

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

EVALUACION DE MOTORES TURBOALIMENTADOS CON RELACION
A LOS DE ASPIRACION NATURAL EN BAJAS POTENCIAS

TESIS

Presentada a la Junta Directiva

de la

Facultad de Ingeniería

POR

MARIO ROBERTO PEREZ GONZALEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO

MECANICO
UNIVERSIDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

GUATEMALA, JULIO DE 1977

08
+(4087)

G.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por las leyes y reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, mi trabajo de tesis titulado:

EVALUACION DE MOTORES TURBOALIMENTADOS CON RELACION
A LOS DE ASPIRACION NATURAL EN BAJAS POTENCIAS

Tema que me fuera asignado por la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

Mario Roberto Pérez González

GUATEMALA, JULIO DE 1997

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA:

DECANO : ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS
VOCAL PRIMERO: ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO: ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL TERCERO: ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL CUARTO : BR. VICTOR RAFAEL LOBOS ALDANA
VOCAL QUINTO : BR. WAGNER GUSTAVO LOPEZ CACERES
SECRETARIO : ING. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. César Fernández
EXAMINADOR	Ing. Julio Cartagena
EXAMINADOR	Ing. Carlos Leonel Hurtarte
EXAMINADOR	Ing. Julio César Rivera
SECRETARIO	Ing. René Andrino Guzmán

Guatemala, 24 de agosto de 1,987

Señor
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica de la
Universidad de San Carlos
Ing. Jorge Raúl Soto O.

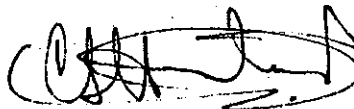
Ingeniero Soto:

Por medio de la presente hago de su conocimiento que he tenido a la vista el trabajo de tesis cuyo título es "Evaluación de Motores Turboalimentados con relación a los de Aspiración Natural en bajas Potencias", presentado por el estudiante de Ingeniería Mecánica Mario Roberto Pérez González.

Dicho trabajo es de mi entera satisfacción en cuanto a contenido, estructura y conceptos utilizados en el mismo. Por eso, tanto el Asesor como el estudiante somos responsables de todo su contenido y la información dada en el mencionado trabajo. Y para los trámites académicos necesarios, ratifico mi aprobación y anuencia al respecto.

Sin otro particular:

Atte.



Ing. Carlos L. Hurtarte
Asesor de Tesis
Colegiado No. 1166



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador de Tesis de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen favorable del asesor, el contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado **EVALUACION DE MOTORES TURBOALIMENTADOS CON RELACION A LOS DE ASPIRACION NATURAL EN BAJAS POTENCIAS**, presentado por el estudiante universitario Mario Roberto Pérez González, recomienda su aprobación.

Ing. Mario R. González C.
COORDINADOR DE TESIS

Guatemala, noviembre de 1987.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



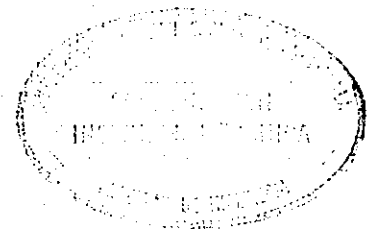
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador de la Carrera de Ingeniería Mecánica, después de conocer el dictamen favorable del Coordinador de Tesis, al trabajo de tesis titulado EVALUACION DE MOTORES TURBOALIMENTADOS CON RELACION A LOS DE ASPIRACION NATURAL EN BAJAS POTENCIAS, presentado por el estudiante universitario Mario Roberto Pérez González, procede a la autorización del mismo.

Ing. Carlos Leonel Hurtarte C.
COORDINADOR DE CARRERA



Guatemala, abril de 1990.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

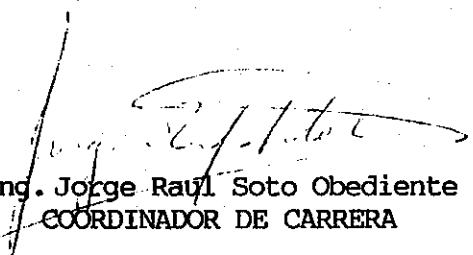


FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador de la Carrera de Ingeniería Mecánica, después de
conocer el dictamen favorable del asesor, con el visto bueno del
Coordinador de Tesis, al trabajo de tesis titulado EVALUACION DE
MOTORES TURBOALIMENTADOS CON RELACION A LOS DE ASPIRACION NATURAL
EN BAJAS POTENCIAS, presentado por el estudiante universitario
Mario Roberto Pérez González, procede a la autorización del mismo.


Ing. Jorge Raúl Soto Obediente
COORDINADOR DE CARRERA

Guatemala, febrero de 1988.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, Zona 13
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Coordinador de la Carrera de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Carlos Leonel Hurtarte Castro, al trabajo de tesis **EVALUACION DE MOTORES TURBOALIMENTADOS CON RELACION A LOS DE ASPIRACION NATURAL EN BAJAS POTENCIAS**, del estudiante universitario Mario Roberto Pérez González, procede a la autorización del mismo.

IMPRIMASE:

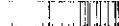
Ing. Jorge Mario Morales G.



Guatemala, abril de 1990.

DEDICATORIA

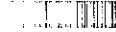
- A mi Madre: MARIA ESTELA GONZALEZ, por su firme interés al ayudarme a alcanzar la meta.
- A mi Padre: PEDRO PEREZ BATRES, profundo agradecimiento por su valioso apoyo.
- A mi Esposa e Hijo: VERONICA LEMUS, ALAN ROBERTO, con mucho amor.
- A mi Abuela: JULIA MENDOZA, por sus valiosos consejos.
- A mis Hermanos: ELBIA JUDITH, HECTOR RENÉ y MARCOS DAVID, con especial cariño.
- A mis Compañeros de Promoción: con mucho afecto.
- Y en especial: a todas aquellas personas que conmigo comparten la alegría del éxito alcanzado.



AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a todos aquellos amigos y Profesionales que con sus sugerencias y críticas me proporcionaron un excelente apoyo para la elaboración de este trabajo, especialmente a los Ingenieros: Carlos Leonel Hurtarte Castro Y Mario Raúl González Celis, quienes contribuyeron enormemente al valor de esta tesis a través de su Asesoría.

De igual manera a cada persona que se detiene a leer este material, esperando que contribuya al crecimiento futuro e intereses de la Ingeniería.



The following information is provided for your reference:
 The total number of pages in this document is 10.
 The document contains 10 pages of text.
 The text is organized into 10 sections.
 Each section contains 10 lines of text.
 The text is presented in a clear and concise manner.
 The information is accurate and up-to-date.
 The document is well-organized and easy to read.
 The text is presented in a professional and polished format.
 The information is presented in a logical and coherent order.
 The document is a valuable resource for anyone interested in the subject.
 The text is presented in a clear and concise manner.
 The information is accurate and up-to-date.
 The document is well-organized and easy to read.
 The text is presented in a professional and polished format.
 The information is presented in a logical and coherent order.
 The document is a valuable resource for anyone interested in the subject.

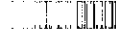
C O N T E N I D O

	PAGS.
INTRODUCCION.	1
CAP. I ORIGENES DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA	3
CAP. II EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	
II a) Componentes de un motor	6
II b) Relación de compresion	11
II c) Ignición de la mezcla aire, combustible	12
II d) Forma en que se realiza la combustión	12
II e) Cámaras de combustión	13
II f) Ciclo Diesel teórico	14
II g) Ciclo Diesel real	25
II h) Diferencias fundamentales entre ambos	32
CAP. III SISTEMAS DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	
III a) Sistema de enfriamiento	34
III b) Sistema de lubricación	37
III c) Sistema de admisión de aire	40
III d) Sistema de escape	41
III e) Sistema de alimentación de combustible	44
III f) Mecanismo interior de las bombas inyectoras dentro de la caja de la bomba de inyección.	46
CAP. IV MOTORES DE DOS Y CUATRO TIEMPOS	
IV a) El motor de dos tiempos	51
IV b) Principio de operación	51
IV c) El motor de cuatro tiempos	55
IV d) Principio de operación	56
IV e) Diferencias entre ambos	59

CAP. V	MOTORES DE ASPIRACION NATURAL	
V a)	Definición	60
V b)	Motores de aspiración natural de dos tiempos	60
V c)	Motores de aspiracion natural de cuatro tiempos	61
CAP. VI	EL TURBOALIMENTADOR	
VI a)	Introducción	62
VI b)	, Qué es el turboalimentador	63
VI c)	Partes del turboalimentador	65
VI d)	Funcionamiento del turboalimentador	66
VI e)	El proceso de turboalimentación y post-enfriamiento	68
VI f)	Características del proceso de post-enfriamiento	69
VI g)	Contaminación ambiental	70
CAP. VII	MOTORES TURBOALIMENTADOS	
VII a)	El motor turboalimentado	71
VII b)	El motor de dos tiempos turboalimentado	72
VII c)	El motor de cuatro tiempos turboalimentado	73
VII d)	Motores con turboalimentador y post-enfriador	75
CAP. VIII	CURVAS CARACTERISTICAS DE UN MOTOR Y ANALISIS COMPARATIVO	
VIII a)	Definición	77
VIII b)	Parámetros de referencia	77
VIII c)	Normas características de funcionamiento	78

