



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN



DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA MOTOR
DIESEL

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A
JOSE ANDRES SANCHEZ BAEZ

ASESOR:
ING. EDUARDO COVARRUBIAS CHAVEZ



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 está 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.

I N D I C E

	PAGINA
PROLOGO	1
 CAPITULO I	
INTRODUCCION	2
1.1 Antecedentes históricos del Motor Diesel	3
1.2 Diagrama y Descripción	6
1.3 Ventajas del Motor Diesel	14
1.4 Inconvenientes del Motor Diesel	16
 CAPITULO II	
FUNDAMENTOS DE LOS MOTORES DIESEL	18
2.1 Ciclo Diesel Teórico o Ideal	19
2.2 Ciclo Diesel Real o Indicado	22
2.3 Ciclo de Motor a 4 Tiempos	26
2.4 Ciclo de Motor a 2 Tiempos	29
2.5 Sistema de Barrido	32
 CAPITULO III	
CALCULO DE POTENCIA-RENDIMIENTO-BALANCE TERMICO	41
3.1 Potencias	42
3.2 Presión Media Efectiva	44
3.3 Presión Media Efectiva Indicada	45
3.4 Rendimientos	46
3.5 Balance Térmico	50
 CAPITULO IV	
PARTES PRINCIPALES DE LOS MOTORES DIESEL	55
4.1 Cruceta y Patín	57
4.2 Bancada, Bastidor y Carter	59
4.3 Culata	62
4.4 Cilindros	67

4.5	Camisas	69
4.6	Pistones	72
4.7	Vástago del Embolo	85
4.8	Biela	87
4.9	Cigüeñal	90
4.10	La Distribución	98
	4.10.1 Válvulas	100
	4.10.2 Mecanismos de Mando o Transmisión	106
	4.10.3 Arbol de Levas	109
	4.10.4 Taques, Empujadores y Balancines	110

CAPITULO V

	SISTEMAS PRINCIPALES DE LOS MOTORES DIESEL	113
5.1	Cámaras de Combustión	114
5.2	Sistema de Inyección	133
5.3	Sistema de Lubricación	177
5.4	Sistema de Refrigeración	186

CAPITULO VI

	DISENO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA MOTORES DIESEL	191
6.1	Conceptos Generales y Diseño	192
6.2	Diseño y Medición del Consumo de Aire	205
6.3	Diseño y Medición del Consumo de Combustible	214
6.4	Diseño y Medición del Dinamómetro (Freno)	222
6.5	Prueba del Par de Rotación y Velocidad (RPM) con Acelerador Totalmente Abierto	246
	Uso del Control de carga del Dinamómetro para variar las RPM del motor, mientras el acelerador permanece en posición totalmente abierta.	
6.6	Prueba del Par de Rotación a Velocidad (RPM) Constante y Apertura Variable del Acelerador.	250
	Operación del motor con incrementos del 10% en la apertura del acelerador mientras se ajusta la carga para mantener constante la velocidad.	
	CONCLUSIONES	255
	BIBLIOGRAFIA	256

P R O L O G O

El presente trabajo tiene como objetivo principal, describir la teoría de los motores Diesel, así como su aplicación en el diseño de un Banco de Pruebas.

A manera de introducción, se plantea brevemente el inicio y desarrollo que los motores Diesel han tenido; se hace una comparación con los de gasolina para indicar sus ventajas y desventajas.

En el Capítulo II se estudian los ciclos teórico y real de los motores Diesel, también se mencionan las fases o tiempos de los motores, involucrando en esta parte el sistema de Barrido que requieren los de 2 tiempos.

En el Capítulo III se desarrolla el tema para el cálculo de la potencia, rendimientos y balance térmico.

El Capítulo IV describe las partes principales de los motores Diesel, así como del funcionamiento de cada una de ellas, ya que cada parte del motor, tiene diferente estructura y efectúan diferente trabajo.

El Capítulo V describe los sistemas de inyección, lubricación y refrigeración, además de la Cámara de Combustión encargada de asegurar la liberación de las calorías del combustible para transformarlas en trabajo sobre el pistón.

En el Capítulo VI se desarrolla el diseño de un Banco de Pruebas para motores Diesel. Esto se inicia con los conceptos básico para los diseños de estructuras, elementos de medición de consumos de aire y combustible, así como del dinamómetro.

Finalmente, en este Capítulo se resumen las conclusiones de las pruebas realizadas en el motor Diesel.

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS DEL MOTOR DIESEL

Los primeros motores de combustión interna de carburante gaseoso fueron los de dos tiempos, de Etinne - Lenoir (Francia 1860) y N.Otton & E. Langen (Alemania). El motor Diesel toma su nombre de su inventor, Rodolfo Diesel, ingeniero alemán que comenzó su trabajo, tratando de quemar polvo de carbón en aire en el año de 1893, y realizó su primer ensayo verdaderamente práctico en 1897.

Este motor que se llamo Diesel pronto fue perfeccionado y se comenzó a utilizar ampliamente en los equipos energéticos estacionarios en los barcos.

El motor Diesel en sus varias formas, es actualmente la fuerza motriz más importante del mar, hasta el punto de que un 54% del tonelaje mundial es propulsado por motores de esta clase. Para conseguir su propósito hizo en 1892, un motor Diesel teórico que debía quemar polvo de carbón en vez de aceite. Se partía de la base de comprimir en el cilindro, aire a una presión tal que la temperatura resultante fuera lo suficientemente alta para provocar la ignición del polvo de carbón en el seno del aire.

La primitiva idea de Diesel, consistía en comprimir dentro del cilindro una cierta cantidad de aire puro; - la primera parte de esta compresión había de hacerse a temperatura constante, mediante la inyección alrededor del cilindro de agua fresca que impedía la elevación de temperatura; la segunda parte de la compresión se realizaría sin quitar ni añadir calor al aire. De esta forma se alcanzaría una presión de 250 atm, con una temperatura de 800° C.

En tal momento comenzaría la introducción del combustible (carbón finamente pulverizado), con una lentitud tal que la temperatura en el cilindro se mantuviera constante en los 800° C, hasta que el pistón hubiese descendido una bu na parte de su carrera y la presión bajado a 90 atm. el resto de la carrera descendente se ocuparía en la expan--- ción de los gases producidos.

Para la realización del ciclo anterior era preciso que el cilindro trabajara sin enfriamiento alguno; al contra-- rio, debía impedirse toda dispersión del calor mediante - revestimientos aislantes en las paredes del cilindro, cab za y Pistón.

En 1897 se realizaron los ensayos del primer motor -- Diesel, su estructura y condiciones básicas del funciona-- miento no diferían mucho de los tipos actuales:

El cilindro y la cabeza eran refrigeradas por agua, el com bustible empleado era petróleo (no carbón como se utilizó al principio) la compresión alcanzaba las 32 atm. y la in- troducción del combustible se realizaba mediante aire com- primido a una 45 atm.

La utilización comercial del motor de polvo de carbón aparec era en la actualidad en un futuro no muy lejano. Alemania ha perfeccionado un motor de este tipo. Los mo- tores semi-diesel ya casi han desaparecido del mercado y - los motores de inyección por aire, de mal rendimiento, es- tán cediendo el campo a los tipos modernos a pesar de que los motores Diesel antiguos con inyección por aire, tanto de dos como de cuatro tiempos continúan. En 1896 se co--- menzó a emplear una camisa de agua alrededor del cilindro y surgio la necesidad de la bomba circulatoria. En 1901 - aparece el pistón ligado directamente al eje mediante una biela sin vestago, siendo el cilindro completamente abier- to por abajo.

A partir de esta fecha, el desarrollo de este nuevo sistema de generar la fuerza es verdaderamente asombroso, ganando en poco tiempo una importancia considerable como la máquina de vapor, además reemplaza a ésta con la ventaja en la mayoría de los casos. Su funcionamiento es, en efecto, seguro económico y su manejo es sencillo. La instalación se reduce a la del motor mismo, sin el anexo de calderas y la puesta en marcha es inmediata.

Aun para pequeñas potencias en las que tienen tanta aplicación, los motores llamados semi-diesel de dos tiempos han alcanzado a usarse unidades diesel de alta velocidad de rotación. Se emplea el motor diesel en instalaciones fijas, en los transportes acuáticos y en tracción ferroviaria.

El motor fijo tiene una estructura sólida y un limitado número de vueltas, resultando por ello de elevado peso por unidad de potencia.

Se construyen de cuatro y dos tiempos. Los primeros para potencias comprendidas entre los 100 y 1500 caballos. El tipo de dos tiempos se emplea para pequeñas instalaciones en unidades de 1 o 2 cilindros y también para las grandes potencias de 1500 a 10 000 CV con unidades de 4, 6 y 8 cilindros. Los primeros ensayos fundamentales (1897-1903) habían ya demostrado que el motor diesel era de rendimiento térmico muy elevado, mientras que en todas las otras máquinas son necesarios órganos auxiliares especiales para el proceso de la transformación de la energía latente del combustible en trabajo mecánico, en el motor diesel ese -- proceso se verifica completamente en el cilindro del motor.

1.2 DIAGRAMA Y DESCRIPCIÓN

Las figuras 1 y 2 nos representan en forma esquemática las secciones frontal y lateral de un motor de 4 tiempos de encendido por compresión.

Los cilindros se mantienen en posición fija mediante el bloque de cilindros, el cual en los motores pequeños, forma una sola pieza con el carter para obtener mayor rigidez.

El cilindro, es el contenedor en forma cilíndrica en el cual se mueve el pistón con movimiento rectilíneo alternativo; la parte superior del cilindro está cerrada por la culata. El volumen comprendido en el cilindro, entre la culata y el pistón representa la cámara de combustión.

El pistón ó embolo se encuentra en el interior del cilindro y su función principal es la de transmitir a la biela la fuerza originada en el proceso de combustión. Al realizar esto, las posiciones angulares de la biela permiten que se ejerza un esfuerzo considerable en un lado de las paredes del cilindro y este empuje es creado por la faldilla del pistón, esto es, la sección debajo de los anillos.

El pistón dotado de anillos de compresión, que impiden el escape del gas entre dicho pistón y cilindro, transmiten el empuje de dicho gas, através del perno de la biela, y de éste a la manivela del eje del cigüeñal. La biela y la manivela transforman el movimiento lineal alternativo del pistón en movimiento rotativo del eje del cigüeñal que gira entre cojinetes de bancada, montados en ésta, (fig. 3) y (fig. 4) .

Fig. 1 SECCION LATERAL DE UN MOTOR DIESEL DE 4 CILINDROS

- 1.- Bloco de cilindro
- 2.- Mesa del ventilador, completa.
- 3.- Soporte del ventilador de aletas.
- 4.- Aleta del ventilador.
- 5.- Tornillo de ajuste del ventilador.
- 6.- Tapa del compartimento de los engranajes de distribucion.
- 7.- Engranaje del árbol de levas.
- 8.- Correa del ventilador.
- 9.- Pulo para cadena a rodillo.
- 10.- Arbol de levas
- 11.- Tapa de empuje del árbol de levas
- 12.- Polsa de mando del ventilador de aleta.
- 13.- Meca para colocación de la manija de arranque.
- 14.- Eje del cigüeñal.
- 15.- Disco de acero para evitar la salida del aceite.
- 16.- Engranaje del cigüeñal.
- 17.- Tuerca de sujeción de la culata del cilindro.
- 18.- Eje de levantamiento.
- 19.- Tuerca de sujeción del tapon
- 20.- Arandela de la tuerca de la culata.
- 21.- Muelle superior del escape del agua de enfriamiento.
- 22.- Manguito o camisa del inyector pulverizador.
- 23.- Revestimiento de la cámara de combustión superior.
- 24.- Tornillo de ajuste del eje del balancín
- 25.- Eje del balancín
- 26.- Espaciador del balancín
- 27.- Arandela de la tuerca de la tapa de la culata
- 28.- Tuerca de la tapa de la culata.
- 29.- Espárrago para la tapa de la culata.
- 30.- Tornillo del soporte del balancín
- 31.- Asiento del resorte de la válvula
- 32.- Siereza del asiento del resorte de la válvula
- 33.- Arandela exterior del eje del balancín
- 34.- Arandela extrema del eje del balancín
- 35.- Tornillo extremo del eje del balancín
- 36.- Resaca exterior de la válvula
- 37.- Cula de la válvula
- 38.- Válvula de escape.
- 39.- Válvula de admisión de aire
- 40.- Pistón
- 41.- Anillo de compresión del platón
- 42.- Anillo superior del platón, para aceite.
- 43.- Perno del platón
- 44.- Cubierta del volante
- 45.- Anillo de adaptación de la cubierta del volante.
- 46.- Volante
- 47.- Biela
- 48.- Tuerca del tornillo del volante.
- 49.- Tornillo del volante.
- 50.- Cojinete de la entrada superior trasero, revestido con material antifricción.
- 51.- Cojinete de la entrada inferior revestido con material antifricción.
- 52.- Perno del volante
- 53.- Tapa de aceite de la cubierta del aceite
- 54.- Tapa del cojinete de bancada trasero
- 55.- Corona dentada del volante.
- 56.- Tornillo de sujeción de la tapa de la biela
- 57.- Tapa de cojinete de bancada central.
- 58.- Revestimiento antifricción del volante de bancada central inferior
- 59.- Revestimiento antifricción del cojinete de bancada central superior
- 60.- Tapa del cojinete de bancada intermedia

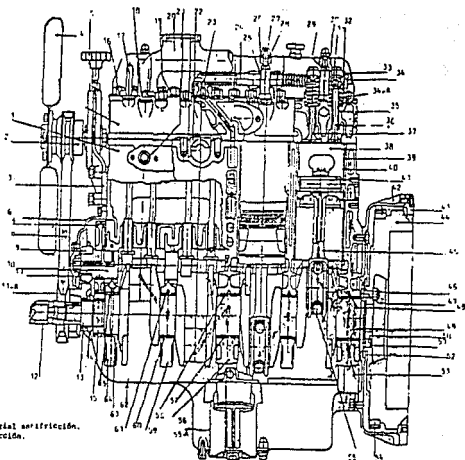
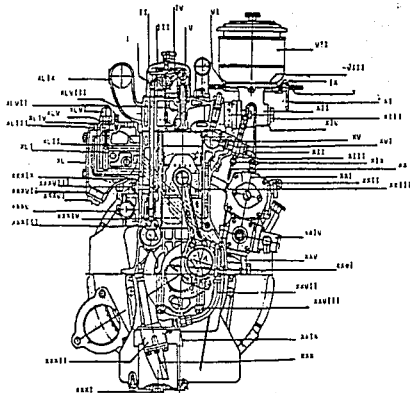


Fig. 2 SECCION FRONTAL DE UN MOTOR DIESEL DE 4 CILINDROS

- 61.- Revestimiento antifricción del cojinete de bancada superior intermedio.
- 62.- Cáster (depósito del aceite.)
- 63.- Revestimiento antifricción inferior del cojinete de bancada delantera
- 64.- Tapa del cojinete delantero
- 65.- Revestimiento antifricción superior de cojinete de bancada delantera
- 66.- Filtro de aceite del cáster.

- I.- Tornillo de ajuste del balancín
- II.- Tuerca de sujeción del tornillo de ajuste del balancín.
- III.- Soporte del balancín.
- IV.- Balancín y botador de válvulas.
- V.- Tapa del balancín.
- VI.- Cojinete del eje de la válvula del venturi
- VII.- Filtro de aire completo
- VIII.- Cuernición del filtro de aire.
- IX.- Tornillo de la conexión de la válvula del venturi
- X.- Eje de la válvula del venturi
- XI.- Plancheta de la válvula del venturi
- XII.- Blindaje del dispositivo del venturi
- XIII.- Tapón de la cubierta del depósito del venturi
- XIV.- Cuernición del tapón cubierta del dispositivo del venturi
- XV.- Inyector-Pulsador
- XVI.- Inyector y su soporte completo.
- XVII.- Cámbra de la inyección del combustible.
- XVIII.- Conexión del múltiple de retorno del combustible.
- XIX.- Tuerca del múltiple de retorno del combustible.
- XX.- Múltiple del retorno del combustible.
- XXI.- Regulador de vacío de la bomba de combustible.
- XXII.- Válvula de la bomba de combustible.
- XXIII.- Bujas del extremo superior de la biela.
- XXIV.- Bomba de transferencia de la bomba de combustible.
- XXV.- Soporte de la bomba de combustible.
- XXVI.- Revestimiento del cojinete de biela.
- XXVII.- Tubo flexible de escape de la bomba de aceite.
- XXVIII.- Tuerca del prisionero del cojinete de bancada
- XXIX.- Plancheta de protección de la bomba de aceite.
- XXX.- Tapa del tubo de admisión de la bomba de aceite.
- XXXI.- Tapón de seguridad del cáster o depósito de aceite.
- XXXII.- Bomba de aceite completa.
- XXXIII.- Varilla de válvula (topes)
- XXXIV.- Caja de la varilla de válvula
- XXXV.- Codo de entrada del agua.
- XXXVI.- Tapón de Jackson del filtro de aceite.
- XXXVII.- Anchales- Cuernición del tapón de escape del filtro de aceite.
- XXXVIII.- Tornillo de la tapa de la cámara de las varillas de válvula.
- XXXIX.- Tapa de la cámara de las varillas de válvula
- XL.- Filtro de aceite
- XLI.- Llave de regulación de la presión del aceite.
- XLII.- Basete de regulación de la presión de aceite.
- XLIV.- Tuerca de sujeción del tornillo de regulación de la presión del aceite.
- XLIII.- Tornillo de regulación de la presión del aceite.
- XLV.- Cuernición del tornillo de regulación de la presión del aceite.
- XLVI.- Tuerca-tapa del tornillo de regulación de la presión del aceite.
- XLVII.- Regulador del filtro de aceite.
- XLVIII.- Varilla de empuje de la válvula.



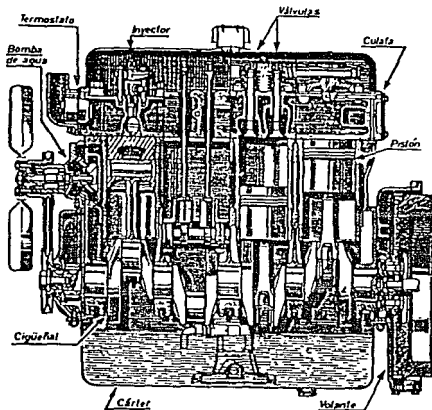


FIG. 3 CORTE LONGITUDINAL DEL MOTOR RENAULT 580.

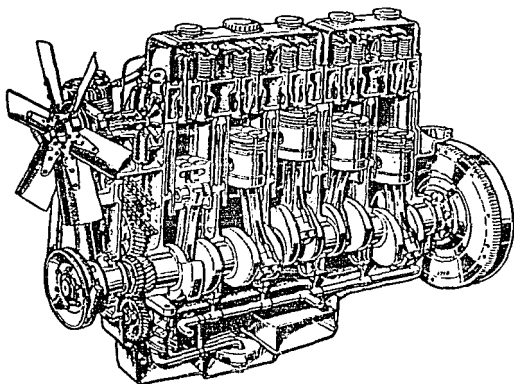


FIG. 4 VISTA DE LA SECCION DE UN MOTOR BERUET MDU, CINCO CILINDROS.

Las principales diferencias entre los motores de encendido por chispa (gasolina) y los motores de encendido por compresión (diesel), son el sistema de ignición y la relación de compresión. Tabla Nº 1.

Un motor de gasolina emplea una chispa eléctrica para encender la carga combustible; en tanto un motor diesel utiliza el calor producido al comprimir aire en la cámara de combustión hasta una presión muy elevada. Al final de la compresión, cuando la temperatura es -- máxima, se introduce combustible a presión en la cámara donde se enciende al contacto con el aire sobrecalentado.

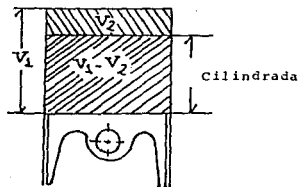
Los conductos a través de los cuales se descarga al exterior los productos de la combustión son la válvula de escape y el colector o múltiple de escape. Tanto la válvula de admisión como la de escape, están --- accionadas por órganos llamados de distribución. Un -- eje de distribución ó árbol de levas es accionado por - el eje del cigüeñal mediante una cadena o por engranes. Las levas o camones montados sobre el eje actúan sobre una serie de piezas, tales como los taqués, los empujadores y los balancines, los cuales transmiten el movimiento a la válvula según la ley definida por la forma del correspondiente camón. La válvula es mantenida en su asiento por la acción de su muelle.

Para el estudio de los motores de combustión internos es necesario conocer la terminología universalmente usada hoy para indicar algunas dimensiones y valores fundamentales.

Tabla Nº 1

FUNCIONAMIENTO COMPARADO DE LOS MOTORES

	D I E S E L	G A S O L I N A
1. <u>Aspiración</u>	Aspiración de aire solo	Mezcla de aire-gasolina
Presión (A plena Carga) .	0.95 kg/cm ²	0.90 kg/cm ²
2. <u>Compresión</u> : Relación de		
Compresión	15/1 a 22/1	8/1 a 10/1
Ignición por	Calor de compresión	chispa eléctrica
3. <u>Combustión</u> : Presión Máxi-		
ma	50 a 90 Kg/cm ²	35 a 50 Kg/cm ²
Temperatura	1 800 a 2 000 ^o C	2 000 a 2 500 ^o C
4. <u>Escape</u> : Gas	Poco tóxico	Muy toxico (CO)
Temperatura	450 a 600 ^o C	600 a 700 ^o C
* <u>Potencia / litro de cilindrada</u> .	15 a 30 CV	40 a 70 CV
* <u>Por / litro de cilindrada</u>		
(régimen bajo)	5 a 7 m kg	(régimen medio)6 a 9 m kg
* <u>Régimen máximo</u>	Inferior a 5 000 r.p.m.	5 000 a 8 000 r.p.m.
* <u>Consumo específico</u>	160 a 220 g/CV/h	230 a 300 g/CV/h
* <u>Relación peso / potencia</u>	3 a 6 kg/ CV (mot. rápidos) .	1.5 a 2.5 kg/CV .
	6 a 15 kg/CV (mot. lentos)	



Punto Muerto Superior (P.M.S.)

Es la posición del pistón próxima a la culata.

Punto Muerto Inferior (P.M.I.)

Es la posición más alejada de la culata.

Carrera

Comprende la distancia entre el P.M.S. Y P.M.I., es igual, salvo raras - excepciones, al doble radio de la manivela del eje del cigüeñal.

Se expresa generalmente en mm.

Volúmen total del cilindro (V_1)

Es el espacio comprendido entre la culata y el pistón cuando éste se halla en el P.M.I. (cm^3).

Volúmen de la cámara de Combustión (V_2)

Es el espacio comprendido entre la culata y el pistón cuando éste se halla en el P.M.S. (cm^3).

Volúmen desalojado por el Pistón ó Cilindrada ($V_1 - V_2$)

Es el generado por el pistón en su movimiento alternativo desde el P.M.S. hasta el -- P.M.I. (cm^3).

Relación volumétrica de Compresión (ρ)

$$\rho = \frac{V_1}{V_2}$$

Se entiende por tal la que hay entre el volúmen total del cilindro V_1 y el volúmen de la cámara de combustión V_2 .

En general, es llamada --- Relación de Compresión.

1.3 VENTAJAS DEL MOTOR DIESEL

Existen ventajas muy importantes del motor Diesel, en las que se destacan algunas, que a continuación se especifican.

- a) El motor Diesel, es el de más rendimiento, de todos -- los de combustión interna, por el hecho de emplear el método más directo de transformar energía térmica de - combustión en energía mecánica, entre los que existen hasta ahora. Además de ser mayor su grado de compresión. El grado de compresión depende de la naturaleza - del combustible. En el motor de gasolina viene a ser - de 6;1, si es mayor que el adecuado para el combusti- ble que se emplea, la mezcla se encendera antes de ter- minar la compresión.
- b) El motor Diesel tiene un grado de compresión de 15:1 - es decir que el aire queda reducido a 1/15 de su volu- men original; en consecuencia el grado de expansión es también mayor, y cuanto más se expande un gas des- pués de quemarse, más fuerza produce.
- c) El riesgo de incendio es mucho menor con el motor Die- sel, que con el de gasolina, porque el combustible del motor Diesel no se inflama fácilmente. En muchas apli- caciones, como en la marina, en motores fijos y en la aviación, esta ventaja no solo es conveniente, sino - esencial.

*La gasolina se inflama a 20°C, mientras que el Diesel se inflama a 80°C.

- d) En el sistema de ignición se producen con frecuencia importantes causas de irregularidades en el mantenimiento del motor de gasolina, de las cuales esta exento el motor Diesel.
- e) En el motor Diesel se distribuye el combustible más regularmente que en otros motores y la mezcla se quema de una manera más uniforme, y se reparte en cantidades iguales para cada cilindro.
- f) Debido a que se quema más despacio el combustible en el motor Diesel, el período de expansión de los gases es mucho más largo. Esto origina una presión media, que es mucho mayor que la del motor de gasolina.

1.4 INCONVENIENTES DEL MOTOR DIESEL

El motor Diesel, más que presentar problemas en cuanto a su funcionamiento, presenta algunas desventajas en su fabricación, a continuación mencionamos algunos de estos inconvenientes.

- a) El motor Diesel es más caro tanto en su compra como en su instalación. Esto obedece a que necesita un -- sistema de inyección de construcción muy precisa. Una de las razones principales de su mayor costo es de -- que se construyen en número menor.

- b) El motor Diesel es más pesado que el de gasolina, -- principalmente por que necesita mayor robustez y consistencia para resistir los grandes esfuerzos que le imponen las altas presiones de la compresión y la -- explosión.

- c) La mayoría de los motores son ruidosos y con frecuencia su funcionamiento da la sensación de un golpeteo. Esto se debe a las elevadas presiones máximas y a las características de combustión en el cilindro.

- d) Una dificultad muy desagradable, desde los primeros -- tiempos del motor Diesel, ha sido el excesivo humo del escape, a medida que vaya mejorando la inyección del combustible y éste se queme, irá disminuyendo el humo en el escape.

- e) El motor Diesel se pone siempre en marcha con más dificultad que cualquier motor de gasolina. Esto obedece al mayor grado de compresión, se requieren acumuladores mayores si el arranque es eléctrico, así como motores de mayor arranque inicial. Las dificultades son más grandes cuando el clima es más frío.
- f) El motor Diesel no es tan flexible como el de la gasolina; sus piezas de movimiento alternativo son más -- pesadas, no responden con tanta rapidez cuando se le corta la alimentación del combustible, además la vibración en el motor Diesel es mayor que el de gasolina a causa del mayor peso de dichas piezas y por -- que las presiones de combustión son más grandes.
- g) Se tienen que limpiar los filtros con más frecuencia. El combustible debe filtrarse muy bien para eliminar todo el polvo y las substancias extrañas antes de -- inyectarlo. Las bombas de inyección, así como las -- toberas y válvulas de combustible, han de protegerse del desgaste y de las rayaduras que origina el combustible sucio, que también pueden inmovilizar las piezas muy ajustadas que hay en el sistema de inyección.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS DE LOS MOTORES DIESEL

2.1 CICLO DIESEL TEORICO O IDEAL

Como se representa en la fig.2.1, existen dos válvulas A y E para la admisión y el escape respectivamente.

Partimos de la posición del pistón indicada en la figura, haciendolo correr primeramente hacia la derecha, -- mientras que la válvula de admisión se mantiene abierta. Entonces el aire atmosférico entra por A atraído por el vacío que deja el pistón al correr. La presión en el interior del cilindro tendrá la presión atmosférica, si la válvula A tiene dimensión suficiente. En otro caso, la estrangulación que produce la válvula, hará que dentro del cilindro exista una presión ligeramente inferior a la atmosférica.

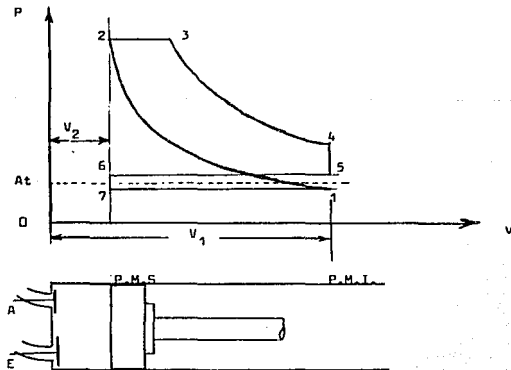


fig. 2.1 Diagrama del Ciclo Teórico.

Si en la línea Ov paralela al cilindro vamos marcando los volúmenes de la carrera del pistón y sobre ella -- medimos verticalmente alturas que representen, a una cierta escala, la presión que existe en el cilindro para cada posición del pistón, de esta manera obtendremos un diagrama, es decir una figura con la que podemos conocer la presión y volumen que había en el cilindro cuando el pistón se encuentre en una cierta posición.

Durante el curso de aspiración, como la presión es -- constante y ligeramente inferior a la atmosférica, las alturas a marcar sobre la línea Ov son todas iguales y la -- curva que une a todos estos puntos resulta la recta 7 - 1 .

Una vez que el pistón en su P.M.I.* y con un volumen -- interior V_p se cierran las válvulas y el pistón vuelve -- hacia su P.M.S.** empujado por el vástago. El aire es comprimido y su presión aumenta a medida que el pistón avanza hacia su P.M.S. donde alcanza su presión final de compresión.

La curva del diagrama correspondiente a esta carrera será de 1-2 y la altura del punto 2 sobre la línea Ov mide la presión de compresión.

En el punto 2 comienza la introducción del combustible hasta que el pistón está bajo el punto 3 en que términa. En este momento provocamos la combustión del aire -- combustible comprimidos, lo cual produce una elevación de temperatura de la mezcla.

Después el pistón comienza su curso hacia su P.M.I.; los gases producidos se expansionan empujando al pistón y cediendo su calor. La curva representativa de esta carrera es la 3 - 4.

* Punto Muerto Inferior

** Punto Muerto Superior

Al llegar a su P.M.I. se abre la válvula de escape E, que comunica con la atmósfera; la presión en el cilindro cae instantaneamente del punto 4 al punto 5. Al volver a correr el pistón hacia el P.M.S. empuja a los gases que quedan en el cilindro obligandolos a salir por la válvula de escape. Durante este recorrido se mantiene la comunicación con la atmósfera por estar abierta la válvula de escape, la presión del cilindro será constante e igual a la atmosférica, si E tiene suficiente succión dicha presión se mantendra ligeramente superior a la atmosférica a causa del estrangulamiento producido por la válvula de escape, la curva representativa será la recta 5 - 6.

Al llegar al punto 6 la válvula de aspiración abre y el pistón comienza su carrera descendente, la pequeña presión que hay en el cilindro baja a la presión de aspiración (punto 7) y el ciclo comienza nuevamente.

2.2 CICLO DIESEL REAL O INDICADO

Existen varias consideraciones del motor Diesel que difieren del ciclo teórico y el ciclo real, que son las siguientes:

- 1.- Que el fluido comprimido es aire puro.
- 2.- Que su calor específico es constante.
- 3.- Que la compresión y la expansión son adiabáticas.
- 4.- Que la combustión se realiza a presión constante.
- 5.- Que los gases se expanden hasta alcanzar el mismo volumen que cuando fueron aspirados.
- 6.- Que las válvulas de admisión y de escape no producen estrangulamiento alguno.

En el ciclo real no se realizan estas consideraciones por las siguientes razones.

- 1.- El fluido comprimido no es aire puro; sino mezclado con otros gases de manera que la mezcla posee propiedades diferentes a la supuesta, sino que varían según las circunstancias.
- 2.- Según experimentos han demostrado que en un mismo gas el calor específico no se mantiene constante, sino que varía cuando la temperatura cambia.
- 3.- La compresión y la expansión no son adiabáticas, por la conductibilidad de las paredes del cilindro, cabeza y pistón, se realiza un intercambio de calor que alterna la suposición de que aquellas transformaciones tienen lugar a calor constante.

- 4.- La combustión no se realiza enteramente a presión constante, algunas partículas de combustible se inflaman con retraso durante la primera parte de la carrera de expansión.
- 5.- Debido al poco tiempo disponible para el escape, hay que abrir la válvula de escape un poco antes de llegar el pistón al P.M.I., por tanto la expansión no se prolonga hasta el mismo volumen de aspiración.
- 6.- Según ya hemos dicho, las válvulas de admisión y escape estrangulan el paso de los gases y producen una depresión durante la carrera de admisión y una sobrepresión durante el escape.

Por estas razones, la evolución de las características volumen, presión y temperatura durante el ciclo real difieren del ciclo teórico. En la fig.2.2, tenemos un diagrama del ciclo real dibujado en líneas llenas sobre uno teórico dibujado en trazos. El escape comienza a los 90 ó 95% de la carrera en el punto E y la presión desciende con rapidez hasta que el pistón ya se encuentra en el curso ascendente. La velocidad de los gases al escapar es muy grande, del orden de los 800 m/seg originando en el cilindro un relativo vacío que explica el que la línea de escape en el diagrama, descienda por debajo de la línea atmosférica hasta que el pistón toma velocidad para sobreponerse a la salida de los gases. Esto se verifica a la mitad de la carrera ascendente y desde ese momento la presión se eleva, empujando hacia afuera los residuos de la combustión. Al final de la carrera la válvula se cierra y queda en el cilindro una cierta cantidad de gases ocupando el espacio muerto y una cierta temperatura.

Durante la aspiración, el aire fresco que entra al cilindro se mezcla con aquella cantidad de gases, modificándose sus propiedades y elevándose su temperatura antes de que comience la compresión.

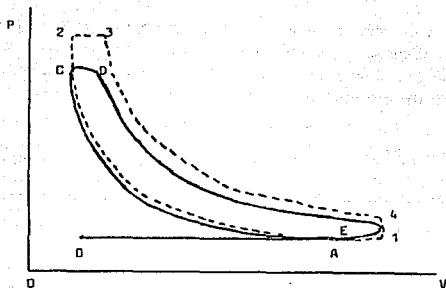


Fig.2.2 Comparación entre los diagramas Téorico y Real.

En el curso de aspiración estos gases cederán parte de su calor a las paredes del cilindro, y otra al aire que entra. A causa del estrangulamiento en la válvula, la presión disminuye durante la aspiración; en el diagrama de la figura 2.2 la línea de aspiración es casi recta e inclinada por debajo de la línea atmosférica. La compresión no comienza en el punto 1, sino en otro de presión inferior a la atmosférica; la curva de compresión corta la línea atmosférica en el punto A y resulta con la misma forma que si partiera de la presión atmosférica por un volumen dado por el punto A.

Por lo tanto el estado inicial para el desarrollo del ciclo que supusimos con presión atmosférica, volumen total del cilindro y temperatura ambiente, tiene practicamente, presión atmosférica, volumen inferior al del cilindro, y temperatura más elevada que la ambiente.

La curva de compresión empezando en A ira por debajo de la teorica que va en 1. Esta curva difiere también en la teórica en su forma, a causa de la fuga de aire comprimido por los aros del pistón y los asientos de las válvulas, pues el ajuste de estos elementos no puede hacerse nunca tan perfecto y el aire comprimido cedera calor a las paredes refrigeradas del cilindro y la contracción originada mantendrá las presiones por debajo de las correspondientes a una transformación adiabática.

El punto C final de compresión quedará, por debajo del teórico 2. La combustión no puede hacerse con la regularidad teorica ya que la abertura y cierre de la válvula de inyección produce el estrangulamiento y trastornos en la entrada del combustible, que se introducen en la deformación del trazo CD.

Durante el curso de expansión vuelven a verificarse los fenomenos ya explicados de transmisión de calor a las paredes del cilindro, así como las fugas de las cámaras de expansión, conservandose la curva de expansión D-E notablemente debajo de la teorica.

2.3 CICLO DE MOTOR A 4 TIEMPOS

En este tipo de motor las fases o tiempos son:

- 1.- ASPIRACION O ADMISION
- 2.- COMPRESION
- 3.- COMBUSTION Y EXPANSION
- 4.- ESCAPE

El motor Diesel de 4 tiempos necesita dos revoluciones completas del eje cigueñal para efectuar un ciclo completo. De la fig. 2.3 tenemos:

PRIMER TIEMPO

Aspiración o Admisión.- La válvula de aspiración esta abierta y la válvula de escape cerrada, el pistón inicia la carrera descendente (P.M.S.). La válvula de admisión se abre y el aire viene gradualmente aspirando en el interior del cilindro hasta que el pistón llega al final de la carrera ó sea P.M.I. La presión del aire al final del tiempo es igual ó menor que la atmosférica y la temperatura de entrada de los gases es de 15°C a 20°C .

SEGUNDO TIEMPO

Compresión de P.M.I. a P.M.S. Las válvulas de aspiración y escape se hallan cerradas al llegar el pistón a su P.M.I. Inicia su segunda carrera de retorno hacia el punto muerto superior, a medida que sube el pistón la presión aumenta hasta llegar a un máximo al final de la carrera. Debido a la compresión la temperatura del aire llega a ser suficientemente alta para hacer entrar en ignición el combustible, cuando esté es inyectado.

TERCER TIEMPO

Combustión ó Expansión ó Carrera Motriz de P.M.S. a P.M.I.

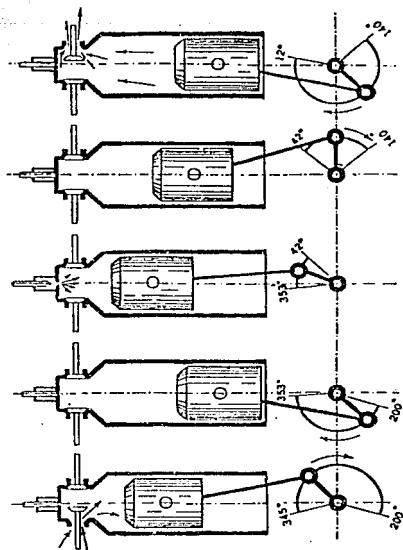
Cuando el pistón llega a su P.M.S. y terminada así la carrera de compresión el aire se encuentra fuertemente -- comprimido en la cámara de combustión. La bomba de inyección mediante el inyector introduce el combustible finamente pulverizado que se inflama instantaneamente, debido a la elevada temperatura del aire comprimido. Los gases quemados se expanden durante lo que queda de carrera, es cuando se desarrolla el máximo de potencia.

CUARTO TIEMPO

Escape del P.M.I a P.M.S.

La válvula de admisión se halla cerrada y la de escape abierta. En este tiempo la válvula de escape se halla abierta y el pistón ascendiendo hacia el P.M.S., obliga - que los gases quemados sean expulsados del interior del cilindro y descargados en la atmósfera.

El motor ha cumplido su ciclo, el pistón ha efectuado 4 carreras, el cigueñal dos vueltas y tanto la válvula de admisión y escape se han abierto una sola vez cada una. De los otros tres especialmente el de compresión son pasivos es decir en lugar de producir trabajo lo absorbe.



2.3 — Esquema simplificado de los movimientos de las válvulas en un motor Diesel de cuatro tiempos.

2.4 CICLO DE MOTOR A 2 TIEMPOS

Las fases de este ciclo son las siguientes:

- A) ADMISION: COMPRESION
- B) COMBUSTION - EXPANSION: ESCAPE

El sentido de penetración del aire de admisión, que entra por la válvula de aspiración en la culata, está dirigido en forma que los gases expandidos sean expulsados del cilindro.

El proceso de combustión del motor de dos tiempos es cumplido durante dos carreras consecutivas del pistón o sea una vuelta del cigüeñal, sin embargo, el proceso comporta 5 fases de orden mecánico y químico muy bien definidos:

- 1.- El primer tiempo es aquel en que el pistón lleva un movimiento en dirección a la cámara de combustión. El movimiento inicial del pistón se produce cuando el cilindro está por llenarse de aire fresco. El aire penetra por las lumbreras situadas al costado del cilindro o por las válvulas de aspiración ubicadas en la culata, fig. 2.4.c .
- 2.- la segunda fase del primer tiempo, después que el pistón ha cubierto las lumbreras de escape o la válvula de admisión está cerrada; esta es la fase de compresión propiamente dicha, fig. 2.4.d, el aire es comprimido en el espacio que forma la cámara de combustión inmediatamente antes de que el pistón llegue al P.M.S. y mientras comienza el movimiento del pistón - que lo aleja del P.M.S. el combustible es introducido y la combustión tiene lugar, fig. 2.4.a.

- 3.- Se produce entonces una fase llamada Duración de la Inyección y el comienzo de la combustión tiene lugar. Es importante el proceso químico de la oxidación del combustible, se produce durante este tiempo que es el más importante del ciclo.
- 4.- El pistón continua alejándose de la cámara de combustión desarrollandose la expansión de los gases. Este tiempo es llamado Tiempo Motor ó Carrera de Expansión, Carrera Motriz etc..
- 5.- Cuando los gases estan practicamente expandidos y -- han cesado de ejercer presión sobre el pistón, esté -- último descubre los lumbreras de escape que permiten -- la salida de los gases de escape, 2.4 b.

Algunos motores a 2 tiempos, dotados de válvulas de escape en la cabeza (petters), permiten que los gases que mados salgan por su interior al abrirse mecanicamente --- (curso unidireccional). Esta carrera se llama Carrera de Escape, Carrera de Barrido ó Carrera de Barrido y Escape. En otros términos, el aire fresco penetra cuando el pistón aún no ha cumplido su carrera, acercandose al cigueñal y el escape de los gases es seguido por el barrido, -- después que el pistón ha comenzado su carrera siguiente, alejándose del cigueñal, asegurandose la admisión de aire y la compresión.

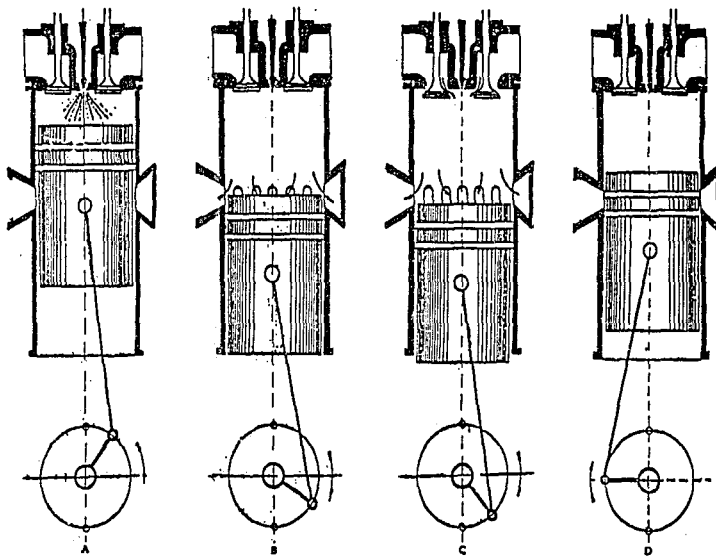
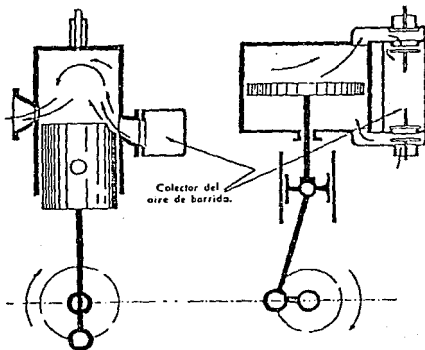


FIGURA 2.4- ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LOS MOVIMIENTOS DE LAS VALVULAS EN UN MOTOR DIESEL DE DOS TIEMPOS.

