuarto tercio de vuelta, el 1 hará parte de la de admisión, el 6 hará parte de la de trabajo, el 3 terminará la de trabajo en el PMI y seguirá con la de escape, y el 4 terminará la de admisión y seguirá con la de compresión, el 2 terminará la de compresión en el PMS, y el 5 terminará la de escape (Fig. 3-14-e).

En el quinto tercio de vuelta, el 1 terminará la de admisión en el PMI y seguirá con la de compresión, el 6 terminará la de trabajo y seguirá con la de escape, el 3 terminará la de escape en el PMS, y el 4 terminará la de compresión, el 2 hará parte de la de trabajo y el 5 hará parte de la de admisión (Fig. 3-14-f).

En el sexto tercio de vuelta, el 1 terminará la de compresión en el PMS y el 6 terminará la de escape, el 3 hará parte de la de admisión y el 4 hará parte de la de trabajo, el 2 terminará la de trabajo en el PMI y seguirá con la de escape, y el 5 terminará la de admisión y seguirá con la de compresión (Fig. 3-14-g).

En el siguiente tercio de vuelta se realizaría lo mismo que en el primero, con lo que queda completo el ciclo.

El cigüeñal ha dado 6 tercios de vuelta, o sea, dos vueltas completas, y se han realizado 6 carreras de trabajo, una en cada cilindro.

Resumiendo este funcionamiento, quedará el cuadro adjun-

CILINDROS

Tercios	1	2	3	4	5	6
1	T	E	A-C	T-E	C	A
2	T-E	A	C	E	T	A-C
3	E	A-C	T	A	T-E	C
4	A	C	T-E	A-C	E	T
5	A-C	T	E	C	A	T-E
6	C	T-E	A	T	A-C	E

Según esto, y partiendo de la posición en que el pistón 1 se encuentra en el PMS., en el momento de iniciar la carrera de trabajo, el pistón 2 estará subiendo en tiempo de compresión, el 3 estará bajando finalizando el tiempo de trabajo, el 4 estará bajando en tiempo de admisión y el 5 subirá en tiempo de escape. (Fig. 3-16).

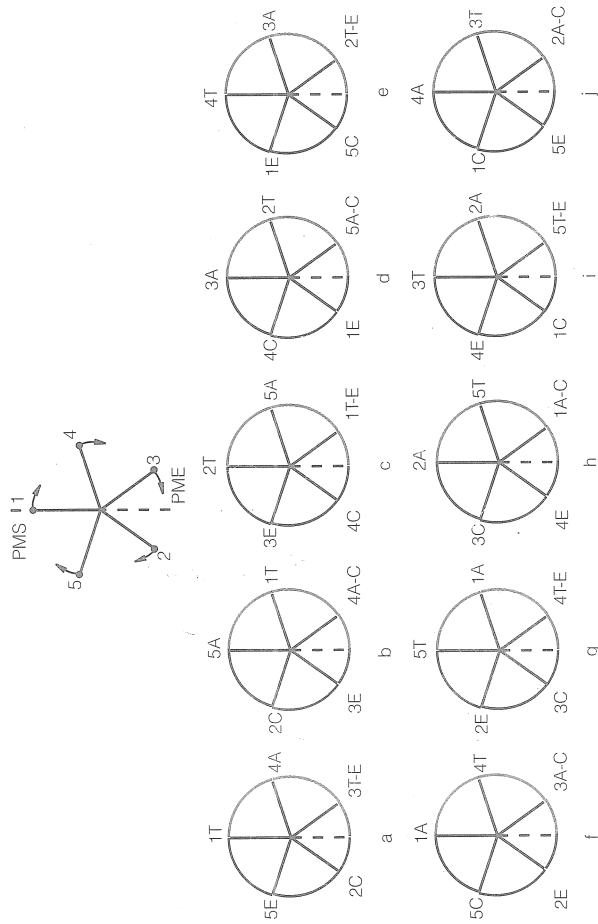


Fig. 3-16. Ciclo teórico de cinco cilindros, con un orden de trabajo 1-2-4-5-3.

En el primer quinto de vuelta, el pistón 1 hará trabajo, el pistón 4 admisión, el 3 trabajo hasta llegar al punto muerto inferior y seguidamente escape, el pistón 2 compresión y el 5 escape. (Fig. 3-16-a).

En el segundo quinto de vuelta, el pistón 1 hará trabajo, el 4 admisión y seguidamente compresión, y el 3 escape, el 2 compresión y el 5 admisión. (Fig. 3-16-b).

En el tercer quinto de vuelta el pistón 1 finalizará el trabajo y empezará el escape, el 4 realizará compresión, el 3 escape, el 2 trabajo y el 5 admisión. (Fig. 3-16-c).

En el cuarto quinto de vuelta el pistón 1 seguirá realizando escape, el 4 compresión, el 3 empezará admisión, el 2 continuará realizando trabajo, y el 5 finalizará la admisión y dará comienzo a la compresión. (Fig. 3-16-d).

En el quinto de vuelta, el pistón 1 seguirá realizando escape hasta

minará trabajo y empezará escape, y el 5 continuará con la compresión. (Fig. 3-16-e).

En el sexto quinto de vuelta el pistón 1 empezará la admisión, el 4 continuará con el trabajo, el 3 finalizará la admisión y empezará la compresión, el 2 continuará en escape y el 5 finalizará la compresión. (Fig. 3-16-f).

En el séptimo quinto de vuelta, el pistón 1 continuará la admisión, el 4 finalizará el trabajo y empezará el escape, el 3 continuará la compresión, el 2 finalizará el escape y el 5 empieza el trabajo. (Fig. 3-16-g).

En el octavo quinto de vuelta, el pistón 1 terminará la admisión y empieza la compresión, el 4 continúa el escape, el 3 finaliza la compresión, el 2 empieza la admisión, y el 5 continúa el trabajo. (Fig. 3-16-h).

En el noveno quinto de vuelta, el pistón 1 continúa la compresión, el 4 finaliza el escape, el 3 empieza el trabajo, el 2 continúa la admisión y el 5 termina el trabajo y empieza el escape. (Fig. 3-16-i).

En el décimo quinto de vuelta, el pistón 1 finaliza la compresión, el 4 empieza la admisión, el 3 continúa con el trabajo, el 2 finaliza la admisión y empieza la compresión y el 5 continúa el escape. (Fig. 3-16-j).

Con el décimo quinto de vuelta, se completan las dos vueltas del cigüeñal necesarias para que todos los cilindros realicen sus cuatro tiempos, y a partir de aquí se repite nuevamente el ciclo explicado.

Toda esta explicación se resume en el siguiente cuadro:

Cilindros	1	2	3	4	5
Quintos					
1	T	C	T-E	A	E
2	T	C	E	A-C	A
3	T-E	T	E	C	A
4	E	T	A	C	A-C
5	E	T-E	A	T	C
6	A	E	A-C	T	C
7	A	E	C	T-E	T
8	A-C	A	C	E	T
9	C	A	T	E	T-E
10	C	A-C	T	A	E