VIII d)	Potencia	79
VIII e)	Torque o par motor	81
VIII f)	Consumo específico de combustible	82
VIII g)	Despotenciamiento	83
VIII A)	Construcción de curvas de rendimiento	84
VIII A.a)	Curva de potencia	86
VIII A.b)	Curva de torque o par motor	91
VIII A.c)	Curva de consumo de combustible	93
VIII B)	Interpretación de curvas de rendimiento	97
VIII B.a)	Análisis comparativo entre las curvas de un motor de aspiración natural y uno turbocargado	97
VIII B.b)	Economía de combustible	101
VIII B.c)	Aplicación de las curvas, ejemplificación	102
VIII B.d)	Cálculo de la potencia, torque y consumo de combustible a partir de las curvas características de un motor	102
CAP. IX	FACTORES QUE INFLUYEN AL ADAPTAR O ELIMINAR UN TURBOALIMENTADOR A UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	
IX a)	Generalidades sobre la adaptación	108
IX b)	Aspectos relacionados con el costo de la adaptación de un turboalimentador	108
IX c)	Variación en las condiciones de funcionamiento, propiedades físicas y mecánicas del motor	110
IX d)	Resultados de la adaptación de un turboalimentador	111

	PAGINA
IX e) Generalidades sobre la eliminacion	112
IX f) Condiciones de funcionamiento al eliminar el turboalimentador	113
IX g) Efectos causados al motor cuando éste ope- ra sin el turboalimentador	113
IX h) Exposición de resultados	114
CAP. X FALLAS Y AVERIAS EN EL TURBOALIMENTADOR	
X a) Falta de lubricantes	118
X b) Aceite contaminado	119
X c) Polvo y material extraño en el aire de ad- misión	119
X d) Alta temperatura en el escape	120
CAP. XI GUIA DE MANTENIMIENTO, CUIDADOS Y OPERACION DE MOTORES TURBOALIMENTADOS	
XI a) El servicio del turbo	122
XI b) Efecto de la altitud y la presión del aire	123
XI c) Cuidado con el filtro de aire	123
XI d) Servicio de lubricación	124
XI e) Técnicas de manejo	125
XI f) Sistema de aire	127
XI g) Sistema de lubricación	127
XI h) Sistema de escape	128
XI i) Requisitos del mantenimiento de turbos	128
XI j) Consejos y recomendaciones para una buena conducción y larga vida útil del turbo	129
CAP. XII VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS TURBOALIMENTADORES	

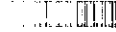


XII a)	Ventajas de un motor turboalimentado sobre uno de aspiración natural	133
XII b)	Desventajas en el uso de un turboalimentador	134
XII c)	Análisis de características	134

ANEXO I	GUIA DE LUBRICACION: SELECCION DEL ACEITE DE MOTOR	136
	CONCLUSIONES	152
	RECOMENDACIONES	154
	GLOSARIO DE TERMINOS	157
	BIBLIOGRAFIA	161
	FACTORES DE CONVERSION	164

* -----*





INDICE DE GRAFICAS Y FIGURAS

FIG. No.	DESCRIPCION	PAG.
1	Relación de compresión	11
2	Cámaras de combustión	13
3	Carrera de aspiración (Ciclo Diesel Teórico)	15
4	Carrera de compresión (Ciclo Diesel Teórico)	16
5	Carrera de combustión (Ciclo Diesel Teórico)	17
6	Carrera de escape (Ciclo Diesel Teórico)	18
7	Ciclo Diesel Teórico	19
8	Distribución del ciclo Diesel Teórico	19
9	Combustión a volumen constante	22
10	Expansión a presión constante	22
11	Carrera de escape	23
12	Diagrama teórico de un motor Diesel de cuatro tiempos	24
13	Diagrama teórico de la distribución de los ci- clos de trabajo	24
14	Pérdidas por rozamiento en la admisión	26
15	Diagrama real de motores Diesel de inyección por aire	27
16	Diagrama real de motores Diesel de inyección directa	28
17	Diagrama real de motores Diesel de inyección por aire	29
18	Diagrama real de motores Diesel de inyección directa	30
19	Sistema de enfriamiento	34
20	Sistema de lubricación	37



FIG. No.	DESCRIPCION	PAG.
21	Sistema de admisión	40
22	Sistema de alimentación de combustible	44
23	Mecanismo interior de las bombas inyectoras	46
24	Carrera de admisión (Motor Diesel de 2 tiempos)	52
25	Carrera de compresión (Motor Diesel de 2 tiempos)	53
26	Carrera de fuerza (Motor Diesel de 2 tiempos)	54
27	Carrera de escape (Ciclo Diesel de 2 tiempos)	55
28	Carrera de admisión (Ciclo Diesel de 4 tiempos)	57
29	Carrera de compresión (Ciclo Diesel de 4 tiempos)	57
30	Carrera de explosión (Ciclo Diesel de 4 tiempos)	58
31	Carrera de escape (Ciclo Diesel de 4 tiempos)	59
32	Partes del turboalimentador	65
33	Funcionamiento del turboalimentador	66
34	El proceso de turboalimentación y post-enfriamiento	68
35	Motores con turboalimentador y post-enfriador	75

GRAFICA No.	DESCRIPCION	PAG.
1	Curva de Potencia	90
2	Curva de Torque o par motor	92
3	Curva de consumo de combustible	95
4	Curvas características del motor	96
5	Análisis comparativo de características	99
6	Interpretación de curvas de rendimiento	107

* -- *



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

El presente trabajo es una recopilación de datos técnicos e información que tiene como propósito principal, el suministrar una guía que permita la evaluación entre un motor diesel de combustión interna de aspiración natural y un motor turboalimentado. Factores determinantes como operación, rendimiento y mantenimiento, están íntimamente relacionados en cada uno de los motores antes mencionados y son éstos los que hacen la diferencia entre ellos.

Se suministra una descripción de lo más elemental como los componentes internos de un motor de combustión interna, analizando cada uno de ellos y sus respectivos sistemas, asimismo se hace un estudio completo de lo que son los motores de dos y cuatro tiempos y la diferencia entre ellos; se analizan los motores de aspiración natural y los turboalimentados haciendo en éstos una consideración de las curvas características o de rendimiento que distinguen el uno del otro en relación al consumo de combustible, potencia y par motor.

El turboalimentador se estudia cuidadosamente y en forma detallada para suministrar una amplia descripción de tal componente y los cuidados que deben observarse al operar un motor turboalimentado, al mismo tiempo que se detalla una guía de mantenimiento y operación, la cual es de gran valor en vista de lo delicado que es éste.

Habiendo hecho esta consideración es posible determinar con criterio, qué es lo más conveniente en la elección de un motor de aspiración natural y uno turboalimentado; pues actualmente, la inclinación y aceptación de estos últimos ha tenido gran importan-

cia en vista de que son motores que entregan más potencia, disminuyen el consumo de combustible y aumentan el par motor con relación a los de aspiración natural; además de controlar en forma eficiente las emisiones de gases de escape y entregar su potencia en un mayor intervalo de alturas sobre el nivel del mar respecto de los convencionales de aspiración natural.

Reiterando el propósito de tal trabajo es de hacer mención que la aplicación del mismo es de gran valor bibliográfico para los que tienen relación directa con el curso de Motores de Combustión Interna, en vista de que se hace un análisis específico de las curvas características que describen el rendimiento de un motor y se evalúa la adaptación y eliminación del turboalimentador a un motor de combustión interna y la forma que interviene éste en el rendimiento en cada uno de los casos.

Se espera que la información del presente trabajo de tesis sea beneficioso para quien se interese en este campo; pues, se consideran los factores más importantes que deben tomarse en cuenta al operar, elegir y dar mantenimiento a un motor determinado.

CAPITULO I

ORIGENES DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

El motor de combustión interna es relativamente nuevo, consta esencialmente de un cilindro, un émbolo y una manivela; el combustible es quemado dentro del cilindro y, al expansionarse los productos gaseosos de la combustión se realiza trabajo. El movimiento rotatorio se consigue por medio de una manivela acoplada al émbolo. El conocimiento más antiguo que se tiene del empleo de un cilindro con su émbolo se atribuye a las tribus malayas aborígenes, las cuales hacían fuego por rápida compresión de un émbolo en un tubo de bambú. Más tarde apareció el concepto de rueda y al físico Holandés Huyghens se le atribuye el intento de producir energía quemando pólvora en un cilindro (1,680).

Los primeros intentos por construir un motor de combustión interna se basaron en el uso de la pólvora; siendo Barsanti y Matteucci en 1,857 quienes construyeron un motor de émbolo libre cuyo funcionamiento hacía tan difícil su operación comercial, pues, su rendimiento era casi nulo. Dicho motor estaba condenado al fracaso, a pesar de que Laugen y Otto sacaron al mercado con éxito varios motores de émbolo libre por el año de 1,867. En 1,860 Lenoir propuso y construyó un motor sin compresión, el cual aspiraba una carga de gas y aire a la presión atmosférica durante aproximadamente media carrera, en cuyo momento se quemaba la mezcla.

La elevación de presión resultante proporcionaba la fuerza motriz para terminar esa carrera, retornar el pistón hasta el ex

tremo de la siguiente carrera para expulsar los gases quemados y llevarlo nuevamente hasta el punto de la combustión de la nueva carga. Aunque este motor se utilizó durante cierto tiempo, su rendimiento era demasiado bajo para que fuera una fuente económica de energía.

En 1,862, a pesar de que Beau de Rochas estableció la teoría y estipuló las condiciones para conseguir un alto rendimiento, no fue sino hasta 1,876 que Nicholas A. Otto (1,832-1,891) construyó un motor que tuvo éxito después de que inventó independientemente el mismo ciclo.

Otto nació en Holzhausen, Alemania y era socio de una firma que fabricaba motores de gas en la época de su famoso invento.