2.5 SISTEMA DE BARRIDO

Se llama Aire de Barrido, al aire a baja presión que se usá para expulsar del cilindro los gases quemados, por medio de un soplado en el momento del escape y que en realidad suministra aire puro para el ciclo siguiente. Se debe tomar en cuenta que los motores de cuatro tiempos no utilizan el aire de barrido el cual si es exclusivo en comparación a los Motores de dos tiempos que lo necesitan siempre. Fig. 2.5

El barrido se empieza después de que el cilindro ha expulsado suficiente cantidad de gases quemados y la presión de los que permanecen en el interior del cilindro es inferior a aquella de que esta provisto el aire de barrido. En el interior, las lumbreras ó válvulas de admisión se hallan descubiertas ó abiertos según los casos y admiten a través de sus lumbreras de admisión y escape en su carrera ascendente.



2.5. — Motor Diesel de dos tiempos con bomba de barrido y dos lumbreras. En la figura de la izquierda representa el cilindro interior, y la de la derecha el cilindro de la bomba; en la práctica, los dos están conectados al mismo eje.

El volumen de aire debe exceder en un 20 a 25 % a la cilindrada, con objeto de asegurar un barrido completo y cargar el cilindro.

La presión del aire de barrido, debe sin embargo, hacerse tan baja como sea posible, con el objeto de reducir la potencia que se necesita para comprimir aire y mantener su velocidad de manera que sea la estrictamente necesaria para impedir que se mezcle con los gases de escape.

La presión efectiva del aire de barrido depende de la velocidad del motor. En motores lentos es del orden de 0.15 Kg/cm^2 , llegando a 0.35 Kg/cm^2 para motores muy rápidos. La compresión del aire de barrido implica el consumo de una potencia del orden de un 2 a 10% de la del Motor, relación que depende del tipo del motor.

Es conveniente estudiar con detalle algunos de los métodos que se utilizan para el barrido:

- 1) Barrido por Lumbreras.- Es el primer método que se utilizó de una manera general, consistía en disponer dos series de lumbreras, una para la presión y otra para el escape; las lumbreras de escape estaban situadas a mayor altura que las de admisión y eran las primeras que descubrían el pistón, de manera que los gases de escape eran expulsados antes de la admisión y de que las lumbreras de barrido se descubriesen.
Fig. 2.6

Una desventaja notable de este método es que las lumbreras de admisión se cubren en primer lugar, cuando el embolo inicia su carrera ascendente, dejando las lumbreras de escape abiertas, durante cierto intervalo de tiempo, una vez que las de admisión están tapadas, lo cual permite que una cierta cantidad de aire escape.

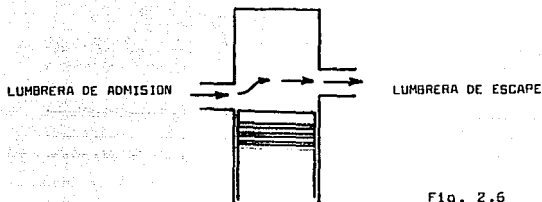


Fig. 2.6

Con el objeto de cambiar al flujo de barrido de dirección, se provee el pistón de una saliente en la parte superior llamado deflector. Este deflector debe poseer dimensiones convenientes, lo que obstaculiza su utilización en Motores de alto índice de compresión. Fig. 2.7

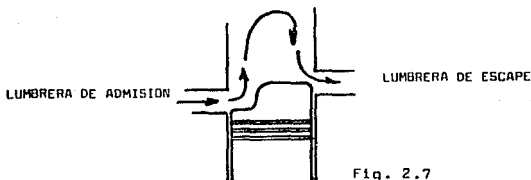


Fig. 2.7

Por lo tanto en un Motor de baja compresión, la profundidad de la cámara de combustión es suficiente para permitir el emplazamiento del deflector. Para un motor de alta compresión esto es imposible, por lo que se prevee al pistón de dos canales enfrente a las lumbreras cuyo efecto es análogo al deflector. Fig. 2.8

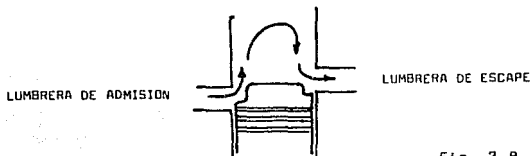


Fig. 2.8

Idéntico resultado se puede obtener inclinando los -
conductos de admisión y escape ó que el conducto de admi-
sión forme un arco. Fig. 2.9

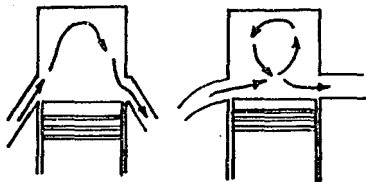


Fig. 2.9

También se puede obtener, ubicando las lumbreras incli-
das tangencialmente ó axialmente: Flujos parabólicos ó
Espirales. Fig. 2.10

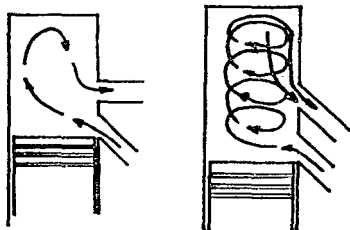


Fig. 2.10

2) Barrido Comandado por Válvulas.- Este sistema emplea válvulas dispuesta entre las lumbreras y la fuente - del aire de barrido, y en este caso las lumbreras de admisión se hallan situadas arriba del escape. Estas válvulas se abren automáticamente ó mecánicamente de manera de permitir que el aire fresco penetre en el momento en que la presión en el interior ha descendido al valor más favorable. Fig. 2.11

La válvula queda abierta hasta que el pistón comienza su carrera ascendente, manteniendo abiertas las lumbreras de barrido de aire hasta el cierre de las de escape, y se evita de este modo la pérdida del -- aire de barrido por el escape.

Se recurre generalmente al uso de las válvulas automáticas en lugar de las mecánicas, puesto que las primeras responden más rápidamente a la caída de presión producida en el interior del cilindro; además permiten la interrupción del barrido en una forma más rápida de lo -- que lo harían las válvulas de comando mecánico.

En algunos motores las lumbreras se hallan en el mismo lado del cilindro, en tal caso las lumbreras de escape se hallan ubicadas encima de las de admisión, y el funcionamiento es practicamente el mismo que en los cilindros cuyas lumbreras se hallen ubicadas unos frente a -- otros.

Además, en los motores con lumbreras ubicadas en el mismo lado, las de admisión conservan una dirección hacia abajo para contener el aire que entra siguiendo el pistón. En consecuencia, el aire choca contra la pared opuesta a la lumbrera y luego es guiado hacia la parte superior y de ahí es nuevamente enviado a las lumbreras de escape.

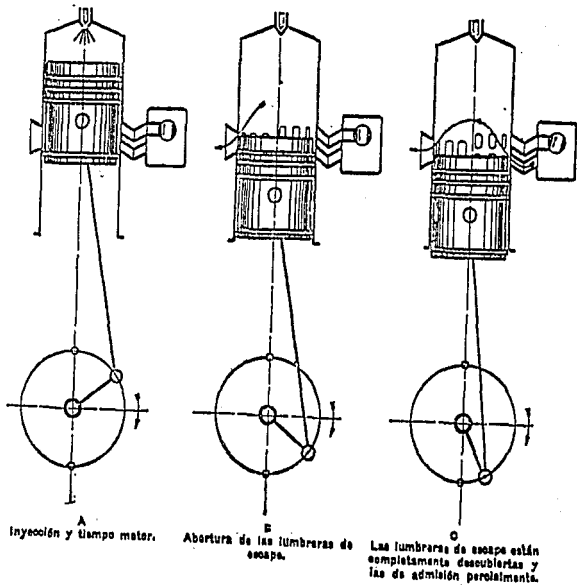
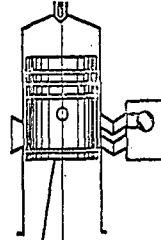
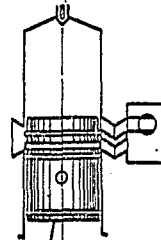
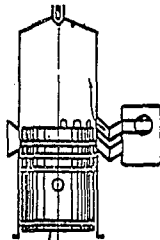
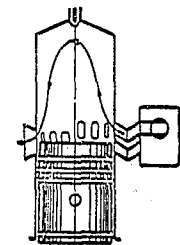
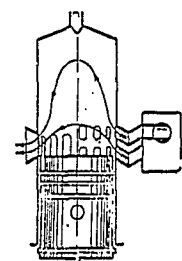


Fig. 2.11

Este aire de barrido sale entonces por éstas, pero lo hace cuando los gases hayan descrito una curva en el lecho desde su entrada y su salida. Este barrido se le llama "onda" ó "bucle" y es aplicado generalmente a motores de gran potencia y de doble efecto.



D
Todas las lumbreras se hallan descubiertas.

E
El pistón cubre las lumbreras de escape.

F
Las lumbreras del aire de barrido están ya cerradas.

G
Todas las lumbreras cerradas y el pistón comienza la fase de compresión.

H
El pistón se aproxima a P. M. S. y la inyección es inminente.

Fig. 2-11

3) Berrido en Equicorriente.- Este sistema se aplica especialmente en motores a pistones opuestos que tengan una cámara de combustión común fg.2.12; con este sistema el motor comprende dos pistones opuestos A y B cuyo recorrido, lo efectúan dentro del mismo cilindro. Los dos pistones reciben el movimiento por medio del mismo cigüeñal de cada igualmente opuestos.

El pistón inferior B (matriz) está unido al muñón del cigüeñal con una biela central. El pistón superior A, mediante una cruceta lleva, en las partes exteriores del cilindro, dos bielas largas, las que van unidas a los muñones del cigüeñal.

Por cada vuelta, los pistones se acercan y después se alejan. Después de la combustión (la inyección se produce por V), ellos se alejan y el gas puede expandirse efectuando el trabajo. El pistón inferior descubre entonces las lumbreras de escape E, y la presión decrece rápidamente. Durante este tiempo, el pistón inferior -- descubre los orificios del berrido S. Continuando su recorrido y habiendo llegado los pistones a su punto muerto, vuelven a acercarse cerrando el pistón inferior las lumbreras de escape, antes que el pistón superior las -- lumbreras de admisión.

4) Berrido Mediante Válvulas en la Cabeza.- Algunas veces los cilindros no tienen lumbreras de admisión. pues en su lugar poseen válvulas situadas en la cabeza, por donde entra el aire de berrido.

Estas válvulas se abren al final de periodo de expansión y quedan abiertas hasta las lumbreras de escape que son cubiertas por el pistón en su recorrido ascendente.

Un motor de dos tiempos, con válvulas de berrido en la cabeza, hace un nuevo problema de recalentamiento, ya que la cabeza de un motor de este ciclo es siempre más caliente que la de 4 tiempos.

La dificultad de la evacuación de ese calor puede -- provocar roturas en la mencionada pieza, mientras que la ausencia de éstas permite, con mayor facilidad, dar a la cabeza formas y dimensiones adecuadas para el mejor enfriamiento.

Por último, el empleo de válvulas comandadas mecánicamente hacen perder una de las más preciosas cualidades del motor de 2 tiempos o sea la ausencia de árbol de levas, balancines, resortes etc..

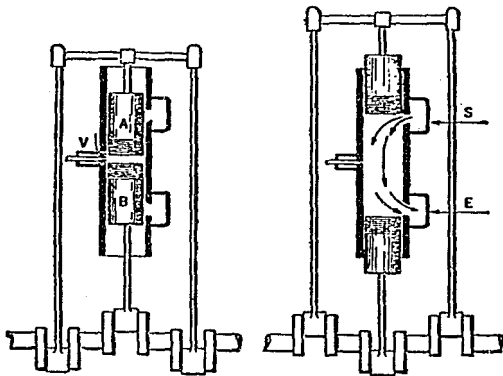


FIGURA: 2.12 BARRIDO EQUICORRIENTE

CAPITULO III

CALCULO DE POTENCIA - RENDIMIENTOS - BALANCE TERMICO

3.1 POTENCIAS

La potencia desarrollada en el interior del cilindro no se recoge íntegramente en el eje del motor, ya que parte de ellas es absorbida por las pérdidas de fricción, por lo tanto podemos distinguir tres clases de potencias diferentes.

- . La Potencia Indicada (N_i)
- . La Potencia de la Fricción (N_f) y
- . La Potencia Efectiva en el eje del motor (N_e),
de donde:

$$N_i = N_f + N_e$$

$$N_f = N_i - N_e$$

La potencia obtenida de un motor se le llama Potencia Efectiva, Potencia al Freno o Potencia en la Flecha (N_e) y se obtiene midiendo el trabajo con un freno en el eje del motor.

POTENCIA INDICADA

La potencia total desarrollada sobre el émbolo del motor se llama Potencia Indicada (N_i) y se puede calcular partiendo del ciclo indicado cuya área representa el trabajo realizado por el gas en el interior del cilindro durante el ciclo.

POTENCIA DE LA FRICCIÓN

Una parte de la potencia indicada desarrollada, al quemarse el combustible y el aire, no aparece como potencia al freno, ya que se emplea en vencer la fricción en los cojinetes, émbolos y otras partes mecánicas del motor. Además, en la inducción de la carga del aire y de la inyección del combustible y la expulsión de los gases de escape.

La potencia para realizar esas tareas, se llama Potencia Perdida en las Fricciones o Potencia de la Fricción. También se le conoce como Potencia Absorbida por las Resistencias Pasivas.

La potencia al freno es menor que la indicada, en cantidad igual a la potencia consumida en las fricciones del motor, dada las diversidades de las pérdidas por rozamiento y las alteraciones de su valor, varían en funcionamiento del motor.

La potencia absorbida por rozamientos es difícil de medir con exactitud, pero puede obtenerse su valor calculando el valor de la potencia efectiva y de la potencia indicada restándola, pero este procedimiento es demasiado largo y complejo, dando así paso para calcular la potencia absorbida por otros métodos más sencillos y convenientes.

Se mide la potencia efectiva con un freno dinamométrico, para --arrastrarlo en las condiciones más próximas a las anteriores.

La potencia desarrollada por el freno dinamométrico usado como motor eléctrico, es la potencia perdida en rozamiento, este método es utilizado comunmente en la industria automotriz.

POTENCIA EFECTIVA O POTENCIA AL FRENO

La potencia efectiva es aquella que puede obtenerse en el cigüeñal del motor, y puede aprovecharse para accionar cualquier máquina, es decir, es la potencia que genera el par disponible en el eje del motor, esta potencia puede calcularse, midiendo con un freno, que aplicado al eje del motor, se opone al par motor y permite medir el trabajo de dicho eje.

El freno permite medir su momento frenante, conociendo éste y el número de revoluciones del motor, es posible calcular la potencia efectiva.

El freno de prony es uno de los tipos de frenos empleados, para calcular la potencia efectiva de los motores.

3.2 PRESION MEDIA EFECTIVA

La presión media efectiva al freno (Pme) se define - como la presión teórica constante que imaginariamente se ejerce durante cada carrera de potencia del motor para - producir una potencia igual a las del freno. La potencia al freno de un motor, puede calcularse en función de la Presión Media Efectiva, usando la ecuación siguiente:

$$Pme = (A \times L \times n) \times \frac{N}{X} \text{ (Trabajo por Minuto)}$$

$$\text{hp Métrico} = 4\,500 \frac{\text{Kg-m}}{\text{min.}}$$

$$Pme = \frac{\text{Potencia al freno} \times 4\,500 \times 100x}{DN}$$

Donde:

A = Área de la cara del émbolo (Cm².)

L = Longitud de la carrera (Cm.)

N = r.p.m.

X = Número de revoluciones necesarias por cada carrera de potencia producido, por cilindro; 2 para un motor de cuatro tiempos y 1 para motor ciclo de 2 carreras.

n = Número de cilindros (ó émbolos) en el motor.

D = Desplazamiento total del émbolo en Cm³.

Con X = 2 para el ciclo de cuatro carreras

$$Pme = \frac{\text{Potencia al freno} \times 900\,000}{DN}$$

La ecuación anterior se puede deducir a la usada comunmente:

$$\text{Potencia al Freno} = \frac{Pme \cdot L \cdot A \cdot N}{4500 \times 100} \left(\frac{n}{X} \right) \text{ METRICO}$$

$$\text{Potencia al freno} = \frac{Pme \cdot L \cdot A \cdot N}{33000 (12)} \left(\frac{n}{X} \right)$$

3.3. PRESION MEDIA EFECTIVA INDICADA

La presión media efectiva indicada (P_{mei}) puede definirse como la presión teórica constante que supuestamente se ejerce durante cada carrera de potencia del motor, para producir una potencia igual a la indicada.

$$N_1 = \frac{P_{mei} \cdot L \cdot A \cdot N}{4500 \times 100} \quad \frac{n}{x}$$

Como el rendimiento mecánico es igual a:

$$\frac{N_e}{N_1} \quad \text{también se obtiene por:}$$

$$N_m = \frac{N_e}{N_1} = \frac{P_{me}}{P_{mei}}$$

3.4. RENDIMIENTOS

RENDIMIENTO TÉRMICO DEL MOTOR DIESEL

El ahorro en el costo del combustible en unidad de -- potencia, por el uso del motor diesel, en vez del de gasolina, no se debe únicamente a la diferencia de costo por litro de combustible, con todo y ser éste muy importante. El principal factor es el gran rendimiento térmico del motor diesel. En un motor Diesel se necesita menos cantidad de combustible, para desarrollar la misma potencia, que en el motor de gasolina.

Es decir en el motor Diesel, hay una proporción mayor del calor de combustión que se convierte en trabajo útil; esta economía de combustible se debe al aumento de la compresión. La compresión normalmente es de unos 35 kg/Cm² en lugar de 6 Kg/Cm² en el motor de gasolina, en el cual no pueden usarse compresiones mayores, a menos que se adopten combustibles antidetonantes que no resultan económicos.

El Rendimiento del Ciclo Teórico es igual a:

$$\eta T = \frac{\text{Energía Utilizada}}{\text{Energía Suministrada}} \quad \text{y siendo}$$

Siempre esta razón inferior a 1. En el ciclo real ó practico, el rendimiento térmico supera pocas veces el - 30% en los motores de encendido por chispa, mientras que es proximo a 45% en los motores diesel modernos.

RENDIMIENTO MECANICO

La relación entre la potencia producida por el motor (N_e) y la potencia total desarrollada dentro de él (N_i) se conoce como rendimiento mecánico (N_m).

$$N_m = \frac{N_e}{N_i}$$

y por

$$N_m = \frac{N_i - N_f}{N_i} = 1 - \frac{N_f}{N_i}$$

El rendimiento mecánico es la relación entre el trabajo útil medido en el eje del motor y el trabajo indicado. Tiene el trabajo absorbido por los componentes principales los cuales sufren un rozamiento, estos son: Pistones., Anillos, Pernos, etc., así como también los componentes de la distribución, la bomba de aceite, la bomba de agua etc. El rendimiento mecánico disminuye no solo al aumentar la velocidad media del pistón, sino también al disminuir la cilindrada. El rendimiento mecánico generalmente está comprendido entre el 80% y 90%, los valores más bajos se refieren a motores rápidos y de cilindrada pequeña.

De la potencia total pérdida, en condiciones a plena carga, aproximadamente un 60% se debe al rozamiento del pistón y de los cojinetes de biela; un 25% al trabajo de compresión y el resto, al rozamiento de los demás cojinetes y al accionamiento de los accesorios auxiliares.

Cuando la potencia efectiva, es cero, se anula también el rendimiento mecánico, ya que toda la potencia suministrada por el motor se consume por las pérdidas de fricción.

RENDIMIENTO VOLUMETRICO

Se define el rendimiento volumetrico de un motor, η_v como la relación del peso real del aire (P_e) inducido por el motor en la carrera de admisión entre el peso teórico del aire (P_t) que debiera inducirse llenando el volumen de desplazamiento del émbolo con aire a la temperatura y presión atmosférica ($15^{\circ} C$ y 760 mm Hg)

$$\eta_v = \frac{P_e}{P_t}$$

RENDIMIENTO TOTAL

El rendimiento total lo obtenemos del producto del - rendimiento térmico y del rendimiento mecánico, es decir aproximadamente: $.30 \times .85 = .25$ para los motores de gasolina y $.45 \times .85 = .38$ para los motores Diesel.

Cálculo del Rendimiento Total

Como el CV - Hora equivale a $75 \times 60 \times 60 = 270\ 000$ Kg - M y una caloría produce 426 Kgm, el equivalente -- térmico del CV-hora es:

$$\frac{270\ 000}{426} \approx 634 \text{ calorías}$$

La fórmula simplificada es:

$$\eta_{\text{total}} = \frac{634}{\text{NQ de kilogramos} \times \text{potencia calorífica}}$$

y permite encontrar el rendimiento total.

Ejemplo:

Calcular el rendimiento total de un motor que - tiene un consumo específico de 180 g/CVh de gas-oil - (10 800 calorías por Kg)

$$\eta_t = \frac{634}{.18 \times 10\ 800} = .33$$

Un kilo de cualquier combustible, en su combinación con el oxígeno al arder desprende una cierta cantidad de calor, - que se llama Potencia Calorífica, si se miden calorías tenemos que:

- La potencia calorífica de la gasolina es de:
11,000 calorías por kilo.
- La potencia calorífica del gas-oil (Diesel) es de:
10,800 calorías por kilo.

Por lo tanto del ejemplo anterior tenemos:

$$N \text{ total} = \frac{634}{.180 \times 10800} \quad \text{o bien} \quad \frac{60}{C_s} = .33$$

(Siendo C_s el consumo específico) donde el consumo específico es el peso en gramos del combustible consumido en una hora, por un motor de ICV. Por ejemplo 180g/cvh .

3.5 BALANCE TERMICO

Es conveniente saber que solamente una pequeña -- parte de la energía calorífica del combustible quemado se transforma en energía mecánica. El resto se dispersa en diferentes formas:

- En el agua por refrigeración, por medio del radiador el cual absorbe un buen tanto por ciento.
- Los gases de escape, que salen a elevadas temperaturas, estos absorben más porcentaje que el anterior.
- Las mismas partes del motor transmiten el resto al aire ambiente por radiación.

La cantidad de calor equivalente al trabajo efectuado para vencer las resistencias pasivas es, por tanto absorbido a través de estas tres vías principales de dispersión, fig. 3.1

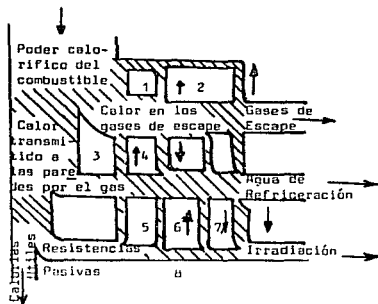


Fig. 3.1 Flujo Térmico de un Motor Refrigerado por Agua

- 1) Calor recibido del gas, del espacio muerto y del escape.
- 2) Calor transmitido a la mezcla del aire y combustible por las paredes calientes.
- 3) Calor de rozamiento transmitido a los gases de escape.
- 4) Calor transmitido por los gases de escape al medio refrigerante.
- 5) Calor de rozamiento transmitido al medio refrigerante.
- 6) Calor radiado por el conducto de escape.
- 7) Calor radiado por los conductos del agua de refrigeración.
- 8) Calor radiado por las partes no refrigeradas.

La valoración del tanto por ciento del calor perdido se efectúa por métodos bastante simples, y en realidad en relación a los resultados obtenidos se registra el llamado Balance Térmico.

La figura siguiente nos representa en forma significativa el balance térmico de un motor de automovil de características medias; fig. 3.2

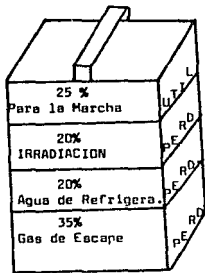


Fig. 3.2

La figura 3.3. muestra el balance térmico de un motor diesel veloz de cuatro tiempos, trazado en función de las revoluciones del motor. La figura 3.4. representa el balance térmico medio de un motor diesel lento.

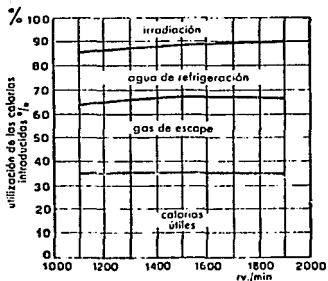


Fig. 3.3. Balance Térmico de un motor rápido diesel de 4 tiempos.

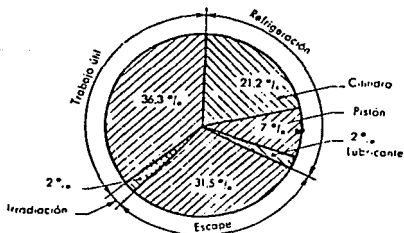


Fig. 3.4. Balance Térmico de un motor diesel lento de 2 tiempos.

Siendo 4.186 la capacidad calorífica del agua en KJ/Kg grado.

G_a la cantidad de agua en Kg que pase por el motor en una hora.

t_{sal} Es la temperatura del agua que sale del motor en $^{\circ}C$.

t_{en} Es la temperatura del agua que entra en el motor en $^{\circ}C$.
Si el cálculo se hace en calorías, la capacidad calorífica del agua $G_a = 1 \text{ Kcal} / (\text{Kg grado})$

$$Q_{ref} = (t_{sal} - t_{en}) G_a \text{ (KJ/h)}$$

El calor que arrastran los gases de escape es:

$$Q_g = G_c (M_2 \mu C_p^n t_g - M_1 \mu C_p^n t_o) \text{ (KJ/h)}$$

Donde :

$G_c M_2 \mu C_p^n t_g$ Es la cantidad de calor en KJ/h, que 1 lbx. se llevan del cilindro los gases de escape

$G_c M_1 \mu C_p^n t_o$ Es la cantidad de calor en KJ que en 1 hr entra en el cilindro junto con la carga fresca.

t_g Es la temperatura en $^{\circ}C$ de los gases de escape, tomada en el colector de escape.

t_o Es la temperatura en $^{\circ}C$ de la carga fresca que entra en el cilindro del motor.

El valor de $Q_{c.d.}$ cuando $\alpha \geq 1$, no se calcula aisladamente, sino que se incluye en Q_{res} que se puede determinar de la siguiente manera:

$$Q_{res} = Q_o - (Q_{ref} + Q_e + Q_g)$$

Si las pruebas se hacen siendo $\alpha < 1$, el calor desaprovechado por ser incompleta la reacción química de la combustión será:

$$Q_{res} = H_u = 119\ 852 (1 - \alpha) L_o \text{ (KJ/Kg)}$$

donde

H_u es el calor desaprovechado en la combustión.

L_o es la cantidad teórica del aire que se necesita para quemar 1Kg de combustible.

Cuando el calculo se hace en calorías kilogramo el coeficiente de la ecuación es igual a 28 690.

La siguiente tabla nos da los valores aproximados de los componentes del balance térmico para el caso en que los motores funcionen con regimenes nominales y proximos a ellos.

Tipo del Motor	$q_p = Ne$	q_{ref}	q_{gas}	$q_{c.d}$	q_{res}
Encendido por Chispa	21-28	12-27	30-55	0,45	3 - 10
Diesel	29-42	15-35	25-45	0 - 5	2 - 5

Valores aproximados de los componentes del balance térmico en %.

- La combustión se realiza con falta de oxígeno, es decir, siendo $\alpha < 1$ como la combustión será incompleta no se desprenderá una parte del calor.

C A P I T U L O I V
PARTES PRINCIPALES DE LOS MOTORES DIESEL

PARTES PRINCIPALES DE LOS MOTORES DIESEL Y SU FUNCIONAMIENTO

Es importante conocer, desde el punto de vista - teórico-práctico, las principales partes de que constan los motores diesel, así como también el funcionamiento de cada una de ellas, ya que cada parte del motor tiene diferente estructura, y efectúan diferente trabajo."

Los motores diesel rápidos y medios ya sean de 2 ó 4 tiempos, difieren de los motores de carburación esencialmente en la sustitución del carburador por el aparato de encendido. Los grandes motores lentos se distinguen, por el contrario, no solo por sus dimensiones mucho mayores, sino también por las soluciones constructivas y por un esquema de funcionamiento más complejo.

Por lo tanto podemos considerar al motor diesel -- compuesto de partes principales como son " la bancada, cilindro, camisa, vástago, cruzeta, biela, etc. ...

Los motores diesel rápidos donde su régimen de funcionamiento es superior a 1 500 r.p.m. quemán gasoil - ligero y de buena calidad y funcionan siempre con inyección mecánica.

Los diesel medios funcionan generalmente a un régimen comprendido entre 600 y 1 500 r.p.m. donde se necesitan grandes potencias como embarcaciones veloces, -- ferrocarriles, etc., llegando a alcanzar los 4000 CV.

Por último los diesel lentos usados en instalaciones fijas y marinas con un régimen de 400 - 450 r.p.m.

son de dimensiones muy grandes y están adaptados para quemar combustibles de cualquier clase y con toda la ventaja de una larga duración.

4.1) CRUCETA Y PATIN

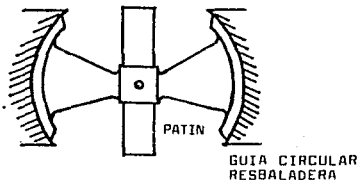
El objeto de la cruceta es el de absorber las fuerzas ejercidas por el vástago del émbolo y transmitir las a la biela, con lo cual se transforma simultáneamente el momento de vaivén de las piezas superiores de la transmisión del movimiento, en el movimiento oscilatorio del cuerpo de la biela. Las fuerzas laterales producidas por esta transformación, las transmite la cruceta a la resbaladera por medio de su patín atornillado normalmente a la cruceta.

La forma constructiva de la cruceta, de acuerdo con la forma ahorquillada del pie de la biela, consiste sencillamente en una pieza forjada de sección cuadrada provista de dos garrones. La pieza de sección cuadrada lleva en su centro el orificio perpendicular destinado a recibir en la parte final del vástago.

Como material para cruceta es conveniente elegir un acero de 50 a 60 Kg/mm² de resistencia.

Respecto al patín, hay varias ejecuciones posibles. La Fig.4.1, muestra una guía circular que únicamente se hace en casos especiales. Tiene la ventaja de ser de fácil construcción, pero también el inconveniente de que estorba mucho la accesibilidad al mecanismo de transmisión.

FIG. 4-1. Modelo de una cruceta.



La fig. 4.2, representa una guía lateral para cruce ta, de frecuente aplicación. El costo de construcción es mayor con este tipo de guía lateral, debido a que - hay que disponer carriles especiales de retroceso que impidan el levantamiento del patín al cambiar la direc ción durante la carrera de retroceso. La ventaja de - esta disposición es la posibilidad de obtener la entra da suficiente al mecanismo de la transmisión sin necesi dad de tener que desmontar la pesada resbaladera.

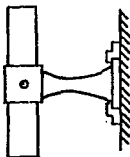


Fig. 4.2

La figura 4.3. muestra esquemáticamente una guía -- cuadruple, caracterizada por una entrada especialmente buena de todo el mecanismo de la transmisión del movi miento desde ambos lados. Los costos son mayores que el anterior, por otro lado no resulta sencillo ajustar con exactitud y paralelismo las cuatro guías de la -- cruce ta.

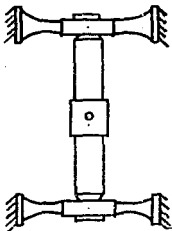


Fig. 4.3

La guía de cruceta ha de estar unida directamente al bastidor, ha de ser tan rígida que no sufra deformación alguna por efecto de la presión del patín.

En su construcción hay que exigir que la superficie rozante resulte absolutamente plana, y en el montaje, que la guía de cruceta quede montada exactamente paralela a las superficies rozantes del cilindro.

El material empleado de la guía de cruceta es el hierro colado.

4.2 BANCADA, BASTIDOR Y CARTER

BANCADA.- En los motores de cruceta, o sea, en los motores de grandes dimensiones, la bancada con el carter y el bloque de cilindros, han de estar apoyados mutuamente, a la rigidez del motor.

La bancada debe presentar una gran rigidez para soportar y repartir los esfuerzos transmitidos por las manivelas y los demás órganos que lleva unidos.

Esquemáticamente la figura 4.4 está constituida por dos vigas longitudinales, unidas en sentido transversal entre cada dos cilindros, por tabiques reforzados de nervios y que llevan alojamiento para los cojinetes del cigüeñal. Generalmente la bancada está construida de fundición o en casos especiales de acero fundido; en las construcciones ligeras se usa mas bien la plancha soldada.

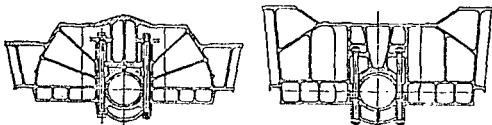


FIG. 44 Secciones Transversales de Bancada.

BASTIDORES.— Las funciones principales de los bastidores, son sostener el bloque de los cilindros y transmitir las fuerzas activas del cilindro a la bancada y a los cojinetes del cigüeñal. De acuerdo a esto, los bastidores quedan altamente cargados a compresión y a tracción.

El material empleado para la construcción usada en los bastidores es el hierro colado, siendo el mas adecuado para la transmisión de los esfuerzos de tracción y exige secciones considerables para poder resistir estos esfuerzos. Por este motivo, cuanto más grande sea el motor, mas preferirá la construcción de tirantes que someten a los bastidores a una compresión y les evita esfuerzos de tracción.

En la figura 4.5, se muestra una bancada y unos bastidores de estructura soldada formando un único bloque.

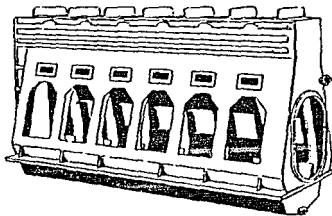


FIG. 4.5 BANCADA Y BASTIDOR EN BLOQUE UNICO.

La forma de bancada es casi igual para todos los motores; los bastidores asumen, por el contrario, formas diversas según sea el motor de cilindros en línea o en V.

Los bastidores, colocados sobre la bancada para soportar los cilindros, se realizan en las construcciones comunes según dos diferentes sistemas constructivos; en un solo bloque o en piezas independientes.

Los bastidores en una sola pieza, constituyen una especie de gran caja con las paredes longitudinales unidas entre sí transversalmente en forma análoga a la bancada (fig. 4.6). Este tipo de bastidor se usa en los motores de dimensiones relativamente pequeñas y se construye, por lo general, en fundición gris.

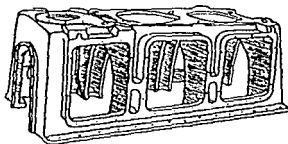


FIG. 4.6 BASTIDOR DE CAJA

El sistema de piezas se usa normalmente en los motores de grandes dimensiones, los bastidores son independientes y van colocados entre cada biela, reciben también el nombre de montantes, se construyen en acero fundido, se unen mediante pernos por la parte inferior a la bancada y por la parte superior a los cilindros.

La parte inferior del motor se le denomina cárter ó bandeja. El cárter que no sufre esfuerzos, evita la entrada de polvo y suciedad en el carter y sirve de depósito de aceite. Se sujeta al bloque-carter con tornillos ó espárragos. Esta fabricado en chapa de acero, en aleaciones de aluminio o magnesio. Para hermetizar la unión entre la bandeja y el bloque-carter se colocan juntas de papel o de corcho.

4.3 CULATA

La culata sirve para cerrar superiormente la Cámara de Combustión y determina junto con el pistón, la forma y el contenido de dicha Cámara de Combustión.

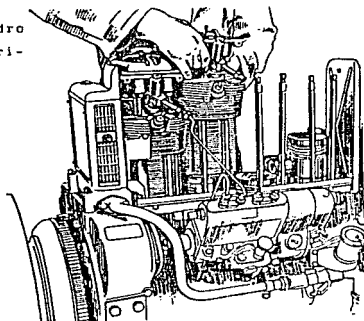
La culata de los cilindros es por lo general una pieza que cubre toda una fila de cilindros, las culatas individuales para cada cilindro se utilizan generalmente en los motores con refrigeración por aire (fig. 4.7). En los motores muy potentes con cilindros de gran diámetro se hacen a veces culatas agrupadas para dos o tres cilindros.

La estructura de la culata depende de la forma de la cámara de combustión, del número de disposición de las válvulas, de los inyectores, de los conductos de admisión y escape del sistema de refrigeración y de las formas que tengan las tuberías exteriores.

Al diseñar y construir las culatas hay que tener en cuenta que deben satisfacer las siguientes condiciones:

- 1.- Tener la suficiente rigidez y resistencia.
- 2.- Ser cómodo para el montaje, inspección y regulación del mecanismo de las válvulas.
- 3.- Asegurar una forma de la cámara de combustión que contribuya a mejorar los procesos de combustión.
- 4.- Ser de estructura simple y poco costo de fabricación.

fig. 4.7 Unión de cilindro y culata en un motor refrigerado por aire (Deutz).



Las culatas presentan numerosos barrenos y partes mecanizadas destinadas a recibir los asientos de las válvulas, sus guías, los inyectores, las cámaras de turbulencia, los colectores, etc. fig. 4.8 .

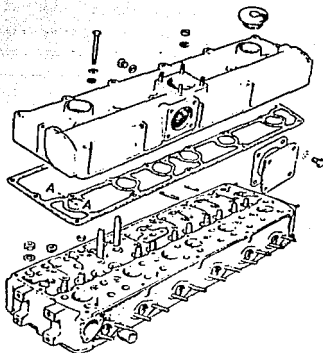


FIG. 4.8 CULATA DEL MOTOR DIESEL HISPANO HS 102 V.
NOTESE EL COLECTOR DE AIRE INCORPORADO EN LA
TAPA DE BALANCINES.

Lo que diferencia principalmente a los motores diesel de los de gasolina, es la disposición de los conductos de refrigeración, que están estudiados de tal manera que permiten refrigerar no solo las cámaras de turbulencia, sino también los inyectores, pues presentan puntos de concentración de calor cuya temperatura es preciso disminuir (fig. 4.9), otra diferencia es que los motores de gasolina, no disponen generalmente más que de una sola culata con cilindros en líneas, por el contrario los motores diesel están frecuentemente equipados con una culata por cada grupo de dos o tres cilindros, o una culata por cada cilindro como se ha visto anteriormente.

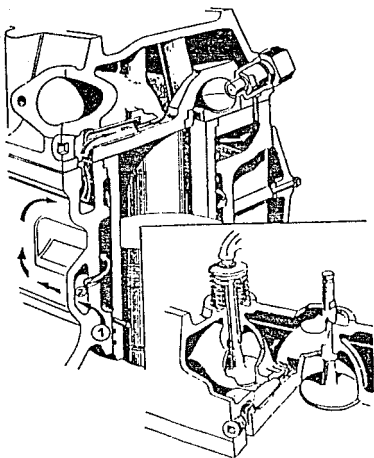


FIG. 4.9. Disposición de refrigeración de las camisas, culatas, cámaras de turbulencia y cabezas de valvulas del -- Motor Hispano HS 103.

Las culatas de los cilindros se fabrican de fundición gris (hierro colado) y otras con aleaciones de níquel, cromo, manganeso, etc.; y de aleaciones de aluminio que poseen propiedades mecánicas a altas temperaturas.

La unión entre la culata y el bloque, se efectúa por medio de espárragos y tornillos dispuestos de manera que aseguren la hermeticidad e impidan deformaciones bajo la acción del calor*.

Para conseguir una unión perfecta entre el bloque y la culata de los cilindros, se coloca una junta llamada junta de culata, que tiene recortados los agujeros para las cámaras de combustión, para los espárragos y para el paso del líquido de refrigeración -- desde el bloque a la culata.

*EL NÚMERO DE ESPÁRRAGOS QUE SUJETAN LA CULATA DE LOS CILINDROS AL BLOQUE-CARTER, DEPENDE DEL NÚMERO DE CILINDROS Y DE LOS COJINETES DE APOYO QUE TENGA EL CIGÜEHAL. EN LOS BLOQUES DE 4 CILINDROS, EL NÚMERO DE ESPÁRRAGOS ES DE 14 A 20, EN LOS DE 6 CILINDROS DE 24 A 30 Y EN LOS DE 8 DE 32 A 42. LOS ESPÁRRAGOS Y TORNILLOS DE FUERZA DE LOS MOTORES DE CARBURADOR, SE HACEN DE ACERO AL CARBÓN CON ALTO ÍNDICE DE ELASTICIDAD, EN CAMBIO LOS DE LOS MOTORES DIESEL SE HACEN DE ACERO DE ALTA ALEACIÓN.

Estas juntas estan sometidas durante mucho tiempo a la acción de altas temperaturas y presiones, deben ser suficientemente elasticas para llenar todos los poros y fisuras que que dan en la superficie de apoyo del bloque y de la culata de los cilindros. En los motores de combustión interna se utilizan los siguientes tipos de juntas:

- Metálicas compuestas de aluminio y de cobre;
- Metálicas compuestas de un juego de hojas delgadas;
- Metálicas formadas por una lamina fina de acero con canales de diferente profundidad;
- Blandas, prensadas de cobre y amianto, hierro-amianto, acero-amianto, etc.

A diferencia de los motores diesel, los motores de gasolina forman una pieza unica que se llama bloque y solo en casos especiales requiere de una estructura similar al usado en los diesel. Sus mecanismos internos y externos dependen del sistema de encendido y de la alimentación de combustibles.

Igualmente las culatas determinan junto con el pistón el contenido de la cámara de combustión y depende de la disposición de las válvulas, de los conductos de admisión y escape, del sistema de refrigeración, de las formas que tengan las tuberías de escape y en este caso de las bujías de encendido.

La estructura del bloque-carter y culata de los diesel es similar en algunos casos a los de gasolina. Primero en sus alojamientos cilindricos para los pistones, en sus cavidades de entrada al medio refrigerante, en la sujeción de la culata-bloque y bloque-cárter que se efectua por medio de esparragos y tornillos, juntas de culata y juntas de cárter, acoplamiento de filtros de aceite, acoplamiento de bomba de agua, etc, etc.

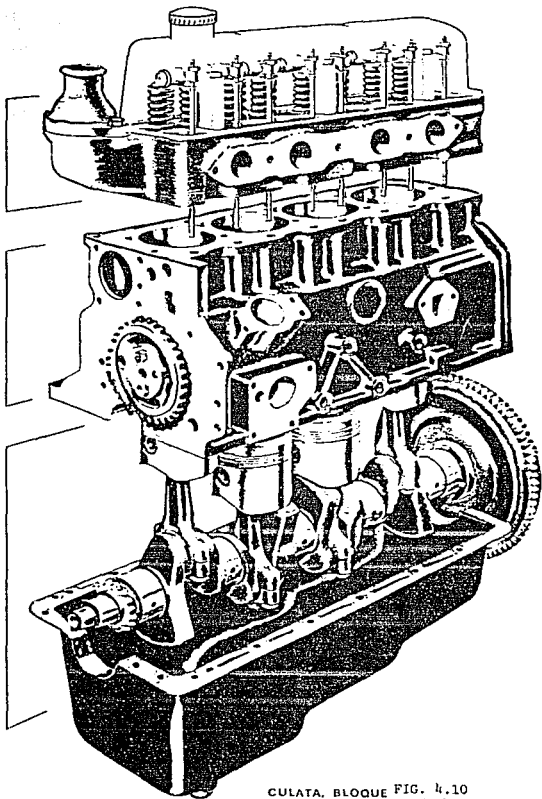
La figura 4.10 muestra el conjunto bloque-carter-culata de un motor de gasolina con sus acoplamientos.

- Mineral de fibras blancas y flexibles que resiste poderosamente la acción del fuego.

Culata. En ella están dispuestas las válvulas, el mecanismo que determina su apertura y los muelles que las cierran. También se encuentran en la culata los conductos de admisión y escape y, por regla general, las cámaras de combustión.

Bloque. Es la parte más voluminosa del motor; posee unos alojamientos cilíndricos para los pistones, conductos para la circulación del agua de refrigeración y otros para el aceite de lubricación, así como alojamientos para los taqués, en el caso de que el motor disponga de ellos.

Conjunto del cigüeñal. Los pistones, que se mueven alternativamente en el interior de los cilindros, están unidos al cigüeñal por las bielas. El cigüeñal se apoya en unos cojinetes situados en la parte inferior del bloque. En uno de sus extremos se halla el volante de inercia, que presta uniformidad a los impulsos motores de cada cilindro.



CULATA, BLOQUE Y CONJUNTO DEL CIGÜEÑAL FIG. 4.10

4.4. CILINDROS

El cilindro es el órgano en cuyo interior se desarrollan los tiempos del ciclo motor, es en el cilindro donde tiene lugar la transformación de la fuerza de expansión de los productos de la combustión en movimiento alternativo del pistón.

Si bien su forma interior es cilíndrica, la forma exteriores variable y depende del sistema de enfriamiento adoptado, disposición de válvulas, etc.

El número de cilindros se elige tomando por base, consideraciones referentes a las características de instalación y de trabajo del motor, dentro de los límites impuestos por el costo de la fabricación prefijada. Los bloques de cilindros están contruídos, por lo regular, de fundición gris dura o aleada y suficientemente elástica. No obstante, para aumentar la resistencia, se utilizan cilindros de hierro con camisas fijas de fundición especial centrifugada o nitrurada.

El número de cilindros se relaciona con la disposición de los mismos. Son múltiples las posibilidades de disponerlos racionalmente, y entre ellas, elegimos las comunmente adoptadas como se ilustra en la Figura 4.11

Cilindros en Línea. Figura 4.11

Cilindros en Líneas Paralelas. Figura 4.11b

Cilindros en "V". Figura 4.11c

Cilindros en "W". Figura 4.11d

Cilindros en "H". Figura 4.11e

Cilindros contrapuestos, eje de cilindros a 180° . Figura 4.11f

Cilindros dispuestos según los lados de un polígono; en triángulo, cuadrado, en hexágono. Figura 4.11g, h, i

Cilindros dispuestos en "X". Figura 4.11 l

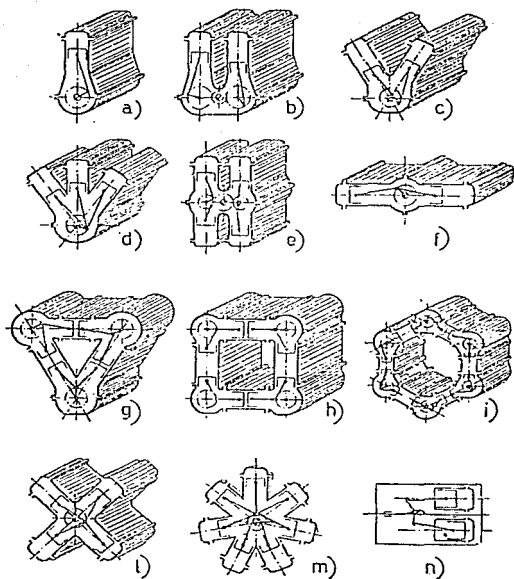
Cilindros en estrella o en varias estrellas. Figura 4.11n

Cilindros en grupos paralelos al eje motor. Figura 4.11n

Los cilindros pueden ser fundidos separadamente el uno del otro o en bloques de dos o tres cilindros y por último fundidos en un solo grupo llamado monobloque.

El monobloque, reduce las dimensiones y el peso del motor y facilita su construcción, pero presenta el inconveniente de que

FIG. 4.11 Disposición de los Cilindros



la rotura de un cilindro obliga a la sustitución de todo el grupo.

El bloque de cilindros, es un órgano muy complejo que necesita a causa de sus múltiples funciones, una gran rigidez y una buena estabilidad dimensional. Estos dos requisitos se cumplen primero gracias al material con que está construido como hemos visto de fundición gris dura o aleada, según que lleve camisas fijas o no y después por medio de nervaduras o refuerzos internos o externos adecuadamente determinados según la función y la potencia del motor.

Para resolver los problemas de tamaño y de rigidez, se tiende cada día más a sustituir los bloques en líneas por bloque en V, sobre todo para los motores de seis cilindros o más.

4.5. CAMISAS

La rigidez del bloque de cilindros va a depender del tipo de camisa y del ajuste a que estén sometidas.

Las camisas se dividen en mojadas y secas. Las primeras son aquellas que tienen contacto directo con el agua de refrigeración, su colocación está ajustada en su parte superior, llevando en la parte inferior anillos de goma para que hermeticen el cierre.

Las segundas son aquellas que no tienen contacto con el agua, son de espesor más delgado que las camisas de tipo mojado, y son colocadas forzadas en el interior del bloque, para asegurar la buena transmisión del calor.

Las camisas de los cilindros, de muchos motores construidos recientemente, son de un material distinto de la fundición de hierro corriente, con objeto de evitar el desgaste todo lo posible, y de asegurar una refrigeración mejor y un engrase más eficaz. Cada día se emplean más las aleaciones al cromo y al níquel, pensando que con ello se aumenta la duración de las piezas.

La rigidez del bloque de cilindros, va a depender del tipo de camisas y del ajuste a que estén sometidos. Figura 4.12

CAMISAS HUMEDAS

Debido a su contacto directo con líquido, la camisa húmeda se presta a una buena refrigeración.

De costo elevado, junto con su pistón, la camisa húmeda permite una sustitución relativamente fácil, de cualquier cilindro sin alterar las características generales del motor.

En principio la camisa húmeda no se rectifica nunca, otra ventaja es que un mismo bloque puede, según la utilización prevista del motor, recibir tipos distintos de camisas, obteniéndose así cilindradas distintas. Por el contrario, el bloque que ha de recibir camisa húmeda -- necesita un mecanismo perfecto de los alojamientos y presenta una menor rigidez que el bloque de cilindros integrales o el de camisas secas.

La realización de la pestaña en la parte superior de la camisa y de un asiento en el bloque es bastante delicada, pues requiere un sobre espesor de metal en un punto que debe ser perfectamente refrigerado. Un contacto entre camisa y bloque es absolutamente necesario. Para evitar los riesgos de corrosión por abrasión o por cavitación, puede someterse a las paredes externas de la camisa a un tratamiento especial (aluminado, parkerización).

Las camisas húmedas extraen mejor calor y se usan en los motores forzados. Los bloques de camisas húmedas son menos rígidas que las camisas secas.

CAMISAS SECAS

Consisten en tubos de pequeño espesor de fundición o de acero cromado, obtenidos por centrifugación o por estirado y que se introducen por deslizamiento suave o en prensa en los cilindros mandrinados en el bloque. La colocación de las camisas secas es más delicada que la de camisas húmedas.

FIG. 4.12 Tipos de Camisas

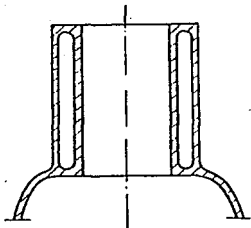


fig. A. Cilindro integral

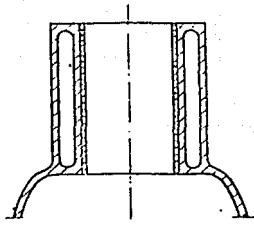


fig. B. Cilindro con camisa seca

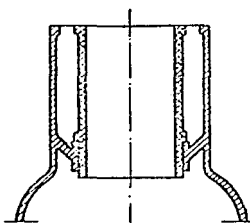


fig. C. Cilindro con camisa húmeda

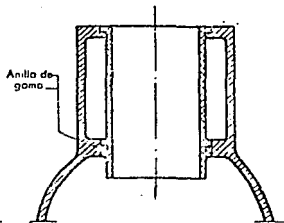


fig. D. Cilindro con camisa húmeda y estanqueidad por medio de anillos de goma.

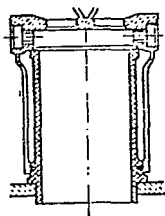


fig. E. Cilindro con camisa húmeda

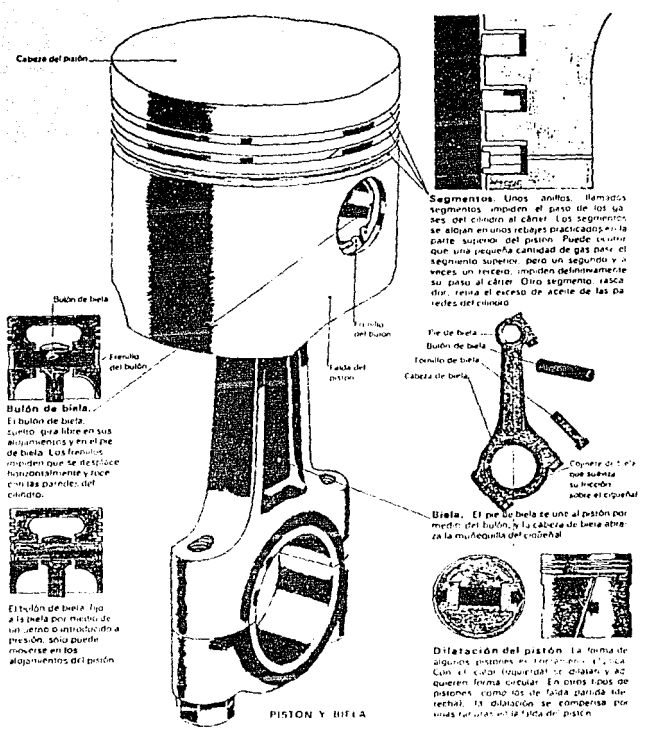
Su extracción y colocación necesitan generalmente un aparato especial y determinadas precauciones para evitar la deformación. En principio estas camisas no necesitan rectificación, ni pulido una vez colocadas. La adopción de camisas secas en bloque inicialmente proyectadas para utilizar camisas húmedas por medio de algunos retoques internos realizados en la fundición, permite aumentar sensiblemente los diámetros, conservando el bloque original.

4.6 PISTONES

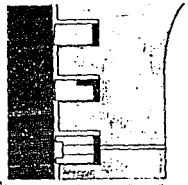
El embolo llamado comunmente pistón, es uno de los órganos móviles mas importantes del motor, se localiza en el interior del cilindro y está dotado de movimiento rectilíneo alternativo.

El pistón aspira aire de la atmosfera y lo comprime gradualmente en la cámara de combustión. Recibe directamente la presión desarrollada por la combustión de gases y la transmite, a travez del sistema biela-manivela, al punto de su utilización; por último, descarga los residuos de combustión al exterior. Por tanto un piston cumple multiples funciones y las mas importantes son las que a continuación se enumeran:

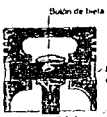
- a) El pistón cumple con la función de pared móvil de la cámara de expansión, es decir, junto con la cámara de combustión y las paredes del cilindro, forman el espacio de volumen variable en que transcurren los procesos de funcionamiento del motor.
- b) El pistón debe asegurar la hermeticidad de este espacio y la buena extracción del calor de las paredes del cilindro y del espacio sobre el pistón.
- c) Por último al producir la explosión de la mezcla del combustible y aire en la cámaras de combustión, el pistón impulsado por la expansión de los gases, proporciona a la biela fuerza matriz para mover el motor y sirve de guía al pie de la biela.



Cabeza del pistón



Segmentos. Unos anillos, llamados segmentos impiden el paso de los gases del cilindro al cárter. Los segmentos se alojan en unos rebajes practicados en la parte superior del pistón. Puede ocurrir que una pequeña cantidad de gas pase; el segmento superior, pero un segundo y a veces un tercero, impiden definitivamente su paso al cárter. Otro segmento, llamado... resaca el exceso de aceite de las paredes del cilindro.

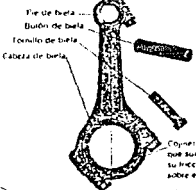


Bulón de biela. El bulón de biela, cuando gira libre en sus alojamiento y en el pie de biela. Los frenillos impiden que se deslice horizontalmente y hace con las paredes del cilindro.



El bulón de biela, fija a la biela por medio de un juego o introducido a presión, sólo puede moverse en los alojamientos del pistón.

Caja del pistón



Biela. El pie de biela se une al pistón por medio del bulón, y la cabeza de biela abraza la muñequilla del cigüeñal.



Dilatación del pistón. La forma de algunos pistones es rectangular. Al calentarlos se dilatan y adquieren forma circular. En otros tipos de pistones, como los de forma paraboloidal, la dilatación se compensa por una curvatura en la cara de pistón.

PISTÓN Y BIELA

Por tanto el pistón debe resistir altas temperaturas a que esta sometido, transmitir el calor a las paredes del cilindro, que a su vez lo transmiten al aire o al agua de refrigeración, y resistir el desgaste debido al roce contra las paredes del cilindro.

Practicamente todos los pistones de los motores diesel están realizados con aleaciones ligeras, quedando la fundición reservada para los grandes motores industriales. Se utilizan varias composiciones como son:

- * Aluminio y Cobre.
- * Aluminio - Cobre o Níquel.
- * Hierro y Aluminio - Silicio.

Esta última composición presenta un coeficiente de dilatación y una densidad inferior a las otras.

El pistón de aleación de aluminio es igualmente empleado en los motores de combustión interna de alta velocidad y en algunos grandes motores de régimen medio, debido primordialmente a su escaso peso.

El pistón de los motores diesel lentos, o sea para los grandes motores industriales, son generalmente de fundición gris. No existe actualmente metal alguno que reúna las condiciones requeridas para un trabajo como el que corresponde realizar a un motor diesel de dichos tipos.

Las condiciones requeridas son:

- Resistencia a altas presiones.
- Ligereza suficiente.
- Reducido coeficiente de rozamiento.
- Un coeficiente de dilatación comparable al que tiene el cilindro, y
- Una buena conductibilidad calorífica.

Por eso como hemos indicado, para los pistones de dichos motores lentos se emplea por lo regular la fundición gris, la cual tiene un buen coeficiente de rozamiento y se dilata en la misma relación que el metal de los cilindros.

El pistón de los motores diesel está casi siempre construido (Fig. 4.13) y compuesto por la cabeza, que soporta directamente el empuje del gas, la faldilla que sirve de guía al pie de la biela y soporta el empuje lateral, el bulón, - perno pasador ó eje del pistón, que sirve de articulación entre el pistón y la biela y que atraviesa el pistón por dos orificios opuestos abiertos en la cabeza o en la falda, en los anillos o segmentos del pistón, que suelen ser dos de compresión que impiden que los gases pasen del cilindro al cárter, y el anillo rascador de aceite, que retira el exceso de aceite lubricante en la pared del cilindro y lo devuelve al cárter.

CABEZA.- Si la forma exterior del pistón es cilíndrica, la cabeza y la parte interior pueden tomar las más variadas formas que dependen del tipo de cámara de combustión, del ciclo y sig tema de refrigeración empleados.

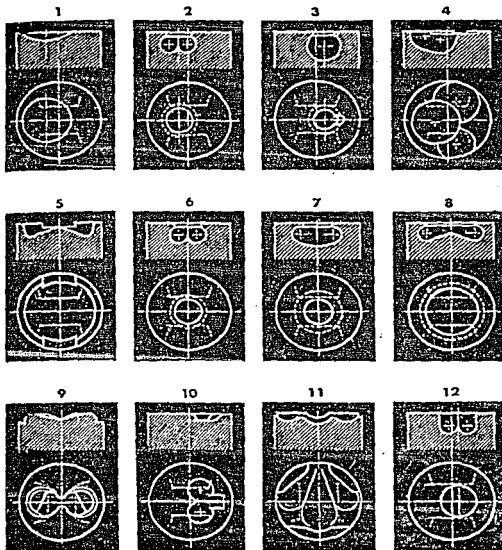
La cabeza, que junto con la culata forman la cámara de combustión, pueden ser de superficie plana, cóncava o convexa, o pueden tener también formas diversas para conducir el fluido, como en los motores de dos tiempos, o para provocar la turbulencia. Así por ejemplo el pistón siguiente tiene la cabeza provista de dos canales semi cónicos y es utilizado para perfeccionar la inyección, fig. 4.14.



FIG. 4.14.

En algunos casos los pistones tienen deflectores (salientes en la parte superior del pistón) que contribuyen, al proceso de compresión, a darle dirección conveniente al movimiento de la carga y es usado generalmente en los motores de dos tiempos.

También encontramos una diversidad en las formas que presentan las cabezas de los pistones y que dependen del tipo de cámara de combustión, fig. 4.15.



Formas características de los pistones (Documento Finquet Monopole).—Arriba: pistones con cámara hemisférica, lenticular, ómega e semi esférica, etc.—1: Caterpillar.—2: Saurer.—3: MAN.—4: Lottl.—Cámara pistones con cámara de turbulencia controlada en forma de carnos ómega. Motores de inyección directa.—5: Renault 505.—6: Renault 572.—7: Rochet Schneider.—8: Alfa Romeo.—Abajo: pistones para motores con cámara de aire y precámara.—9: BudaLenova.—10: Ricardo-Comet III.—11: Buseing.—12: Pistón para un motor AEC de inyección directa.

Ciertos fabricantes proponen que los pistones de los motores diesel estén previstos de una funda metálica incorporada a la falda durante la colada, también el de aplicar una protección superficial a la falda para facilitar el rodaje y evitar el agarramiento accidental en frío por falta de lubricación ó durante las sobrecargas pasajeras. Para este efecto se utiliza, plomo, cadmio, zinc o estaño por galvanoplastia, o bien aplicaciones de grafito o tratamientos especiales (Fosforación, parkerización etc..)

BULON

El bulón (perno, pasador o eje) fig. 4.13 sirve para articular el émbolo a la biela y es el eje con respecto al cual oscila esta última. Debe estar situado sensiblemente en el centro del pistón para evitar el efecto del basculamiento. El bulón experimenta carga térmica debido a la transmisión de calor desde la cabeza del émbolo, y al desprendimiento de calor que se produce por el rozamiento del propio bulón con el pie de la biela y con los tetones del pistón.

La estructura del bulón depende en lo fundamental del tipo de ajuste con los tetones* del émbolo y con el pie de la biela.

Atendiendo a esta particularidad los bulones pueden ser:

- 1) Fijos en los tetones del émbolo y giratorio en el pie de la biela (Fig. 4.16 a).
- 2) Fijos en el pie de la biela y giratorios en los tetones del émbolo (Fig. 4.16 b).
- 3) Giratorios libremente tanto el pie de la biela como en los tetones del émbolo "Bulones Flotantes" (Fig. 4.16 c).

* Unión del bulón con los orificios en el pistón.

En el primer caso el bulón se sujeta con tornillos, para lo que en los tetones del embolo hay unos orificios roscados y en la superficie del propio bulón orificios de retención.

Los inconvenientes de esta sujeción son el desprendimiento de la rosca del tornillo de retención, además a la flexión del bulón causada por el aumento de la longitud de su superficie de contacto con el pie de la biela. Por esto no se utiliza este tipo de sujeción.

En el segundo caso de sujeción del bulón se reduce considerablemente la anchura del pie de la biela, lo que conduce a una disminución de la masa de esta y de la longitud calentada del bulón y por consiguiente de su flexión.

Los bulones que más difusión han alcanzado son los de tipo flotante ya que se desgasta poco y por igual, tanto en el sentido longitudinal como circular, y son cómodos para el montaje. Además, con ellos disminuye el peligro de agarrotamiento del bulón.

El bulón se hace de forma cilíndrica hueca, y debe cumplir las condiciones siguientes:

- Poca masa.
- Mínima deformación durante el trabajo.
- Buena resistencia a las cargas de choque.
- Y gran resistencia al desgaste y a las cargas variables.

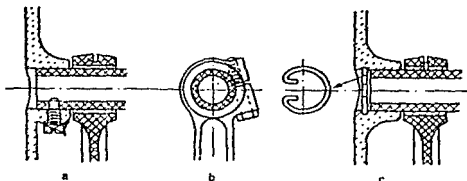


Fig. 4.16 Montaje del bulón.

FALDA 6 FALDILLA.

La faldilla que sirve de guía al pié de la biela y soporta el empuje lateral de pistón constituye una parte muy importante, - Fig. 4.13

Las paredes de la falda tienen a lo largo, un espesor constante, que puede disminuir en la parte inferior del pistón. Y para disminuir la transmisión de calor desde la cabeza del pistón a su falda se hace algunas veces un corte en redondo entre estas dos partes. El perfil y las diferentes posiciones evitan el agarrotamiento del pistón y permiten obtener una superficie de apoyo lo mayor posible a fin de disminuir la presión de contacto favoreciendo la transmisión térmica.

Para reducir el mínimo de holgura entre el pistón y el cilindro (Holgura necesaria para permitir la dilatación debida al calor) y eliminar golpes molestos, se da una elasticidad tanto a la faldilla como al cilindro eliminando la posibilidad de sobre esfuerzo y obteniendo una buena adaptación entre las superficies, como por ejemplo, una cierta ovalización concidada de la faldilla, tales que, en caliente (condiciones normales de funcionamiento) el pistón resulte cilíndrico después de la dilatación. Con este objeto se usan algunas veces pistones bimetálicos; la falda en éstos casos - esta dividida en dos mitades que se unan a la cabeza en la parte correspondiente al orificio del bulón, mediante láminas de acero al níquel (llamado Invar)(*) que tiene bajo coeficiente de dilatación.

(*) El metal Invar es una aleación que contiene un 30% de Ni; y un 64% de Fe; su coeficiente de dilatación es 10 veces menor que el de las aleaciones ligeras.

ANILLOS (AROS O SEGMENTOS) DEL PISTÓN

Los anillos del pistón evitan que los gases de la Cámara lleguen al cárter del motor, asegurando la hermeticidad del espacio sobre el pistón y las paredes del cilindro. Además los anillos del pistón quitan a las paredes del cilindro una gran parte de calor que recibe el fondo del pistón, e impiden la penetración del aceite del cárter a la cámara de combustión.

Por lo tanto las funciones principales de los anillos son:

- 1.- Mantener la presión en la Cámara de Combustión.
- 2.- Impedir el paso de aceite del cárter a la Cámara de Combustión.
- 3.- Controlar la lubricación entre pistón y cilindro.
- 4.- Controlar la temperatura tanto en las paredes del cilindro como en el fondo del pistón.

Los anillos se pueden utilizar por la función que desempeñen en dos grupos que son: anillos de compresión y anillos colectores o raocadores de aceite. Los anillos trabajan en condiciones duras, realizando un movimiento de vaivén con gran carga, considerable velocidad de desplazamiento y alta temperatura. Esto da como consecuencia la mayoría de los defectos en el funcionamiento del grupo del pistón y los anillos.

Las condiciones de funcionamiento de los anillos - empeoran bruscamente cuando vibran y los gases penetran en el cárter del motor, lo que ocurre en el caso en que los segmentos pierden elasticidad debido al desgaste -- grande y desigual de ellos mismos, del cilindro y de las ranuras. En estas condiciones se eleva mucho la temperatura de los segmentos, se cubren de carbonilla, aumenta el consumo de aceite, empeoran las propiedades mecánicas del metal de que están hechos y crece su desgaste.

Los factores que contribuyen al desgaste de los anillos son:

- 1.- Cuerpos extraños y abrasivos.
- 2.- Límite impuesto por el estudio del motor y su fabricación.
- 3.- Lubricación defectuosa.
- 4.- Sobrecarga del motor.
- 5.- Paso de los gases en el cárter.

Se ha demostrado que el 40% de materias extrañas que se hallan en los depósitos carbonosos sobre las paredes del cilindro, provienen de aire aspirado.

No hay otra solución para evitar el desgaste provocado por el polvo que el filtro de aire, separador mecánico, depuradores u otros aparatos que evitan al polvo entrar en los cilindros.

La lubricación insuficiente de las paredes del cilindro es uno de los factores más importantes para el desgaste de los segmentos y de los mismos cilindros, de ahí la importancia que hay que prestar al sistema de lubricación en el estudio de un motor a fin de asegurar una lubricación normal.

Es indiscutible que el paso del gas constituye una de las causas del desgaste anormal de pistones y cilindros.

Después de la inflamación de la carga, los gases calientes de la expansión ejercen su presión sobre la cabeza del pistón y sobre los aros de la cabeza. Si este gas puede introducirse entre la superficie del aro y la pared del cilindro, destruye la delgada película lubricante que separa las dos superficies y el contacto que resulte permite a los gases calientes quemar dichas superficies.

Sabemos que los aros no son otra cosa que anillos alojados en las ranuras del pistón, pero estos anillos están cortados en tal forma de poder actuar como resorte.

Sin embargo, tal corte o abertura del aro resulta siempre en contra de la hermeticidad, porque como hemos visto, los gases pueden fugarse a través de sus cortes.

Los anillos pueden tener sección rectangular, trapezoidal y de las mas diversas formas¹, fig. 4.17.

En los motores a dos tiempos con lumbreras o en aquellos donde el aro posee dimensiones y pesos notables y por consiguiente puede oscilar y girar bajo la acción combinada de las fuerzas que se ejercitan sobre él², se inmovilizan los aros en la posición conveniente, evitando que giren, con el empleo de pequeños esparragos.

La fig. 4.18 nos da el ejemplo de la manera en que se pueden emplear los dispositivos de fijación pero en todo caso nunca el esparrago debe influir sobre la libertad de cierre del aro, es decir, que el diámetro de esparrago debe permitir que el aro cierre completamente su corte.

Los segmentos rascadores de aceite sirven para regular el suministro de aceite a la superficie lateral del pistón y a los segmentos compresores, y para quitar de las paredes del cilindro el aceite sobrante y hacerlo volver al cárter del motor, para que no entre en la cámara de combustión.

La fig. 4.19 muestra los anillos rascadores de aceite cuya claridad en su funcionamiento evita toda explicación.

El material para fabricar los segmentos del émbolo debe ser resistente al desgaste, maquinable, poseer alta solidez y elasticidad a las temperaturas de trabajo y desgastar lo menos posible la superficie del cilindro, el material que mejor satisface estas condiciones es el hierro fundido.

Un hierro fundido para aros es, casi siempre, una aleación de hierro carbón, silicio, manganeso, fosforo, azufre y eventualmente cromo níquel y molibdeno; es decir un compuesto de 6 o más elementos.

¹ En grandes motores se emplean diversos sistemas de cierre llamados de laberinto que es un sistema de cavidades que se comunican entre sí por medio de rendijas estrechas (Cortes de los Aros).

² Presión de los gases, inercia de las masas en movimiento, reacción de la biela.

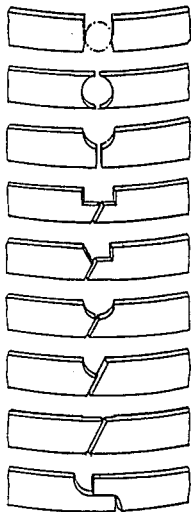


FIG. 4.18

Corte derecho o en escuadra

Corte oblicuo

Corte en "Z"

Corte en "Z" asimétrica, hacia la parte superior

Corte en "Z" asimétrica, hacia la parte inferior

Segmento doble corte oblicuo para compresor

Segmento en dos piezas para compresor

Segmento en tres piezas para compresor

Corte interior

Corte interior invertida

Caja junta en dos piezas

Caja junta en dos piezas invertida

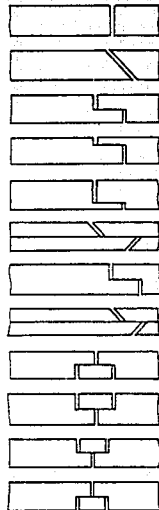


FIG. 4.17

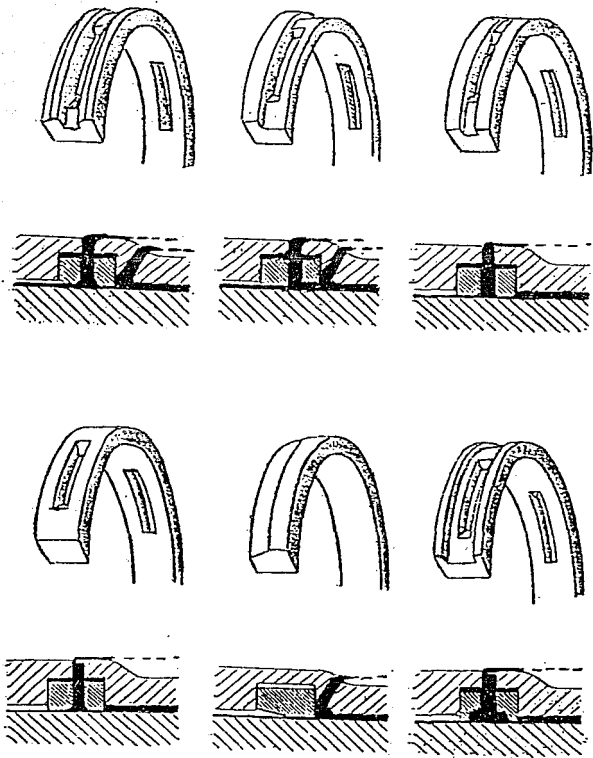


FIG. 4.19

4.7 Vástago del Embolo.

Los motores Diesel lentos son los únicos motores de combustión interna que se construyen generalmente de doble efecto.

En estos motores el cilindro está provisto de dos Cámaras de Combustión, una en cada extremidad; la presión de combustión actúa alternativamente sobre las dos caras opuestas del pistón y los ciclos se desarrollan en las dos Cámaras de Combustión, Fig. 4.20

El cilindro por su parte inferior, lleva una culata con un orificio provisto de un sistema de empaquetado, para el paso del vástago del pistón.

El pistón está unido a un vástago que lleva por su otra extremidad la cruceta a la que está articulada la biela. Este sistema es empleado también en los motores de simple efecto (*), especialmente en aquellos de dimensiones muy grandes.

Los motores de doble efecto son construídos casi exclusivamente de 2 tiempos porque presentan la ventaja de una menor complicación-constructiva; en efecto, se evita así el problema de colocar en la culata inferior las válvulas y sus respectivos accionamientos. En estos motores el vástago es indispensable para poder realizar el ciclo en la Cámara de Combustión inferior.

Al material del vástago, se le exigen buenas propiedades de deslizamiento ya que han de pasar por los aros y se debe desgastar poco. El vástago está sujeto en el motor de dos tiempos y doble efecto, a la acción periódica de los gases de la combustión, en su parte superior.

Además, existe el peligro de corrosiones cuando se refrigera el émbolo con agua. Para evitar, por lo menos parcialmente el tener que cumplir éstas condiciones con el material del vástago, se han creado modelos de vástagos en los cuales éste se halla rodeado de un tubo protector.

(*) El vástago en los motores de simple efecto está constituido por una barra cilíndrica en acero forjado en cuya extremidad superior tiene un platillo para su acoplamiento con la cabeza del pistón y en su parte inferior, está unido a la cruceta.

Sin embargo, con una elección cuidadosa del material y esfuerzos específicos reducidos, se pueden cumplir todas las condiciones que se le impongan, sin necesidad de recurrir a un tubo protector que lo cubra.

La construcción normal del vástago tiene su extremo superior una brida, para unir las partes superior e inferior del émbolo. - En el extremo inferior, el vástago apoya con una superficie cónica, en la cruceta y atraviesa esta adelgazado.

El extremo inferior del vástago lleva una rosca con la cual se atornilla el vástago a la cruceta. El vástago es hueco a fin de - permitir la entrada y la salida del líquido refrigerante del émbolo. Con el fin de separar el líquido que entra con el que sale, se coloca un tubo en el interior del hueco del vástago. Por el tubo interior circula el líquido que sale, con refrigeración por agua es recomendable colocar en el hueco del vástago un tubo de acero inoxidable a fin de evitar las corrosiones.

Como material para el vástago del émbolo, se utiliza el acero - de una resistencia de 50 a 60 kg/cm² (*). La mayor resistencia de los aceros aleados invita a hacer uso de ellos.

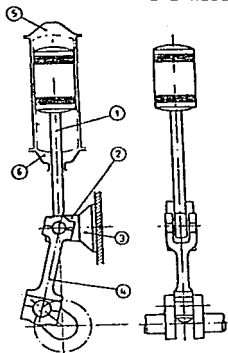


FIG. 4.20 Biela con cruceta.

1. Vástago — 2. Cruceta. — 3. Pistón — 4. Biela. — 5. Cámara superior. — 6. Cámara inferior.

(*) Acero Siemens-Martín.

4.8 Biela

La biela es el organó y el eje del cigüeñal y transforma el movimiento alternativo del émbolo en movimiento de rotación del cigüeñal. (En los motores con cruceta la biela va unida en su parte superior a la cruceta y al vástago que une al pistón, como se ha visto anteriormente).

La biela esta compuesta de tres partes principales:

- a) El pie
- b) El cuerpo
- c) La cabeza.

El pie de la biela depende de el tipo sujeción del bulón* y puede ser entero o cortado, el pie de la biela que abraza al bulón generalmente es entero.

Cuando el bulón es flotante, el pie de la biela está provisto de un cojinete de bronce montado a presión, su lubricación se obtiene por medio de aceite proyectado por la manivela, a travez de un orificio por medio del aceite proyectado por la manivela, a travez de un orificio practicado en el pie de la biela, tambien se realiza con el aceite que chupa a travez de las holguras de las caras laterales ayudado por el bulón, o bien por medio de aceite bajo presión que procede del eje motor a travez del cojinete de las cabezas y un tubo delgado o un largo orificio en el cuerpo de la biela.

Por su parte, el cuerpo de la biela tiene en toda su longitud un canal por el cual pasa el aceite que lubrice a presión, el pie de la biela. Para dar rigidez, al mismo tiempo que ligereza, a la biela, su sección es en forma de I, H, de doble T o incluso tubular para lograr mayor ligereza.

* Aquí nos referimos unicamente a bulones flotantes por ser los mas usuales e importantes y que generalmente son enteros.

La cabeza de la biela se hace generalmente desmontable, únicamente cuando se utilizan cojinetes de rodillos las cabezas se hacen enterizas.

Pero éstas últimas no han logrado mucha difusión debido a que su masa y dimensiones exteriores son mayores y requieren cigüeñales desmontables.

La cabeza de la biela que abraza al perno de la manivela del eje esta constituida por dos partes:

- 1.- Por una parte desmontable que es el sombrerete o tapa.
- 2.- Por los semicojinetes formando articulación sobre la muñequilla del cigüeñal.

La cabeza de la biela puede tener la unión recta u oblicua, siendo adaptada esta última entre otras razones, para disminuir el tamaño de la cabeza y permitir su paso por el interior del cilindro, consiguiéndose así que se pueda desmontar el conjunto biela-pistón, desde la parte alta del cilindro.

En el orificio de la cabeza de la biela esta el cojinete dividido en dos mitades llamadas casquillos, uno aplicado a la biela y otro al sombrerete, la figura 4.21 complementa lo dicho anteriormente.

El material comunmente usado en la fabricación de las bielas son el acero de molibdeno, níquel - cromo - molibdeno y en algunas ocasiones acero al carbón, acero forjado, tambien es posible fabricar bielas con fundición nodular o esferoidal.

Conjunto de las piezas
de pistón, biela y cojinete (motor
MWM para tractor agrícola)

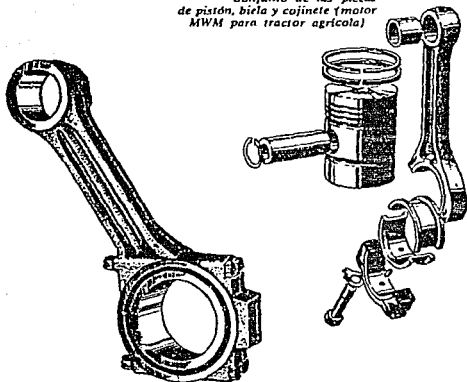


FIG. 4.21 Biela de motor de gran potencia (Rus-
ton 1800 CV). Peso de la biela, 165 kg

4.9 Cigüeñal

El cigüeñal es una de las piezas de mayor importancia de un motor Diesel. y se ha de dimensionar de tal modo que presente una seguridad máxima.

El cigüeñal percibe las cargas periódicas de las fuerzas - de los gases y las de inercia de las masas en movimiento alternativo. así como de las de rotación del mecanismo biela-manivela. Durante el funcionamiento del motor el cigüeñal transmite el momento de torsión a la transmisión del vehículo y a diversos grupos de mecanismos auxiliares.

La estructura del cigüeñal deberá satisfacer las siguientes condiciones:

- 1.- Estar equilibrada estáticamente y dinámicamente.
- 2.- Ser muy resistente y segura.
- 3.- Tener poca masa.
- 4.- Ser simple y de gran rigidez.
- 5.- Carecer de resonancia a las vibraciones torcionales y de flexión.
- 6.- Estar fabricada con alta precisión. sobre todo en los muñones de biela y de apoyo.
- 7.- Tener formas aerodinámicas.
- 8.- Descargar los cojinetes de apoyo de las fuerzas y momentos centrífugos.

La estructura y dimensiones del cigüeñal dependen del número y disposición de los cilindros del número de muñones de apoyo y de bielas.

Los cigüeñales pueden ser de una sola pieza o compuestos. - los últimos se utilizan cuando se emplean cojinetes de rodadura en las bielas y en los apoyos.

La longitud del codo o manivela. así como la dimensión de - sus componentes principales. dependen de la distancia mínima entre los ejes de dos cilindros contiguos.

En los motores diesel rápidos y en algunos motores de carburador. el número de cojinetes de apoyo. es igual al número de - codos más uno.

En los motores pequeños hasta de un diámetro de unos 220 mm. de cilindro. lo cual corresponde a un diámetro del cigüeñal de unos 150 mm., se emplea como materiales para el cigüeñal, acero aleado, en cuyas composiciones pueden entrar en proporciones variables el níquel, el cromo, el molibdeno y otros componentes como el magnesio y el silicio.

Para diámetros mayores del cigüeñal, se emplea generalmente el acero Siemens-Martin(*) usados en los motores Diesel marinos y en instalaciones fijas.

Para los motores sin cruceta, por regla general, el cigüeñal se forja de una sola pieza en cuyas composiciones pueden entrar en proporciones variables, los mismos elementos mencionados anteriormente.

Los cigüeñales de acero forjado se someten a recocido o normalizado para eliminar las tensiones internas y disminuir la dureza. después de esto, los cigüeñales se vuelven a tratar térmicamente (templado y revenido), antes de rectificarlos, esto mejora sus propiedades mecánicas y eleva la dureza superficial de los muñones. Por lo general, en los motores grandes los cigüeñales ya no se forjan para estas dimensiones, los cigüeñales resultan demasiado caros y ante todo, es difícil forjar un bloque de tales dimensiones.

(*) El acero se produce en tres tipos diferentes de plantas llamadas: Siemens-Martin, Convertidor Bessemer y en hornos eléctricos.

El sistema Siemens-Martin se llamó así desde que Frederick Siemens inventó el horno y los metalurgistas franceses, hermanos Martin, inventaron en 1865 el proceso de arrabio y escoria. En este proceso se usa el arrabio que es el hierro de primera fusión y la escoria que es el óxido que salta del hierro candente. Un horno Siemens-Martin, consiste en el espacio de fundido o crisol, cuenta con un par de regeneradores en cada extremo (uno para el gas y otro para el aire) válvulas inversoras para gas y para aire, con los tubos necesarios para que pueda salir el humo.

Se construyen normalmente para 10 tons, pero puede haber hasta de 400 tons, al igual que hasta de 10 tons. Los elementos como el carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, juegan un papel importante en la fabricación de acero por medio del proceso Siemens-Martin.

El cigüeñal de la fig. 4.22 consta de los siguientes elementos: extremo delantero, muñones de biela, muñones de apoyo, contra pesos y extremo trasero, en el cual está colocada la brida para sujetar el volante de inercia.

Extremo delantero del cigüeñal: Esta parte del cigüeñal tiene forma escalonada para poder montar en él la polea de accionamiento del ventilador, el dispositivo deflector de aceite, el piñón de distribución y el amortiguador de las vibraciones torcionales (en el extremo delantero del cigüeñal se suele colocar un disco metálico, provisto de un anillo de goma, de acción amortiguadora). Todos los dispositivos y piezas que se montan en el extremo delantero del cigüeñal se aprietan con tornillos que se colocan en la parte frontal del cigüeñal.

Muñones de biela del Cigüeñal. Por lo general, los muñones de biela son de menor diámetro que los muñones de apoyo, ya que al aumentar el diámetro del muñón de biela aumenta la cabeza de este. Si se disminuye la longitud del muñón de biela aumenta la carga específica, con lo que empeoran las condiciones en que trabaja la película de aceite. Para disminuir la masa de los muñones de biela, es frecuente taladrarlos.

La lubricación de los muñones de biela viene de los muñones de apoyo por unos conductos taladrados en el cigüeñal o por unos tubos embutidos, en el caso de muñones huecos.

Muñones de apoyo del Cigüeñal. Para fijar el cigüeñal contra los desplazamientos axiales, sirve uno de los muñones extremos o el de enmedio. En algunos motores, estos cojinetes se colocan por el lado del mecanismo de distribución de los gases o junto al cojinete de apoyo de enmedio. Si el accionamiento es por cadena, es preferible colocar el cojinete de empuje por la parte del extremo delantero del cigüeñal, ya que si la cadena se ladea empeora sus condiciones de trabajo.