Para esquivar las patentes de Otto, Sir Dugald Clerk, nacido en Glasgow en 1,954, inventó el motor del ciclo de dos carreras que se exhibió por primera vez en 1,881. En 1,872 George Brayton patentó y construyó un motor en el cual la combustión se efectuaba a presión constante. Rodolfo Diesel en 1,892, concibió la idea de producir la ignición del combustible por compresión en lugar de utilizar chispa o llama. Rodolfo Diesel se interesó principalmente, en descubrir un motor de combustión interna que funcionara con carbón como combustible. Sin embargo, el resultado final fue un motor de un ciclo de cuatro tiempos o carreras, en que solo aire se introducía al cilindro de la carrera de aspiración y, después, se inyectaba un combustible líquido iniciando la inyección teóricamente al final de la carrera de compresión y continuándola a tal intensidad que la combustión prosiguiera a presión constante. Por lo demás, el ciclo trabaja como el ciclo Otto de encendido por chispa.

Los motores de encendido por compresión se han venido perfeccionando durante el último siglo, habiéndose llegado a crear motores mucho más eficientes que los prototipos originales, a tal grado de tener en la actualidad motores de varios miles de caballos de fuerza, turboalimentados, postenfriadores y sopladores, algunos de los cuales se estudian detalladamente en el desarrollo del presente trabajo.

C A P I T U L O II

EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

II a) COMPONENTES DE UN MOTOR

El motor de combustión interna lleva a cabo su función como máquina que genera trabajo, obedeciendo a una serie de movimientos de piezas internas que son las que trabajando en forma sincronizada dan origen a la combustión que es causante del trabajo desarrollado en el volante.

Los componentes básicos de un motor de combustión interna son: cigüeñal, pistones, block básico, anillos, bielas, cojinetes, culata, válvulas, eje de levas, bomba de aceite, válvula de alivio, tren de engranajes, bomba de agua, termostatos, bomba de inyección, e inyectores o carburador.

CIGÜEÑAL. Este componente tiene muñones que van sentados unos sobre alojamientos ubicados en el block y sujeto con sus respectivas tapas y otros que van dispuestos de tal forma que dependiendo del número de pistones van distribuidos en una forma tan sincronizada, que el movimiento alternativo de los distintos pistones hacen continuo su movimiento rotativo, lo cual es aprovechado para hacer girar el volante el cual almacena energía para que con su inercia pueda recuperar la energía gastada en los ciclos de admisión y escape. El cigüeñal es una pieza fundida de acero de alta resistencia a los impactos y endurecido por medio de corrientes de inducción en los muñones de biela y centrales.

PISTONES. Elementos que en su mayoría son de una aleación de aluminio de alta resistencia térmica con otros metales y que tienen ranuras que permiten el alojamiento de los diversos segmentos llamados anillos.

BLOCK BASICO. Esta es una pieza de hierro fundido mecanizado con gran precisión para dar cabida a todos los componentes básicos que hacen en conjunto un motor y que permite tanto el flujo interno de agua como de aceite lubricante.

ANILLOS. Elementos circulares fabricados de acero con alto contenido de cromo que van alojados en la periferia del pistón y cuya función primordial es de sellar la alta compresión creada en la cámara de combustión y controlar la lubricación en los cilindros.

Hay de compresión y lubricación, estos últimos sellan el paso del aceite a la cámara de combustión y permiten la lubricación del cilindro o cano por donde desliza el pistón.

BIELAS. Se usan para unir el pistón en un extremo y el cigüeñal en el otro; transmiten el movimiento recíproco del pistón que se transforma en giratorio en el cigüeñal.

COJINETES. Comúnmente conocidos como chumaceras, permiten el alojamiento de los muñones del cigüeñal sin que haya contacto metálico entre ambos, debido a la presión del aceite generado por la válvula de alivio. Hay cojinetes de biela, de bancada y de ajuste axial. En su mayoría son construídos de acero en su base y sobre ésta llevan una película de aluminio y otra de bábbit.

CULATA. Esta pieza de fundición integral de hierro colado, aloja las válvulas y cubre la coroma de los pistones, sección entre la cual se lleva a cabo la compresión del aire y posee conductos internos para el paso del agua y el aceite.

VALVULAS. Alojadas en la culata; están fabricadas de acero al boro con flujo controlado por inducción y sirven para sellar la compresión del motor, permiten la salida de los gases de escape y respiración del motor para tomar una nueva carga de aire.

EJE DE LEVAS. Componente que va alojado, longitudinalmente, en el block y cuya función principal es la de abrir y cerrar las válvulas por medio de lóbulos excéntricos que están dispuestos dependiendo del ciclo que se efectúe dentro del motor; está sincronizado con respecto al eje cigüeñal por medio de un tren de engranajes ubicado en el frente del motor.

BOMBA DE ACEITE. Dispositivo que suministra un determinado caudal de aceite que recoge del colector principal o aceitera y que luego es regulado y presurizado a todos los pasajes internos de lubricación del block y cojinetes del cigüeñal por medio de una válvula que regula la presión del mismo. Esta bomba es del tipo de desplazamiento positivo.

VALVULA DE ALIVIO. Esta válvula está ubicada en la salida de la bomba de aceite y regula el caudal de ésta, lo que ocasiona cierta restricción que causa una elevación de la presión de suministro que lubrica todos los componentes internos. Al haber una obstrucción en los conductos de lubricación, el exceso de presión ocasiona

nado es aliviado, derivándolo a la aceitera por otro conducto, evitando con esto posible daño en las mangueras del enfriador de aceite y otros componentes.

TREN DE ENGRANAJES. Este consta de varios engranajes, siendo el motriz el del cigüeñal y los otros conducidos; hay uno para el movimiento del eje de levas, otro para el movimiento de la bomba de inyección y otros que sirven para el movimiento de componentes como: compresor, bomba hidráulica y otros. Hay también engranajes que se llaman "locos" que sirven únicamente para invertir la rotación y dar el mismo giro a determinados componentes, según se requiera.

BOMBA DE AGUA. Sirve para poner el agua del sistema de enfriamiento en movimiento y evitar temperaturas excesivas en el motor. Son del tipo centrífugo con impulsor de plástico, de fibra o de hierro colado.

TERMOSTATOS. Sirven para regular la temperatura interna del motor. Son sensibles a los cambios de temperatura del agua de enfriamiento y están colocados en la salida de la culata del motor.

BOMBA DE INYECCION. Esta suministra la cantidad exacta de combustible que se demanda dentro de la cámara de combustión, dependiendo de los requerimientos o necesidades que ocasionan la carga del motor.

INYECTORES. Dispositivos usados uno por cilindro para elevar la presión del combustible enviado por la bomba de inyección. Esta

presión debe ser mayor que la existente al momento de la compresión del aire en el cilindro para que pueda introducirse a la cámara de alta compresión.

BOMBA DE TRANSFERENCIA. Esta es la encargada de succionar el combustible del tanque y enviarlo a la bomba de inyección de combustible para su abastecimiento apropiado. Esta bomba suele encontrarse de dos tipos: una del tipo de diafragma que va colocada en el exterior del motor, la cual es accionada por una leva, parte del conjunto del eje de levas y cuyo caudal es mantenido a presión por el efecto de dos chequeos colocados en el alojamiento de la bomba. Uno es el de succión y el otro es el de alivio; el otro tipo de bomba de transferencia es el del tipo de engranajes, la cual va alojada en la parte trasera de la caja de la bomba de inyección siendo impulsada por el eje principal de la misma. Su funcionamiento es similar a la otra, teniendo también chequeos que están calibrados a una presión de trabajo determinados para abrir y cerrar en el momento preciso.

EJE DE BALANCINES. Este componente suele encontrarse en la parte superior de los motores lineales y cuya función primordial es la de transmitir el movimiento que proviene de las barillas de empuje accionadas por el eje de levas, hacia las válvulas de escape y admisión. Cuando las barillas levantan el balancín, éste, a su vez, transmite, un movimiento contrario o de empuje sobre las válvulas, abriéndolas en una secuencia sincronizada, según el eje de levas lo establezca.

II b) RELACION DE COMPRESION.

La relación de compresión compara el volumen de aire en un cilindro antes de la compresión, con su volumen después de la compresión. Una relación de compresión de 16:1 significa que el aire es comprimido en 1/16 parte del espacio o sea 16 veces en la parte superior de la carrera del que ocupaba en la parte inferior. Los motores diesel funcionan con relaciones de compresión más elevadas que los motores de gasolina; mientras mayor es la compresión mayor es la eficiencia térmica. Las relaciones de compresión elevadas, producen mayor expansión de gases en el cilindro después de la combustión; por tanto, un porcentaje más alto de combustible se convierte en potencia.

La mayoría de los diesel trabajan con relaciones de compresión del orden de 13 a 17:1

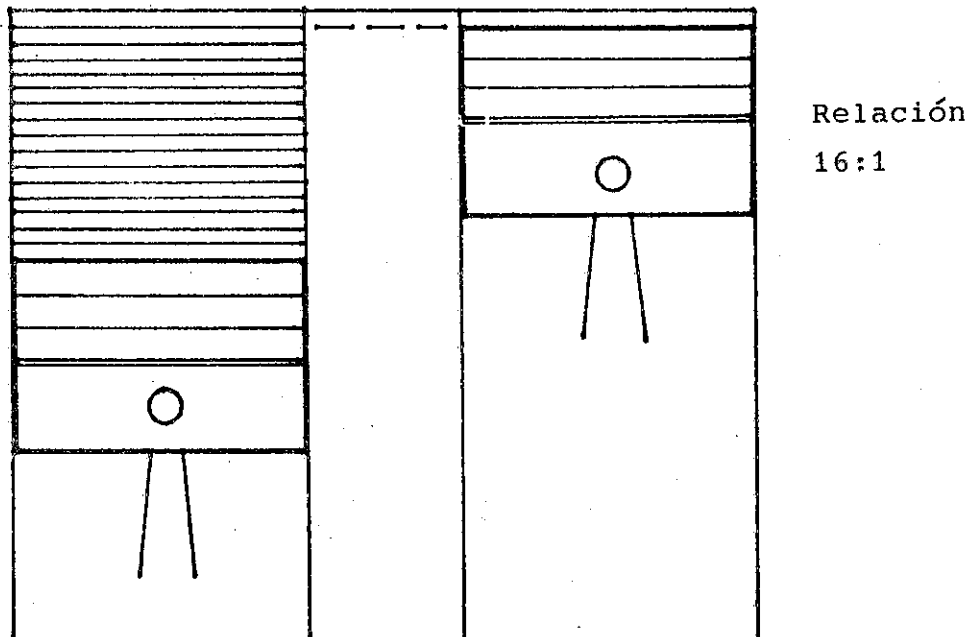


Fig. 1 Relación de compresión

II c) IGNICION DE LA MEZCLA AIRE-COMBUSTIBLE.