El aceite para lubricar los muñones de apoyo se suministra desde la conducción general, situada en el bloque, por medio de unos conductos que hay en las paredes de la parte superior del cárter por el lado menos cargado del medio casquillo (Semicasquillo).

DISPOSICION DE LOS CODOS DEL CIGUEÑAL

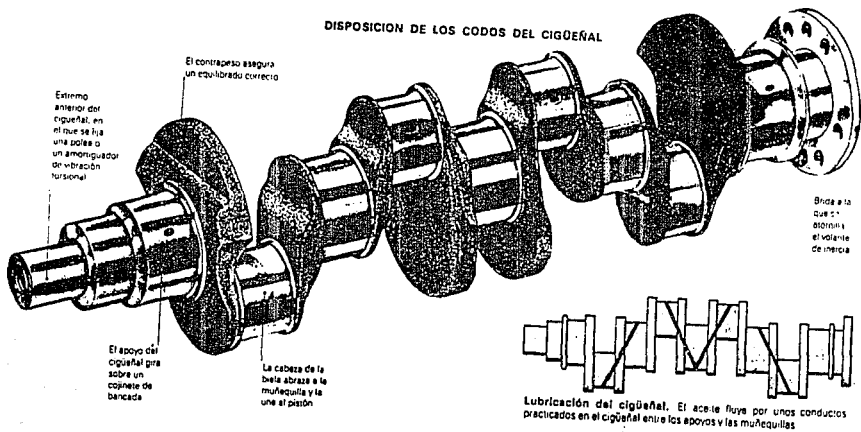


Fig. 4.22

Contra-Pesos. Sirven para descargar los cojinetes de apoyo de las fuerzas centrífugas y de los momentos que estas fuerzas producen. Las primeras se deben a las masas desequilibradas del cigüeñal. Para que la masa de los contra-pesos sea menor, deben construirse de manera que su centro de gravedad se encuentre a mayor distancia posible del eje del cigüeñal.

La masa de los contra-pesos constituye el 70 - 80 % de la masa total de las partes giratorias.

Extremo trasero del Cigüeñal. Este tiene generalmente una brida para colocar el volante de inercia.

El extremo trasero del cigüeñal se empaqueta por medio de unos anillos deflectores, junto con otros de tela hecha de lana o de goma, y de un filete (rasca de tuerca o de tornillo) helicoidal en el árbol y de sentido contrario al de rotación del cigüeñal.

Cojinetes del Cigüeñal o de Apoyo. Estos cojinetes se emplean para reducir la fricción y como soporte de todas las partes giratorias del motor (Fig. 4.23).

Los cojinetes suelen ser de dos tipos:

- a) **Lisos.**- En los que la parte móvil gira sobre un casquillo del que se encuentra separado por una fina película de aceite o grasa.
- b) **Rodamientos.**- En los que la carga descansa sobre unas bolas o rodillos.

Semicojinetes o Semicasquillos. Los cojinetes formados por dos semicasquillos para facilitar su montaje se conocen con el nombre de semicojinetes. Se utilizan en los apoyos del cigüeñal, sobre la bancada y en las bielas.

Cojinetes Cilíndricos. Los cojinetes lisos, constituidos por un cilindro de una pieza, reciben el nombre de cojinetes o casquillos cilíndricos. Se usan para los balancines y los pies de biela. Los casquillos más simples pueden estar totalmente compuestos del mismo material, casi siempre de bronce. El casquillo en

TIPOS DE COJINETES DEL MOTOR

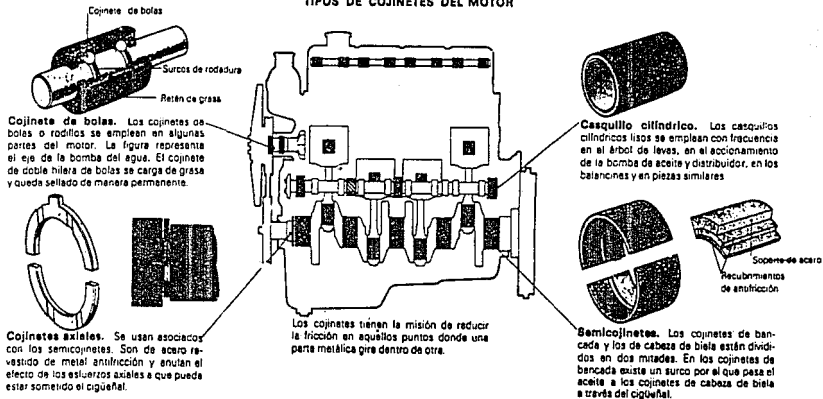


Fig. 4.23

tra a presión a su alojamiento de forma que su taladro de engrase coincida con el previsto para la misma función en el alojamiento.

Rodamientos:

Los cojinetes de bolas y rodillos son los que mejor evitan - la fricción, aunque también son los más caros; se emplean en los órganos auxiliares del motor, como la bomba de agua y el generador, así como en los sistemas de accionamiento del árbol de levas.

Los semicojinetes se fijan en sus soportes por medio de pasadores:

- Pasador Cilíndrico y Agujero Cilíndrico, para el medio - cojinete superior.
- Pasador Cilíndrico y Agujero Oval, que permite un desplazamiento angular en el semicojinete inferior a fin de - evitar todo esfuerzo en el semicasquillo del sombrerete.

Los semicojinetes tienen orificios para la entrada del aceite y a veces una garganta en su pared externa, así como otras ranuras adecuadas para el paso de aceite para asegurar una buena - lubricación del cojinete.

Volante:

El volante se sujeta a la brida del cigüeñal con tornillos. Los orificios para estos se disponen asimétricamente con lo que se logra que el volante se monte en una posición determinada.

Actualmente, se ejecutan la mayoría de los volantes en forma de plato. En máquinas pequeñas y medianas se emplean volantes - enteros, pero en grandes motores se construyen en dos mitades, unidas según el diámetro. Además, la división en dos mitades facilita el torneado de agujero del núcleo, durante el montaje, para unir las dos mitades hay que apretar bien los pernos dedicados a tal fin, y el eje queda fuertemente abrazado por el volante, - con el cual, la adherencia entre las dos piezas basta para resistir la tendencia al desplazamiento entre ambos.

El plato del volante suele llevar algunos agujeros repartidos uniformemente en un círculo, sirviendo para aligerar esta - parte que hace escaso efecto regulador, y también para embragar

la pieza durante los montajes, además porque se puede conseguir un buen balance estático sin aditamentos de contrapesos postizos.

El papel del volante es absorber una cierta cantidad de trabajo durante el período en que el par motor es mayor que el par resistente y ceder la misma cantidad en aquellos momentos que el par resistente predomina sobre el par motor.

El material empleado es el hierro fundido ordinario para la construcción del volante.

4.10 LA DISTRIBUCION

El mecanismo de distribución de los gases sirve para regular la admisión de aire en los cilindros del motor y el escape de los cilindros, de los gases quemados (en el motor de gasolina regula la admisión de la mezcla aire-combustible). El mecanismo de distribución de un motor diesel es idéntica al de gasolina, salvo algunas excepciones muy particulares.

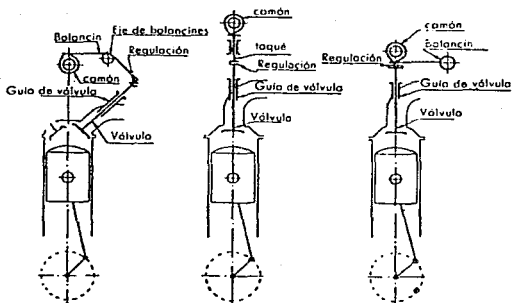
En la mayoría de los motores los mecanismos de distribución que más se utilizan son los de válvulas, y se pueden clasificar en tres grupos.

- 1) Con las válvulas situadas en la culata de los cilindros o de "válvulas de cabeza o culata".
- 2) Cuando las válvulas están dispuestas en sentido lateral al cilindro, o sea colocadas en el bloque de cilindros y se les llama "válvulas laterales".
- 3) Con las válvulas dispuestas en la culata y en el bloque de cilindros "Disposición Mixta de las Válvulas".

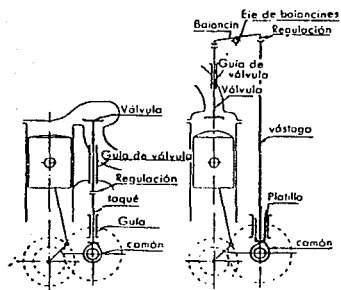
Las válvulas en cabeza se utilizan tanto en los motores diesel como en los de gasolina. En este caso la cámara de combus--tión resulta más compacta, con un área de enfriamiento relativamente pequeña, lo que contribuye a disminuir las pérdidas de calor en el sistema de refrigeración, aumentar el rendimiento indicado del motor y a reducir el peligro de que se produzca una detonación.

Las válvulas en cabeza representan la complicación de su --accionamiento y el aumento de la altura de la culata de los cilindros. En los motores diesel la mayoría lleva este tipo de --disposición (Fig. 4.24).

La disposición de válvulas laterales sólo se adopta en motores que tienen una baja relación de compresión, es decir, con --cámara de combustión relativamente grande.



Válvulas en culata con eje de camones en culata



Válvulas laterales y válvulas en cabeza con eje de camones lateral

FIG. 4.24. Esquema de Distribucion

4.10.1 VALVULAS

Las válvulas funcionan en condiciones duras, sometidas a la acción de las altas temperaturas, presión de los gases, fuerzas elásticas de los muelles y fuerzas de inercia de las piezas de transmisión. El período más duro del funcionamiento de las válvulas es el de escape de los gases quemados.

Las válvulas de aspiración y escape son órganos propios del sistema de cuatro tiempos, ya que, para la realización del ciclo de dos tiempos, la válvula de escape queda sustituida por las lumbreras laterales y la válvula de aspiración queda reemplazada, bien por las lumbreras de barrido, o bien por las válvulas de barrido.

El vástago y el plato, que son las partes principales de que consta la válvula suelen ser, en motores pequeños, de una pieza, pero en general son construidos por separado y unidos - mediante rosca o fundiendo el plato sobre la extremidad del vástago. El vástago termina por arriba en una sección cuadrada para poderlo girar cuando se desea esmerilar el plato contra su asiento.

Las válvulas de aspiración son, en todos sus detalles idénticas a las de escape, excepto en lo referente a su refrigeración. El aire frío aspirado por ellas pasa tocando el cuerpo, (vástago y plato) y sirve como excelente refrigerador, manteniendo una moderada temperatura en la válvula. La válvula debe estar en condiciones de poder transmitir al aire o al agua de refrigeración el calor que recibe; la disipación del calor tiene lugar a través del conducto entre el vástago y su guía y entre el plato y su asiento.

El mecanismo de distribución consta de las piezas siguientes:

- Las válvulas, (con sus casquillos guías y sus asientos)
- El mecanismo de transmisión o de mando.
- El árbol de levas.
- Los Taques.
- Y los empujadores y balancines.

Recordamos que para cada tipo de accionamiento existe un régimen crítico para el cual se verifican inconvenientes tales como, ruidos, trepidaciones, disturbios en las válvulas y también la rotura de algunas partes.

Como consecuencia de la elevada potencia específica, los órganos de la distribución están sujetos a un duro trabajo, que solo pueden soportar si los materiales empleados para su construcción son elegidos adecuadamente.

Distribución de las Válvulas. La disposición de las válvulas en el cilindro del motor puede estar formada por una o dos filas a lo largo del bloque de cilindros, como se muestra en - la figura 4.25 .

Si se dispone en una fila (Fig. "a") la sucesión de las válvulas de admisión y de escape puede ser de diferentes tipos: la disposición por parejas de las válvulas que desempeñan funciones análogas, las cuales dan la posibilidad de disminuir el número de conductos en el bloque de cilindros y de simplificar la forma de los múltiples de admisión y escape, pero en este caso aumenta el desgaste desigual de los cilindros en su circunferencia; por esto en la actualidad se utiliza la disposición mixta de las válvulas, en la cual se hallan juntas tanto las válvulas que desempeñan igual función en cilindros vecinos como las que realizan funciones distintas. Los conductos inmediatos de las válvulas de admisión se unifican, mientras que los conductos contiguos de los de escape se hacen independientes, para que se refrigieren mejor las válvulas.

En los motores diesel, los múltiples de admisión y escape se colocan frecuentemente a ambos lados de la culata de los cilindros. De esta manera disminuye el calentamiento del aire que va a los cilindros y se eleva el coeficiente de llenado.

En los motores de carburador ambos múltiples se colocan generalmente a un mismo lado de la culata de los cilindros, con lo que se logra calentar el múltiple de admisión para conseguir la vaporización más intensa, y mejorar así la distribución de la mezcla que va desde el carburador a los cilindros del motor.

Si las válvulas están dispuestas en dos filas (Fig. "b") las válvulas de admisión se colocan en una fila y las de escape en otra, y los múltiples correspondientes se ponen en ambos lados de la culata de los cilindros. La utilización de las válvulas inclinadas con respecto al eje de cilindros permite aumentar las dimensiones de aquellas y simplificar la forma del conducto y de la culata de los cilindros. En los motores diesel esta disposición no es adecuada debido a la dificultad de la colocación del inyector en el cilindro y el acceso a él.

El empleo de cuatro válvulas por cilindro (Fig. 4.25 c y d) tiene por objeto aumentar el área de las secciones de paso y disminuir las dimensiones de las válvulas. Haciendo esto se aumenta la rigidez considerablemente de las válvulas y se refrigeran mejor. Las válvulas de igual función pueden estar en filas distintas (Fig. 4.25.c) o en una sola fila (Fig. 4.25.d).

Cuando las válvulas de igual función se encuentran en filas distintas disminuye el número de conductos de la culata de los cilindros y ambos múltiples se pueden colocar en un mismo lado. Pero este caso aumenta la tensión térmica de la válvula de escape que se encuentra al lado del múltiple, ya que su vástago lo conforman los gases quemados de la válvula inmediata. Por esto es más frecuente disponer las válvulas de igual función en distintas filas.

En este caso la válvula se acciona por medio de un árbol de levas superior, con ayuda de travesaños que abren al mismo tiempo las dos válvulas de igual función o de árboles de levas superiores colocados sobre las válvulas.

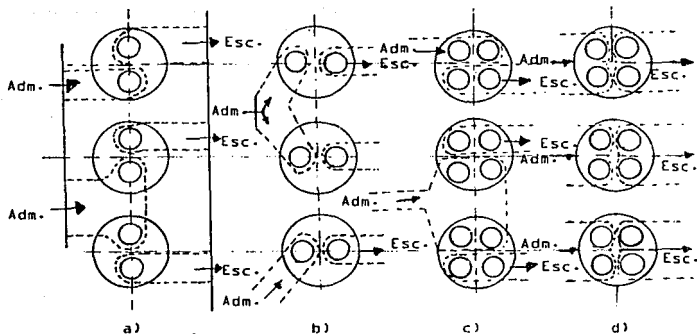


FIG.4.25 ESQUEMA DE LA DISPOSICION DE LAS VALVULAS EN CABEZA.

El accionamiento de las válvulas en los motores diesel se realiza casi siempre por camones o levas. El desplazamiento completo o recorrido total que efectúa la válvula desde su posición de cierre hasta la abertura, durante la primera fase de su movimiento alternante, se denomina alzada, la cual se logra a su debido tiempo por medio de un camón que gira arrastrado por el eje del motor. El camón transmite el movimiento alterno a la válvula casi siempre por medio de órganos intermedios que, en el caso más simple se reduce a un taque, esto es, a un empujador interpuesto entre el camón y la válvula.

La cabeza de la válvula forma parte de la superficie de la cámara de combustión. La forma de la cabeza determina la solidez de superficie de trabajo, su rigidez, masa y propiedad. La cabeza puede ser plana o en forma de platillo (fig. "a") en forma de tulipán (fig. "b") y convexa (fig. "c").

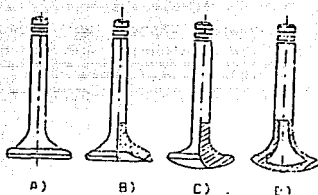


Fig. 4.26 CABEZAS DE VALVULAS

Para que las válvulas de escape se calienten menos, se aumenta el diámetro de su vástago, se alarga el casquillo guía y se hace hueca la válvula, llenándose la cavidad interna de la cabeza con un 50-60% de sodio metálico figura 4.26 D.

Las válvulas de los motores diesel están, aparte de ciertas excepciones dispuestas verticalmente (a causa de la forma plana de la cámara de combustión) en dos, tres o cuatro por cilindro, accionados por empujadores o varillas y balancines, o bien, directamente (árbol de levas en cabeza) figura 4.27.

Por otra parte, las válvulas pueden estar equipadas con dispositivos de rotación que presentan varias ventajas. Evitan la corrosión y acumulación de carbonilla y facilitan el intercambio de calor entre la cabeza de la válvula y el asiento, las válvulas solo difieren de las de tipo clásico cuando se trata de las de admisión, que llevan un deflector para favorecer la turbulencia del aire aspirado. Fig. 4.28.

Las válvulas de escape tienen siempre los asientos de acero de gran resistencia. Las válvulas llevan, generalmente, la superficie del asiento recargada con estelitas, que es una aleación de acero con cromo, tungsteno y carbono que se aplica por soldadura eléctrica o autogena en la cabeza de la válvula.

Las guías de la válvula pueden estar mecanizadas directamente en la culata o ser postizas; (fabricadas en fundición o bronce especial).

El vástago se construye de acero Siemens-Martín en las válvulas de aspiración y de acero al níquel o acero al cromo-níquel en las de escape. El plato de la válvula es del mismo material que los vástagos de escape, o bien de hierro fundido de grano muy fino.

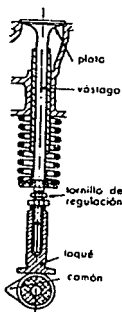


Fig. 4.27 Accionamiento de la válvula.

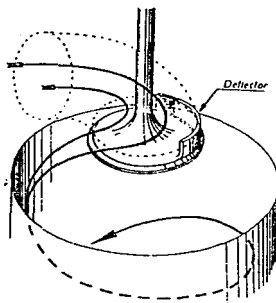


Fig. 4.28 Válvula de aspiración con el flector.

4.10.2 MECANISMO DE MANDO O TRANSMISION

El mecanismo de mando sirve para transmitir el movimiento desde el cigüeñal hasta el árbol de levas y desde él a las válvulas. La distribución se regula por los medios clásicos de piñones o de cadena para el movimiento del árbol de levas que actúa sobre las válvulas.

Mas en el Diesel siempre hay un piñón suplementario para el árbol de la bomba de inyección. Si se emplea una cadena de distribución, esta no puede aprovecharse para actuar sobre la bomba de inyección, pues la imprecisión motivada por la poca tensión de aquella, si bien es tolerable para el gobierno de las válvulas, no lo es para el de la bomba.

Con la inyección directa, el movimiento del eje de camones se consigue mediante cadena con tensor o mejor con ruedas dentadas. Esto último es preferible porque mantiene invariable la regulación y con simples marcas en dientes correspondientes no puede haber error al montarlas y después de una reparación, mientras que en la disposición, más barata, con cadena alterna la regulación tan pronto haya desgastes en sus articulaciones y la cadena alargue en consecuencia, el tensor es un órgano secundario que ha dado lugar a muy graves averías (Fig. 4.29).

El accionamiento del árbol de la distribución se efectúa desde el cigüeñal mediante engranes y por el lado del plato del motor. En los motores marinos, cuyo sentido de marcha se invierte corriendo el árbol de la distribución, se emplean ruedas de dentado recto. También en los motores fijos se emplea, en la mayoría de los casos, dicho dentado. En los motores rápidos en los cuales interesa la reducción de los ruidos producidos, se montan también ruedas dentadas helicoidales sencillas y de dientes angulares, particularmente cuando haya que transmitir una potencia relativamente grande para accionar un soplador mediante engranes.

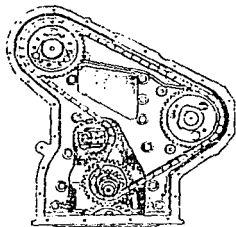


Fig. 39—Accionamiento de la distribución por cadena (motor Perkins, serie P)

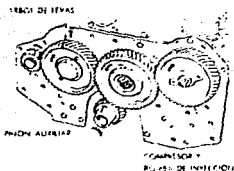


Fig. 38—Accionamiento de la distribución por piñones helicoidales (motor Leyland)

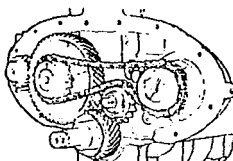


Fig. 40—Accionamiento mixto de la distribución (motor Hispania HS 102)

FIG. 4.29 TIPOS DE DISTRIBUCION

En los motores de cuatro tiempos, el árbol de la distribución gira a un número de vueltas mitad del cigüeñal; en los motores de dos tiempos con un número de vueltas igual al del cigüeñal.

Para el accionamiento de cadenas es necesario dada la longitud, la aplicación de tensores.

La figura 4.30 representa los esquemas de accionamiento por cadena de varios motores y de los sistemas usados para mantener en tensión la cadena.

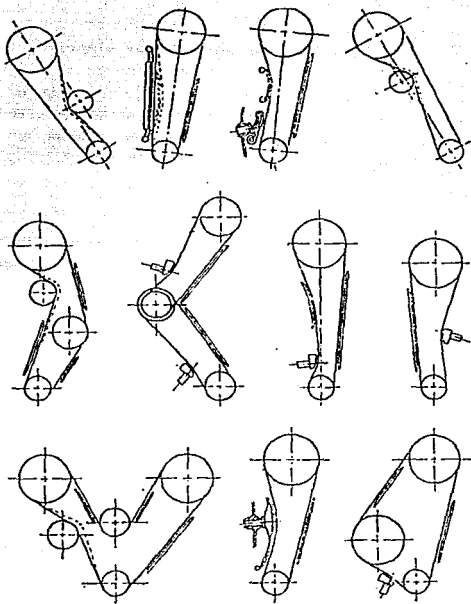


FIG. 4.30 ESQUEMA DE MANDO DE LA DISTRIBUCION USADO EN DISTINTOS MOTORES

4.10.3 ARBOL DE LEVAS

La finalidad del árbol de levas de un motor Diesel es idéntico, salvo algunas excepciones, a la de un motor de gasolina, y su accionamiento se realiza de una misma manera, por cadenas o engranes; aunque en ciertos motores diesel el mando de la distribución se encuentra del lado del volante a fin de evitar las sobrecargas sobre el cigüeñal (vibraciones torcionales).

Como en el motor de gasolina, el árbol de levas está situado en el cárter o en el bloque de cilindros y gira sobre soportes en línea, en números de tres a cinco y previstos de casquillos en -- ciertos casos. También, en algunos casos se mantiene la disposición del árbol de levas en cabeza, aunque no esté tan extendida -- como en los motores de gasolina. En las disposiciones en "V" el árbol o los árboles se sitúan en los vértices de la "V". El árbol de levas tiene que resistir el rozamiento bajo fuerte presión y también los esfuerzos de flexión y de torsión. Las funciones -- actuales permiten obtener en las piezas ciertas partes blancas -- que resisten el rozamiento y otras grises que presentan buenas -- propiedades mecánicas y se trabajan fácilmente. La dureza de las levas se obtiene por temple superficial o por enfriamiento rápido en coquillas, después de la colada.

Ciertos constructores prefieren conservar las levas postizas, montadas sobre un árbol cilíndrico (Fig. 4.31).

Es bastante raro que el árbol de levas del motor diesel accione la bomba de aceite, sin embargo, la distribución en este motor esta generalmente más cargada que la del motor de gasolina; -- pues acciona la bomba de inyección y frecuentemente también un -- compresor, una bomba de vacío o una bomba hidráulica.

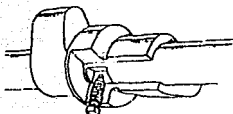


FIG. 4.31

4.10.4 TAQUES, EMPUJADORES Y BALANCINES

Los empujadores tienen las clásicas formas cilíndricas o de seta y desliza, ya sea en guías mecanizadas directamente o en bloque, o en soportes atornillados, pueden llevar rodillos o ser accionados por medio de balancines (Fig. 4.32).

Es interesante indicar que en los motores de dos tiempos, los empujadores de las válvulas de escape tienen el retorno por muelles, debido a la mayor velocidad de rotación del árbol de levas (relación 1/1) que en el motor de cuatro tiempos.

La válvula se mantiene cerrada por la acción del muelle y se abre por el empuje del camón (leva). Como la válvula ha de abrirse y cerrarse una vez por cada ciclo completo del motor, la leva tiene que efectuar una vuelta en cada ciclo, es decir, en los motores de cuatro tiempos un sólo giro cada dos vueltas del eje del cigüeñal.

Los taqués o levanta-válvulas, transmiten directamente el movimiento desde las levas del árbol de distribución de las válvulas (laterales) o a los empujadores (en los motores con válvulas en cabeza). Los taqués perciben los esfuerzos laterales que transmiten las levas, descargando de ellas a los vástagos y casquillos guías de las válvulas.

Arbol de Levas.- Este eje suele ser de acero forjado o hierro fundido, y está mecanizado y endurecido para que ofrezca la máxima resistencia al desgaste en el contorno de las levas.

En el motor de cuatro tiempos el piñón del árbol de levas debe girar a la mitad de revoluciones del cigueñal.

Piñón del cigueñal.

Balancín que abre las válvulas

Tuerca para regular el ajuste de taqués.

Muelle que cierra la válvula

Empujador que acciona el balancín.

El taqué transmite el movimiento desde la leva al empujador.

Arbol de levas

Leva

FIG. 4.32. MECANISMO CLASICO DE APERTURA DE VALVULAS CON EMPUJADORES

En el caso de balancines, esta superficie es, en la práctica, -- siempre convexa. Si las válvulas están en la cabeza, en el ta-- qué se hace un asiento esférico en el cual se apoya la cabeza, - también esférica, de la punta del empujador. En este caso, se - lubrica el taqué con el aceite que escurre por el empujador.

Cuando las válvulas se disponen en la cabeza y el árbol de levas está en el cárter, el movimiento de dicho árbol se transmite al taqué y desde él, por medio del empujador y del balancín a la -- válvula.

Los empujadores del mecanismo de distribución de los gases, de-- ben aguantar bien el pandeo. Los empujadores se hacen en forma de tubo para que su inercia sea menor. En la parte superior del empujador se coloca una varilla con cabeza o asiento esférico -- que se une al balancín; la parte inferior del empujador tiene -- forma esférica.

El balancín sirve para transmitir el esfuerzo del empujador al - vástago de la válvula. Los balancines tienen por lo regular dos brazos; uno en sus extremos se une con el empujador y el otro se apoya en la cola de la válvula. Cuando el árbol de levas está - sobre la culata, los cilindros no necesitan empujadores ni taqués (excepto algunos casos). En este caso, el movimiento del árbol de levas se transmite a las válvulas directamente.

C A P I T U L O V

SISTEMAS PRINCIPALES DE LOS MOTORES DIESEL

5.1 CAMARAS DE COMBUSTION

La cámara de combustión del motor diesel esta encargada de asegurar la liberación de las calorías del combustible para transformarlas en trabajo sobre el pistón. Esta transformación de las calorías en trabajo debe efectuarse de tal manera que el rendimiento sea bastante elevado y la potencia liberada suficiente para que el motor pueda producirse industrialmente, sin excesivas complicaciones mecánicas.

La definición de combustión puede expresarse de la manera siguiente:

"Combinación del oxígeno con un cuerpo combustible". Toda combustión necesita un combustible que arda y un comburente que active la combustión. En un motor diesel clásico, el combustible es un hidrocarburo, el gas-oil; y el comburente, el aire que contiene un 21% de oxígeno, aproximadamente. En un motor diesel el encendido y la combustión se produce en dos fases: combustión lenta de las partículas que han alcanzado primero el ambiente de aire comprimido y caliente; y luego, combustión del resto de la carga.

Diversos procedimientos científicos han permitido fotografiar el interior de una cámara de combustión, la fig. 5.1 da una idea de lo que ocurre durante la inyección.

- A. Principio de la inyección. La nube precisa el lugar en que comienza la combustión, al tiempo que se acentúa la turbulencia (la flecha indica la posición del inyector).
- B. El movimiento turbulento desplaza la combustión que se propaga rápidamente con desprendimiento de calor.
- C. Prosigue la inyección ocupando ahora la combustión la casi totalidad de la cámara; la parte negra precisa el sitio en el que se mezcla aún el combustible en curso de inyección. El aire y los vapores del combustible están aún sometidos a gran turbulencia.

- D. Llegamos al fin de la inyección; la turbulencia continúa la combustión se propaga y la luminosidad aumenta.
- E. La luminosidad continúa aumentando; la parte no iluminada - (la que aparece en negro en la fotografía) indica el volumen residual de combustible todavía no consumido completamente.



Fig. 5.1 Fases principales de la inyección y la combustión en un Motor Diesel.

La fotografía "A" está tomada 13^o antes del PMS y la "E" 20^o después del PMS. La combustión debe en efecto, ser completa y - eficaz, y tiene que ser soportada por los órganos mecánicos del motor.

Debe ser completa, no sólo para eliminar las pérdidas correspondientes al combustible no quemado, sino principalmente para - evitar las nefastas consecuencias de los residuos. Debe ser eficaz, es decir, conducir a un buen rendimiento del motor, por razones económicas fundamentalmente, pero también por que toda caloría no transformada en trabajo aumenta las fatigas térmicas. Debe ser mecánicamente soportable, pues ha de unir presiones y - temperaturas que sean aceptables para las piezas mecánicas de la cámara y para los órganos móviles.

La condición más importante es, desde luego, la primera combustión completa, pues ésta es la que condiciona las dos siguientes: rendimiento y resistencia mecánicas. Esto es lo que ha conducido a los constructores de motores diesel a diseñar distintos tipos de cámaras de combustión, las cuales determinan las diferentes categorías y tipos de motores diesel.

El combustible puede ser inyectado y pulverizado de la siguiente manera: a) En una masa de aire sensiblemente en reposo contenida en la cámara (inyección directa sin turbulencia auxiliar). b) En una cámara de precombustión atravesada por el combustible antes de atravesar la cámara de combustión propiamente dicha. c) En una cámara de turbulencia en la que una gran parte del aire comburente se encuentra en el combustible.

Por lo tanto, pueden agruparse las cámaras de combustión en cuatro categorías clásicas de los motores Diesel:

1. Motores de inyección directa
2. Motores con cámara de precombustión
3. Motores con cámara de turbulencia
4. Motores con cámara auxiliar de reserva de aire, llamados también células de energía o cámaras de acumulación.

Las cámaras de combustión usadas en los motores diesel son numerosas; cada una tiene sus particularidades características, sus ventajas y sus inconvenientes, por lo que pueden dar buenos resultados en un campo de aplicación y malos en algún otro. Para cada tipo de motor es necesario elegir el tipo de cámara de combustión más apto a la aplicación prevista.

MOTORES DE INYECCION DIRECTA

La inyección puede tener lugar en un medio relativamente tranquilo en el momento en que se produce (inyección directa sin turbulencia), o bien en una corriente de aire creada en la cámara de combustión (inyección directa con turbulencia).

En el primer caso, como todo el trabajo de reparto del combustible, recae sobre el sistema de inyección. El inyector necesita, por lo tanto, una posición muy estudiada teniendo en cuenta que debido a su proximidad inmediata con la cámara, es difícil de refrigerar.

En el segundo caso, se genera un torbellino de aire alrededor del eje del cilindro o se provoca un desplazamiento radial en dirección de dicho eje. A veces, se aplica la combinación de ambos movimientos.

El término sin turbulencia no significa que el aire comprimido se halle en reposo, ya que por inercia las moléculas de aire poseen siempre un cierto movimiento. Sin embargo, como este no es lo suficiente para provocar una acción enérgica de "mezcla", se le considera como si efectivamente se hallara en reposo en el momento de la inyección.

La figura 5.2 muestra los esquemas de algunas cámaras de combustión directa de grandes motores lentos. El combustible se inyecta directamente en la parte superior del cilindro que funciona como cámara de combustión; el pistón es plano o con ligero perfil, como no se actúa sobre la turbulencia para obtener la mezcla del aire con el combustible, las pérdidas de calor, a través de las paredes de la cámara, son relativamente bajas y el arranque -

resulta fácil.

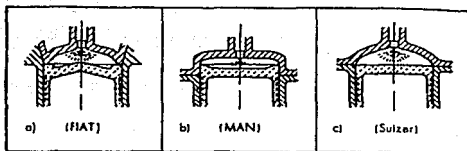


Fig. 5.2 Cámaras de Inyección directa para Motores Diesel Lentos de 2 Tiempos.

Para obtener una buena penetración y dispersión de las gotitas de combustible es necesaria una alta presión de inyección y - un inyector de varias toberas. Estos tipos de cámaras sólo son - aptas para motores lentos en los cuales la inyección transcurre - en un período de tiempo más bien largo y, por lo tanto, el retraso al encendido se hace sentir en menor medida.

En los motores rápidos es necesario reducir el tiempo de la inyección y por ello darle al aire un movimiento vertiginoso bien determinado. Este se produce por la corriente de aire que llega del conducto de aspiración conducida tangencialmente al cilindro por medio de un deflector montado en la válvula o con una forma - especial del conducto. La turbulencia es aumentada después en la cavidad labrada en el pistón que forma la cámara de combustión.

La válvula con deflector juega un papel muy importante en la turbulencia, ya que muchos tipos de motores confían a ella la mencionada acción.

Para distribuir bien el combustible y al mismo tiempo para - impedir que las gotas demasiado grandes, todavía sin quemar, lleguen a depositarse sobre las paredes relativamente cercanas, el - líquido se subdivide en varios pequeños chorros con adecuada pen

tracción; el inyector lleva por ella varias toberas que son necesariamente de pequeño diámetro. La construcción de los inyectores es por ello muy delicada. Las toberas muy pequeñas se cierran también por la deformación de depósitos carbonosos o lacas.

Se dificulta más cuando la cantidad del líquido inyectado es menor, y por lo tanto, cuando menor es el volumen del cilindro. Esta es la razón principal por la que normalmente (para diámetros de cilindros inferiores a 90 mm) se adoptan cámaras separadas de turbulencia.

Los modernos motores de 4 tiempos tienen, en su mayoría, la cámara labrada en la parte superior del pistón, sólo algunos la tienen enteramente en la culata (Fig. 5.3).

Las ventajas de la inyección directa son las siguientes:

El rendimiento térmico de un motor Diesel de inyección directa es, aproximadamente, un 10% más elevado que el de los motores con cámara de precombustión, lo que representa un menor consumo de combustible.

Los arranques son fáciles y no necesitan precalentamiento cuando el motor está frío. La potencia específica de estos motores es muy alta, lo que les confiere unas características interesantes. Desde el punto de vista de realización, la cámara de inyección directa es más fácil de construir que las de precombustión y de turbulencia. Las desventajas son las siguientes:

El avance a la inyección de este tipo de motores debe estar minuciosamente ajustado, pues son muy sensibles a él. Un avance excesivo provoca un rápido desgaste de las piezas móviles del motor.

Los motores de inyección directa son muy ruidosos (ruidos de combustión y golpeteos en el momento de acelerar).

En la inyección directa se utilizan inyectores de varios orificios, pero como estos se obstruyen fácilmente existe una tendencia a la producción de humos cuando la obstrucción alcanza un grado tal, que modifica la dirección de los chorros de inyección.

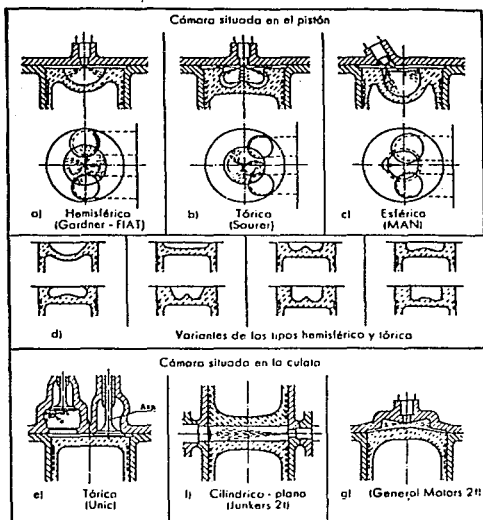


Fig. 5.3 Cámaras de Inyección Directa

MOTORES CON CAMARA DE PRECOMBUSTION

Se puede definir que un motor con cámara de precombustión es aquel que posee una pequeña cámara separada de la principal de combustión y se comunica mediante un orificio estrangulado único (venturi) o por numerosos orificios.

Esta cámara se halla situada en la parte superior del cilindro y a ella llega el combustible generalmente por la parte opuesta de donde dicha cámara se comunica con la cámara principal.

El combustible es inyectado hacia el final de la carrera de compresión por un inyector de tobera única dispuesto en la antecámara y dirigido hacia el desembocadura de ésta en la cámara de cilindros (Fig. 5.4).

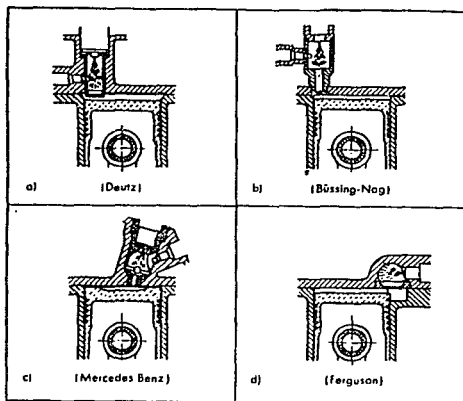


Fig. 5.4 Cámaras de Precombustión

Una parte del combustible se quema en la antecámara provocando un aumento de presión, por efecto de esta presión el combustible que todavía no se ha quemado es proyectado en la cámara principal donde encuentra el aire necesario para completar su combustión. La antecámara constituye así una especie de segundo sistema de inyección, el cual es regulado únicamente por la primera combustión desarrollada.

El motor con cámara de precombustión tiene la ventaja de no cesitar una presión de inyección menor que el tipo de inyección directa. La cámara de inyección directa tiene una presión de inyección que varía entre 200-300 Kg/cm², mientras que el motor con cámara de precombustión es suficiente una presión de 60 a 100 Kg/cm². Otra ventaja es la posibilidad de usar inyectores de tobera única alimentados por una presión relativamente baja y dispuestos en una zona térmicamente bien controlada.

Igualmente, la escasa pulverización propia de los inyectores de tobera única contribuye a hacer difícil el arranque. Para evitar este inconveniente, en la antecámara se dispone generalmente una pequeña resistencia eléctrica llamada bujía de incandescencia (Fig. 5.5) que en el momento de arranque calienta el ambiente interno.



Fig. 5.5 Bujía de Incandescencia

El motor con cámara de precombustión posee un mejor funcionamiento en vacío y una mayor elasticidad de marcha que el motor a inyección directa, debido a las condiciones enumeradas en el cuadro siguiente:

MOTOR A INYECCION DIRECTA

MOTOR CON CAMARA DE PRECOMBUSTION

- 1) Cuando se desea acelerar bruscamente el motor, es decir, obtener un cambio inmediato de régimen, estando el motor en marcha lenta, es fácil que no exista una presión suficiente sobre el combustible (para que las partículas de este pulverizador alcancen las partes más alejadas de la cámara de combustión). Resulta entonces que esta falta de penetración y distribución de combustible provoca una combustión incompleta con humos en el escape.
- 2) Debido a la alta presión de inyección y al tipo de orificios empleados en las toberas, los motores a inyección directa son más exigentes en lo que a calidad de combustible se refiere.

- 1) La cantidad de combustible quemado en la cámara de precombustión es independiente a su vez de la velocidad de régimen del motor y del grado de carga del mismo. En consecuencia, la dispersión de las partículas de combustible en la cámara de combustión principal es igualmente buena a cualquier régimen del motor.
- 2) Debido a que el proceso de combustión se halla, modificando la presión máxima de combustión reducida, los orificios de las toberas más grandes y una presión de inyección más baja, este tipo de motor es menos sensible a las características de los combustibles, y en lo que se refiere a su viscosidad las exigencias son menos severas.

MOTOR A INYECCION DIRECTA

MOTOR CON CAMARA DE PRECOMBUSTION

- 1) Cuando se desea acelerar bruscamente el motor, es decir, obtener un cambio inmediato de régimen, estando el motor en marcha lenta, es fácil que no exista una presión suficiente sobre el combustible (para que las partículas de este pulverizador alcancen las partes más alejadas de la cámara de combustión). Resulta entonces que esta falta de penetración y distribución de combustible provoca una combustión incompleta con humos en el escape.
- 2) Debido a la alta presión de inyección y el tipo de orificios empleados en las toberas, los motores a inyección directa son más exigentes en lo que a calidad de combustible se refiere.

- 1) La cantidad de combustible quemado en la cámara de precombustión es independiente a su vez de la velocidad de régimen del motor y del grado de carga del mismo. En consecuencia, la dispersión de las partículas de combustible en la cámara de combustión principal es igualmente buena a cualquier régimen del motor.
- 2) Debido a que el proceso de combustión se halla, modificando la presión máxima de combustión reducida, los orificios de las toberas más grandes y una presión de inyección más baja, este tipo de motor es menos sensible a las características de los combustibles, y en lo que se refiere a su viscosidad las exigencias son menos severas.

Las desventajas que presentan las cámaras de precombustión son las siguientes:

- 1.- La relación superficie/volumen es más grande que en los tipos de motor a inyección directa. Como consecuencia, existe una mayor pérdida por irradiación de las paredes.
- 2.- Los motores con cámara de precombustión necesitan un mayor grado de compresión que en el caso de los motores a inyección directa. Esta presión es necesaria para compensar la influencia refrigeradora de las paredes en el tiempo de compresión. Sin embargo, esta compresión puede ser menos elevada cuando el motor alcance la temperatura normal de funcionamiento, puesto que el recalentamiento de los orificios de comunicación entre ambas cámaras favorece, en lugar de disminuir, la elevación de temperaturas debido a la compresión del aire.
- 3.- La puesta en marcha del motor en frío es generalmente más difícil en los tipos de motores con cámara de precombustión que en los de inyección directa.
- 4.- La gran velocidad que adquieren los gases en su paso por los estrangulamientos (venturi) o por los orificios que comunican ambas cámaras aumenta la relación específica de la transmisión del calor, con el consiguiente aumento de dificultades de enfriamiento y materiales empleados en los órganos del motor. Sin embargo, a esta elevada temperatura de los gases hay que atribuirle una cualidad que resulta, en cierto modo, una ventaja. En efecto, dicha temperatura contribuye a impedir la adherencia continua del combustible sobre las paredes metálicas; evitando así la formación de incrustaciones carbonosas en el pasaje u orificios que comunican entre sí la cámara principal y la precámara de combustión.

MOTORES CON CÁMARA DE TURBULENCIA

Hemos visto que, a pesar de ciertas similitudes de aspecto y de disposición, los motores de cámara de turbulencia no pueden, en principio confundirse con los motores de cámara de precombustión y de inyección directa, aunque ambos presentan ciertas ventajas comunes.

En principio difieren de las anteriores esencialmente - en el canal de comunicación entre cámara y cilindro, que --- siendo tangencial a la antecámara, provoca su enérgico movimiento giratorio de turbulencia.

La sección del canal es relativamente grande, en forma de originar un freno al valor de las presiones máximas durante la combustión, pero no una excesiva resistencia en la fase de compresión.

Gracias a la fuerte turbulencia es posible el uso de -- inyectores de tobera única; en tal caso y como la turbulencia disminuye con el número de revoluciones, el comportamiento de la cámara empeora a regímenes bajos y fuertes cargas.

La clásica cámara de turbulencia (fig. 5.6.a); es de -- forma más bien esférica y comunica con el cilindro por medio de un canal a ella tangente. Para facilitar el arranque puede ser montada sobre el inyector una tobera adicional orientada hacia el cuello de entrada.

La cámara ilustrada en la figura 5.6.b. difiere de la - figura 5.6.a. en que la cámara esférica está colocada en el cuerpo del cilindro, en lugar de la culata. La presión del - conducto de comunicación en el cilindro es parcializada en el último trecho de la carrera del pistón este artificio sirve para mantener una buena velocidad del aire a su ingreso - en la cámara y, por tanto, una buena turbulencia, cuando el pistón alcanza las proximidades del P.M.S. otra ventaja de - esta cámara está en el hecho de que la culata resulta nota---

blemente simplificada, la colocación de las válvulas es más simple y más fácil su refrigeración.

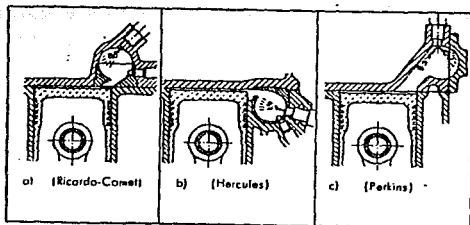


Fig. 5.6 Antecámaras de elevada Turbulencia .

Para el arranque en frío es necesario el calentamiento por medio de una bujía de incandescencia.

El consumo específico que se obtiene con las antecámaras gira alrededor de 200-240 g/cvh. Este consumo, bastante más elevado que el de los motores de inyección directa, es una de las razones que han inducido a muchos constructores a abandonar el sistema de antecámara.

Ventajas de la cámara de turbulencia

A pesar de tener un grado de compresión superior al adoptado en la inyección directa la presión de inyección es -- menos elevada (110 a 150 Kg/cm²), y por consiguiente, las -- presiones de combustión menos brutales lo que representa un funcionamiento más suave y una menor sollicitación del equipo de inyección y de los órganos móviles del motor. La cámara de turbulencia permite grandes velocidades de rotación --- (5000 r.p.m.) e incluso más con una formación menor de humos.

Inconvenientes de la cámara de turbulencia

El consumo específico es un poco más elevada que en -- los motores de inyección directa, ya que está en proporción con el grado de compresión.

Es necesario disponer de un sistema de precalentamiento para los arranques en frío a base de bujías o resistencias que descargan la batería.

Finalmente el diseño de la culata y la disposición de la cámara de turbulencia han sido siempre más delicados de realizar siendo todavía objeto de investigaciones y pruebas muy prometedoras.

El motor con cámara de turbulencia tiene una disposición análoga al tipo de motor con cámara de precombustión, existiendo entre si las siguientes características comunes y diferenciales que resumimos en el siguiente cuadro:

MOTOR CON CAMARA DE PRECOMBUSTION

- 1.- Una parte de la cámara de combustión se halla separada de la cámara de combustión principal y el combustible es inyectado en la antecámara.
- 2.- El volumen de la cámara de precombustión es solamente una parte del volumen de la cámara principal; alcanzando un máximo del 35 al 40% del volumen.
- 3.- En el tipo de cámara de precombustión el orificio u orificios que comunican esta cámara con la principal son de dimensiones muy pequeñas.
- 4.- El orificio o los orificios están practicados de tal manera que aseguren la dispersión uniforme de la mezcla aire--combustible pulverizado en la cámara -- principal.
- 5.- El objeto de la cámara de precombustión es producir la presión necesaria para la inyección de una porción pequeña del com bustible inyectado en la precámara.

MOTOR CON CAMARA DE TURBULENCIA

- 1.- Al igual del tipo de motor con cámara - de precombustión, éste posee una cámara separada de la principal y por donde es inyectado el combustible.
- 2.- El volumen de la cámara de turbulencia es igual o casi igual al volumen de la cámara de combustión principal.
- 3.- En el tipo de motor con cámara de turbu lencia el orificio u orificios que comu nican con la cámara principal tiene sec ciones superiores a los de la cámara de precombustión.
- 4.- El orificio o apertura que reúne la cámara de turbulencia con la cámara principal posee una forma tal que obliga a que el aire que penetra en dicha cámara al final del tiempo de compresión accio ne en forma de remolino.
- 5.- La cámara de turbulencia tiene por obje to producir una turbulencia enérgica y vigorosa del aire en la mencionada cáma ra, de tal forma que los movimientos -- coordinados del aire y el combustible - se obtenga una homogénea mezcla de ámbos.

MOTORES CON CAMARA DE ACUMULACION

También conocidos con el nombre de motores de célula de energía, éstos motores se caracterizan por una cámara de compresión, una de cuyas partes se halla encima del pistón, parcialmente en el mismo o dispuesta en la culata; y otra constituida por una cámara separada, en cuyo interior el aire comprimido puede penetrar por un orificio (o varios), o por un canal de pequeña sección.

Esta cámara puede estar subdividida en dos más pequeñas que se comunican entre sí por un estrangulamiento (Fig. 5.7.a).

El inyector contrariamente a las disposiciones utilizadas en los motores con cámaras de precombustión o de cámara de turbulencia, desemboca en el exterior de la cámara auxiliar.

En algunas cámaras de acumulación de aire, por su disposición particular (ver Fig. 5.7.b), respecto a la cámara principal y a la posición del inyector, no penetra combustible; de este modo, iniciada la combustión, el aire acumulado en la cámara durante la fase de compresión sale durante la fase de expansión embistiendo al chorro del inyector, aportando así aire nuevo. Para que esto pueda ocurrir es necesario que la presión en la cámara de aire sea más prolongada durante la fase de trabajo, pero consiguientemente desciende el rendimiento térmico. Ha sido mejorado disponiendo el inyector en la cámara principal enfrente de la salida de la cámara de aire (Fig. 5.7.c), y dirigiendo el chorro de modo que parte del mismo penetre en la cámara de acumulación. -- Esta funciona parcialmente como una antecámara. El principio de funcionamiento de esta cámara es sensiblemente el mismo, aunque cualquiera que sea su disposición, con simple o doble lóbulo de turbulencia.

Hacia el final de la compresión, es decir, en el momento en que la presión de la cámara de acumulación es sensiblemente inferior a la que existe en la cámara de combustión, el encendido, que se produce primero en la cámara y luego en la célula, provoca una violenta expulsión de la mezcla encendida, creando una viva turbulencia en la cámara de combustión, turbulencia que se prolonga durante una parte de la expansión. Esta intensa agitación favorece

la combustión por aporte del comburente almacenado en la célula y facilita también el arranque en frío para el que no es necesario disponer de ningún artificio especial.

El tipo más reciente de cámara de acumulación de aire está representado en la Fig. 5.7.d. Pero incluso éste ha sido abandonado y sustituido con una cámara de inyección directa.

Los motores Diesel con cámara de acumulación de aire tienen sensiblemente las mismas ventajas e inconvenientes que los provistos de cámaras de precombustión, excepto en lo que concierne al sistema de precalentamiento para los arranques en frío, que resulta totalmente innecesario en algunos tipos de motores

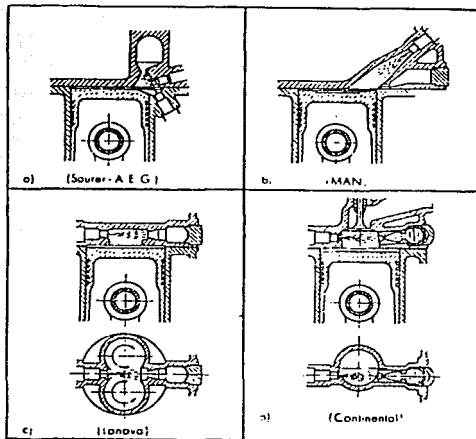


Fig. 5.7 Cámaras de Acumulación de Aire

COMPARACION ENTRE LOS DIVERSOS TIPOS DE CAMARAS DE COMBUSTION.

La cámara de inyección directa es la más simple y, por tanto, la menos costosa; una mirada a las figuras anteriores es suficiente para explicar las razones; la culata es simple, uniformemente refrigerada y no necesita partes de materiales especiales - como sucede en los otros tipos.

No existen dificultades para el arranque en frío aparte de las normales, que son características de los motores de encendido por compresión. Los inconvenientes relativos a los inyectores -- van disminuyendo con el aumento de la cilindrada, porque aumenta el diámetro de las toberas y disminuye, por tanto, la posibilidad de obturación.

Los diversos tipos de cámaras de inyección directa son aproximadamente equivalentes; las cámaras de acumulación y las antecámaras de elevada turbulencia son más aptas para los motores pequeños y rápidos.

El defecto común en ellas es, como hemos visto, el de necesitar culatas más bien complicadas; esto es evidente sobre todo - cuando, para asegurar la buena combustión del gasoil inyectado -- con una escasa pulverización, es necesario crear zonas no refrigeradas que deben construirse con materiales especiales aptos para resistir las elevadas cargas térmicas.

En las antecámaras es necesario, además, disponer bujías de incandescencia para el arranque; esto representa una complicación constructiva y un aumento del costo.

Las principales ventajas de las cámaras de acumulación y de las antecámaras en comparación con las cámaras de inyección directa, son por el contrario:

- 1.- Menores presiones máximas y por ello menor rudeza de funcionamiento.
- 2.- Menores presiones de inyección.
- 3.- Utilización de inyectores de tobera única.
- 4.- Posibilidad de alcanzar regímenes de rotación más elevados y por tanto, potencias específicas superiores.

Comparación entre el sistema de inyección directa y los otros sistemas de inyección.

CARACTERISTICAS	INYECCION DIRECTA	INYECCION INDIRECTA
1.- Potencia específica	menor	mayor
2.- Consumo específico	menor	mayor
3.- Presión máxima sobre el pistón	mayor	menor
4.- Arranque	mejor	peor
5.- Simplicidad constructiva	mayor	menor
6.- Restricciones de proyectos debidas a patentes	pocas	muchas

En resumen, las ventajas del menor consumo específico, de la mayor simplicidad constructiva y del más fácil arranque que han orientado gradualmente a los constructores hacia los motores de inyección directa; hasta el punto de que hoy en día pueden considerarse como excepciones los motores con antecámaras llamadas a desaparecer.

La siguiente tabla muestra una comparación de los diferentes tipos de cámaras de combustión en relación a su grado de compresión, a su consumo específico y a su presión de inyección.

	PRESION DE INYECCION Kg/cm ²	CONSUMO ESPECIFICO G/cvh	GRADO DE COMPRESION
Inyección directa	175 - 250	160 - 190	14/1 a 18/1
Precombustión	100 - 150	190 - 230	15/1 a 18/1
Turbulencia	110 - 150	200 - 240	18/1 a 22/1
Acumulación	120 - 140	190 - 200	14/1 a 16/1

5.2 SISTEMA DE INYECCION

De acuerdo con el principio mismo de su funcionamiento el motor Diesel necesita una alimentación de combustible -- ricurosamente distribuida, en el momento preciso y durante un periodo de tiempo muy corto, hacia el final de la compresión en el cilindro.

La presión de inyección y las características de la -- pulverización están a cargo del inyector y de su perfecto -- estado de funcionamiento; la distribución en cantidad necesaria y a la presión suficiente para garantizar el buen funcionamiento, están asegurados por la bomba de inyección.

El aparato de inyección tiene como función introducir el combustible en el cilindro en las condiciones necesarias para lograr una combustión lo más regular y eficaz para el desarrollo del ciclo.

Por ello debe de satisfacer las siguientes condiciones:

- 1.- Suministrar a cada cilindro y para cada ciclo la -- cantidad de combustible necesaria a la carga y a -- la velocidad del motor. (dosificación del combustible).
- 2.- Introducir el combustible en el instante justo. (regulación).
- 3.- Graduar la introducción del combustible. Para un -- regular desarrollo de la combustión, cada motor -- necesita un particular gradiente de inyección. Si el gradiente de inyección es demasiado elevado hay un efecto similar al de un excesivo adelanto; cuando el gradiente de inyección es demasiado bajo el efecto es comparado al de un excesivo retraso a la inyección.
- 4.- Subdividir el combustible en pequeñísimas gotas -- del modo más uniforme posible. (pulverización). Una buena pulverización facilita el encendido.

- 5.- Comunicar a las gotitas del chorro la energía cinética suficiente para que puedan penetrar en la masa de aire comprimido. (Penetración del chorro).
- 6.- Difundir lo más uniformemente posible las partículas de combustible en el aire de la cámara de modo que cada una de ellas tenga la posibilidad de reaccionar con el oxígeno necesario para la combustión. En la cámara no deben de quedar zonas de aire no -- utilizadas (difusión).

INYECCION NEUMATICA E INYECCION MECANICA

Inyección Neumática.- Con la inyección neumática llamada también inyección de pulverización, el combustible se introduce en el cilindro aprovechando el efecto de arrastre de una corriente de aire de alta presión suministrada por un -- adecuado compresor. Los pulverizadores para la inyección -- neumática son, en su gran mayoría, del tipo cerrado, difieren de la inyección mecánica en el accionamiento de la aguja que se logra mediante camones en lugar de ser automático por la presión del combustible a inyectar. La bomba alimentada -- por gravedad desde un depósito y accionada por medio de camones, dosifica el combustible y lo distribuye a los diversos pulverizadores durante el período en que estas están cerrados. La inyección neumática esta hoy en día completamente -- abandonada pero han sido adoptadas en muchos tipos de motores lentos que algunos todavía están en servicio.

Inyección Mecánica.- Pueden dividirse en dos categorías: de acumulación de presión y de presión intermitente. En los aparatos de acumulación la presión de inyección se mantiene constante en el circuito de alimentación de los pulverizadores a el cual el combustible es enviado a elevada presión -- desde la bomba, por medio de un accionamiento de vástago y -

balancín, se abre la aguja de cada pulverizador y se inicia la fase de inyección (que termina cuando el mismo sistema - de accionamiento efectúa el cierre de la aguja). La regulación se hace sobre el inyector, manteniéndolo abierto durante el tiempo necesario para la introducción de la cantidad de combustible requerido para las condiciones de marcha del motor. La bomba de inyección tiene sólo el objeto de suministrar la presión necesaria para una pulverización satisfactoria.

Los aparatos de inyección de este tipo han sido estudiados para motores de dimensiones más bien grandes, y son pocos usados.

Hoy en día la producción está orientada casi exclusivamente hacia los aparatos de presión intermitente como consecuencia del gran desarrollo de los motores Diesel rápidos y medios.

En este tipo el combustible se envía al inyector a cada golpe del émbolo de la bomba de inyección, en la cantidad deseada y en el instante oportuno. La abertura y el cierre de la aguja del inyector tiene lugar automáticamente por efecto de la presión en el interior del inyector. Aparatos de este tipo pueden realizarse manteniendo la bomba de inyección separada del inyector, o bien en un bloque único cada bomba con su inyector. La bomba de inyección es siempre del tipo de émbolo.

Las soluciones adoptadas para la realización de la bomba, cuando esta separada del inyector, varían según el tipo de aplicación.

Los principales componentes de un sistema de inyección son:

- a) Depósito y tuberías
- b) Bomba de alimentación
- c) Filtros
- d) Bomba de inyección
- e) Regulador
- f) Inyector y portainyector

a) Depósito y tuberías

A partir del depósito, el combustible sigue dos trayectorias:

El primer circuito a baja presión que es el de alimentación propiamente dicho; el segundo a alta presión, entre la bomba de inyección y las cámaras de combustión del motor figura 5.8.

El circuito de alimentación de baja presión comprende los elementos siguientes: depósito, filtros, bombas de alimentación y tuberías.

La mayoría de los vehículos llevan el depósito en su parte posterior, en los tractores agrícolas, el depósito -- generalmente esta encima de la bomba de inyección, con lo cual se simplifica el circuito de depende de la bomba de alimentación; igual ocurre con los motores industriales estacionarios o semifijos.

En la parte inferior del tanque o depósito hay un tapón para purgar el agua y los sedimentos acumulados en el fondo. Siempre hay un primer filtrado del combustible a la salida del depósito, que se logra mediante una tela metálica que envuelve al tubo de aspiración. La tubería que desemboca en la parte alta del depósito, es la de retorno del exceso de combustible procedente de los inyectores o de la

bomba de inyección.

Generalmente las tuberías son de cobre de diámetro apropiado a su función; tienen que estar exentas de cambios de pendiente o codos cerrados, los cuales favorecerán la acumulación de impurezas.

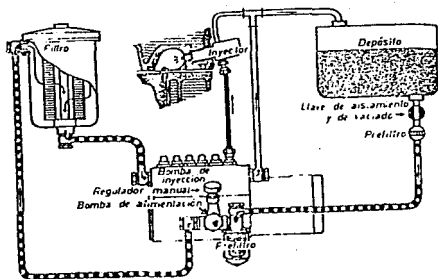


Fig. 5.8 Circuito de alimentación de baja presión.
(Marcado a franjas)

b) Bomba de Alimentación

Debido a que en las instalaciones de alimentación de los motores Diesel el depósito de combustible está situado más bajo que la bomba de inyección es necesario elevarlo para entregárselo a esta última. Esto se efectúa por medio de una bomba especial, llamada bomba de alimentación o bomba nodriza, que aspira el combustible del depósito.

Esta bomba va adosada a la bomba de inyección y es accionada por el eje de levas de esta, por medio de una leva que acciona al mismo tiempo un elemento de la bomba de inyección, o bien por medio de una excéntrica alojada entre dos levas.

Existen dos clases de bombas de alimentación:

- Simple efecto
- Doble efecto

Funcionamiento de la Bomba de Simple Efecto.- Cuando la leva o excéntrica aprieta al émbolo de la bomba de alimentación - hacia abajo por medio del impulsor de rodillo y del vástago de presión figura 5.9.a, una parte del combustible que se encuentra en la cámara de aspiración (o de aire, cuando aún no hay combustible) es impulsada a la cámara de presión a través de la válvula de presión, comprimiéndose el muelle del émbolo (carrera intermedia). Al final de esta carrera se cierra de nuevo la válvula de presión por la acción del muelle.

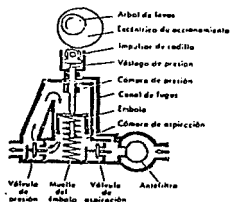
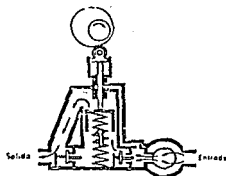


Fig.5.9. a) Carrera Intermedia



b) Carrera de Alimentación

Una vez terminada esta primera parte de la carrera, la -- excéntrica va dejando que el muelle que hay en la cámara de aspiración apriete el émbolo y que el impulsor de rodillo y el - vástago vayan hacia "arriba" figura 5.9.b.

Por consiguiente, el combustible existente en la cámara - de presión es impulsado hacia la salida y conducido al filtro y, después a la entrada de la bomba de inyección. Al mismo --- tiempo se efectúa la aspiración de combustible del depósito -- por la entrada de la bomba de alimentación que es introducido en la cámara de aspiración de la bomba para que se reproduzca el ciclo.

Por lo tanto, la bomba de alimentación de simple efecto - sólo suministra combustible a la bomba de inyección durante la carrera media de aspiración, que lleva el combustible hacia la cámara de aspiración a la vez que lo impulsa, por salida, ha-- cía el filtro y, de éste, a la entrada de la bomba de inyección.

Funcionamiento de la Bomba de Doble Efecto.- Cuando gira la leva excéntrica (figure 5.10.a.) aprieta el émbolo de la -- bomba de alimentación hacia "abajo" por medio del impulsor de rodillos y del vástago de presión. Con ello se abre una válvu- la de aspiración (la de arriba) y una válvula de presión (la - de abajo) mientras va apretándose el muelle del émbolo. Por lo tanto la bomba de alimentación aspira e impulsa al mismo tiem- po.

Cuando la leva o excéntrica ha rebasado su posición extre- me, el émbolo va hacia "arriba" impulsado por la presión del - muelle, y el combustible es llevado hacia la bomba de inyección a través de la otra válvula superior de la cámara de presión - (figure 5.10.b.), por lo tanto, la bomba también aspira y sumi- nistra y, por ello, es de doble efecto. Por consiguiente, en - cada revolución del árbol de levas la bomba alimenta dos ve- ces.

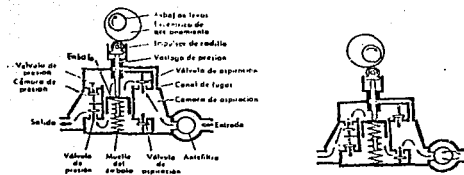


Fig. 5.10

a) Carrera Descendente

b) Carrera ascendente

La bomba de alimentación está impulsada por el árbol de arrastre de la bomba de inyección, por consiguiente, se fija a ésta mediante una brida o se incorpora en su carter.

Otra clasificación de las bombas sería de acuerdo a su tipo, como bombas de membrana, de pistón, de fuelle, de engranajes y de paletas. La fig. 5.11 muestra una bomba de alimentación de pistón de simple efecto.

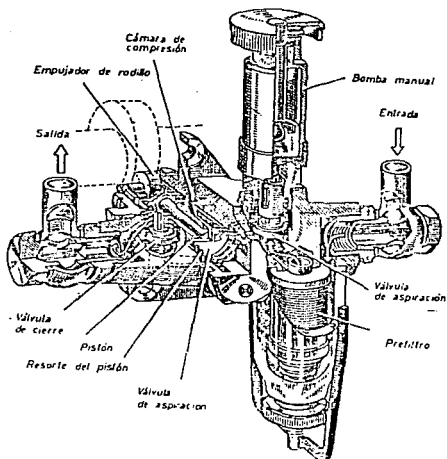


Fig. 5.11 Bomba de alimentación de pistón, con prefiltro y homba de cebado a mano (Bosch).

c) Filtros

Los tres enemigos del sistema de inyección son, las impurezas solidas, el agua y el aire. Las impurezas solidas acortan la vida de la bomba de inyección y la de los inyectores. Cuando entran en los cilindros, parte de ellas se expulsan con los gases de escape, pero el resto los absorbe el aceite que cubre las paredes de los cilindros y lo lleva a través del circuito de engrase a todas las partes del motor aumentando su desgaste.

El agua, si esta presente en cantidad apreciable, no solo dificulta el sistema de inyección, sino que además cuando ocurre la combustión se combina y da lugar a la formación de acidos corrosivos que atacan a los elementos que están en contacto con el gas de la combustión.

El aire es capaz de perturbar el funcionamiento del sistema de inyección, si pasa al circuito del combustible, puede paralizar el caudal al dejarse comprimir y expansionarse alternativamente sin llegar a salir. Es importante impedir su paso a las bombas, a las tuberías y a los filtros.

Por las razones anteriormente expuestas, la eliminación de las impurezas, justifica la presencia de dos o tres filtros sucesivos.

Prefiltrado.

El primer filtro o prefiltro tiene la misión de interceptar las impurezas mayores y el agua, protege así la bomba de alimentación. Facilita el trabajo del segundo filtro, evitando que se ensucie enseguida.

El prefiltro está colocado en el deposito o de preferencia acoplado a la misma bomba de alimentación. Sin embargo podría colocarse en cualquier lugar de la tubería, entre el depósito de combustible y la bomba de alimentación.

Filtro Principal.

El objeto del segundo filtro es retener las impurezas mas pequeñas que sea posible interceptar antes del paso del combustible a la bomba de inyección. Ha de ser capaz de impedir el paso a toda partícula de tamaño superior a una micra (1/1000mm).

El elemento filtrante es del tipo de cartucho amovible, o sea que puede ser reemplazado cuando así se requiera. Los materiales filtrantes son fibras textiles o aglomerados, algodón, papel etc., - preparados de modo que no formen ninguna partícula que pueda desprenderse e introducirse en el combustible, lo cual sería evidentemente contrario al fin que se persigue.

Las impurezas demasiado grandes absorbidas por el filtro caen al fondo del recipiente, que lleva un tapon de vacío. en la parte superior se encuentran las tomas de entrada y salida del combustible. Figura 5.12

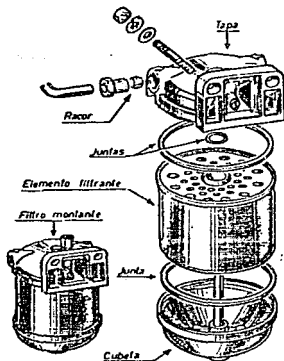


Fig. 5.12 Filtro de gasoil montado y desmontado

La instalación de algunos motores comprende de dos filtros finos de cartucho, idénticos para duplicar la superficie filtrante, la entrada del combustible es por el centro, entre los dos filtros Figura 5.13.

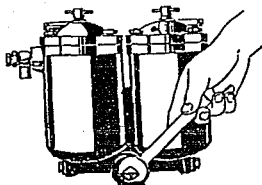


Figura 5.13. Filtro doble de combustible. Una llave de tres vías permite la incomunicación y reparación de uno de los dos elementos filtrantes sin necesidad de parar el motor.

El filtrado en los motores lentos, que queman combustibles sucios deben eliminar gran cantidad de partículas relativamente grandes. para este fin se emplean a menudo separadores de acción centrífuga.

Filtro de aire.

La protección se ejerce de tres formas. Por centrifugación, por baño de aceite y por filtrado con elemento filtrante. dada la importancia de alimentación de aire y la necesidad de obstaculizar lo menos posible, se utilizan filtros de grandes dimensiones, con toma de aire en posición alta, al nivel de la cubierta del motor, o en la parte alta de la carrocería del vehículo, donde el polvo es menos denso. deben detenerse partículas de diámetros superiores a 10 micras. Los motores Diesel requieren con mayor razón que los de gasolina un filtrado de aire, ya que tienen que trabajar en atmósferas polvorientas como son las labores agrícolas, las obras públicas, industrias, etc., En la parte superior del filtro están los deflectores, los cuales imprimen al aire un movimiento de turbulencia apropiado para desprenderlo de las impurezas mayores.

a continuación desciende el aire a la parte inferior, impregnada de aceite y se adhieren las partículas de polvo, despues atravie-
za los elementos filtrantes que terminan de purificarlo. fig 5.14

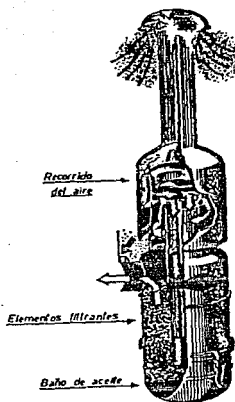


Fig.5.14 Vista interior de un filtro de aire para motor de tractor agrícola.

d) Bombas de Inyección

El circuito de alta presión está constituido por: la bomba de inyección, tuberías de conducción y portainyectores e inyectores.

La bomba de inyección es sin duda uno de los elementos más importantes del equipo de funcionamiento del motor Diesel, y si este motor ha alcanzado su estado actual de considerable eficacia y seguridad es debido principalmente a la alta calidad del equipo de inyección que ha sido producido y perfeccionado para poder desempeñar los servicios a los que ha sido destinado.

El funcionamiento de la bomba de inyección se caracteriza por:

- a) La dosificación exacta de la cantidad de combustible a inyectar en función de la potencia que se necesita.
- b) El momento preciso de impulsar el combustible a los inyectores, en función del avance necesario.

La dosificación del combustible a inyectar por la bomba es en cantidades tan pequeñas que normalmente solo puede medirse en laboratorio. El tiempo que se concede para la inyección a régimen de marcha normal, es del orden de 1/1000 de segundo. En un motor con un cilindro a 3000 r.p.m. hay, a razón de una inyección cada dos vueltas, o sea 1500 inyecciones (25 por segundo). En un motor de 4 cilindros habrá 100 inyecciones por segundo. Figura 5.15.

La bomba de inyección se compone de un elemento (o varios) pistón-cilindro, que comprime el combustible a presión variable según sea el tipo de motor. Generalmente la presión está entre 100 y 250 Kg/cm² aunque en algunos pequeños motores rápidos es de 300 a 420 Kg/cm².

En los émbolos de las bombas de inyección no pueden utilizarse ni anillos de retención de presión ni otra clase de empaquetaduras; dichos émbolos tienen que funcionar sin fugas y por consiguiente, para su funcionamiento correcto exigen ser realizados con ajustes perfectos.

Los elementos pistón-cilindro son de dimensiones reducidos, deben fabricarse con precisión de micras (milésimosde mi limetro).

El ajuste (juego) entre el pistón y el cilindro de la -- bomba es de unas 2 micras. Estas consideraciones nos muestran la necesidad de filtrar cuidadosamente el combustible, pues - en caso contrario, las partículas no filtradas rayarían el -- cilindro y se perdería toda la precisión en la dosificación.

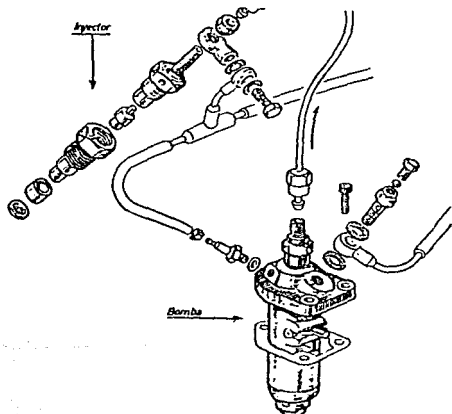


fig. 5.15 Sistema de inyección de un motor monocilíndrico

En los motores de pequeña y media cilindrada por lo general se emplean bombas con más cilindros, uno por cada inyector reunidos en un solo cuerpo (figura 5.16) mientras que en los motores de gran cilindrada se adoptan bombas independientes, - una por cada cilindro.

Cuando cada bomba tiene la función de inyector, cada cilindro del motor, lleva su propio inyector-bomba. Cada inyector está accionado por un camón (leva) mediante un sistema vástago y balancín similar al de accionamiento de las válvulas - en culata (Figura 5.17) en el inyector bomba la cantidad de combustible está dosificado por la válvula reguladora de la presión en el circuito de alimentación y después empujada por el pistón a través de los orificios de la aguja.

En los aparatos de inyección de acumulación, la dosificación de la cantidad de combustible, se obtiene haciendo variar el tiempo de apertura del inyector. En los aparatos a presión intermitente la dosificación se hace sobre la bomba de inyección.

La variación de la cantidad de combustible puede obtenerse variando la carrera del émbolo o bien parcializando los orificios de aspiración de la bomba.

Según el principio de hacer retroceder de la bomba de inyección al tanque de alimentación una parte del combustible - desplazado por el émbolo, podemos clasificar a las bombas de inyección en dos categorías:

- a) Bombas de émbolo rotativo con regulación del caudal - por rotación del émbolo.
- b) Bombas de válvula de derrame con regulación del caudal por la abertura a su debido tiempo de una válvula al efecto.

El sistema de variación de la carrera es poco usado, mientras que la parcialización en la aspiración se adopta sobre un tipo de bomba con distribuidor rotativo. La figura 5.18 muestra un ejemplo de la bomba con distribuidor rotativo. Así como su esquema de funcionamiento. La bomba es de dos émbolos horizontales contra puestos con regulación del caudal por derrame.

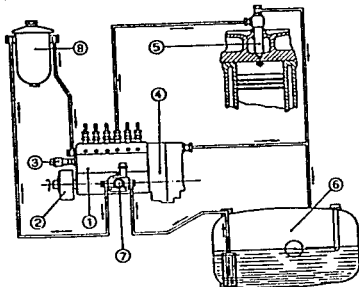
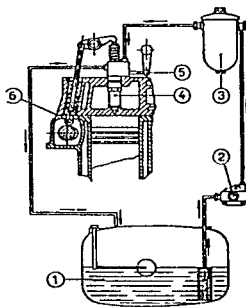


FIG. 5.16 Sistema de Inyección con bomba e inyectores separados.

1. Bomba de inyección (para motor de 6 cilindros) — 2. Variador de adelanto. — 3. Vástago de regulación. — 4. Regulador centrífugo. — 5. Inyector. — 6. Tanque de combustible. — 7. Bomba de alimentación. — 8. Filtro principal de combustible.



1. Tanque de combustible. — 2. Bomba de alimentación. — 3. Filtro principal de combustible. — 4. Inyector-bomba. — 5. Vástago de regulación. — 6. Tacón de accionamiento del inyector-bomba.

FIG. 5.17 Sistema de Inyección con inyector - bomba .

1. Válvula de descarga. — 2. Muelle de los émbolos. — 3. Émbolos. — 4. Anillo portador de los camones internos para el accionamiento de los pistones. — 5. Pernos que impide rotación del manguito de regulación (solución para un motor de cuatro cilindros). — 6. Manguito de regulación del caudal de la bomba. — 7. Eje de accionamiento de la bomba. — 8. Cuerpo de la bomba. — 9. Leva de accionamiento del manguito de regulación. — 10. Eje portador de los pistones con distribuidor rotativo en la parte superior. — 11. Rollete. — 12. Tapón. — 13. Cabeza distribuidora. — 14. Conexión para los tubos de combustible a los cilindros.

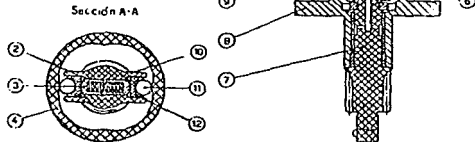
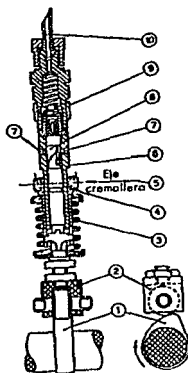


FIG. 5.18 Bomba única con distribuidor rotativo.



Eje de camones accionado por el motor. — 1. Tapón de rollete. — 2. Muelle del émbolo y tapón. — 3. Émbolo dentado de regulación. — 4. Escudo dentado de regulación. — 5. Eje de la cremallera de regulación. — 6. Cuerpo de la bomba. — 7. Orificios de alimentación y de refugio. — 8. Émbolo con canal helicoidal. — 9. Válvula de descarga. — 10. Tubo unido con el inyector.

FIG. 5.19 Elemento de bomba de émbolo rotativo.

a) BOMBA DE ÉMBOLO ROTATIVO

Este tipo de bombas son las más usuales en los motores Diesel rápidos y medios y se están difundiendo rápidamente también en el campo de los motores lentos.

El tipo de bomba más usado es el que muestra la figura 5.19. Un camón (leva) de forma especial, acciona un taque de rolete, mantenido en posición por un muelle. El émbolo está unido al taqué, pero en forma de poder ser girado libremente por medio de un sistema de cremallera. Cuando el émbolo está en el punto muerto inferior, los orificios de alimentación están descubiertos y el cilindro se llena de combustible que proviene de la bomba de alimentación a baja presión y a través del filtro.

En la carrera ascendente el émbolo devuelve primeramente al conducto de llegada, una parte del combustible, hasta que los orificios de alimentación son cerrados por el mismo émbolo. En este punto, al que corresponde ya una elevada velocidad del émbolo, se ha iniciado el envío del combustible al inyector a través de la válvula de descarga.

El envío cesa cuando uno de los orificios de alimentación es descubierto por el canal helicoidal existente en el émbolo. Para la regulación de la cantidad de combustible es suficiente girar el émbolo respecto al cilindro, de modo que sea descubierta el orificio de alimentación helicoidal después que el émbolo ha desplazado el volumen de líquido deseado.

La válvula de descarga, situada en la parte superior del cilindro, tiene la función de hacer descender instantáneamente la presión en el tubo de descarga y, por tanto, de interrumpir con oportunidad la inyección para evitar el goteo del inyector.

Por ello, la válvula (Figura 5.20) está provista, debajo de su asiento cónico, de una parte cilíndrica; con esta disposición se obtiene que la válvula, al final de la descarga, después de haber cerrado el paso con su caña cilíndrica, se desplace todavía para alcanzar su asiento, haciendo aumentar el volumen de la tubería de descarga y por tanto, descender repentinamente la presión e impedir así que se descargue aún el combustible contenido.

El canal helicoidal en el émbolo se llama de helice normal cuando está colocado en la parte inferior del mismo, y helice - invertida cuando está puesto en la parte superior del émbolo.

Las fases de funcionamiento de un elemento de la bomba para los dos tipos de helice se muestran en la figura 5.21.

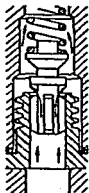
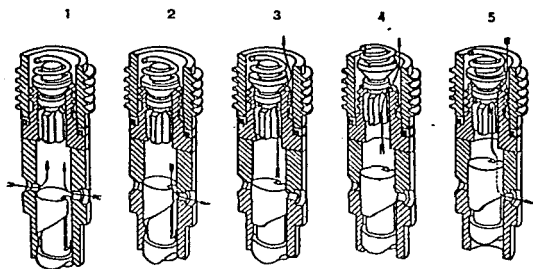
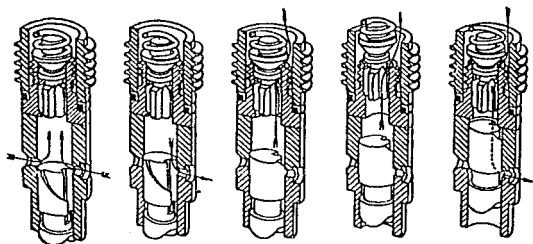


FIG. 5.20 Válvula de Descarga de la bomba de inyección.



CON HELICE NORMAL



CON HELICE INVERTIDA

FIG. 5.21 FUNCIONAMIENTO DEL EMBOLO ROTATIVO

NOTA DESCRIPTIVA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL ÉMBOLO
ROTATIVO. FIGURA 5.21

- 1.- El émbolo está en el P.M.I., los orificios de alimentación están descubiertos. El combustible entra en el cilindro y la válvula de descarga permanece cerrada.
- 2.- El émbolo ha girado a la posición de descarga nula. Durante toda la carrera el canal vertical está enfrente de un orificio de alimentación. El combustible puede así fluir libremente a través del mismo canal. La válvula de descarga permanece cerrada porque no hay presión en el cilindro.
- 3.- El émbolo está en la posición de iniciar la descarga y girado para el caudal que se desea. El plano superior del émbolo (para helice normal) o un trozo de la helice de regulación (para helice invertida) han superado los orificios de alimentación, los cuales quedan cerrados. El émbolo en su carrera ascendente ha generado una presión en el interior del cilindro que inicia la alzada de la válvula de descarga. La parte cónica de la válvula está fuera de su asiento mientras que la parte cilíndrica está todavía en su asiento y empuja hacia el pulverizador el combustible contenido en la tubería.
- 4.- Descarga plena. Al continuar la carrera ascendente del émbolo se completa la abertura de la válvula de descarga. También la parte cilíndrica de la misma ha dejado su asiento y el combustible contenido en el cilindro forma, con aquel de la tubería, una sola columna líquida que se desplaza hacia el pulverizador, del cual sale pulverizado.
- 5.- Fin de descarga. Un trozo de la helice de regulación (para la helice normal) o el borde inferior del émbolo (para la helice invertida) han superado y dejado descubiertos los orificios por los que el combustible puede así fluir libremente a través del canal verti-

cal del émbolo. La presión del cilindro ha caído y la válvula empujada por su muelle, inicia la carrera de retorno. El trozo cilíndrico de la válvula al entrar en su asiento retrae parcialmente el combustible de la tubería hasta el completo cierre de la válvula.

BOMBA CON VALVULA DE DERRAME

Este tipo de bomba se usa especialmente en los motores me di os y en los lentos.

Se trata de una bomba de émbolo buzo provista en general de tres válvulas, de las cuales dos, la de aspiración y de ca r g a, son automáticas, la tercera, de derrame, está accionada -- desde el exterior y sirve para dosificar la cantidad de com b us t i b l e que se envía al inyector. La válvula de derrame se abre en un cierto momento de la carrera de escape, al abrirse tiene lugar el derrame del combustible en el conducto de aspiración.

Para poder fijar el comienzo de la inyección independientemente del caudal de combustible, el derrame debe de ocurrir en la fase de descarga, es decir, la válvula de derrame debe de funcionar como interruptory no como retardador de la de s c a r g a.

La figura 5.22 muestra un esquema de una bomba típica.

La descarga comienza con la carrera ascendente del émbolo A y termina cuando el taque B abre la válvula de derrame C. La regulación del caudal que consiste en la variación del momento de abertura de esta válvula, se obtiene mediante el cu l m ó n E, con el cual se desplaza el centro de rotación de la leva de tal forma que aproxima o aleja B de C.

Un regulador centrífugo actúa a través de un sistema de ca m ó n y mantiene automáticamente el caudal en el valor que corresponde a la carga a que esta sometido el motor. La válvula de descarga es doble para impedir un eventual goteo por re f l u j o.

La figura 5.23 muestra los detalles de una bomba.

- El cilindro C con su correspondiente émbolo S.
- El cuerpo K asiento de la válvula automática de aspiración V.
- El cuerpo J asiento de la válvula de derrame R.

Durante la carrera de descarga del émbolo S se abre la -- válvula de derrame R, del combustible escapa a una cámara anular A para volver, a lo largo de los cuerpos J y K, al conducto de aspiración. La abertura de la válvula R puede efectuarse en un momento cualquiera de la descarga, de modo que es posible variar el caudal desde cero a un máximo para ajustarla a la -- carga que requiere el motor.

El accionamiento de la válvula R se obtiene por medio de un balancín B movido mediante el vástago D y las levas L y M del taqué P.

La leva M está empernada a un eje excéntrico E por medio del cual se puede variar la distancia entre el tornillo Q y el plato G de abertura de la válvula R y, por tanto el caudal de combustible en relación a la carga del motor.

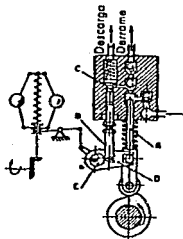


FIG. 5.22 Bomba para la inyección mecánica con regulación por válvula de derrame.