La ignición de la mezcla de aire-combustible en un motor diesel obedece, primordialmente, a la elevada temperatura que se ocasiona como consecuencia del aumento de la presión del aire comprimido en el cilindro. La temperatura alcanzada por el aire en la cámara de combustión es mayor que la temperatura de ignición del combustible; por tal razón esto ocasiona que se inflame al ser inyectado en el cilindro, dando lugar a la combustión.

II d) FORMA EN QUE SE REALIZA LA COMBUSTION.

El motor diesel funciona con pistones de movimiento alternativo y su encendido se basa en la compresión y quema de combustible conocido comercialmente como combustible diesel. Las diferencias básicas entre el motor de encendido por chispa y el motor diesel son el método de introducir el combustible en el sistema y en el modo de encender el combustible. El motor diesel toma siempre una carga completa de "aire sele" en cada carrera de admisión y lo comprime en un espacio extremadamente reducido, lo que hace que el aire alcance temperaturas superiores a 537°C (1000°F). Se inyecta el combustible en el cilindro, cuando el pistón se acerca a la parte superior de la carrera de compresión en donde se mezcla con el aire comprimido e inmediatamente comienza a arder. A este proceso se le llama ignición espontánea. La expansión de los gases quemados hace que el pistón baje en la carrera de explosión, dando lugar al movimiento rotativo del cigüeñal.

II e) CAMARAS DE COMBUSTION.

Las cámaras de combustión diesel se pueden clasificar en: cámaras de turbulencia o precámara y cámaras abiertas o de inyección directa.

En los motores diesel de gran velocidad, los distintos diseños encaminados a producir la turbulencia nacen de la necesidad de conseguir un mezclado perfecto entre el combustible y el aire para que la combustión sea completa en el corto espacio de tiempo disponible.

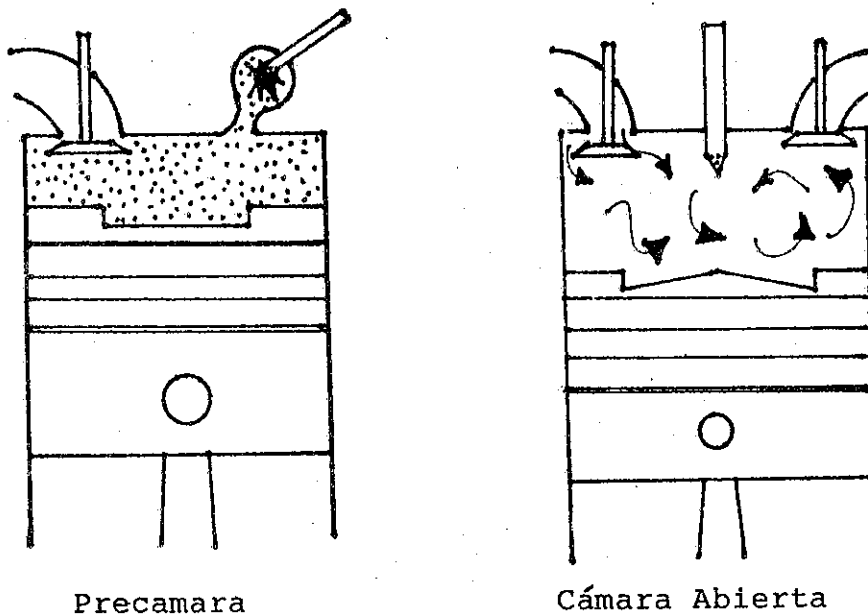


Fig. 2 Cámaras de Combustion

Las precámaras tienen inyección indirecta de combustible, se hace pasar un chorro grueso de combustible por una sola válvula de paso hacia una cámara de precombustión situada en la culata. Al contacto con el aire caliente arde en forma parcial y crea una

presión. Esta presión obliga a la mezcla inflamada a pasar a alta velocidad a través de una garganta hasta el cilindro. La carga inflamada choca contra la cabeza del pistón y luego se mezcla con la carga de aire. La teoría de la cámara de precombustión se basa en que todo fuel-oil contiene cierta cantidad de hidrocarburos ligeros, los cuales se volatilizan a temperaturas relativamente bajas. La cámara de precombustión permite el funcionamiento en vacío durante prolongados períodos de tiempo sin que se congestione la boquilla de inyección y asimismo permite usar boquillas de inyección de un solo orificio.

Los sistemas de Cámara abierta o de inyección directa, producen menos turbulencia y el combustible es proyectado directamente en la cámara de combustión por medio de una tobera de múltiples orificios. El combustible se inyecta a una alta presión a través de 6 u 8 agujeros en la punta del inyector, lo cual desintegra al combustible en partículas diminutas. El combustible atomizado se distribuye uniformemente y está expuesto a todo el aire a través de la cabeza del pistón. Los beneficios incluyen buen mezclado de aire-combustible, combustión suave y completa, válvulas mas grandes, menores pérdidas térmicas y excelente consumo de combustible.

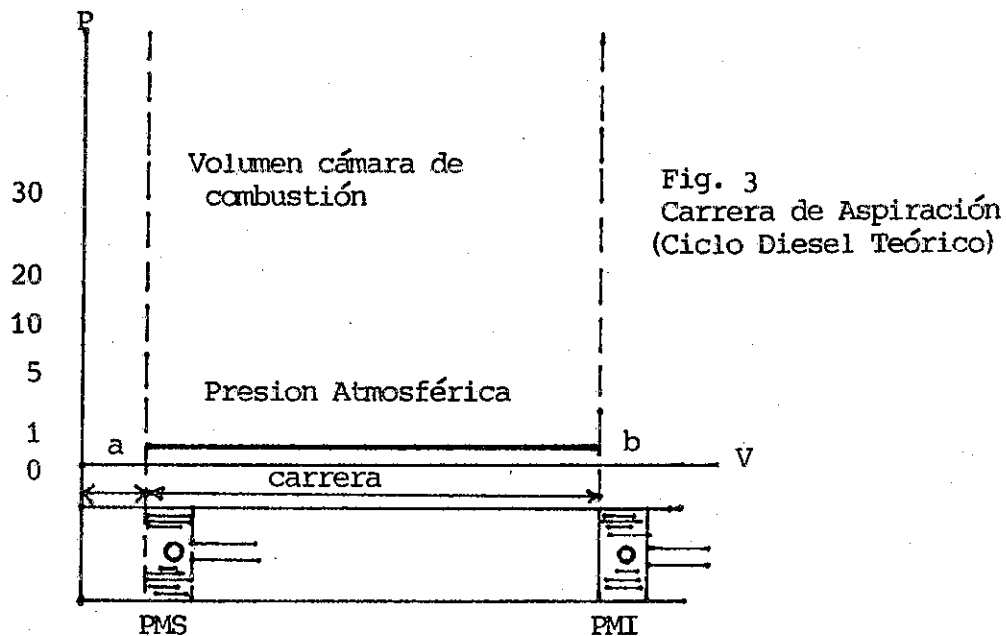
II f) CICLO DIESEL TEORICO.

El motor diesel sigue el ciclo de combustión a presión constante. Si es de cuatro tiempos se distribuye como sigue:

Primer Tiempo:

ASPIRACION. La válvula de aspiración e admisión se abre completamente en el PMS (punto muerto superior) y el pistón mientras baja

hasta el PMI (punto muerto inferior), aspira aire a la presión atmosférica. Cuando llega al PMI el cilindro está lleno de aire a la presión de una atmósfera y a la misma temperatura que existe en el exterior. En el diagrama de la Fig. 3 la fase de aspiración se representa por la línea a,b.



Segundo Tiempo.

COMPRESION. En el PMI se cierra la válvula de admisión y al ascender el pistón va comprimiendo el aire que hay en el interior del cilindro, hasta reducir su volumen como el de la cámara de combustión. En el diagrama, las variaciones crecientes de presión durante esta fase de compresión las representa la curva b,c (Fig.4). Es una curva adiabática, que quiere decir que durante éste periodo no existe ni absorción de calor ni desprendimiento de éste. Al final de la compresión, la temperatura es de aproximadamente 600°C y la presión alrededor de unos 30 a 35 Kg/Cm.^2 .