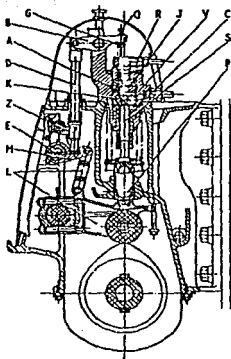


Fig. 5.23 Bomba de Inyección con regulación de la descarga por válvula de derrame.

otra clasificación de las bombas de inyección sería :

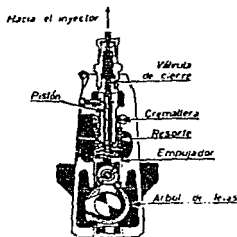
a) Bombas de inyección de cilindros múltiples.

las bombas de cilindros múltiples son aquellas que tienen tantos elementos de bombeo como inyectores a alimentar, -- son las de empleo clásico, ejemplo en la figura 5.24.

el cuerpo de la bomba, en aleación de aluminio se divide en tres partes.

- La parte inferior contiene el árbol de levas y sirve de depósito de aceite de engrase.
- La parte central contiene los elementos de bombeo con sus órganos de regulación.
- La parte superior forma un hueco de combustible procedente de la bomba de alimentación, lleva exteriormente las conexiones de las tuberías de conducción a los inyectores.

Cada leva del árbol de la bomba actúa sobre el pistón correspondiente por medio de un empujador con muelle de recuperación. La variación de caudal del elemento de bombeo se realiza por distintos métodos, deslizamiento de cilindro, carrera variable del pistón por leva de altura variable, pistón con ranura helicoidal orientable, ejemplo. figura 5.25



Corte transversal de una bomba Lavelette-Bosch.

Fig. 5.24 Bombas de inyección de cilindros múltiples.

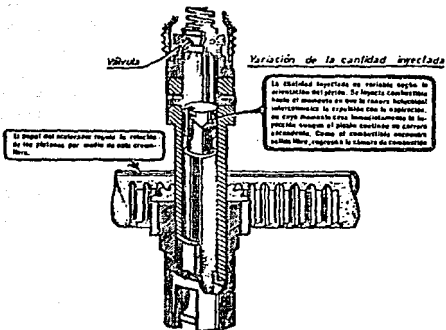


Fig. 5.25 Funcionamiento de una bomba Levallois-Dosch.

La depresión creada por el descenso del pistón, llena de gasoil el cilindro y el espacio anular del pistón. En la carrera ascendente se comprime el combustible por el pistón y se expulsa hacia el inyector.

b) Bombas de inyección de cilindro único.

Estas bombas tienen un elemento de bombeo único de distribuidor rotativo, que alimenta a todos los inyectores, ejemplo fig. 5.26.

Sus elementos están reunidos en una estructura compacta, dentro de un carter de aleación de aluminio, pequeño y de peso reducido. Estos elementos son los siguientes:

- Arbol de arrastre.
- Avance automatico.
- Bomba de alimentación.
- Cilindro con elemento de bombeo dosificador-distribuidor.
- Mando de caudal accionado por el acelerador.
- Regulador hidraulico.

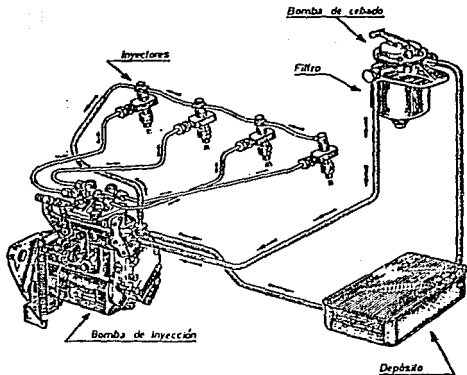


Fig. 5.26 Sistema de inyección de elemento de bombeo único y distribuidor (Silto) en un motor de 4 cilindros.

El cilindro único contiene las piezas del movimiento alternativo para el bombeo y de movimiento giratorio para la distribución. Del distribuidor, las tuberías de alimentación parten en estrella hacia los inyectores. La lubricación se logra por la circulación del combustible, que baña a las piezas en movimiento y al mismo tiempo las enfría, con lo cual se evita la formación de las bolsas de vapor, capaces de interceptar el suministro.

La figura 5.27 muestra una bomba que consta de un elemento de bombeo formado por un rotor movido por el árbol de arrastre, que contiene dos pequeños émbolos buzos opuestos; lleva un canal axial central que recibe el combustible y otro radial para distribuirlo.

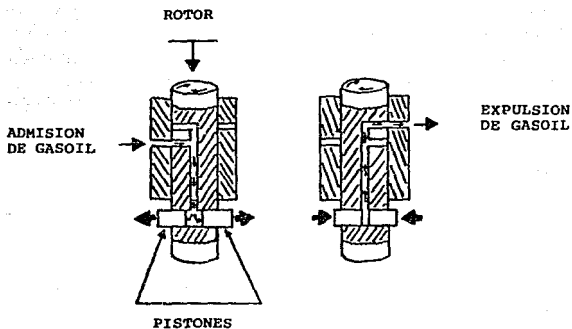


Fig. 5.27 Elemento de bombeo de la bomba Roto Diesel. A la izquierda los pistones se separan por la presión del líquido. A la derecha se aproximan por efecto de las crestas de un alabe anular y se distribuye el líquido en cada uno de los conductos de inyección por el movimiento giratorio del rotor.

E) REGULACION

La potencia que puede suministra el motor Diesel es proporcional al caudal de combustible inyectado en los cilindros. Las variaciones de la carga solicitada son frecuentes y a veces exageradas. Para un caudal de inyección determinado, una disminución de la carga se traduce en una aceleración del motor, y a la inversa, cualquier aumento de la carga representa una deceleración del motor. Es casi imposible para el operador regular directamente el caudal de una bomba de inyección, se coloca, por tanto un organo intermedio " el regulador " para limitar la velocidad del motor, sea cual sea la carga. la bomba de inyección lleva un sistema de regulación, encargado de dosificar el combustible a las distintas marchas, conjuntamente con el acelerador.

A marcha normal es necesario el regulador para corregir la cantidad de combustible de la bomba en función de las variaciones de carga, a la apertura máxima del acelerador el regulador actua tambien para evitar que el motor se acelere por una reducción de carga, por ejemplo el descender una pendiente. Por lo tanto es necesario regularizar la velocidad del motor diesel para remediar su inestabilidad de marcha. Esta tiene su origen en las variaciones frecuentes del par resistente o carga, cuando aumenta ésta, las masas en movimiento del motor sufren una contención, (como el regimen de la bomba de alimentación está en función del regimen del motor, su caudal disminuye, se reduce la alimentación del motor y con ello aumenta la contención). Inversamente cuando disminuye la carga el incremento de velocidad provoca una sobrealimentación, que tiende a su vez, a perturbar la estabilidad del regimen del motor. Por lo tanto las condiciones que debe reunir un regulador son:

- Rapidez y precisión de su efecto corrector sobre el caudal de la bomba de inyección.
- La exactitud con que la cremallera de mando se lleva, precisamente a la misma posición que tenia antes de empezar la acción del regulador.

- La estabilidad con que el regulador debe actuar sin oscilaciones creadoras por si mismas de la irregularidad del regimen del motor.
- por ultimo, el regulador tiene que poderse regular facilmente y si es posible, con el motor en marcha.

El regimen al ralenti (la menor velocidad a que puede funcionar un motor). sabemos que es particularmente inestable, el motor tiene tendencia a galopar o golpetear, es decir, a marchar por periodos breves sucesivamente acelerados y retardados, o a veces a calarse (pararse bruscamente).

La inestabilidad de marcha, tambien se puede producir por la influencia de las variaciones de carga. Por esta razón, los diesel de locomoción, en particular los de automoviles y transportes de carga, ven equipados con reguladores de "todas velocidades", que actuan sobre todos los regimenes de marcha, de extremo a extremo, es decir desde la minima hasta la máxima.

La marcha en vacio del motor tiene que ser equilibrada y -- uniforme, es decir, el motor no debe pararse ni acelerarse, sino que debe mantenerse en un número de revoluciones lo más constante posible. Ademas no tiene que sobrepasar el número máximo de revoluciones indicado del motor ni dejar de ejercer su función regulador.

Los reguladores se dividen entres clases que son:
Centrifugos, Neumaticos, hidraulicos.

Los reguladores centrifugos.

El regulador mecánico de masas centrifugas es el tipo de regulación más antiguo entre los empleados en los motores Diesel.

El regulador centrifugo corrige el caudal del combustible por efecto de sus masas en movimiento en función de las variaciones de la velocidad del motor que las mueve.

Cuando aumenta la velocidad del motor, las masas se separan por la fuerza centrifuga en la medida que les permiten los muelles transmitiendo un empuje a la cremallera en el sentido de la - reducción del caudal, mediante las varillas en forma de codo de la cabeza deslizante y la varilla vertical de regulación. Cuando disminuye la velocidad del motor, se reduce la fuerza centrifuga,

los muelles aproximan las masa hacia su eje y ello provoca el aumento apropiado del caudal de la bomba para elevar la velocidad del motor hasta el régimen que se ha de mantener. figura 5.28

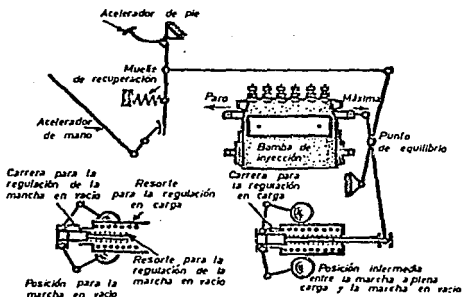
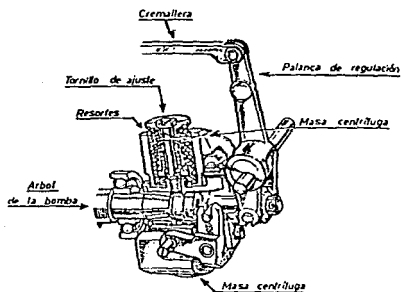


Fig.5.28 Esquema del funcionamiento de un regulador de masas centrífugas.

El regulador esta accionado por el eje motor mediante una cadena o engranajes o por sistema donde este accionado por el arbol de levas de la bomba de inyección.fig.5.29.formando un solo y unico grupo compacto.

Fig. 5.29 detalles de un regulador centrífugo.



Las palancas en forma de codos de las masas están unidas por una cabeza deslizante articulada a una varilla vertical de regulación y después al vástago horizontal de regulación (cremallera) que gobierna el caudal de la bomba. Sobre la varilla vertical de regulación actúa, además, el pedal del acelerador mediante su correspondiente transmisión y una palanca de mando. Al igual que otros tipos de reguladores, el centrifugo presenta las posibilidades de ajuste necesarias para adaptarse al comportamiento del motor al que se instale, a fin de obtener a todos los regimenes, que el suministro de la bomba corresponda a una buena combustión, es decir, sin exceso de combustible que originaría humos, ni escasez del mismo que reduciría la potencia.

Las distintas condiciones de trabajo del regulador son las siguientes.

a) Posición de los elementos del regulador con el motor parado.

En la posición de reposo del motor, la palanca de ajuste llega a apoyarse contra su tope stop, por consiguiente la varilla de regulación, que es la varilla de la cremallera, adopta su posición de reposo. El tope del pedal que limita la marcha en vacío queda sin efecto, por lo tanto, también el pedal del acelerador esta en su posición de reposo. las pesas o masas centrifugas, en este caso, se encuentran enteramente "dentro". fig. 5.30.

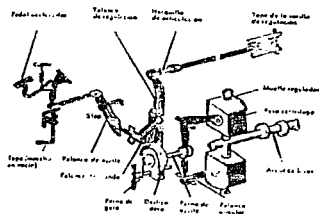


FIG. 5.30

b) Posición de los elementos del regulador en el arranque del motor.

Después de haber calentado el motor durante cierto tiempo se pisa a fondo, hasta el tope, el pedal acelerador. Esto origina que, por medio de las palancas de ajuste, de mando y de regulación la varilla de regulación sea llevada hasta la posición de máxima entrega de combustible (figura 5.31). Y entonces se conecta el tope de la marcha en vacío o ralenti. Después de esta operación se acciona el arranque, con lo cual el motor empieza a girar, una vez que el motor gire se suelta el pedal el cual retorna a su posición arrastrando así al conjunto de palancas, la varilla de regulación ya no puede retornar a su posición de stop, sino que queda retenida en la posición de marcha en vacío. Resulta, pues que el motor gira en marcha lenta o ralenti. y desde este momento, el regulador emprende automáticamente su función reguladora.

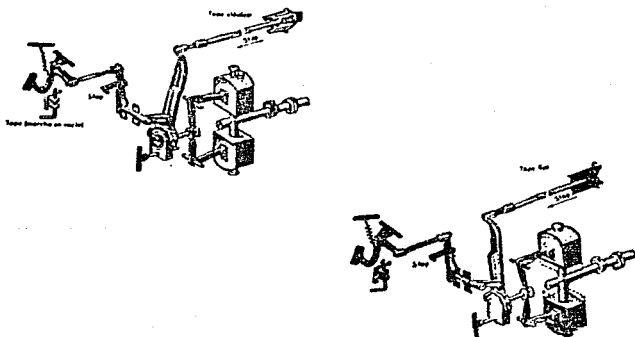


Figura 5.31

c) Regulación dentro del régimen de la marcha lenta o ralenti (marcha en vacío), bajo la denominación de marcha en vacío o ralenti del motor se entiende el régimen de revoluciones más lento posible, no desarrollando más fuerza motriz que indispensable para vencer sus propios rozamientos y para accionar los aparatos acoplados directamente al mismo como son el alternador la bomba de inyección, el ventilador, etc. El recorrido total de los pesos centrifugos, es de 6 mm. y un desplazamiento a la varilla de regulación de unos 8 mm., lo que resulta suficiente para contrarrestar las variaciones en la carga motriz que se produce dentro del régimen de la marcha en vacío del motor.

d) Regulación dentro de la zona entre el ralenti o marcha en vacío y la máxima.

Estando el motor cargado, a medida que el conductor del vehículo va apretando el pedal se acelera la marcha del motor. Esta aceleración o aumento del número de revoluciones del motor provoca un movimiento de los pesos centrifugos hacia afuera. Al principio, el regulador tiende a evitar un aumento de las revoluciones, pero una vez sobrepasado un poco el número de ellas que corresponde a la marcha en vacío, los pesos centrifugos quedan frenados y siguen en esta posición hasta que el motor tienda a sobrepasar el número máximo de revoluciones, debido a que los muelles reguladores de la máxima no inician hasta entonces su efecto regulador. Resulta, pues que el regulador no actúa en la zona comprendida entre la marcha en vacío o ralenti y la máxima.

figura 5.32

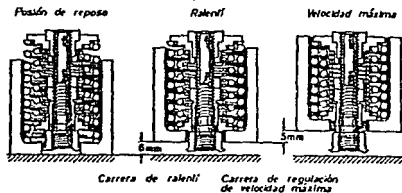


Fig. 5.32 Vista en corte de los resortes triples de regulación incorporados en cada masa centrifuga.

E) Regulación dentro de la zona máxima número de revoluciones del motor.

La regulación de la máxima tiene lugar en cuanto el motor tiende a sobrepasar su número máximo de revoluciones, dicho exceso puede producirse según el grado de la aceleración aplicado por el conductor. Una vez iniciada la regulación de la máxima, la posición de la varilla de regulación ya no depende sólo de la voluntad del conductor del vehículo, sino también del regulador. El recorrido de los pesos centrífugos es de 5mm. Esto da un desplazamiento -- para la varilla de regulación de unas 16 mm., lo que resulta suficiente para evitar una velocidad excesiva y --- frenarla para que no llegue más allá del stop.

LOS REGULADORES NEUMATICOS

El regulador neumático consiste en una caja contigua a la bomba de inyección, que lleva una membrana unida por un lado a la cremallera de regulación del caudal; un resorte de recuperación situado al otro lado de la membrana, en una depresión; una tubería que conecta esta cámara con la tubería de admisión de aire del motor. Figura 5.33

En el centro de la tubería de admisión se encuentra la mariposa que se acciona mediante el pedal del acelerador. Se observará que esta instalación es contraria a la de un regulador centrífugo, en la cual el mando del acelerador no -- esta unido a la cremallera (barra de regulación) de la bomba.

El regulador neumático sometido a la depresión del aire de alimentación del motor, corrige el caudal del combustible según las variaciones de la depresión.

La depresión varía con la posición que se dé a la mariposa por el acelerador y con la velocidad de rotación del -- motor. Cuando la mariposa esta casi cerrada, la depresión es muy grande por la velocidad que toma el aire al pasar por el angosto conducto que se deja. Inversamente la depresión disminuye cuando se abre la mariposa.

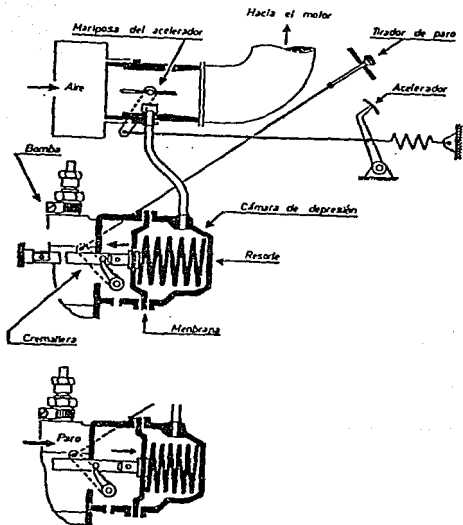


Fig. 5.33 Funcionamiento de un regulador neumático. Arriba; con carga grande del motor y poca depresión, el resorte empuja la membrana y la cremallera a la posición de gran suministro de la bomba.

La depresión actúa en la cámara de depresión del regulador y atrae la membrana, la cual comprime el resorte, y la cremallera - unida a la membrana, se mueve en el sentido de la reducción del caudal de la bomba. Cuando disminuye la depresión, el muelle de recuperación empuja a la membrana y a la cremallera en sentido inverso.

El funcionamiento se diferencia del de un regulador centrífugo en que el neumático está constantemente sometido a la influencia de la depresión y, por lo tanto, es un regulador "de todas --- velocidades".

Algunos motores en algunas ocasiones llevan un regulador que consta de un dispositivo neumático y de un sistema centrífugo.

La parada del motor se obtiene del mismo modo que en los demás sistemas de regulación, por un tirador que lleva a la cremallera a la posición de paro, o sea a la de caudal nulo.

LOS REGULADORES HIDRAULICOS

Este tipo de regulador ofrece ventajas, entre ellas la de -- proporcionar con toda regularidad velocidades de rotenti sumamente reducidas y velocidades máximas potentes, actualmente es poco usado.

Su principio está basado en un pistón o émbolo que, conectado a la varilla de accionamiento de la bomba de inyección, permite aumentar o disminuir el suministro de combustible y, por lo tanto acrecentar o reducir la velocidad del motor.

Los reguladores hidráulicos no se basan en una fuente de --- energía auxiliar, como los centrífugos y los neumáticos. Utilizan para corregir el caudal el efecto directo de la presión del lí--- quido en función de las variaciones de carga.

Su funcionamiento es el siguiente: el movimiento ascendente del pistón de bombeo cierra la entrada de combustible, cuya compresión cierra a su vez la derivación. Figura 5.34, el líquido empujado a través de la válvula por el pistón distribuidor, vence a la presión del resorte y levanta el pistón hasta que éste descubre la lumbrera de retorno al tanque del exceso de combustible. En ese momento, el pistón de bombeo, habiendo llegado a su punto muerto alto, inicia el descenso, se abre la válvula de derivación y el pistón distribuidor, empujado abajo por su resorte de recuperación expulsa el combustible por la derivación a la cámara superior.

La inyección tiene lugar a la carrera siguiente del émbolo. Se repite el ciclo que acabamos de describir y como la derivación está cerrada, el líquido se impulsa hacia el inyector hasta el mo-

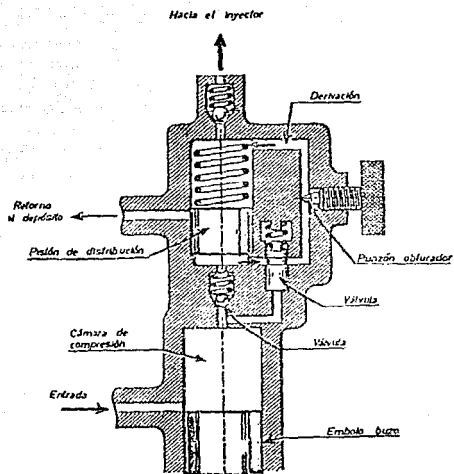


FIG. 5.34 Enquema de un regulador hidráulico.

mento en que se abre el orificio de retorno al depósito. Resulta - que la cantidad de líquido inyectado queda limitada a la que se en cuentra contenida encima del pistón detenido en su descenso por el chorro de líquido que pasa por la válvula. Todo ocurre igual que - si un tope parara el pistón en su carrera descendente, y de ahí el nombre de tope líquido que se da en este proceso.

Por consiguiente, si el motor sufre una disminución de carga, que implica el aumento de su velocidad, el émbolo buzo ascenderá - con mayor rapidéz y el tope líquido tendrá lugar antes, con lo --- cual se reducirá el volumen inyectado, e inversamente.

F) INYECTOR Y PORTAINYECTOR

El inyector tiene por misión la de pulverizar el combustible tan finamente como sea posible, es preciso que el combustible este completamente vaporizado para que su combustión sea rápida y total.

El inyector es un organo de alta precisión. Esta compuesto de una aguja y de un cuerpo; Fig. 5.35 este conjunto esta fijo sobre el porta-inyector que asegura la alimentación de -- combustible, Fig. 5.36.

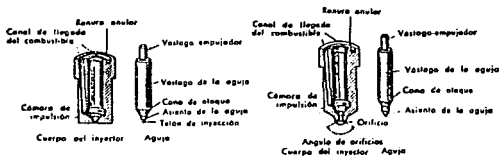


Fig. 5.35 Detalle de un inyector y de su aguja.
Izquierda.-inyector de talón.
Derecha.-inyector de orificios múltiples.

El combustible impulsado por la bomba llega a los porta-inyectores por unos tubos de acero. Algunos porta-inyectores tienen colocada una varilla filtro en la tubería de llegada del combustible con la finalidad de asegurar la protección del inyector.

Un canal interno conduce el combustible hacia la cámara de presión que rodea la junta de la aguja.

Debido a la diferencia de sección entre la junta de la aguja y el diámetro interior del cuerpo del inyector, la presión del combustible ejerce un empuje sobre la aguja que tiende a separarlo del asiento. En cuanto este empuje es superior al del muelle, la aguja se levanta y el combustible así liberado se escapa por los orificios para ser pulverizado finamente en la cámara de combustión, comenzando la inyección.

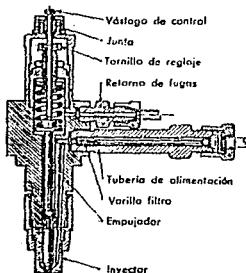


Fig. 5.36 Sección que muestra el conjunto de un inyector y su porta-inyector.

El porta-inyector es la montura del inyector y se fija a la culata por una brida o directamente. El porta-inyector contiene la varilla de empuje a lo que se ajusta la aguja y lleva un plato en su parte superior que hace de asiento del muelle de carga de la aguja.

Las conducciones se realizan por orificios a un lado del porta-inyector, uno para la entrada del combustible y otro en la parte alta para recoger el exceso de combustible o derrames que tendrían tendencia a huir a lo largo de la aguja por efecto de la presión y de volver a la bomba de depósito.

Los inyectores se presentan en dos clases principales:

- a) De Espiga y
- b) De Orificios.

a) Los inyectores de espiga. Dentro de esta clase existen diversas variantes que corresponden a las características de construcción del motor.

El extremo de la aguja del inyector tiene la forma de una espiga (tetón), de construcción especial, que entra con un poco de juego o huelgo en el orificio pulverizador del cuerpo del inyector. Variando las dimensiones y la forma de la espiga, fig. 5.37, 5.38 y 5.39, se logra una adaptación del chorro de inyección a las distintas exigencias. Además, la espiga mantiene el orificio limpio de incrustaciones carbonosas.



Fig. 5.37

la fig. 5.38 muestra un inyector de espiga con punta cilíndrica que produce un chorro de pequeña amplitud, mientras que, en cambio en la fig. 5.39 la espiga del inyector es de punta cónica y proporciona un chorro más amplio.

Fig. 5.38



Estos inyectores de espiga se utilizan en motores que tienen buena turbulencia de aire, como son los tipos de antecámara, con acumulador de aire o con cámara de turbulencia. En estos motores el acondicionamiento de la carga se logra a través de la turbulencia eficaz del aire. La presión en estos tipos de inyectores de espiga alcanza de 80 hasta 125 Kg/cm².

El inyector de la fig. 5.39 es un inyector de espiga en el que ésta tiene dimensiones especiales y produce el llamado "Efecto Estrangulador". Este efecto consiste en una especie de preinyección. La aguja al abrir el paso destapa, en los principios de su movimiento ascendente, una abertura anular muy estrecha y da salida solamente a una cantidad muy reducida de combustible finamente pulverizado.

A medida que va subiendo la aguja se efectúa finamente la inyección de la parte principal. Si las cámaras de encendido y combustión del motor son apropiadas, con este tipo de inyector puede lograrse una combustión perfecta y una marcha suave del motor, puesto que el aumento de presión se efectúa gradualmente.

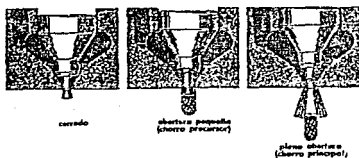
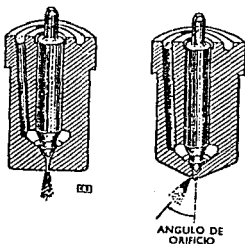


Fig. 5.39

b) Los Inyectores de Orificio. En este tipo de inyectores, la aguja no termina en forma o formas como los de espiga, sino en punta cónica, que en una proporción de su superficie sirve de asiento.

Existen tipos con orificio único o con orificios múltiples. Los primeros tienen un solo orificio pulverizador llamado también tipo de orificio central o bien en disposición lateral, fig. 5.40



En los modelos con orificios múltiples fig. 5.41, forman un ángulo llamado ángulo de orificio fig. 5.42. Este ángulo de orificio va hasta los 180° y para conseguir una buena distribución del combustible inyectado dentro de la cámara de combustión.

El diámetro y la longitud de los orificios tienen influencias sobre la forma del chorro y su poder de penetración. En los inyectadores de ejecución corriente los orificios de pulverización tienen un diámetro de 0.2 mm. en adelante, aumentando de 0.5 milímetros.

Los inyectores con orificios se utilizan en los motores con inyección de chorro directo y en ellos el inyector de este tipo asume la parte principal del acondicionamiento del combustible, la presión de apertura de estos inyectores es generalmente, de 150 a 200 Kg./cm.²

En resumen la clase y tipo de inyector adecuados para cada motor dependen del sistema de combustión de éste, así como de la forma de la cámara de combustión.

En general, en los motores de inyección directa se utilizan los inyectores de orificio, para los motores de antecámara, de inyección directa y con acumulador de aire, se prefieren inyectores de espiga.

El inyector tiene que ser adecuado para la potencia y el consumo de combustible, la duración de la inyección; la presión de ésa y el ángulo de pulverización.

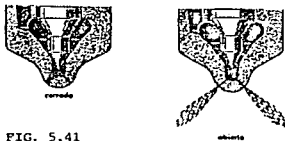


FIG. 5.41

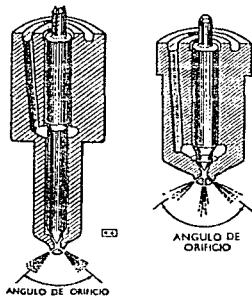


FIG. 5.42

5.3 LUBRICACION DE LOS MOTORES DIESEL

El buen funcionamiento de los motores Diesel modernos requieren una elección de lubricantes adaptados a sus diferentes condiciones de utilización.

Es necesario distinguir entre los motores Diesel de régimen rápido (vehículos de turismo y camionetas ligeras) y los motores de régimen medio o lento (grandes camiones, maquinaria de obras públicas, motores industriales, etc.). Las condiciones de trabajo de unos y otros son muy diferentes y por lo tanto, distintas clases de lubricación cuyas características respondan al tipo de motor y a su empleo. Hay que considerar también otros factores: COMBUSTIBLE, AMBIENTE, ETC.

En los motores Diesel, el sistema de lubricación debe cumplir las mismas funciones que en los motores de gasolina, pero en condiciones más severas de presión, temperatura y circulación limpia.

1o. En función lubricante proplamente dicha, el aceite debe formar una película continua, sin riesgo de rotura o dispersión a pesar de la presión existente en los cojinetes de los cuellos, no debe tener ningún efecto corrosivo sobre el metal de los cojinetes.

2o. En función de la estanquidad, el aceite debe facilitar el libre movimiento de los segmentos del pistón en sus ranuras y el de las válvulas en sus guías sin entorpecer el cierre perfecto de las válvulas de escape por la interposición de partículas en sus asientos.

3o. En función del enfriamiento, el aceite debe resistir el calor comunicado de los gases de combustión y el contacto con las piezas más calientes (cilindros y pistones), produciendo el mínimo de residuos.

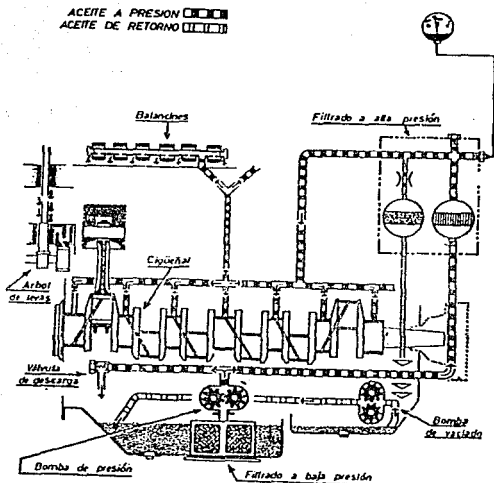


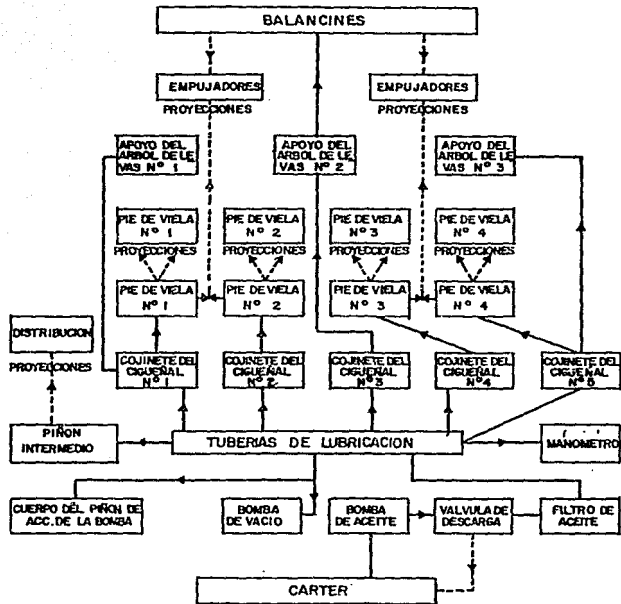
Fig. 5.43 Sistema de Engrase por circulación mediante dos Bombas .

EL SISTEMA DE LUBRICACION

Entre los diferentes órganos que constituyen el sistema de lubricación, podemos distinguir:

- Los órganos principales (cárter de aceite, canalizaciones bomba y limitador de presión).

TABLA SINOPTICA DEL CIRCUITO DEL MOTOR PERKINS



- Los aparatos de control de seguridad.
- Los filtros.

El cárter sirve de depósito y debe presentar una estanqueidad absoluta, juega un papel importante en la temperatura del aceite, el cual, después de haber pasado por el motor es refrigerado por radiación en el cárter.

El respiradero del cárter puede estar provisto de un filtro. La función del respiradero es evitar las sobrepresiones en el interior del cárter, está situado bastante alto para permitir la -- condensación de los vapores de aceite.

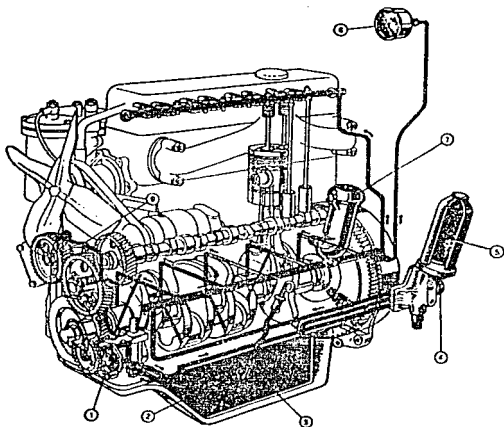


Fig. 5.44 Esquema de engrase del motor DM-CO.
1. bomba de aceite. 2. alcachofa de aspiración. 3. varilla
indicadora de nivel. 4. válvula de sobrepresión.
5. cartucho del filtro regenerador. 6. filtro automático
7. tapon del codo de llenado. 8. manómetro.

Los conductos han de tener una sección suficiente para no ser obstruidas por las impurezas y para evitar cualquier pérdida de -- carga en el circuito. Las conducciones exteriores o los órganos -- que tienen movimientos relativos entre ellos son flexibles. Comple -- ta el circuito una red de conducciones internas, unas mecanizadas y otras obtenidas de fundición.

BOMBA DE ACEITE

Se pueden distinguir tres tipos de bombas de aceite:

- De engranajes (Rectos o Helicoidales) Fig. 5.45
- De rotores Fig. 5.46
- De paletas Fig. 5.47

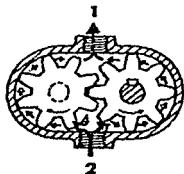


Fig. 5.45 Funcionamiento esquemático de una bomba de engranajes. Las flechas indican el trayecto del aceite

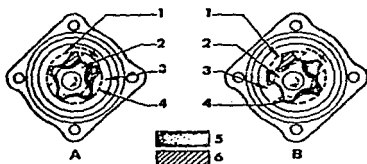


Fig. 5.46 Funcionamiento de dos rotores excéntricos. 1: orificio de aspiración 2: rotor interno 3: rotor externo 4: orificio impulsor 5: alta presión. 6: aspiración.

Bomba de engranajes.- Esta constituida por dos piñones, -- idénticos con dientes rectos o helicoidales, que engranan en el interior del cuerpo de la bomba, que tiene un orificio de entrada y otro de salida.

Uno de los piñones está accionado mecánicamente por un árbol de levas, o por un piñon accionado por el cigüeñal.

En Este tipo de bombas, los espacios 4 y 3 constituyen las cámaras de aspiración y de compresión, respectivamente.

El aceite entra en la cámara de aspiración, es decir, la -- del lado en que los dientes se separan, llena el espacio comprendido entre el cuerpo y los dientes, se ve arrastrado por éstos y luego es expulsado a la cámara de compresión situada en la parte opuesta a la entrada.

El caudal de la bomba es teóricamente igual al volumen de -- los dientes de los engranes.

Esta bomba puede dar una presión elevada, incluso a pequeña velocidad, por lo que necesita un limitador de presión. Por el -- contrario, sus posibilidades de aspiración son pequeñas, por lo que generalmente está situada sumergida en el fondo del cárter.

Bomba de rotores.- La Bomba (Fig. 5.46) se compone de dos rotores situados en el cuerpo. El Rotor interior está accionado por el árbol de mando y tiene 4 lóbulos mecanizados, el Rotor -- exterior tiene 5 alojamientos interiores y está descentrado respecto al Rotor interior y al árbol de accionamiento. La rotación del Rotor interior hace girar al Rotor exterior en el interior -- del cuerpo de la bomba.

En la posición "A" el aceite es aspirado y pasa al espacio comprendido entre los Rotores interior y exterior, al girar, el aceite se ve forzado hacia la posición "B" y debido a la excentricidad de los Rotores, y el espacio entre ellos disminuye de -- manera que el aceite es impulsado bajo presión, hacia las conduc ciones de aceite del motor.

Como esta bomba puede dar una presión elevada, es necesario añadir un limitador de presión.

BOMBA DE PALETAS.- En un cuerpo de bomba cilíndrico con orificios de aspiración y de impulsión, gira un Rotor cilíndrico cuyo eje de rotación es excentrico respecto al del cuerpo. Dos o cuatro paletas según los casos, deslizan por unas entalladuras mecanizadas diametralmente en el núcleo.

Estas paletas se mantienen aplicadas sobre el cuerpo de la bomba por fuerza centrífuga durante el funcionamiento de la bomba y por muelles cuando esta parada.

De la (Fig.5.47) el Rotor gira en el sentido de la flecha, - debido a la excentricidad de este último respecto al cuerpo de la bomba, el espacio comprendido entre el Rotor y el cuerpo de la bomba y la cara posterior de la paleta (4) aumenta progresivamente, creando así una depresión, bajo cuyo efecto el aceite es aspirado hacia el espacio (5).

En resumen la bomba, toma el aceite del cárter y lo envía por las conducciones a los cojinetes y muñones del cigüeñal y de ahí, el aceite se proyecta a las paredes de los cilindros.

En caso de que el enfriamiento de los pistones supongan un problema particular, hay unas conducciones mandrinadas en las bielas que elevan el aceite al interior de los pistones.

El aceite se envía igualmente con presión a la distribución árbol de levas, balancines de válvulas y una pequeña cantidad debe llegar hasta la propia válvula para lubricar el movimiento de su vástago en la guía.

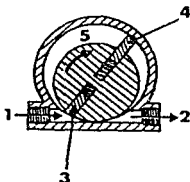


Fig. 5.47 Funcionamiento esquemático de la bomba de paletas. 1: entrada de aceite 2: compresión 3 y 4: paletas. 5: volumen de aspiración y de compresión.

FILTRADO

A diferencia de los motores de gasolina de condiciones de trabajo poco severas, evita que la bomba aspire los residuos del fondo del cárter, los motores necesitan un filtro muy eficaz del aceite, sin el cual tendrían un desgaste rápido de sus piezas.

Gracias al filtrado, los elementos extraños, las gotas de agua de condensación y los residuos metálicos y arenosos se detienen.

Por consiguiente, efectúa cierta regeneración del lubricante válida para el período previsto de duración del elemento filtrante y los vaciados del cárter.

El prefiltrado realizado por la rejilla de aspiración de la bomba, retiene las impurezas relativamente grandes del orden de las cien micras. Las impurezas más finas de 5 a 10 micras, quedan retenidas por el filtro principal, del que veremos los distintos tipos y que se presenta en algunas de las disposiciones siguientes

- a) En serie.- El filtro está colocado directamente en la conducción general, todo el aceite impulsado por la bomba pasa a través del elemento filtrante. Se toma la precaución de intercalar una válvula de desahogo para evitar que el filtro interrumpa un caudal, en caso de estar lleno o al arrancar un motor con tiempo muy frío cuando el aceite está congelado.
- b) En derivación.- El filtro va en una conducción derivada del circuito principal y sólo purifica una parte lubricante impulsado; hace falta por lo tanto bastantes vueltas al circuito para que ese filtro retenga la misma cantidad de impurezas que uno en serie en una sola vuelta.

TIPOS DE FILTROS

- a) De Cartucho.- Los motores de los vehículos de carreteras generalmente están equipados con este tipo de filtro. El cartucho que es el elemento filtrante, está contenido en una campana - desmontable y de fácil acceso. El cartucho no se regenera lavándolo, sino hay que --- cambiarlo periódicamente, el material ---- empleado es el papel, también existen filtros de lana de vidrio, seda, algodón, celulosa.
- b) De Centrifugación.- En este caso, hablando con propiedad, no hay filtrado, sino una separación de -- las partículas pesadas por efecto de la -- fuerza centrífuga originada por la rota--- ción de un bombo depurador o a la presión del aceite proyectado en el aparato, el -- bombo se limpia quitando los depósitos -- acumulados en sus paredes.
- c) De limpieza automática.- Estos filtros, empleados principalmente en los motores de tracción agrícola son del tipo de arandelas metálicas - apiladas. Se llaman filtros de peine por - que la limpieza se efectúa automáticamente con la ayuda de un peine cuya acción depen de del pedal del embrague. Algunos se limpian por un mando manual.
- d) De tamiz metálico.- Los filtros de tamiz metálico no hacen una depuración tan esmerada como los - filtros de cartucho, pero en cambio se --- limpian con facilidad sumergiéndolos en un baño de gas oil o de petróleo y cepillándo lo con un pincel.

5.4 LA REFRIGERACION DE LOS MOTORES DIESEL

La temperatura de combustión alcanza los 2,000 °C y los gases de escape a su salida del cilindro, conservan todavía una temperatura del orden de 800 °C por encima de los 350 °C, el aceite de lubricación que alcanza la parte más alta de los cilindros se descompone y puede llegar incluso a hacerse combustible. Por lo tanto, para asegurar una lubricación normal y evitar especialmente el engomado de los segmentos de fuego y de los vástagos de las válvulas de escape, no superen temperatura del orden de 200 a 220 °C, en las paredes que estén en contacto directo con el aceite de lubricación.

Los balances térmicos establecidos para el estudio de la refrigeración de los motores indican que aproximadamente solo la tercera parte de la energía producida por la combustión es recogida por el cigüeñal. Del 40 al 45% de la energía total se disipa en los gases de escape, y el resto, es decir, un poco más del 25%, se pierde en forma de calor en la refrigeración, aunque además hay que considerar que para asegurar esta refrigeración, será necesario absorber una cierta potencia para accionar el ventilador o la turbina, la bomba de agua y asegurar la disipación en el aire de este calor transmitido a las paredes.

El sistema de refrigeración se determina a partir del número de calorías, que han atravesado las paredes de la cámara de combustión y puede conseguirse de dos maneras distintas:

- Evacuación directa de las calorías, aumentando las superficies externas por medio de aletas de ventilación apropiadas, este es el sistema de refrigeración directa o por aire.
- Refrigeración de las paredes calientes por circulación continua de un líquido que se refrigera a continuación. Este es la refrigeración indirecta o refrigeración por agua.

REFRIGERACION DIRECTA POR AIRE

Desde hace unos 20 años se ha desarrollado la refrigeración directa o por aire en los motores Diesel destinados al transporte por carreteras, tractores agrícolas e instalaciones fijas.

Este tipo de refrigeración consiste en dotar a las culatas y a los cilindros de superficies radiantes suficientes -- para poder evaluar el calor. Estas superficies radiantes consisten en aletas disueltas adecuadamente y que arrancan de la masa del metal.