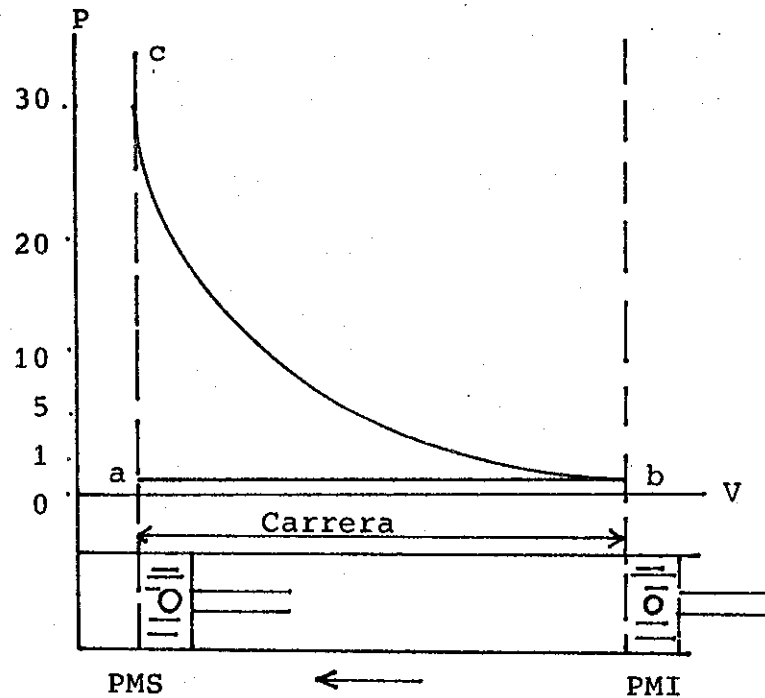


Fig. 4: Carrera de Compresión (Ciclo Diesel Teórico)

Tercer Tiempo.

COMBUSTION Y EXPANSION. En el momento en que termina la compresión inicia la introducción gradual del combustible; finísimamente pulverizado, siendo tan fina la atomización del combustible, que va quemándose gradualmente a medida que penetra en el interior del aire caliente de la cámara de compresión, cuya temperatura es superior a la de combustión del combustible.

La introducción del combustible está regulada de forma que dura desde el PMS hasta que el émbolo ha recorrido parte de su carrera descendente. De esta forma no existe un aumento súbito de la presión, como podría ocurrir en un motor de explosión, sino que la presión se mantiene constante en cierto espacio de la carrera de

expansión. En el diagrama de la figura 5 la combustión está representada por la línea a presión constante c,d. Vea que la presión de combustión (presión máxima) es la de final de compresión. Esta combustión a presión constante es característica de los motores de inyección por aire. Terminada la inyección, es decir finalizada la introducción de combustible, termina la combustión y en "d" se advierte cómo empieza a bajar la presión. La expansión, pues, comienza en el punto muerto superior, hasta "d" se realiza a presión constante (mientras dura la combustión) y a partir de "d" es adiabática (curva d,e.). En "e" es el PMI y se abre la válvula de escape.

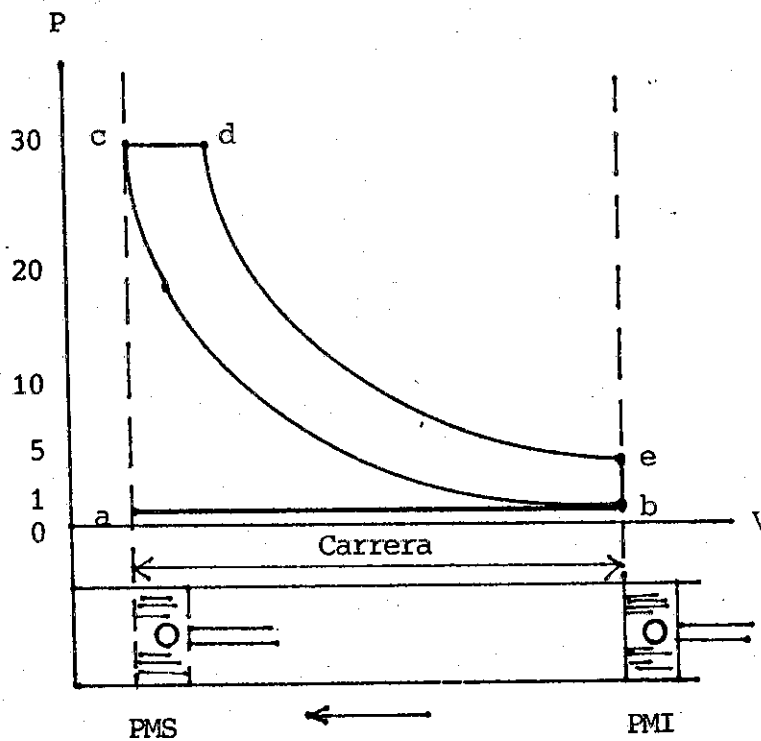


Fig. 5 Carrera de Combustión
(Ciclo Diesel Teórico)

Cuarto Tiempo.

ESCAPE. Abierta la válvula de escape por la presión que conservan, los gases fluyen al exterior. Instantáneamente la presión se iguala a la atmosférica (Fig. 6) línea e,b. El émbolo sube hasta el PMS expulsando los gases que quedan en el cilindro; la expulsión se realiza a presión atmosférica, línea b,a. Así pues, el escape se representa en el diagrama por las líneas e,b y b,a.

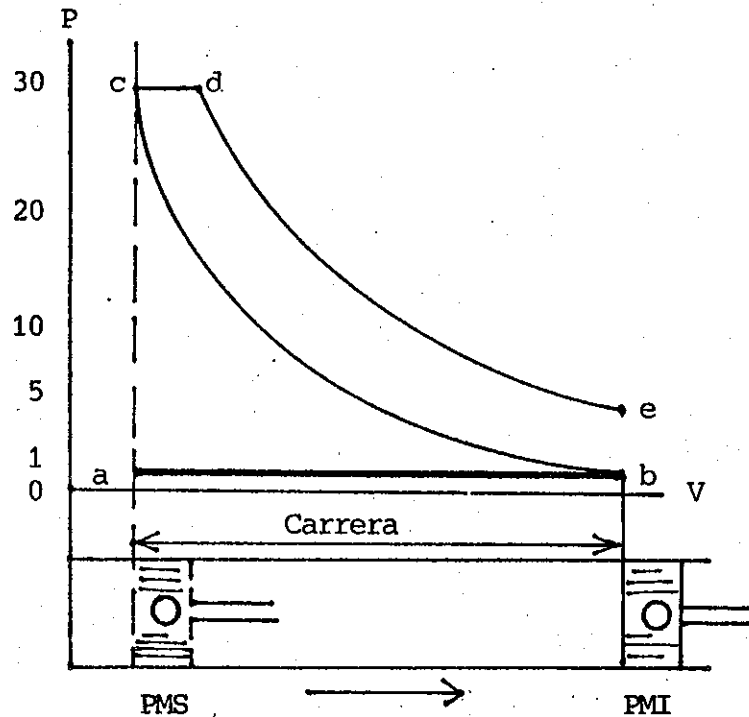


Fig. 6 Carrera de Escape
(Ciclo Diesel Teórico)

En la figura 7 tenemos el diagrama teórico correspondiente al ciclo de 4 tiempos de un motor diesel de combustión a presión constante. Esta es la característica fundamental de los motores de inyección por aire. La figura 8 representa el diagrama de la distribución correspondiente al ciclo teórico del motor de 4 tiempos.

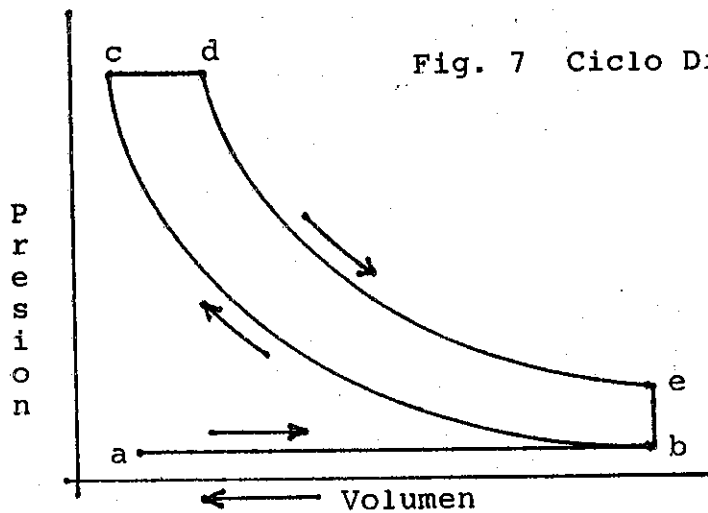


Fig. 7 Ciclo Diesel teórico.

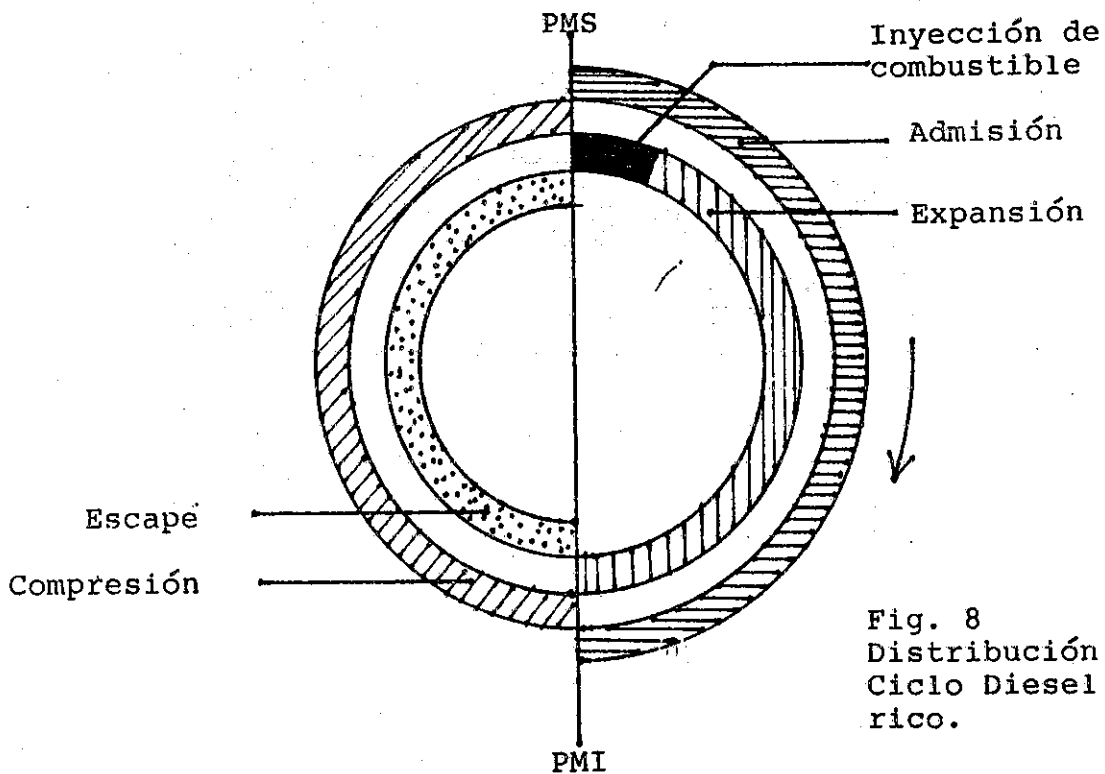


Fig. 8
Distribución del
Ciclo Diesel teórico.

A continuación vamos a detallar lo que ocurre teóricamente en un motor diesel moderno de inyección directa ya que precisamente no es a presión constante el fenómeno que se presenta en la punta superior del diagrama.

PRIMER TIEMPO. Aspiración. Tiene lugar, como hemos citado, a la presión atmosférica, representándose en el diagrama por una línea paralela al eje de volúmenes, como puede verse en la Fig. 3.

SEGUNDO TIEMPO. Compresión. Lo mismo que hemos explicado anteriormente. La representación del diagrama sería la curva b.c de la figura 4.

TERCER TIEMPO. Combustión y Expansión. Aquí reside precisamente la diferencia fundamental entre los dos tipos de motores diesel, el de inyección por aire (tipo antiguo en desuso) y el motor diesel moderno.

Poco antes del punto muerto superior empieza la inyección del combustible. Los inyectores no pulverizan el combustible tan perfectamente como cuando se realiza la inyección por aire. A pesar de dividirlo en pequeñísimas gotitas, no son éstas lo suficientemente pequeñas para lograr una instantánea combustión. Se precisa un breve tiempo para que el calor del aire comprimido penetre en las gotitas y eleve su temperatura hasta la combustión. Así se va inyectando combustible, el cual no arde hasta que transcurre cierto tiempo. Este tiempo comprendido entre la introducción del combustible hasta que se produce la inflamación se denomina "retraso de encendido".

Para que la combustión se realice con el émbolo en el PMS es preciso inyectar un poco más de combustible. Tenemos, pues, que un momento antes de llegar el émbolo al PMS, se inicia la inyección.

Cuando el émbolo llega al PMS, el calor ha penetrado en las gotitas de combustible y entonces todo el combustible en este momento inyectado explota. Así pues, en el diagrama, esta parte de la combustión (Fig. 9) vendrá indicada con una línea a volumen constante c,d, lo que ocasiona que se eleve la presión hasta unas 50 atmósferas. Sigue la inyección de combustible, pero, como la temperatura de la cámara se ha elevado en 1300°C este combustible se va quemando a medida que penetra en la cámara, ocurriendo esta segunda fase de la combustión de la misma forma que en el motor de inyección por aire; es decir, a presión constante. Así pues, un trozo de la carrera de la expansión se realiza a la presión in variable de combustión (figura 10, recta d-e).

En "e" termina la inyección y por tanto la combustión continúa según la curva e-f. Ahora podrá comprenderse fácilmente el porqué se ha dado el nombre de motores diesel de combustión Mixta y se verá que es por la sencilla razón de que la combustión se realiza primero como si fuera un motor de gasolina, mediante una explosión y luego como si se tratase de un motor de inyección por ai re.

El característico golpeteo de los motores diesel se debe a esta fase de la combustión a volumen constante.

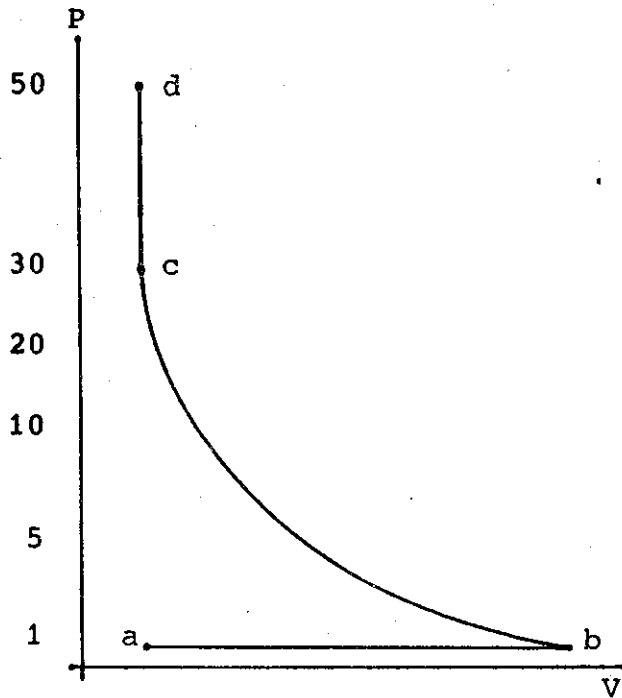


Fig. 9. Combustión a volumen constante.

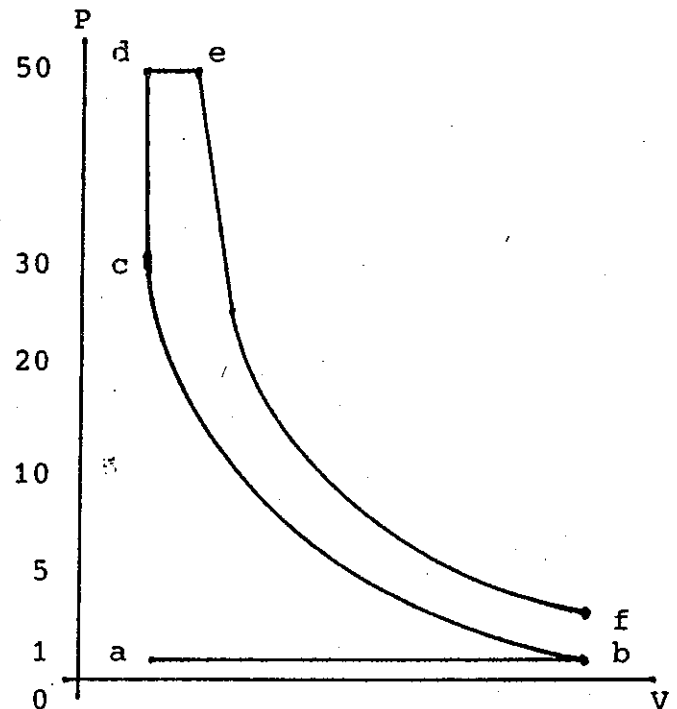


Fig. 10. Expansión a presión constante. Recta "d-e".

CUARTO TIEMPO. Escape. Al llegar el émbolo al PMI se abre la válvula de escape y cae rápidamente la presión interior del cilindro hasta la atmosférica y en la carrera ascendente el émbolo expulsa los gases (figura 11).

En la figura 12 tenemos el diagrama teórico de un motor diesel de 4 tiempos, con inyección directa de combustible y en la figura 13 se representa el diagrama teórico de la distribución de los ciclos de trabajo.