Se llega así a mantener un límite aceptable de la temperatura de los cilindros sin llegar a superar los 250 °C. Disminuyendo la separación de las aletas y aumentando su tamaño, la superficie de refrigeración puede aumentarse en grandes -- proporciones, sometiendo estas aletas a una corriente de aire libre, el aire circula a una velocidad mucho mayor en el extremo de las aletas que en su base, lo que provoca una disminución de la refrigeración. Para llegar a equilibrar la refrigeración es necesario canalizar eficazmente el aire por medio de deflectores apropiados a lo largo a través de las aletas -- de los cilindros y de las culatas.

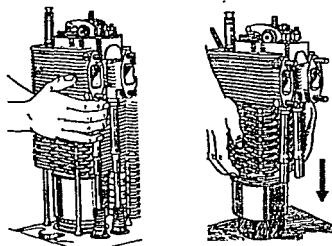


Fig. 5.4B Desmontaje de un cilindro de aletas, de un motor enfriado por aire. Izquierda: Levantamiento del Conjunto. Derecha: Separación de la culata por medio de un taco de madera.

Problemas planteados en el diseño del motor refrigerado por aire:

- **FUNDICION.**- La colada de los cilindros de aletas muy juntas debe efectuarse con una fundición muy buena y suficientemente dura.
- **MECANIZADA.**- Como los saltos térmicos son importantes todos los juegos deben ser calculados con el mínimo de error.
- **MONTAJE.**- Debe dedicarse mucha atención al montaje, por que las juntas de estanqueidad de a--celte son mas numerosos que un motor re--frigerado por agua.

REFRIGERACION INDIRECTA O POR AGUA

En este sistema se emplea agua o líquidos de gran capacidad calorífica. Las paredes de las cámaras que rodean los cilindros y la culata deben ser de pequeño espesor y presentar la mayor superficie de contacto posible con el agua de refrigeración. El agua circula y se calienta al contacto de las paredes calientes, pasando luego por una tubería a un radiador en el que cede su calor al aire del ambiente.

El agua puede absorber así una gran cantidad de calor y sin una exagerada elevación de temperatura, pues su capacidad calorífica es muy elevada.

La extensión de la superficie en contacto del conjunto del circuito de agua y la velocidad de circulación del líquido deben calcularse de manera que el agua no pueda alcanzar una temperatura superior a la de ebullición (100°C).

Para la circulación de agua se utiliza una bomba coloca da en un punto bajo del circuito del agua entre el radiador y el motor, de manera que esté constantemente bajo carga. La velocidad del agua no debe superar un metro por segundo, a fin de limitar los frotamientos de los conductos.

COMPARACION ENTRE LOS DOS SISTEMAS

REFRIGERACION DIRECTA

VENTAJAS:

- Simplificación del mantenimiento por la ausencia del líquido de refrigeración.
- Seguridad de empleo en invierno (no son necesarios an ticongelantes).
- Equilibrio térmico alcanzado rápidamente.
- Poco sensible a la elevación de la temperatura ambiente.
- Ausencia de averías debidas a los escapes del líquido de refrigeración, sobre todo en el interior del motor.
- Menor peso.
- Mejor conservación de los organos (especialmente las válvulas).

INCONVENIENTES:

- Motor más ruidoso.
- Regulación mas delicada.
- Realización mas costosa.

REFRIGERACION INDIRECTA

VENTAJAS:

- Regulación más fácil de realizar.
- Permite una mejor refrigeración de los puntos calientes (culata, válvulas de inyectores), pues la temperatura del agua es uniforme.
- Realización menos costosa (bloqueo) a pesar de tener -- más componentes como el radiador, la bomba y los conduc tos de agua.

INCONVENIENTES:

- El circuito de refrigeración por agua necesita una mayor atención o mantenimiento, a fin de evitar los escapes, la corrosión y la incrustación.
- Ciertos fenómenos de cavitación y corrosión, todavía -- mal conocidos, han de tenerse en cuenta en este siste ma de refrigeración.

- La adición de un producto anticongelante es indispensable para temperaturas inferiores a 0°.

Organos y accesorios del circuito de refrigeración por agua:

EL RADIADOR.

El radiador está encargado de evacuar el calor transmitido por el agua que rodea los diferentes órganos del motor, culeta, bloque, etc.

La cantidad de calor que se puede evacuar al radiador es proporcional a:

- la diferencia existente entre la temperatura del aire, ambiente y la temperatura del agua.
- la superficie frontal del radiador
- la profundidad y su superficie de peso (según el tipo de radiador). la profundidad de estos panales no debe en principio superar a los 150mm.
- tiempo durante el cual el agua permanece en contacto con la superficie radiante (la velocidad de circulación no debe superar un metro por segundo.

VENTILADOR

El agua caliente que llega al radiador se enfría con la corriente del aire del aire que la atraviesa. Esta corriente de aire esta activada por un ventilador con un numero variable de paletas (3,4,6, etc.) orientadas de tal manera que el aire es impulsado a través del panel del radiador.

El ventilador puede estar montado sobre un eje especial accionado por una banda, o bien sobre un eje de la bomba de agua, e incluso conectado al extremo del cigüeñal. Para aumentar el volumen de aire impulsado, es necesario poner el ventilador lo mas cerca posible del radiador. Además, la colocación de una coraza alrededor del ventilador permite al canalizar la corriente de aire, una mejor refrigeración evitando tambien el paso de aire caliente.

C A P I T U L O V I
DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
MOTORES DIESEL

6.1 CONCEPTOS GENERALES Y DISEÑO

Para irse relacionando con los términos a emplear, es necesario comprender los conceptos básicos, los cuales se describen a continuación:

TRABAJO:

En el sentido científico, se realiza trabajo sólo cuando la aplicación de una fuerza produce el movimiento de un objeto a lo largo de una distancia.

Por lo tanto el trabajo se define como:

"Energía empleada para mover un objeto a lo largo de una distancia".

De lo anterior, se deduce que el trabajo es el producto de fuerza por distancia.

O sea $W = F \times D$

donde: $W =$ Trabajo (kgm)

$F =$ Fuerza aplicada (kg)

$D =$ Distancia recorrida (m)

POTENCIA:

Como la potencia es una medida del trabajo realizado en un cierto tiempo, se tiene la siguiente fórmula:

$P = W \times T$

donde: $P =$ Potencia (kgm/seg)

$W =$ Trabajo (kgm)

$T =$ Tiempo (segundos)

CABALLO DE POTENCIA:

La potencia de salida de la mayor parte de los motores se mide en caballos de potencia, unidad ideada por el escocés James Watt.

1 HP = 33000 pies - libra por minuto.

donde: HP = Unidad de caballo de potencia (horse-power)
En el sistema métrico se ha definido análogamente el caballo métrico o caballo de vapor.

$$1 \text{ CV} = 75 \text{ kgm/seg}$$

$$1 \text{ CV} = 4500 \text{ kgm/min}$$

Siendo aproximadamente iguales ambas unidades y utilizándose por lo general el HP, se empleará la equivalencia siguiente:

$$1 \text{ HP} = 76 \text{ kgm/seg} = 4560 \text{ kgm/min}$$

La siguiente fórmula representa una facilidad para cálculos que se requieran.

$$\text{HP} = (F \times D) / (T \times 76)$$

PAR DE ROTACION:

Hasta el momento se ha descrito la potencia considerando un movimiento rectilíneo, es decir, cuando la fuerza y el movimiento (o desplazamiento) son en línea recta.

Sin embargo, muy frecuentemente la potencia es rotacional como en el caso del cigüeñal de un motor.

Cuando la fuerza se aplica de un modo que produzca un movimiento rotatorio o de torsión se le conoce con el nombre de par de rotación (o par motor), llamado torque en inglés.

$$T = R \times F$$

donde: T = Magnitud del par de rotación (llamada momento)

R = Radio de brazo de palanca (m)

F = Fuerza (kg)

Para determinar los índices fundamentales, el motor se prueba en el laboratorio en un banco de pruebas equipado con los dispositivos e instrumentos de medición necesarios, y se elige de acuerdo con el tipo de pruebas de laboratorio. Por lo tanto, el banco de pruebas debe tener el equipo siguiente:

- 1) Un cimiento que absorba las vibraciones que se producen debido a la existencia de fuerzas de inercia no equilibradas en el motor y un cimiento para la instalación del freno (dinamómetro).

- 2) Una estructura para fijar el motor a la plancha de cimentación.
- 3) Unos soportes para montar y fijar el motor en la plancha de cimentación.
- 4) Un freno, que absorba la potencia desarrollada por el motor, provisto de un dispositivo para medir el par motor.
- 5) Un árbol con acoplamientos especiales para unir el cigüeñal del motor al árbol del freno.
- 6) Los dispositivos y las tuberías necesarias para suministrar al motor el aceite de engrase y para evacuar a la atmósfera los gases de escape y del cárter.
- 7) Los dispositivos y las tuberías necesarias para alimentar de combustible y de aire al motor y los instrumentos para medir el consumo de combustible y de aire.
- 8) Los sistemas para asegurar la regulación del motor durante las pruebas.

Lo más frecuente es que todas las mediciones que se hacen durante las pruebas de los motores, se lleven a cabo con régimen estacionario, es decir, cuando las indicaciones de los instrumentos que determinan el estado térmico, el régimen de velocidad y la carga del motor no varían con el tiempo.

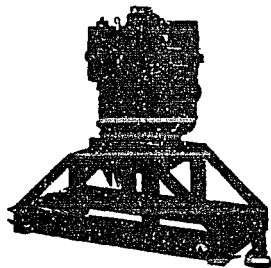
Para estos casos se sacan las características externas y parciales de velocidad, carga y otras con régimen estacionario establecido (pruebas normalizadas), se miden y se registran en unas actas especiales las magnitudes siguientes:

- a) El par motor.
- b) El número de revoluciones por minuto del cigüeñal y el número total de revoluciones que dicho cigüeñal realiza durante el tiempo que dura la prueba.
- c) El gasto o consumo de combustible y de aire durante la prueba.
- d) La temperatura en grados centígrados del aire circundante del agua que entra y sale del motor (si se refrigera con agua), del aceite que hay en la bandeja del cárter del motor y de los gases que salen por el tubo de escape.
- e) La presión del aire circundante y la del aceite de la tubería principal, así como la depresión en la tubería de admisión.

Con los datos obtenidos de las mediciones, se pueden encontrar - los índices del motor y representarlos gráficamente. El motor - empleado para este fin existente en el laboratorio de termofluidos tiene las características siguientes.

- Motor de 4 tiempos, encendido a compresión (Diesel) enfriamiento con aire (fig. 6.1).
- Potencia 6 hp.
- 1 cilindro
- 4 tiempos
- Cilindrada 262 cm.
- 3600 rpm.

El motor Diesel de 4 tiempos es un motor pequeño compacto y ligero, del tipo utilizado para impulsar pequeños generadores eléctricos, bombas y una variedad de equipos de construcción en que se requiere una fuerza motriz confiable de bajo costo. El pistón, la cabeza del cilindro y el cárter son de aleación de aluminio, mientras que el monobloque es de hierro colado. La cámara de combustión es del tipo de inyección directa.



Motor de 4 tiempos encendido a compresión (Diesel) enfriamiento con aire

FIG. 6.1

Las partes del motor que se pueden identificar fácilmente son:

1. Inyector de combustible.
2. Bomba de inyección.
3. Control de velocidad variable (acelerador).
4. Palanca de arranque/paro.
5. Cáster, tapa de llenado de aceite, varilla medidora del nivel de aceite y tapón de descarga del aceite.
6. Filtro de combustible.
7. Filtro de aire.
8. Silenciador y tubo de escape.
9. Cigüeñal.
10. Cebador.
11. Base principal del motor.
12. Tuberías de combustible.
13. Polea de arranque.

INDICACIONES IMPORTANTES PARA SU OPERACION

- No llene el tanque de combustible mientras el motor está en marcha y limpie todos los derrames de combustible tan pronto ocurran.
- No operar el motor a la velocidad máxima.
- No toque el cigüeñal cuando el motor está en marcha y si lleva ropa suelta, manténgase alejado del eje de rotación.
- No toque el silenciador hasta que el motor se haya enfriado.
- Pare el motor solamente con el interruptor adecuado.

Antes del arranque el operador debe revisar los filtros para asegurarse de que estén limpios, el combustible que se encuentre limpio y fresco, el nivel de aceite, la alineación de acoplamiento del cigüeñal y por último, las tuberías y conexiones.

Para el arranque del motor existe un elemento muy importante que es necesario describirlo y que es la polea de arranque.

En este tipo de motores el arranque se lleva a cabo mediante el movimiento giratorio de la polea efectuado por el tirón de una cuerda. La forma de operarlo es muy fácil.

Utilizando ambas manos, dé vuelta a la polea de arranque en sentido contrario al de la flecha indicada en la parte superior de la polea hasta que se encuentre resistencia (fig. 6.2), haga rebotar enérgicamente la polea contra esta resistencia y note si se escucha el chirrido del inyector de combustible cuando rocía dentro del cilindro. Continúe haciendo rebotar la polea hasta que el inyector haya inyectado unas diez veces. Esta acción tiene el mismo efecto que el ahogar un motor de gasolina. Coloque el extremo de la cuerda de arranque en la ranura de la polea y enróllela en el sentido del reloj alrededor de la misma, dándole dos y media vueltas (fig. 6.3). En ninguna circunstancia vaya a enrollar la cuerda alrededor de su mano o su muñeca. Tire la cuerda de arranque rápido y uniformemente para desenrollarla por completo de la polea. Si el motor se enciende y se apaga después. Lleve la polea de arranque nuevamente hasta el punto de resistencia. Un motor puede requerir de varios tirones antes de que arranque.

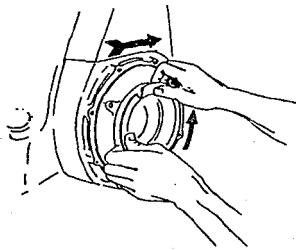


FIG. 6.2

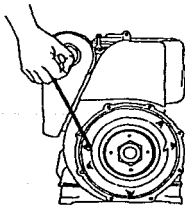


FIG. 6.3

Para un buen mantenimiento del motor se deben considerar los siguientes puntos:

- a) Cambio de aceite después de cada 250 horas de operación vacíe el colector de aceite, lávelo con aceite de enjuague para llenar de nuevo el cárter, quite la tapa de llenado de aceite y la varilla medidora y vierta lentamente aceite de grado apropiado en el cárter. Llénelo con aceite ms-sae 10w/6 10w/30 de alto detergente para temperaturas superiores a 32 °C, o bién con ms-sae 20/20w para temperaturas superiores a 32 °C. La capacidad del cárter es de 1.54 litros. Cada vez que se cambie el aceite debe sustituirse el filtro del aceite.
- b) Filtro de aire
Un depurador sucio causa pérdida de potencia y consumo excesivo de combustible. El filtro de aire debe limpiarse cada 250 horas de operación.
- c) Sistema de escape
Un silenciador sucio causa pérdida de potencia al obstruir la salida de los gases de escape de la cámara de combustión, ya que dichos gases atrapados en la cámara de combustión, impiden que ésta se llene con una nueva carga de aire fresco. El sistema de escape debe limpiarse cada 250 horas de operación.

Definidas las características del motor diesel, es conveniente describir parte del equipo necesario para el banco de pruebas mencionado anteriormente, el cual se desarrollará en tres partes.

a) CIMIENTOS

Tanto el motor como los dispositivos del freno (dinamómetro), deben tener una cimentación adecuada que no permita movimiento brusco al estar funcionando, evitando la vibración que se produce debido a las fuerzas de inercia no equilibradas.

Las cimentaciones empleadas tienen las medidas siguientes:

Largo = 80 cm.

Ancho = 60 cm.

Profundidad = 60 cm.

La parte inferior del cimiento lleva una malla formada por 6 varillas horizontales y 7 varillas verticales, siendo el diámetro de las varillas de 1/2 pulgada (fig. 6.4).

De la malla se desprenden 4 varillas (con una longitud de 34 - - cms.). Van unidas en su parte superior a tornillos de 3/4 pulg. que sirven para fijar la estructura que soporta al equipo. La unión de los tornillos y varillas se realiza mediante soldadura eléctrica, las varillas se sujetan a la malla en forma de gancho y se amarran con alambre.

Los tornillos tienen una longitud de 60 cm., de los cuales 36 -- cms. se encuentran en la cimentación y 24 cms. fuera del cimien- to (fig. 6.5).

b) ESTRUCTURAS

Existen 2 tipos de estructuras usadas para el banco de pruebas, la primera estructura es empleada para fijar el motor, la segun- da para los dispositivos del freno.

Las estructuras son elementos principales de un banco de pruebas ya que son los intermediarios entre cimiento y equipo. Los pun- tos que se consideraron para el diseño de las estructuras son:

- 1) Dimensiones requeridas
- 2) Unión con cimientos y equipo
- 3) Material empleado
- 4) Peso, altura, etc.,

Una estructura que cumpla estas condiciones, tendrá mayor seguri- dad, por ejemplo, el motor no debe tener movimiento alguno al es- tar funcionando, ya que pone en peligro las piezas que van unii- das a la flecha del motor y al mismo motor. El material para -- las estructuras, debe ser el adecuado para resistir los cambios burscos del freno y del motor, y así cada uno de los puntos ante- riores juega un papel importante que se debe tener presente.

Estructura del Motor

El motor diesel está montado sobre una estructura con dimensio- nes de 68 x 44 cms. En la parte superior, va soldada una placa de 21 x 26 cms. que es la base sobre la cual descansa el motor, la unión del motor con la estructura, se realiza mediante 2 sole- ras, una de cada lado del motor.

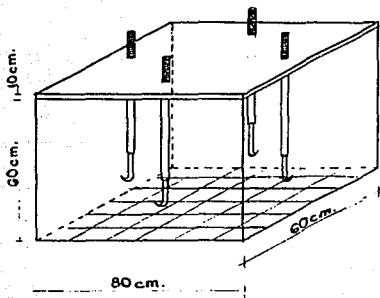


FIG. 6.4

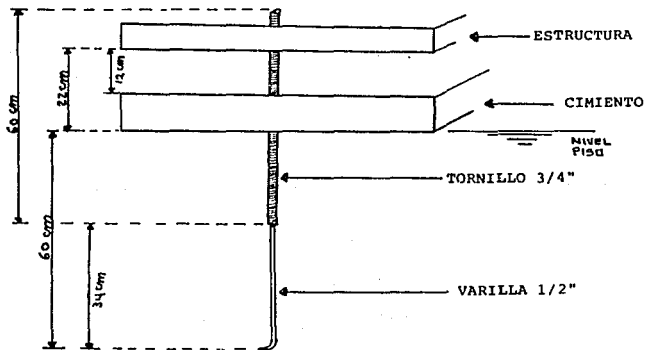


FIG. 6.5

FIG. 6.4 Y 6.5 DETALLES DE CIMENTACION.

El material empleado para la estructura es:

- * 2 piezas canal 'U' 3"x17" 5/16 (7.6x44 cm)
- * 2 piezas canal 'U' 3"x26" 3/4 (7.6x68 cm)
- * 4 piezas tubular de 1"1/2x11" (3.8x28 cm)
- * 4 piezas tubular de 1"1/2x6"1/2 (3.8x16.5 cm)
- * 2 piezas tubular de 1"1/2x11" (3.8x28 cm)
- * 2 piezas tubular de 1"1/2x17"5/16 (3.8x44 cm)

En la parte inferior de la estructura (canal) y en la parte superior de la estructura lleva orificios de 1/2 pulgada que sirven para ensamblar la otra estructura y asegurar un perfecto centrado por medio de tres enchufes cónicos. En el mismo lado existen unos salientes hechos de ángulo que sirven para ajustar y -- tensar la estructura evitando movimientos bruscos (fig. 6.6). La unión de la estructura con el cimiento se realiza mediante -- los 4 tornillos mencionados en la cimentación, los tornillos -- atraviesan el canal en sus puntos medios, detenidos por tuercas en sus dos extremos y sirven además para nivelar la estructura -- cuando así se requiera.

Estructura de los dispositivos del freno

La estructura es de la misma forma a la usada en el motor (fig. 6.7). La diferencia consiste en lo siguiente:

- 1) Dimensiones 68x36 cms.
 - 2) Material empleado canal 'U' para la base, variando en el ancho que es de 36 cms. En la estructura anterior se usó tubular, en ésta se usó ángulo de 1"1/2 pulg.
 - 3) La base superior de la estructura es de 20x20 cms. y va sellada por una placa.
 - 4) El apoyo sobre el piso es opuesto en las estructuras.
- C) SOPORTES

La función principal de los soportes, es el de evitar que toda la fuerza (vibración) que produce el motor y los dispositivos del freno al estar funcionando no se transmitan en su totalidad a la estructura y a la cimentación, sino que sea absorbida por los soportes, evitando desgastes en todo el banco de pruebas.

Estos soportes tienen un espesor de 1/2 pulg., son de forma cuadrada de 5.5 centímetros de lado y el material empleado es hule vulcanizado (llanta). Se empleó este material por ser de bajo costo y tener una gran facilidad de sustituirlo cuando se requiera.

Los soportes se colocan sobre los cuatro tornillos que fijan la estructura y en la parte superior e inferior del canal 'U' se colocan presionados por rondanas y tuercas. Con esto se logra que las vibraciones no se transmitan directamente a la plancha de cimentación y a la misma estructura. El apoyo sobre el piso es -- efectuado con soportes antivibrantes.

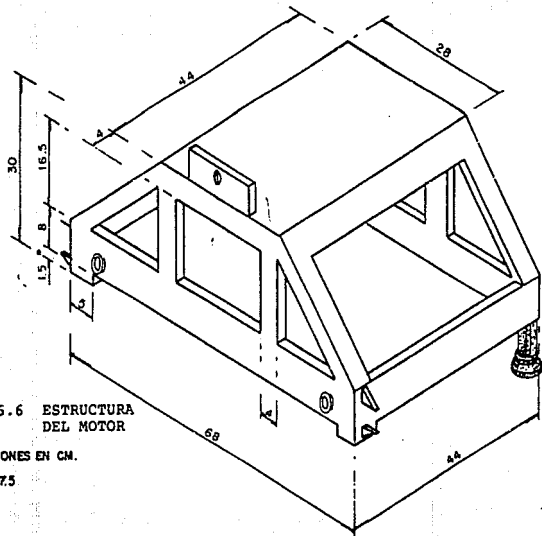


FIG. 6.6 ESTRUCTURA
DEL MOTOR
NOTA :
ACOTACIONES EN CM.
ESC 1:7.5

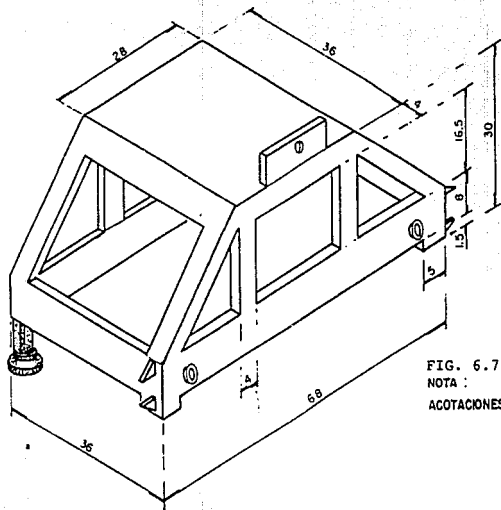
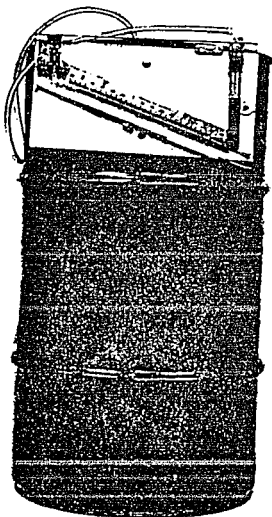


FIG. 6.7 ESTRUCTURA DEL DINAMOMETRO
NOTA :
ACOTACIONES EN CM.

CAPITULO 6.2
DISEÑO Y MEDICION DEL CONSUMO DE AIRE



6.2 DISEÑO Y MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AIRE

El motor Diesel difiere del motor de gasolina en la forma en que el aire y el combustible se combinan e introducen a la cámara de combustión. La velocidad del motor de gasolina se controla variando las cantidades de aire y combustible que, entran en la cámara de combustión. El motor de gasolina está equipado con un carburador a través del cual se aspira aire y se mezcla con la gasolina, el paso del aire por la garganta del carburador se limita y acelera mediante un venturi. En este elemento se tiene una tobera o surtidor de combustible, el aire que circula a través del venturi arrastra al combustible que fluye desde la tobera y se vaporiza dentro de la corriente de aire de baja presión. Al controlar el flujo de aire por medio de un acelerador (o válvula de mariposa) se regula también la cantidad de mezcla de aire y combustible.

La velocidad de un motor diesel se controla variando la cantidad de combustible que se inyecta en la cámara de combustión. El motor diesel aspira aire directamente, a través del filtro del aire y la válvula de admisión haciéndolo entrar en la cámara de combustión. El combustible no se mezcla con el aire a medida que entra en dicha cámara. El aire se comprime y su temperatura se eleva hasta el nivel necesario para la ignición sólo entonces se inyecta el combustible a la cámara de combustión, donde al mezclarse con el aire sobrecalentado, se enciende y se quema.

El banco de pruebas nos permitirá realizar una evaluación completa del motor. Conocer el consumo de aire y de combustible, medir el par de rotación y la velocidad del motor (fig. 6.8). Con esto se podrá calcular cualquier característica de operación significativa del motor y saber como respira, cuál es su velocidad de operación más económica, cuando desarrolla su par de rotación máxima o su potencia máxima y muchos otros datos esenciales para su buen funcionamiento.

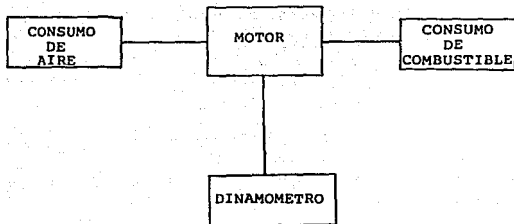


FIG. 6.8 BANCO DE PRUEBAS

El motor diésel es el elemento principal sobre el cual se realizan las pruebas, para esto deberá llevar las tuberías y dispositivos necesarios.

El freno absorberá la potencia desarrollada por el motor y tendrá acoplamientos especiales para unir el cigüeñal del motor al árbol del freno.

El consumo de combustible y el consumo de aire deberá contar con los instrumentos para medir sus consumos, como también los dispositivos y tuberías requeridas para su alimentación.

MEDICION DEL CONSUMO DE AIRE

El consumo de aire se encuentra por medio de dispositivos de estrangulación (diafragmas normalizados, toberas y tubos de venturi) o de medidores volumétricos de gasto. Últimamente se emplean más los medidores volumétricos de gasto o de émbolos giratorios. En este diseño resulta más cómodo utilizar dispositivo de estrangulación por su fácil construcción y bajo costo.

El medidor de flujo de aire permite determinar la cantidad de -
 aire que entra al motor en diversas condiciones de operación.
 El flujo de aire se mide haciendo que el motor lo aspire a tra-
 vés de una boquilla o tobera de precisión, pasando luego a un --
 tambor de amortiguación de pulsos, y después por una manguera --
 hasta la toma de aire del motor (fig. 6.9) puesto que todo el ai-
 re que entra al cilindro ha pasado por la tobera, la intensidad
 de flujo puede determinarse midiendo la presión a uno y otro la-
 do de dicha tobera o boquilla.

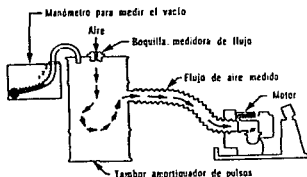


FIG. 6.9

La diferencia de presión que haya en la tobera se mide en pulga-
 das de agua por medio de un manómetro de líquido, que es un ins-
 trumento que se utiliza para medir la presión de los gases y vapo-
 res. La presión del aire suele expresarse como la altura de colu-
 mna de agua, en centímetros o pulgadas, que puede soportar (fig.
 6.10)

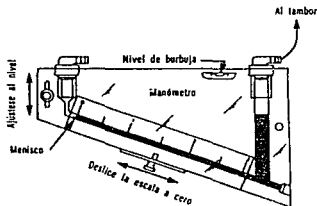


FIG. 6.10

un centímetro de agua equivale a una presión de 0.001 Kg/cm^2 .
una pulgada de agua a 0.036 Lb/pulg^2 .

POR LO TANTO:

1 pulg. agua = 2.54 cms. de agua = 0.00254 kg/cm^2

Se proporcionan tres tamaños diferentes de toberas para utilizar se con el medidor de flujo de aire. El motor diesel utiliza más aire que un motor de gasolina equivalente, por lo que se debe emplear tobera de 19mm ó 0.750 pulg. (tabla 6.1).

INTERVALOS DE POTENCIA (HP)	INTERVALOS DE CONSUMO DE AIRE (lb/h)	DIAM. DE BOQUILLA (pulg)
2-6	10-40	0.500
5-14	30-94	0.750
12-35	80-230	1.183

TABLA 6.1

Para el diseño de la tobera se utilizó una placa cuadrada de - - 10x10 centímetros con un espesor de 1/2 cm.

La tobera va colocada en el centro del tambor y va unida por medio de cuatro tornillos. Además lleva un avellanado exterior para poder aspirar libremente el aire por el orificio.

El tambor de amortiguación de pulsos es de una capacidad de 200 litros (200 dm^3), va conectado a la toma de aire del motor, por medio de una manguera de hule de 2 pulgadas de diámetro, la sujeción sobre los extremos de la manguera se logra con abrazaderas. El tambor lleva un orificio sobre el cual va soldado un tubo de dos pulgadas que servirá para fijar la manguera y lograr el paso del aire, cabe decir que no debe existir la mínima fuga de aire ya que esto ocasiona errores fácilmente.

Utilice como guía el siguiente procedimiento y disponga el medidor de flujo de aire para su empleo con el motor diesel pater como sigue:

1. Instale la tobera de tamaño adecuado (19 mm. ó .75 pulg.)
2. Quite el filtro de aire al motor.
3. Conecte el tambor de amortiguación de pulsos con la toma de aire del motor por medio de la manguera de hule.
4. Ponga abrazaderas de sujeción sobre los extremos de la manguera flexible de 50.8 mm. (2 pulg) y asegúrese de que las conexiones sean herméticas.
5. Nivele y ponga en cero el manómetro. Para nivelar el manómetro, centre la burbuja de un nivel interconstruido. Para poner en cero el manómetro, afloje el tornillo de montaje de la izquierda. Al ajustar a cero, deslice la escala hacia uno y otro lado hasta que el menisco de aceite rojo esté alineado con el cero de la escala.
6. Ponga el control de carga en posición mínima.
7. Antes de arrancar el motor, repase la revisión preoperacional y los procedimientos de arranque.
8. Arranque el motor y ajuste el acelerador para 2500 rpm., espere unos segundos para que se caliente.
Con el motor girando a 2500 rpm. y carga mínima, registre la lectura del manómetro.

Lectura del manómetro -----pulgadas de agua.

El manómetro es exacto sólo entre lecturas de 0.2 y 3.0 pulg. de agua. Las lecturas fuera de estos límites son difíciles de determinar con exactitud.

9. Utilizando la lectura del manómetro obtenida anteriormente, determine la intensidad de flujo de aire por medio del diagrama 6.11.

Consumo de aire = -----pies³/min.-----Lb/h.

-----litros/min.-----kg/h.

10. Aumente con lentitud la apertura del acelerador dando carga simultáneamente al motor, hasta que el acelerador esté totalmente abierto y la velocidad del motor sea de 2500 rpm.

Registre la lectura del manómetro.

Lectura del manómetro = pulgadas de agua.

11. Utilizando el diagrama 6.11 convierta esta lectura en un valor de flujo de aire.
12. Varíe el ajuste del control de carga hasta que el tacómetro indique una velocidad del motor de 3600 rpm. Ajuste la lectura del manómetro y utilizando la gráfica, convierta esta lectura en un valor de flujo de aire.

El diagrama de la figura siguiente, proporciona los medios para convertir las lecturas de presión (o de vacío) del manómetro en pulgadas de agua, en valores más significativos de flujo de aire expresados en pies cúbicos por minuto (pies³/min) y (lb/hr) o también en (lt/min) y (kg/h) multiplicando por los factores correspondientes.

El flujo de aire en pies³/min. se indica en el lado izquierdo y el flujo en Lb/h está marcado en el lado derecho.

Observe que hay una curva específica para cada tamaño de boquilla. Como se utiliza en este caso la de 19 mm. (0.750 pulg) se debe emplear la curva central.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

1. ¿Cambió el consumo de aire de carga mínima hasta carga máxima a 2500 rpm.?
2. ¿Fue diferente el consumo de aire a 3600 rpm. con carga del correspondiente a 2500 rpm. con carga?
3. ¿A qué atribuiría usted cualquiera de los cambios?
4. ¿Por qué es importante tener conexiones herméticas en ambos extremos de la manguera?
5. ¿Qué es un manómetro de líquido?
6. ¿Qué es un menisco?

7. ¿En qué unidades se mide la presión de aire (o vacío) en la boquilla medidora de flujo de aire?
8. ¿Porqué debe nivelarse el manómetro antes de medir la presión del aire?

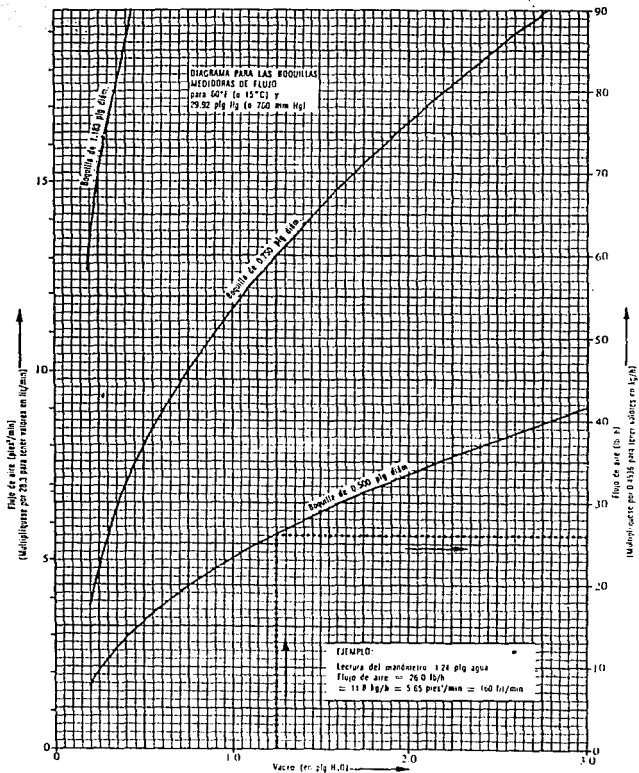
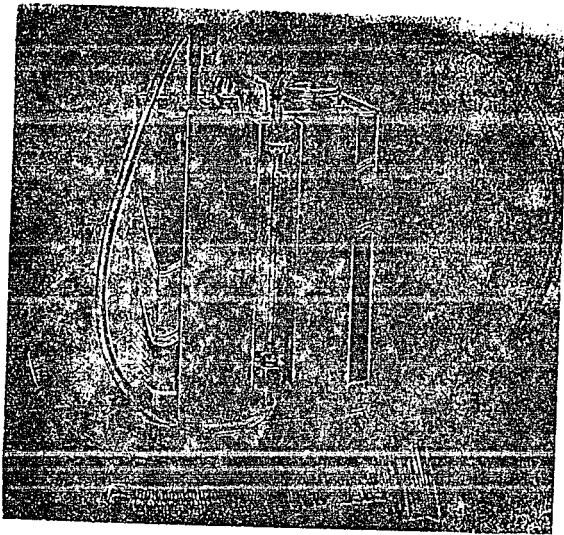


FIG. 6.11

CAPITULO 6.3
DISEÑO Y MEDICION DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE



6.3 DISEÑO Y MEDICION DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Una parte esencial del análisis de funcionamiento de un motor, es la medición precisa y significativa del consumo de aire y de combustible. Para un motor el gasto de combustible por unidad de distancia recorrida se puede determinar aproximadamente si se toma y anota primero la lectura del medidor y luego se llena el tanque de combustible hasta rebosar. La siguiente vez que se llene el tanque se registrará de nuevo la lectura. Dividiendo la cantidad de combustible necesaria para volver a llenar el tanque entre la distancia recorrida, se tendrá una aproximación del gasto de combustible por unidad de distancia expresada en litros por kilómetro.

La cifra es aproximada porque no hay modo de asegurar que se re- puso la cantidad exacta de combustible utilizado. Tal vez el tanque no se haya llenado hasta el punto de reboso, y el derrame se produjo debido a la agitación y las burbujas de aire, o bien parte del combustible registrado en el medidor de la bomba de servicio, se había derramado sobre el piso. Además, para obtener la cifra final, no se tomó en cuenta los periodos de marcha mínima durante el calentamiento del motor. Tampoco se tuvo en cuenta los números de arranques en frío ni las paradas del motor y los rearranques. Por tanto, el valor resultante es un promedio y no se indica el consumo a velocidades y cargas específicas. Sin embargo, a pesar de que solo es una aproximación, en muchos casos es útil el cálculo de este consumo de combustible.

Para determinar el rendimiento económico del motor, hay que medir el consumo de combustible por unidad de tiempo. Con este fin se puede medir el tiempo que tarda en consumir una dosis de combustible y anotar esta indicación en la tabla de pruebas.

La medición se puede hacer por el método másico o volumétrico.

METODO MASICO

En la figura 6.12 se reproduce el esquema del procedimiento másico de medición del gasto de combustible. En uno de los platillos de la balanza, se coloca el recipiente 2, que se llena con el combustible procedente del depósito 7. El tubo 4 y la bomba de alimentación 5, hacen que el combustible llegue al motor.

Durante el funcionamiento del motor, cuando no se mide el gasto de combustible, en el recipiente se mantiene un nivel constante abriendo la llave electromagnética 1 con el interruptor de final de carrera 3. Inmediatamente antes de comenzar la medición, se interrumpe el suministro de combustible desde el depósito. Cuando el fiel de la balanza llega a la división en que se debe empezar la medición, se pone en marcha automáticamente un cronómetro. Cuando el fiel alcanza la posición correspondiente a la dosis establecida, el cronómetro se para.

De esta forma, dicho cronómetro marca el tiempo (segundos) que tardan en gastarse los g. (gramos) de combustible. Después con la ecuación:

$$GT = \frac{G}{Ts} \times 3.6 \text{ Kg/H}$$

se calcula el gasto de combustible por hora.

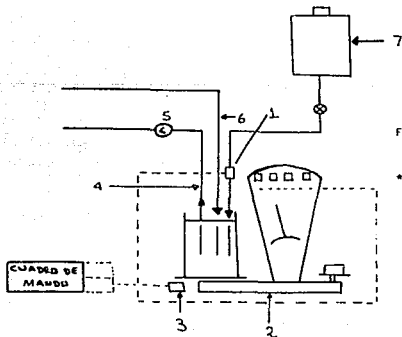


FIG. 6.12 ESQUEMA DEL DISPOSITIVO PARA MEDIR EL GASTO DE COMBUSTIBLE POR EL PROCEDIMIENTO MASICO.

* 6 RETORNO DE COMBUSTIBLE QUE REBOSA DEL INYECTOR.

METODO VOLUMETRICO

Para el diseño del consumo de combustible resultó más conveniente emplear este método por las siguientes razones:

1. Fácil construcción.
2. Bajo costo.
3. Mantenimiento rápido.
4. Fácil manejo.

El consumo de combustible, suministrado del depósito al motor -- diesel, se mide cuando pasa a través de un medidor de flujo (rotámetro) antes de que llegue a los inyectores por la bomba de inyección. El rotámetro es un tubo de vidrio graduado sobre el -- cual se hacen las mediciones. La alimentación de combustible al rotámetro se logra mediante un tubo de acero interno con unas -- perforaciones que es por donde se filtra el combustible (fig. -- 6.13).

Para el diseño del rotámetro, se usó un tubo de vidrio con un -- diámetro de 3.33 cm. (1 5/16 pulg) con una altura de 22.80 cms. Los extremos del tubo van sellados con tapas y empaques para evitar la fuga de combustible. A la entrada y salida del medidor -- de flujo existen llaves para el paso y cierre de combustible.

Para el depósito se empleó un recipiente con una capacidad de 25 litros, suficientes para abastecer de combustible al motor durante las pruebas.

GRADUACION DEL ROTAMETRO

V1 = Volumen del tubo de vidrio.

V2 = Volumen del tubo de acero.

D1 = Diámetro interior del tubo de vidrio 3.33 cms.

D2 = Diámetro exterior del tubo de acero 1.33 cms.

D3 = Diámetro interior del tubo de acero .86 cms.

H = Altura

Para calcular el volumen, se usará la fórmula:

$$V = A \times H$$

donde el área será igual a:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

El volumen del tubo de vidrio se calcula por:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \times H$$

El volumen del tubo de acero se calcula por:

$$V_2 = \frac{\pi}{4} D_2^2 \text{ ext} - D_3^2 \text{ int} \times H$$

El volumen total será:

$$V_T = V_1 - V_2$$

Calculando a diferentes alturas, tenemos:

Para una altura de 22.80 cms.

$$V_1 = A \times H$$

$$V_1 = \frac{\pi}{4} (3.33)^2 \times 22.80 = 198.46$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} (1.33^2 - 0.86^2) \times 22.80 = 18.41$$

$$V_T = 198.46 - 18.41$$

$$V_T = 180.0 \text{ cms.}^3$$

La siguiente tabla 6.2, muestra el volumen que ocupa una altura x.

VOLUMEN cm ³	ALTURA cm
180	22.80
160	20.25
140	17.75
120	15.20
100	12.65
80	10.15
60	7.60
40	5.10
20	2.55

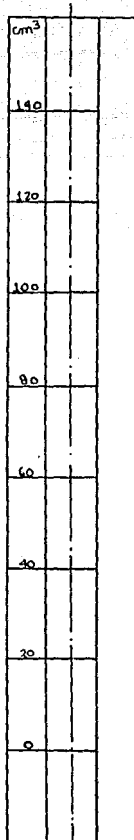


FIGURA 6-13 GRADUACION DEL ROTAMETRO

Utilice el siguiente procedimiento como guía para medir el consumo de combustible en el motor diesel peter:

1. Cerciórese de que esté limpio el depósito.
2. Ponga suficiente combustible en él, para poder efectuar todas las pruebas sin tener que volver a llenarlo. Compruebe que el combustible usado sea diesel.
3. Coloque el depósito de combustible sobre una base firme, al mismo nivel que el tanque de combustible del motor o más alto. El fijar tal depósito sobre el tambor de amortiguación de pulsos del sistema de aire, proporciona una altura satisfactoria.
4. Conecte la línea de combustible que viene del depósito de aceite diesel y asegúrese de que las conexiones de la línea sean herméticas.
5. Antes de arrancar el motor, repase la revisión preoperacional y los procedimientos de arranque mencionados en el Capítulo 6.1.
6. Ponga el control de carga en posición mínima.
7. Arranque el motor y ajuste el acelerador para 2000 rpm; déjelo calentar durante algunos segundos.
8. Con el motor funcionando a 2000 rpm sin carga, ¿cuál es la lectura del rotámetro?
Lectura del rotámetro =
La lectura del rotámetro, no tiene ningún valor particular y no se expresa en unidades. Debe convertirse a unidades de consumo LT/h ó Kg/h.
9. Aumente lentamente la apertura del acelerador hasta 100%, mientras dá carga al motor para mantener la velocidad en 2000 rpm.
¿Cuál es la lectura del rotámetro?