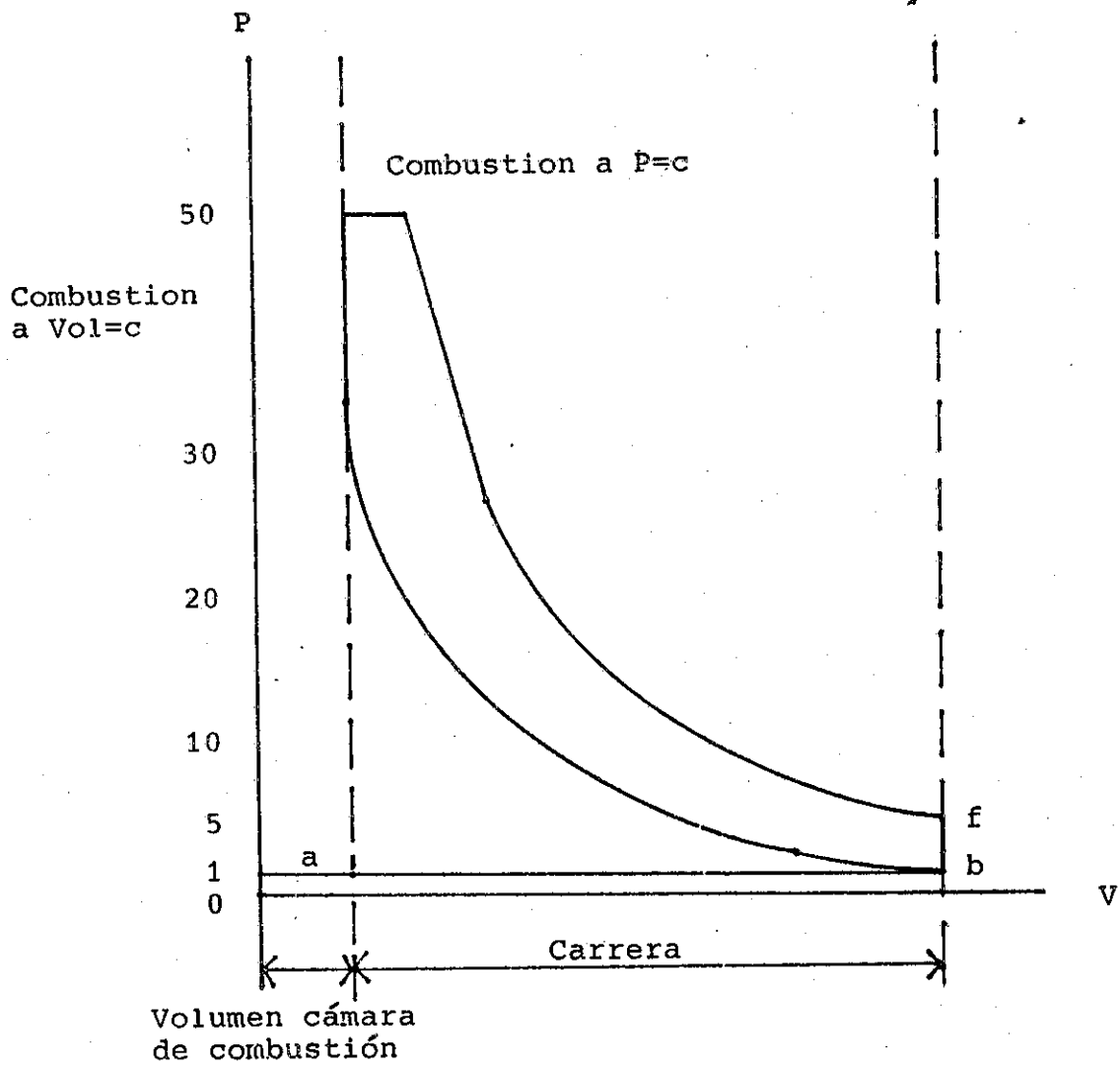


Fig. 11 Carrera de Escape.

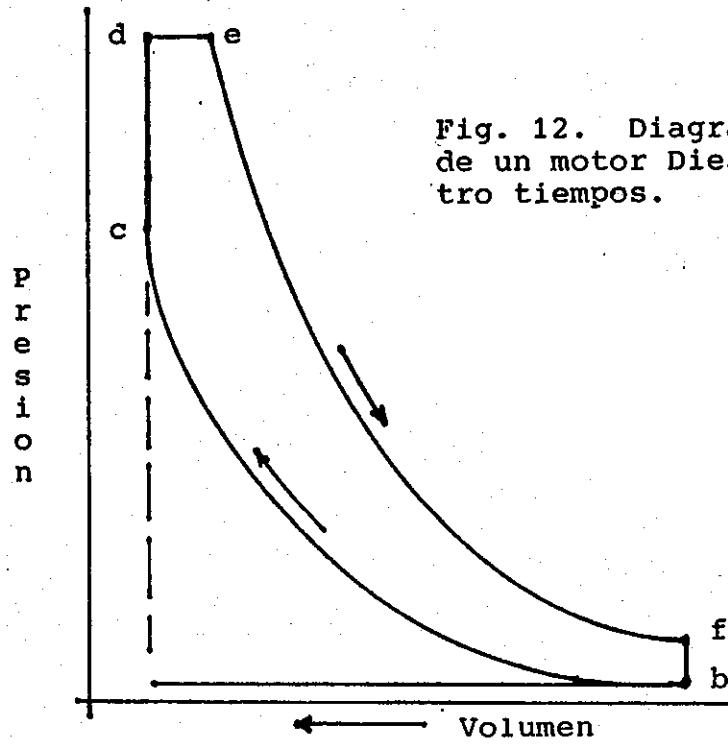


Fig. 12. Diagrama Teórico de un motor Diesel de cuatro tiempos.

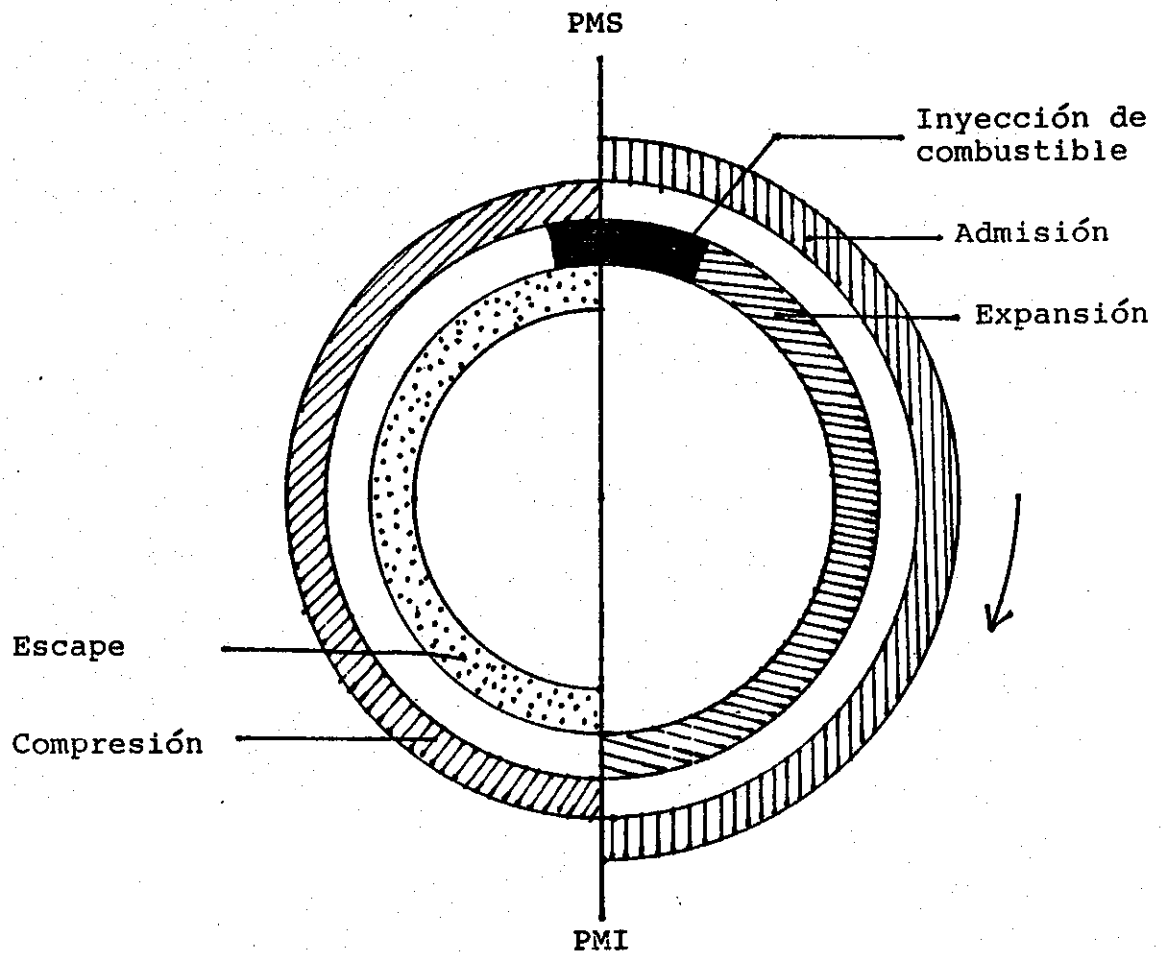


Fig. 13. Diagrama teórico de la distribución de los ciclos de trabajo.

II g) CICLO DIESEL REAL.

Todo cuanto se ha dicho sobre el ciclo teórico en la práctica no se cumple; el ciclo que efectúa el motor para transformar la energía del combustible en trabajo mecánico dividido en las fases de aspiración, compresión, expansión y escape suponíamos que se realizaban sin que el aire encontrara resistencia o freno por cambios de dirección, pa o por las válvulas, etc. En un motor real, los conductos ofrecen resistencia, el cilindro no se llena totalmente (máximo un 70% de cilindrada) y la aspiración se efectúa a presión más baja respecto de la atmosférica.

De todas maneras es necesario conocer con detalle el ciclo teórico, ya que, para poder juzgar la calidad de un motor, hay que comparar los dos; pues, si el motor pudiese funcionar de acuerdo con el ciclo teórico obtendríamos el máximo de potencia con el mínimo de consumo de combustible, pero, esto es imposible en la realidad.

Las condiciones de la marcha del ciclo real son las siguientes:

lo. Por rozamientos del aire en los conductos de admisión y al paso por la válvula, la aspiración se realiza a presión inferior a la atmosférica (figura 14), resultando que el cilindro no se llena por completo.

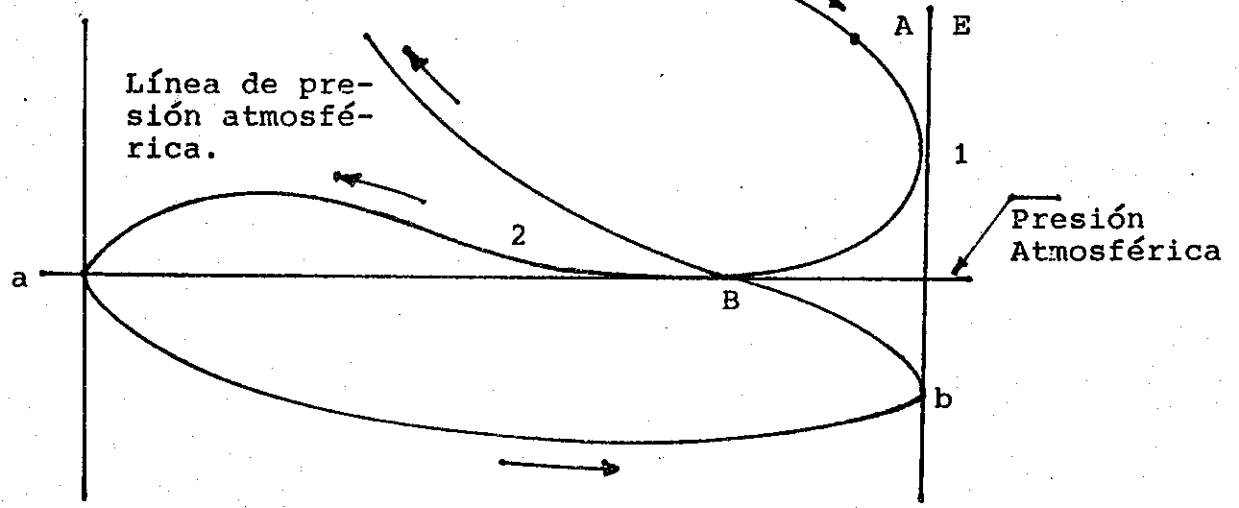


Fig. 14. Pérdidas por rozamiento en la admisión.