10. Quite la carga, reduzca la apertura del acelerador a la de marcha mínima y pare el motor.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

1. ¿Fue mayor el consumo de combustible cuando el motor estaba con carga?
Explique porqué:
2. Describa la operación del rotámetro.
3. Realice una tabla para determinar el consumo de combustible a diferentes intervalos de tiempo para 2000 rpm., sin control de carga en posición mínima.
4. Realice una tabla para determinar el consumo de combustible con apertura del acelerador hasta 100%, mientras dá carga - al motor para mantener una velocidad en 2000 rpm.

6.4 DISEÑO Y MEDICION DEL DINAMOMETRO (FRENO)

La capacidad de trabajo y la eficiencia de un motor, se determina midiendo su potencia de salida. Una vez que se conozca esta potencia, el motor podrá utilizarse en aplicaciones que estén -- dentro de su capacidad.

Para medir la eficiencia y la potencia de un motor con fuerza motriz rotatoria, generalmente se utiliza un dinamómetro. Este -- dispositivo mide el par de rotación de un motor, transformando -- el par rotatorio existente en el cigüeñal del mismo, en un momento de fuerza estacionario. Este último, puede medirse con una -- báscula, peso colgante o cualquier otro dispositivo semejante para medir fuerzas en el extremo del brazo del dinamómetro.

Cuando se ensaya un motor, para medir su potencia efectiva, es -- necesario aplicarle una carga artificial. Existen varios métodos posibles de hacerlo como son:

1. Frenos de fricción.
2. Dinamómetros (froude, eléctricos y de corrientes parásitas).
3. Frenos de agua y frenos de aire.

Para motores pequeños o medianos, una de las formas de freno de fabricación, es lo más sencillo. Cuando debe efectuarse gran número de pruebas por tratarse de una serie de métodos, el método del dinamómetro es lo más conveniente.

Para motores pequeños de gran velocidad, el freno de aire ofrece la ventaja de ser de uso muy sencillo, aunque requiera cuidados especiales de observación de las condiciones atmosféricas reinantes, porque la resistencia opuesta por la hélice aérea varía con la presión barométrica, la temperatura del aire y el grado de humedad atmosférica durante el ensayo.

FRENOS DE FRICCIÓN

Los dos tipos principales de freno de fricción, son el de cuerda y el de cinta.

La disposición empleada para aplicar un freno de cuerda, se representa en la figura 6.14.

Se agrega una llanta acanalada al volante y se le arrolla una -- cuerda con una solà vuelta. En el extremo inferior de la cuerda se cuelgan pesas y el extremo superior se suspende de un dinamómetro de resorte. Cuando el volante del motor gira, el rozamiento entre la cuerda y la llanta tiende a levantar el peso, de manera que el dinamómetro marca un peso menor que el de las pesas que soporta el freno. La diferencia entre los dos pesos multiplicada por el brazo de palanca, dá el par de motor.

Se ha de observar que la llanta, que está sujeta al volante por medio de pernos, tiene una platina exterior. También se verá -- que hay dos tubos, cuyos extremos van doblados sobre dicha platina y quedan próximos a la llanta interior destinada a la cuerda de freno. El agua de refrigeración llega por uno de estos tubos al interior de la llanta de freno cuando está girando y luego -- que ha dado vuelta al volante, es recogida por el otro tubo. Esto evita que la fricción de la cuerda recaliente la llanta.

Los puntos que merecen atención especial cuando se emplea el freno de cuerda, son los siguientes:

1. Debe tenerse en cuenta el diámetro de la cuerda cuando se mide el brazo de palanca, como se indica en la figura.
2. El peso de las longitudes XX e YY de cuerda, no debe desprec--ciarse. XX se ha de deducir del peso indicado por el dinamó--metro; YY se ha de añadir al peso colgado.
3. Debe ponerse siempre un tope o abrazadera que impida que las pesas sean arrastradas por la rotación del volante si la cuerda agarrotara súbitamente sobre la llanta.

El inconveniente del freno de cuerda es que el rozamiento entre ésta y la llanta, puede variar ligeramente. Si se coloca un peso de 25 kg. en el gancho del extremo inferior, el dinámetro de resorte registrará un valor superior a los 25 kg. -- porque intervendrá también el peso del gancho y el de los trozos verticales de cuerda.

Cuando la cuerda está aplicada a la llanta y el motor arranca, la cuerda tenderá a ser arrastrada por el rozamiento en el sentido de la rotación. Esto dará lugar a una disminución muy considerable del valor indicado por el dinamómetro.

Suponiendo que con el motor parado, la lectura del dinamómetro fuera de 26 kg. y que la lectura media después de cierto periodo de marcha fuese de 14 kg., la fuerza del freno sería de 12 kg. y actuaría a una distancia igual al radio de la -- rueda más la mitad del dinamómetro de la cuerda.

Cálculo de la potencia al freno

Si con un motor ensayado al freno de fricción se han obtenido las lecturas:

Carga de freno = 30 kg.
Brazo de palanca = 60 cms.
Velocidad = 250 rpm.

La potencia del motor se calcula como sigue:

Recorrido de la llanta en un minuto:

$$\frac{250 \cdot 60 \cdot 2\pi}{100} = 942 \text{ m.}$$

Trabajo desarrollado por minuto

$$30 \times 942 = 28,260 \text{ kg.}$$

Como 1 cv = 75.60 = 4500 kg. por minuto la potencia del motor es:

$$\frac{28260}{4500} = 6.28 \text{ cv.}$$

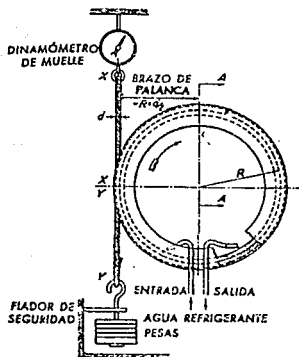


FIG. 6.14 FRENO DE CUERDA

FRENO DE CINTA

Es una variante del freno de cuerda en la que ésta se reemplaza por una cinta de acero guarnecida con unas zapatas de madera o de fibra (fig. 6.15). Esta cinta puede apretarse contra la rueda por medio de un tornillo, para aumentar la carga del motor. Una palanca de longitud determinada, va fija a la cinta y el par se mide por medio de un dinamómetro de resorte.

La principal diferencia en el cálculo de la potencia con el freno de cuerda, es que en lugar del radio efectivo de la llanta de freno como brazo de palanca, debe tomarse como valor de éste, el que se indica en la figura 6.15, es decir, que debe medirse entre el centro del volante y el eje del dinamómetro.

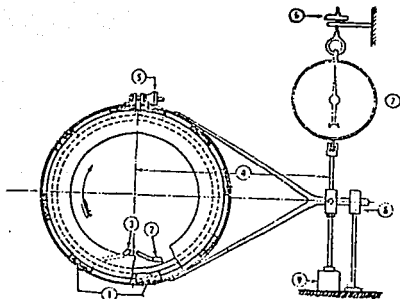


FIG. 6.15 Freno de cinta: 1. zapatas de madera; 2. colector del agua de refrigeración; 3. llegada del agua de refrigeración; 4. brazo de palanca del freno; 5 y 6. tornillo de ajuste; 7. dinamómetro de resorte; 8. collar de retención; 9. amortiguador.

DINAMOMETRO DE FROUDE

Este dinamómetro es un aparato adecuado para acoplarlo al motor que se ensaya y proporciona una carga artificial, utilizando el principio de la fricción hidráulica.

El eje principal lleva un rotor que gira dentro de un cárter estanco (fig. 6.16). Cada cara del rotor está formada por una serie de cavidades semielípticas separadas entre sí por tabiques oblicuos. Las caras internas del cárter están dispuestas de igual manera, pero con las cavidades en sentido opuesto. Entre el rotor y su cárter van unas placas ajustables de compuerta para graduar el caudal de agua.

Cuando el rotor gira, el agua es lanzada hacia afuera y adelante por las cavidades. Las corrientes de agua así formadas, rebotan sobre las cavidades de las paredes del cárter y son lanzadas de nuevo contra el rotor. Esta inversión de las corrientes internas

ejerce una fuerza sobre el cárter, que tiende a ser arrastrado - por el rotor en su rotación. El cárter va montado sobre rodillos y su movimiento está retenido por un mecanismo pesador (báscula, dinamómetro de resorte o ambos).

Para calcular la potencia, los constructores facilitan una fórmula simplificada que tiene en cuenta las dimensiones y características del modelo empleado.

Una fórmula de éstas es:

$$\text{Potencia al freno} = \frac{WN}{1000} \text{ HP}$$

donde:

W = peso en libras indicado en la báscula

N = la velocidad en revoluciones por minuto

1000 = denominador usado en un modelo particular.

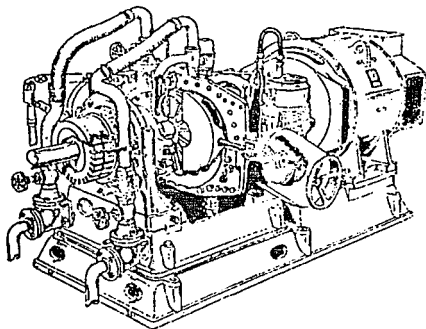


FIG. 6.16 Dinamómetro hidráulico de Froude. El motor eléctrico - es el de arranque, que se desacopla cuando no se necesita. Puede utilizarse también para mover la máquina, al determinar las pérdidas de la bomba.

DINAMOMETRO DE CORRIENTES PARASITAS

Una de las formas más antiguas de dinamómetro, es el de corrientes parásitas. La versión más simple consiste en un disco que al ser accionado por el motor sujeto a prueba, gira en un campo magnético. La intensidad del campo se controla variando la corriente que pasa por una serie de bobinas colocadas en ambos lados del disco. Este actúa como un conductor cortando al campo magnético. En el disco se inducen corrientes y por no haber un circuito externo, lo calientan. Esto se elimina mediante una corriente de agua refrigeradora que circula por el espacio que existe entre el rotor y estator (fig. 6.17).

El estator o cubierta, se soporta en los cojinetes B de modo que cualquier tendencia del estator a girar, se lee en la balanza acoplada C. A un lado del estator, está el rotor D acuñado a la flecha E y provisto de dientes F que pasa muy cerca de la superficie lisa del estator. Cuando se hace girar al rotor, el flujo penetra dentro de él, principalmente por los extremos de los dientes. A medida que éstos se mueven, hacen que las líneas del flujo magnético se curven a lo largo del hierro del estator; el flujo induce las corrientes parásitas en el estator y tienden a hacerlo girar en la misma dirección de la flecha. Cuando se energiza la bobina G con corriente continua, se magnetiza el estator y el rotor con las líneas de fuerza que envuelven a la bobina. El flujo de agua por los canales H, controla la elevación de temperatura del estator.

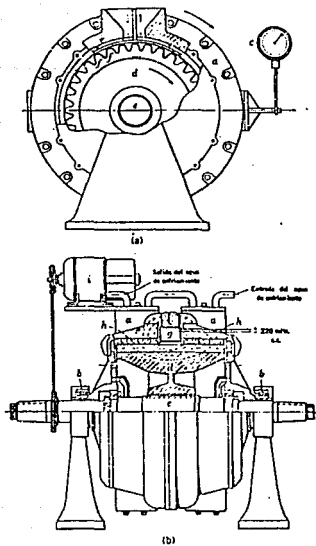


FIG. 6.17 Vistas de cortes en un freno de corrientes parásitas.

DINAMOMETRO ELECTRICO

El dinamómetro consiste fundamentalmente, en un motor de corriente continua (fig. 6.18). El árbol de cuyo inducido va montado - sobre los cojinetes. Está conectado al mecanismo pesante que mide de la reacción del par motor.

El dinamómetro puede emplearse ya sea como motor eléctrico para arrancar y mover al motor de combustión a diferentes velocidades o como un generador para absorber la potencia del motor de combustión (fig. 6.19).

Cuando se utiliza para absorber potencia, el dinamómetro genera corriente continua; cuando se utiliza como motor para mover el motor diesel, toma corriente de la red.

Para trabajar el dinamómetro como motor, se cierra el interruptor de campo ajustado a B, para la máxima densidad haciendo que la resistencia de campo C, quede fuera. Esto producirá un momento torcional máximo para el arranque. La resistencia variable A para el arranque, se intercala totalmente para limitar la corriente de la armadura. Al cerrar el interruptor de la línea D, el dinamómetro hace girar el motor. La velocidad como motor puede aumentarse reduciendo la resistencia de arranque hasta que la armadura quede directamente en la línea, y pueden obtenerse aún velocidades mayores, aumentando la resistencia C del campo para reducir la intensidad del mismo. *Con este procedimiento puede determinarse rápidamente la potencia requerida para mover al motor de combustión en cada velocidad, esto es, la potencia consumida en la fricción (fig. 6.19)

Después que ha sido arrancado el motor, se abre el interruptor de línea D, quedando los controles para operar el dinamómetro como generador. Primero se pone la resistencia de la carga A en su valor máximo (ya que la ley de ohm, establece que una alta resistencia, asegura una baja corriente).

$$\text{corriente} = \frac{\text{voltaje}}{\text{resistencia}}$$

Por lo tanto, la potencia puede obtenerse con altos voltajes y -
bajas corrientes, en vez de bajos voltajes y altas corrientes.

$$\text{potencia} = \frac{\text{voltaje}}{\text{resistencia}}$$

Para pequeños periodos de sobrecarga, puede aumentarse el vol-
taje del campo para aumentar la capacidad del dinamómetro.

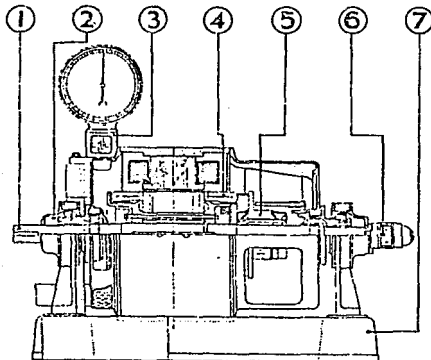
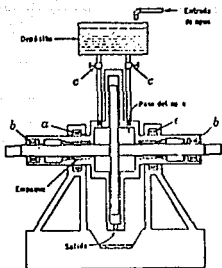


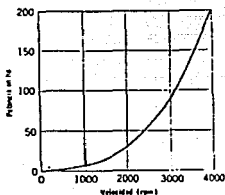
FIG. 6.18

Vista en sección de dinamómetro eléctrico de Heenan: 1. eje de --
acero de alta calidad; 2. contador mecánico de revoluciones; 3. -
balanza de resorte sobre cabeza giratoria; 4. arrollamiento cons-
truido para soportar gran velocidad; 5. colector construido para
soportar gran velocidad; 6. generador para usar con tacómetro; 7.
plataforma rígida.



Freno de agua, tipo viscoso

FIG. 6.20



Curva de comportamiento para el freno de agua, tipo viscoso, con rotor de 25.4 cm (10 pulg)

FIG. 6.21

EL VENTILADOR COMO FRENO

Las hélices o ventilador, se emplean ocasionalmente en pruebas de mucha duración donde la precisión no es primordial y también para los periodos de asentamiento de los motores nuevos. La principal objeción del ventilador como freno, es la dificultad o inconveniencia para reajustar la carga. Para ésto, es necesario cambiar el radio, el tamaño o el ángulo de las aspas. Estas operaciones requieren que se pare el motor a menos que se empleen hélices de paso variable.

Los ventiladores usados como freno, tienen una cubierta en torno del ventilador, pudiéndose modificar el gasto variando la restricción a la entrada o a la salida del flujo de aire.

La potencia de un motor que acciona un ventilador usado como freno, puede determinarse calibrando por separado el ventilador. -- Otro método, es el de montar el motor en un "bastidor" como se indica en la figura 6.22 y medir el esfuerzo de giro del bastidor -

pesando la fuerza externa de reacción del par torsional desarrollado por el motor.

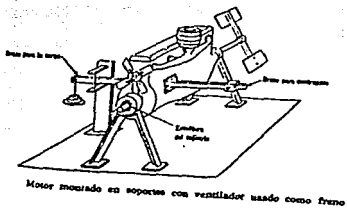


FIG. 6.22

La flecha va montada sobre dos chumaceras, distribuidas a lo largo de la estructura y colocadas sobre un pequeños bastidor, el cual va soldado a la estructura. La sujeción de chumacera y bastidor se realiza por medio de pernos (fig. 6.24).

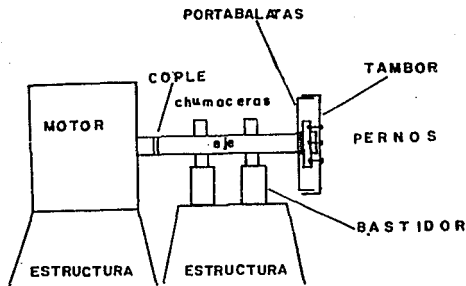


FIG. 6.24

La flecha como se ha visto, se une al cigüeñal del motor por medio de un cople de aluminio sujeto por las cuñas y por el otro extremo lleva una masa con 6 pernos que es donde se fija el tambor.

Al final de la flecha antes de la masa, va montado un balero el cual entra a presión, sobre este balero se coloca una placa o retén la cual lleva 6 orificios que sirven para lograr la sujeción con el portabalatas. La figura siguiente, muestra la unión de la flecha, balero y retén.

El área A representa la flecha, la cual gira en el sentido del motor.

El área B representa el balero, el cual gira internamente con la flecha.

El área C representa el retén y gracias a la ayuda del balero en su parte exterior, no gira.

El área D representa el portabalatas, el cual va fijo al retén y por lo cual, tampoco gira.

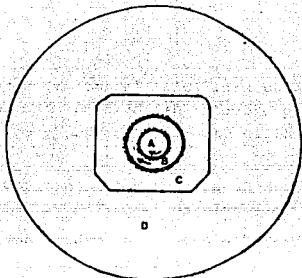


FIG. 6.25 UNION: FLECHA, BALERO Y RETEN

La función de todo este conjunto de elementos, es la siguiente:

Cuando el motor esté funcionando, girará la flecha y el tambor - mientras que el portabalatas permanecerá sin movimiento y sólo - cuando se frene, tenderá a girar. Para evitar movimientos bruscos en el portabalatas en el momento de frenado lleva un dispositivo con dos topes que impedirán que el brazo de palanca se desplace - en una área mayor. El brazo de palanca va sujeto al portabalatas por un lado y por el otro extremo se coloca una báscula que será la forma en que aplicaremos la carga al motor (fig. 6.26).

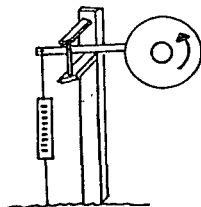


FIG. 6.26

La aplicación de la carga artificial (freno) al motor, consiste en una báscula romana que cuelga del brazo de palanca y se ancla del piso, lleva un tornillo tipo mariposa que permite ajustar la carga que se requiera.

Para el cálculo del brazo de palanca y la capacidad de la báscula, se tomó en cuenta lo siguiente:

1. La distancia del brazo de palanca no deberá ser mayor de un metro de distancia por el espacio que existe.
2. La capacidad de la báscula, deberá tener una carga que oscile entre 0 - 20 kg.

CALCULO DEL BRAZO DE PALANCA Y CAPACIDAD DE LA BASCULA

Datos del motor:

Potencia = HP
r. p. m. = 3600

La ecuación para calcular la potencia en HP es:

$$H P = \frac{T \times RPM}{52500}$$

donde T = Par de rotación en libras - pie
R. P. M. = Velocidad angular leída en el tacómetro
5250 = Constante

En unidades métricas la ecuación es:

$$H P = \frac{T \times RPM}{726}$$

donde T = Par de rotación en metros - kilogramo
La constante 726 es específica para este sistema.

Usando las unidades métricas y con los datos siguientes:

Potencia = 6 HP
R. P. M. = 3600

y suponiendo una distancia de un metro, sustituimos en la ecuación

$$HP = \frac{T \times RPM}{726}$$

$$T = \frac{(726)(6)}{3600}$$

$$T = 1.21 \text{ Kg-m}$$

Usando la fórmula

$$T = R \times F$$

donde R = radio del brazo de palanca (metros)

F = fuerza (kilogramos)

Despejando, tenemos:

$$F = \frac{T}{R} \quad F = \frac{1.21}{1} = 1.21 \text{ kg.}$$

$$F = 1.21 \text{ kg.}$$

Para 3600 r.p.m. con un brazo de palanca de un metro, emplearíamos 1.21 kg. de carga en el motor.

Realizando los cálculos para diferentes revoluciones y con una distancia diferente, obtenemos la siguiente tabla donde se muestra la distancia del brazo y la fuerza que se aplicará a diferentes revoluciones, se puede observar que para una distancia de 40 cms. con 2000 ó 2500 r.p.m., se necesita aplicar una carga entre 4 y 6 kilogramos.

RPM	D=100CM	D=80CM.	D=60 CM	D=40 CM	D=30 CM
3 600	1,21Kg.	1.51	2.01	3.02	4.03
3 000	1.45	1.81	2.41	3.62	4.84
2 500	1.74	2.17	2.9	4.35	5.84
2 000	2.17	2.71	3.61	5.42	7.26
1 500	2.90	3.63	4.83	7.25	9.68

TABLA 6.3

FRENO EMPLEADO EN EL BANCO DE PRUEBAS

El sistema de frenos consiste de un portabalatas o plato que proporciona el lugar necesario para montar y anclar los componentes del sistema de frenos. El plato contiene un acojinamiento contra el cual descansa la zapata.

Estos acojinamientos mantienen la alineación correcta entre la zapata y el tambor del freno (fig. 6.27). Los tambores de freno están contruidos de hierro fundido, acero o aleaciones de aluminio, ya que estos materiales proporcionan una buena fricción y tienen propiedades que disipan el calor.

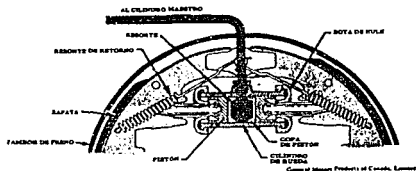


FIG. 6.27

Las zapatas están hechas de acero. Son responsables del movimiento del forro o balata, este forro está compuesto especialmente de asbesto, en este diseño se utilizó una balata de tipo industrial compuesta de una aleación de asbesto, cobre y níquel (fig. 6.28). El forro está diseñado para soportar el calor y el efecto de fricción que se desarrolla cuando la zapata es forzada contra el tambor.



Zapatas y forros

FIG. 6.28

El sistema de frenado se logra mediante un cilindro maestro que convierte la presión mecánica en presión hidráulica. El cilindro consiste en un depósito para líquido de frenos, un cilindro, un conjunto de pistón y copa, una válvula y sellos (fig. 6.29). El líquido del depósito fluye a través del conducto que es de cobre para llenar el cilindro. El tapón del depósito tiene una abertura por donde agregar líquido de frenos.

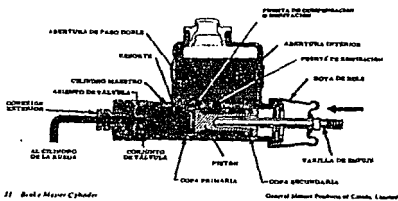


FIG. 6.29 Cilindro maestro de freno

Los conductos de los frenos son tubos de acero y mangueras de -- neopreno, de alta presión y flexibles, que transmiten la presión hidráulica del cilindro maestro al cilindro del portabalatas.

El líquido para frenos tiene una fórmula especial y debe reunir las siguientes cualidades:

- a) Fluir fácilmente a cualquier temperatura.
- b) No evaporarse rápidamente.
- c) Ser químicamente estable por largos periodos.
- d) Lubricar.
- e) No corroer las piezas de metal.
- f) No dañar al hule.
- g) No expanderse o contraerse con los cambios de temperatura.

Funcionamiento del Freno Hidráulico

El funcionamiento de los frenos hidráulicos está basado en la ley de Pascal, la cual establece que la presión ejercida sobre una ma sa de líquido en un recipiente cerrado, se transmite sin pérdida en todas direcciones.

Cuando el pedal del freno está en posición libre (fig. 6.30) el - pistón del cilindro maestro regresa contra el sujetador del pis-- tón. Cuando se oprime el pedal (fig. 6.31), la presión se transmite a través de la varilla del empuje hacia el pistón. Conforme el pistón y la copa primaria se mueven hacia adelante, la puerta de derivación se cierra y el líquido es forzado a través de la -- válvula de control, fuera del orificio de conexión y a través de los conductos de los frenos hasta los cilindros de las ruedas.

El cilindro bajo presión entra al cilindro de la rueda, forzando las copas y los pistones hacia afuera contra las zapatas. Las za patas se expanden haciendo, así, contacto con el tambor de frenos.

Cuando se suelta el pedal del freno, el resorte del retroceso del cilindro maestro, empuja al pistón y la copa primaria hacia atrás, contra el sujetador del pistón. Al mismo tiempo, los resortes de retracción de las zapatas, jalan las zapatas hacia atrás. Esto - ejerce una fuerza en los pistones hacia adentro y el líquido es -

forzado al cilindro maestro. Este líquido que regresa, debe tener suficiente presión para forzar la válvula de seguridad, la cual está sostenida en su sitio por el retroceso del pistón.

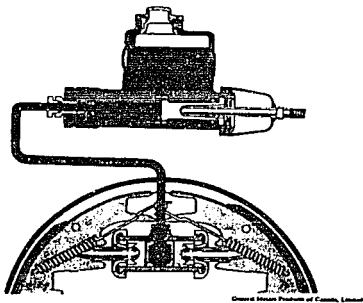


FIG. 6.30 FRENOS SUELTOS

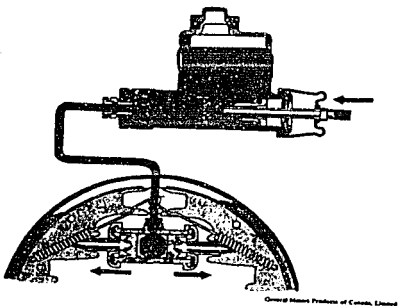


FIG. 6.31 FRENOS APLICADOS

OPERACION BASICA DEL DINAMOMETRO

1. Ponga el control de carga en posición mínima.
2. Antes de arrancar el motor, repase los conceptos de operación mencionados en el capítulo 6.1.
3. Arranque el motor y ajuste el acelerador para 2500 rpm., deje que marche durante unos segundos para su calentamiento.
4. Utilizando el control de carga, aumente lentamente hasta que el medidor respectivo indique 2 kg/m (3 lb/pie) de par de rotación. Se sabe que 1 kg/m = 1.488 lb/pie).

- a) ¿Aumentaron o disminuyeron las rpm?
- b) ¿Se puede cambiar el número de rpm variando la carga del motor?

5. Aumente gradualmente la carga, aumentando al mismo tiempo la apertura del acelerador para mantener la velocidad del motor en 2500 rpm.

- a) Cuando el acelerador esté totalmente abierto (posición wot), varíe el control de carga (dejando el acelerador en dicha posición) para alcanzar las siguientes velocidades en rpm y - - anotar las lecturas del medidor de carga.

3600 rpm	-----	kg-m
2000 rpm	-----	kg-m
3200 rpm	-----	kg-m
2500 rpm	-----	kg-m

- b) Observe que el dinamómetro no responde inmediatamente a cambios en los ajustes del control de carga.
- c) Practique utilizando el control de carga para variar la velocidad del motor hasta que esté seguro de tener el tacto o sensación de la respuesta retardada del dinamómetro a cambios en los ajustes o posiciones del control de carga.

Utilizando la ecuación de HP, calcule la potencia correspondiente a los datos de velocidad y par motor para:

3600	rpm	-----	= HP
2000	rpm	-----	= HP
3200	rpm	-----	= HP
2500	rpm	-----	= HP

6. Elimine lentamente la carga del motor mientras se emplea el acelerador para sostener la velocidad en 2500 R.P.M. Cuando la carga se elimine por completo, opere el interruptor de -- arranque y paro (run-stop) y detenga la marcha del motor.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

1. ¿Qué es un dinamómetro?
2. Describe los métodos que conoces para medir la potencia efectiva de un motor.
3. Un motor que se prueba con un dinamómetro registra una velocidad de 4000 R.P.M. correspondientes a una lectura de 7.5 lb-pie (o sean, 1.034 m-kg) en el medidor de carga. ¿Qué potencia desarrolla en HP?
4. Una hoja de especificaciones indica que un motor desarrolla 12.5 lb-pie de par de rotación a 3600 R.P.M. ¿Qué potencia en HP desarrolla a esa velocidad?

6.5 PRUEBA DEL PAR DE ROTACION Y VELOCIDAD (RPM) CON ACELERADOR TOTALMENTE ABIERTO

La prueba con el acelerador totalmente abierto (en wot), es un buen método por el cual puede determinarse la potencia máxima de un motor a cualquier velocidad en rpm. dentro del intervalo de funcionamiento del motor. Esto permite comparar la potencia real con la indicada en las especificaciones del fabricante. La fig. 6.32, es una gráfica de las especificaciones de potencia dadas por el fabricante para el motor diesel petter modelo AAl.

Observe que el par de rotación máxima, se desarrolla a 2800 rpm., a esta velocidad la potencia es de 3.1 HP.

La potencia máxima 3.5 HP, se desarrolla a 3,600 rpm. cuando el par de rotación es de 5.1 lb-pie.

Ni la potencia ni el par de rotación permanecen constantes a los diversos valores de rpm.

La mayoría de los motores no operan continuamente a la velocidad correspondiente a la potencia nominal, por lo que es conveniente saber que potencia se desarrolla a valores superiores e inferiores de rpm.

Los cambios que hay en la temperatura de operación, afectan considerablemente el funcionamiento en los motores enfriados con -- aire.

La potencia del motor se puede reducir hasta en 10%, cuando la temperatura de la cabeza del cilindro se eleva de 93°C a 204°C - (o sea de 200°F a 400°F). Por esta razón, en todas las pruebas realizadas para fines de comparación, no debe haber interrupciones y los cambios de velocidad deben hacerse en el mismo sentido, hacia arriba o hacia abajo en el intervalo de rpm., es decir, si una prueba se realiza principiando con una alta velocidad y descendiendo después, entonces todas las pruebas tienen que iniciarse desde una velocidad alta. Conviene proceder siempre de este modo, pues así es menos probable que se sobrecaliente el motor. Para efectuar una prueba completa, no debe requerir más de 5 minutos.

PROCEDIMIENTO DE OPERACION

1. Ajuste el control de carga en la posición mínima.
2. Arranque el motor y ajuste el acelerador para 2000 rpm., déjese calentar durante unos segundos.
3. Aumente lentamente la apertura del acelerador, al mismo tiempo dando carga al motor, hasta que el acelerador esté abierto totalmente y el tacómetro indique 3600 rpm.
 - a) Registre la indicación del par de rotación a 3600 rpm.--
-----kg-m (lb-pie).
 - b) Calcule la potencia.
$$\text{HP} = T \times \text{RPM} / 5250$$
$$\text{HP} = T \times \text{RPM} / 726$$
 - c) Anote los valores del par de rotación y de potencia en la tabla 6.4 en el espacio correspondiente a 3600 rpm.
4. Con el acelerador en la posición de apertura total, ajuste el control de carga para las velocidades del motor dadas en la tabla 6.4 y anote las lecturas del par de rotación para cada velocidad.
5. Cuando todas las lecturas del par de rotación hayan sido registradas, suprima la carga, reduzca la apertura del acelerador poniéndolo en marcha mínima y pare el motor.
6. Calcule la potencia el HP para cada velocidad del motor y registre los resultados en la tabla.
7. Use la figura 6.33 para trazar las curvas del par de rotación y de potencia. Note que es semejante a la figura 6.32.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

1. ¿A cuántas RPM se tiene el par de rotación máximo?
2. ¿A cuántas RPM se tiene la potencia máxima?
3. Explique porqué la potencia continúa aumentando mientras el par de rotación disminuye.

4. ¿Porqué varía el par de rotación que desarrolla el motor a diferentes velocidades?

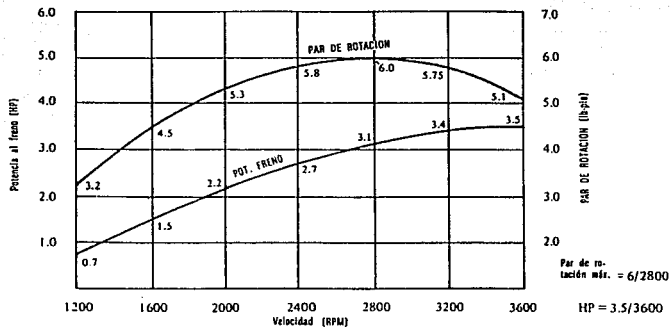


FIG. 6.32

RPM	Per de rotación (lb-pie)	POTENCIA (HP)
3600		
3200		
2800		
2400		
2000		
1600		
1200		

TABLA 6.4

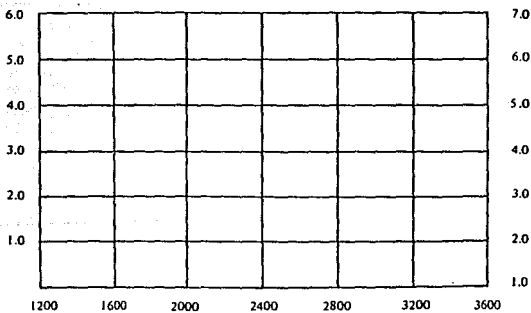


FIG. 6.33

6.6 PRUEBA DEL PAR DE ROTACION A VELOCIDAD (RPM) CONSTANTE Y - APERTURA VARIABLE DEL ACELERADOR.

En muchas ocasiones, es conveniente hacer funcionar un motor a - velocidad constante, aún cuando la carga sea variable. Un ejemplo típico es la forma en que se conduce un auto por una carretera. El conductor desea viajar a una velocidad alta y constante, por ejemplo 95 kg/h. Sin embargo, existen factores sobre los -- cuales no tienen ningún control, como cuestas ascendentes y descendentes y curvas del camino, hacen que varíe la carga sobre el vehículo y, en consecuencia, tiene que ajustar frecuentemente el acelerador para aumentar o disminuir el par de rotación, a fin de compensar la mayor o menor carga del motor. Al subir una cuesta abrirá el acelerador para impedir la pérdida de velocidad, y al descender, dejará de acelerar para evitar que aumente la velocidad.

El motor diesel petter emplea un regulador mecánico de velocidad que opera por la fuerza centrífuga. Es un mecanismo del tipo de velocidad ajustable que permite que la velocidad regulada varíe entre la marcha mínima y la velocidad plena o normal. Contrapesos montados sobre un eje con transmisión de engranes, un resorte de regulador y el varillaje de conexión necesario, mantienen las - - rpm en el valor deseado. La figura 6.34 muestra un típico regulador centrífugo. Cuando el motor no está en marcha, el resorte del regulador mantiene abierta la bomba de inyección (inyector de combustible). A medida que el motor desarrolla velocidad, la - fuerza centrífuga hace que los contrapesos articulados se alejen del eje. Esto origina que las colas de los contrapesos se muevan hacia la derecha en la dirección del eje. El resorte del regulador se opone a este movimiento actuando sobre el conjunto del maniquito deslizante.

En tanto la velocidad permanezca dentro de los límites fijados -- por el acelerador manual, existirá un estado de equilibrio entre el resorte del regulador y las colas de los contrapesos. Si la - carga se reduce y la velocidad aumenta, los contrapesos se alejan a mayor distancia del eje y las colas de los contrapesos se mueven

a la derecha comprimiendo el resorte regulador. El varillaje -- que conecta el manguito deslizante con la cremallera de control de la bomba de combustible, cambia el ajuste de aquella, la cual reduce la cantidad de combustible inyectado a la cámara de combustión, disminuyendo así la velocidad. Si la carga aumenta, el motor disminuye su velocidad y se aplica menos fuerza centrífuga a los contrapesos. El movimiento del manguito deslizante, se transmite por intermedio del varillaje, a la cremallera de control de la bomba, haciendo que se inyecte mayor cantidad de combustible en la cámara de combustión y ocasione un aumento de velocidad. El regulador reacciona muy rápidamente a los cambios de carga de velocidad.

Puesto que los motores con frecuencia tienen que trabajar a velocidades constantes con carga variable, es muy útil saber el funcionamiento del motor en estas condiciones, en la siguiente prueba se pondrá a trabajar el motor diesel petter a una velocidad de operación intermedia aceptable (2000 rpm), sin carga.

Luego se aumentará la apertura del acelerador en incrementos de 10%, aumentando a la vez la carga para conservar la velocidad en 2000 rpm hasta que el acelerador esté abierto al 100%.

Los datos que resulten, describirán el funcionamiento del motor a velocidad constante y carga variable.

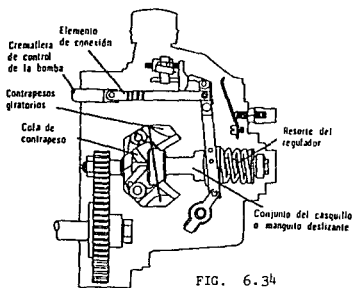


FIG. 6.34

PROCEDIMIENTO DE OPERACION

1. Ajuste el control de carga en la posición mínima.
2. Arranque el motor y ajuste el acelerador y el control de carga para 2000 rpm aproximadamente, déjese en marcha unos segundos para su calentamiento.
3. Mueva el acelerador a la marca de 40% y de carga al motor -- por medio del control de carga para mantener la velocidad en 2000 rpm.
 - a) Anote las lecturas del medidor de carga (par de rotación) en la tabla 6.5.
 - b) Calcule la potencia en HP y registre el resultado en la tabla.
4. Aumente la apertura del acelerador en los porcentajes restantes enlistados en la tabla 6.5, utilizando el control de carga para limitar la velocidad de 2000 rpm.
 - a) Anote en dicha tabla los valores del par de rotación.
 - b) Suprima la carga y reduzca la apertura del acelerador a marcha mínima y luego pare el motor.
 - c) Calcule las potencias en HP y anote los resultados en la tabla.
5. Trace las curvas de par de rotación y de potencia en la figura 6.35.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

1. En qué posición debe encontrarse el acelerador para que el motor desarrolle la potencia máxima.
2. ¿En qué posición debe encontrarse el acelerador para que el motor produzca el par de rotación máxima?
3. Si la potencia del motor alcanzó su máximo, estando el acelerador en 100%, explique el motivo.
4. Si la potencia desarrollada no fue la máxima al poner el acelerador en 100%, explique el motivo.
5. ¿Porqué es importante una prueba a velocidad constante como la que se acaba de efectuar?

ACELERADOR EN	PAR DE ROTACION (lb pie)	POTENCIA (HP)
40%		
50%		
60%		
70%		
80%		
90%		
100%		

TABLA 6.5

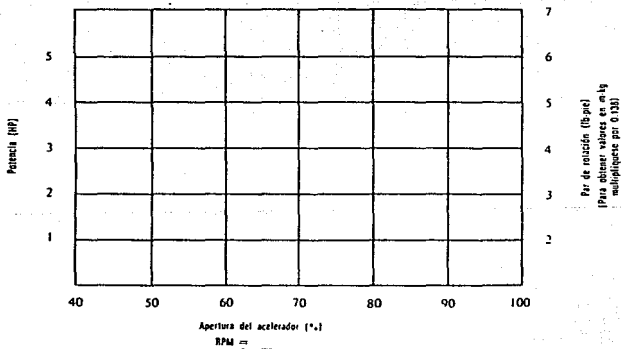


FIG. 6.35

C O N C L U S I O N E S

El presente trabajo, tiene como finalidad mostrar un panorama más amplio de los motores de combustión interna, especialmente en los motores diesel, que día tras día van teniendo una importancia considerable en la industria, transporte y en una variedad de equipos para el accionamiento de generadores, bombas y otros equipos importantes.

De acuerdo a lo anterior, podemos concluir que es necesario que el alumno de nuestra Facultad, conozca más a fondo los parámetros y las variables que influyen en el funcionamiento de dichos motores, y a su vez, tener un conocimiento general de los órganos principales y el funcionamiento de cada uno de ellos.

Por consiguiente, creemos pertinente elaborar el diseño de un banco de pruebas para dichos motores y comprobar que sí es posible, con el equipo diseñado en el laboratorio de termofluidos, el operar y evaluar los conocimientos teórico-prácticos, para realizar las pruebas de laboratorio de los motores diesel y así obtener una formación profesional adecuada en las ramas de dicho laboratorio.

B I B L I O G R A F I A

- MOTORES DIESEL
"ORVILLE ADAMS"
EDITORIAL GUSTAVO GILI.

- MOTOR DIESEL
"R. GUERBER"
EDITORIAL GUSTAVO GILI.

- PRACTICA Y REPARACION DEL AUTO DIESEL
"A. L. ALLUE"
JUAN BRUGUER, EDITOR.

- EL MOTOR DIESEL MODERNO
"ORVILLE L. ADAMS"
EDITORIAL LABOR.

- CURSO DE MOTORES DIESEL
"F. SANI"
EDITORIAL HOBBY, TOMO I.

- CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS MOTORES DIESEL MARINOS Y
ESTACIONARIOS
"PEDRO MIRANDA"
EDITORIAL GUSTAVO GILI.

- MANUAL DEL MOTOR DIESEL MODERNO
"MOLLOY"
EDITORIAL GUSTAVO GILI.

- REPARACION Y PUESTA A PUNTO DE MOTORES DIESEL
"N. L. ERPELDING"
EDITORIAL MARCOMBO

- MOTOR DIESEL. OPERACION, PRUEBA Y EVALUACION
"WASDYKE Y SNYDER"
EDITORIAL LIMUSA.

- MOTORES DE COMBUSTION INTERNA
"LIST, HANS"
EDITORIAL LABOR.

- MOTORES ENDOTERMICOS
"ING. DANTE GIACOSA"
EDITORIAL DOSSAT.

- EL LIBRO DEL AUTOMOVIL
SELECCIONES DEL READER'S DIGEST

- MOTORES DE COMBUSTION INTERNA
"OBERT EDWARD FREUDERIC"
EDITORIAL CONTINENTAL.

- MOTORES DE AUTOMOVIL
"M.S. JOVAJ Y G.S. MASLOV"
EDITORIAL MOSCU.