2o. Como el cilindro contiene el aire a presión inferior a la atmosférica, no se consigue compresión hasta que el embolo ha recorrido una cierta parte de su carrera ascendente; por lo tanto, partimos de un volumen menor del que teóricamente se suponía (punto B del diagrama, figuras 14 y 15). Esto, unido a las pérdidas de calor a través de las paredes y a la fugas por los anillos y asientos de válvulas, dan como resultado una línea de compresión en el diagrama situada por debajo de la teórica y una presión final de compresión también inferior. (ver figuras 15 y 16).

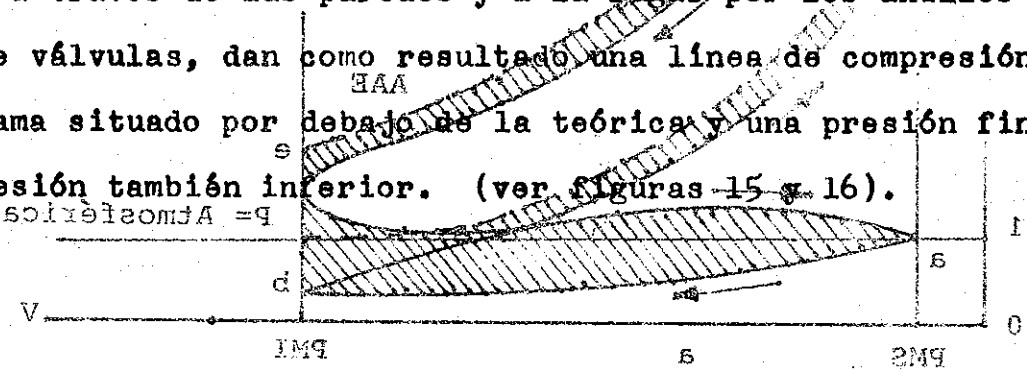


Fig. 15. Diagrama real de motores Diesel de inyección por aire. (Las superficies rayadas indican las pérdidas con respecto al diagrama teórico debido a fricción)

PROGRAMA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

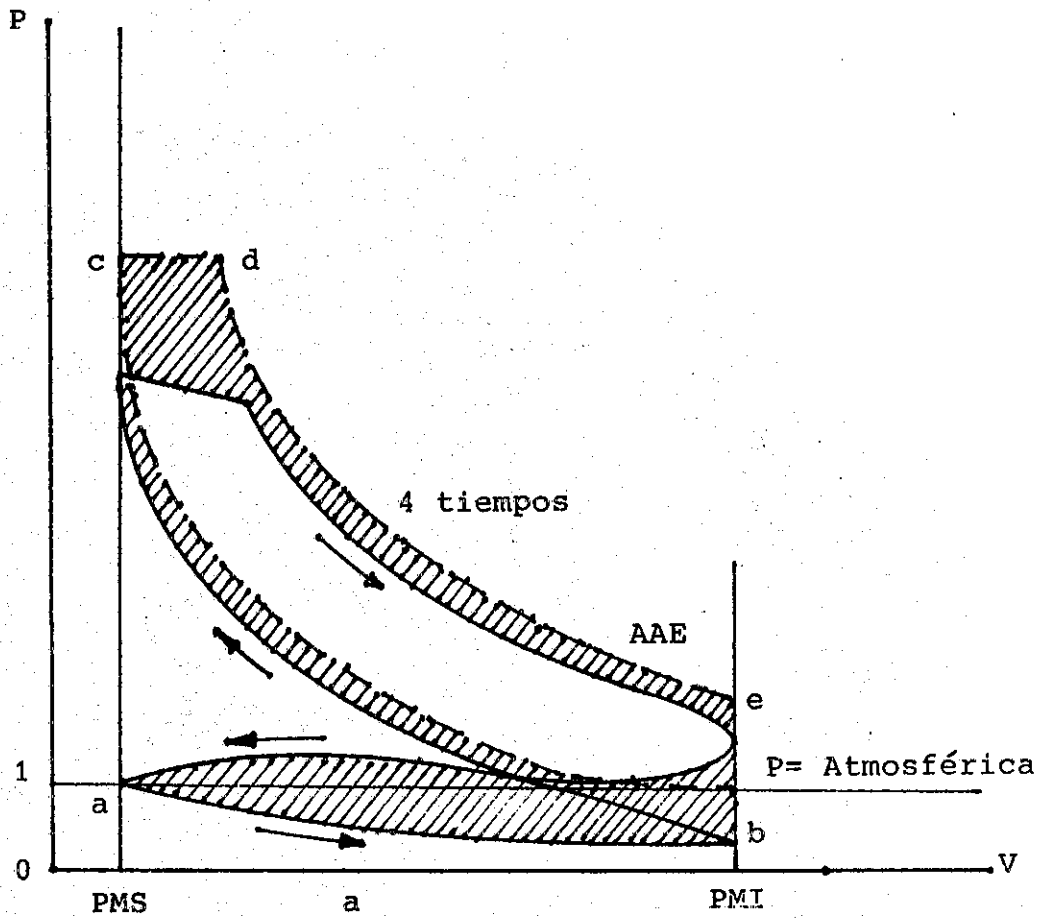
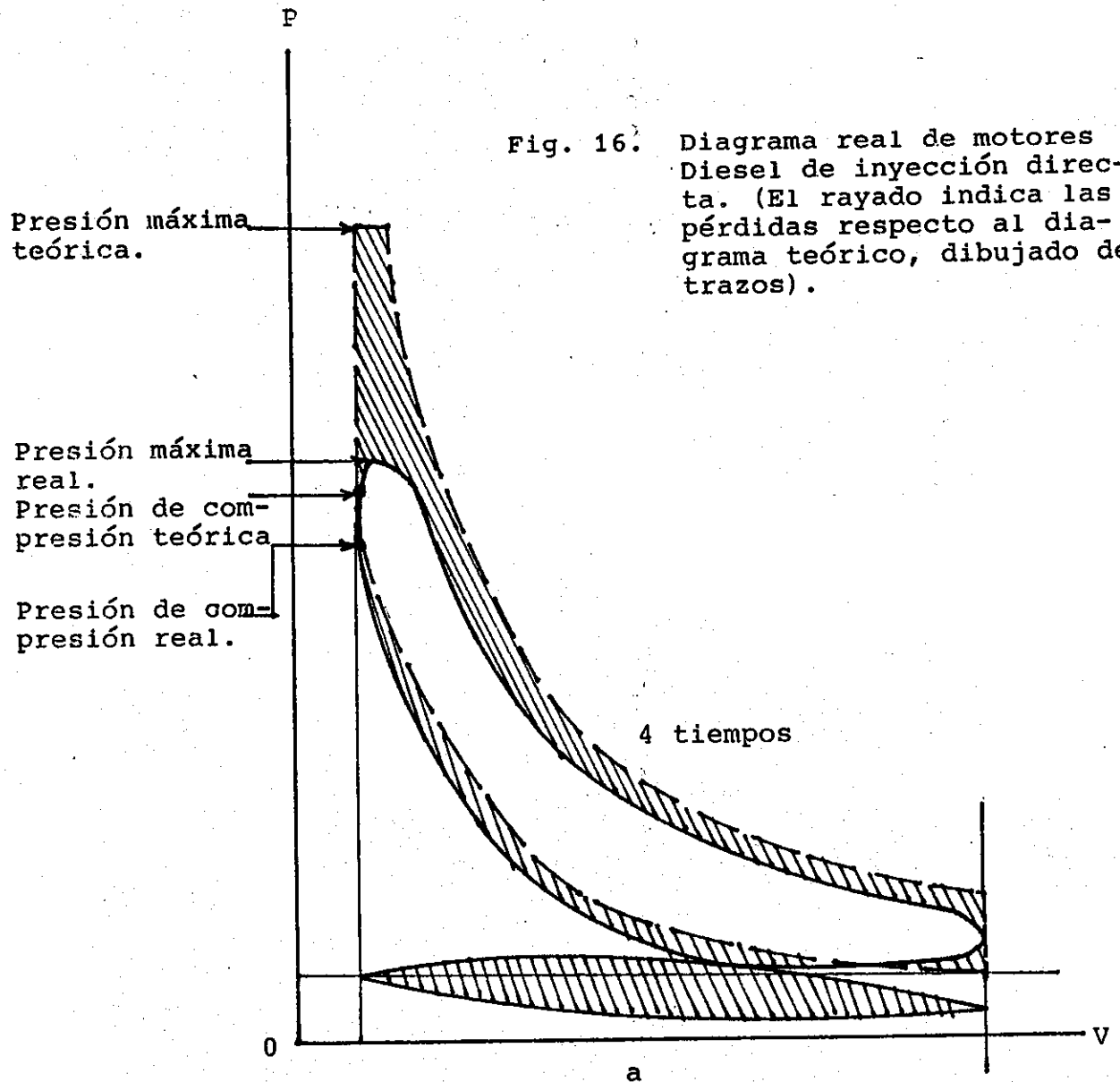
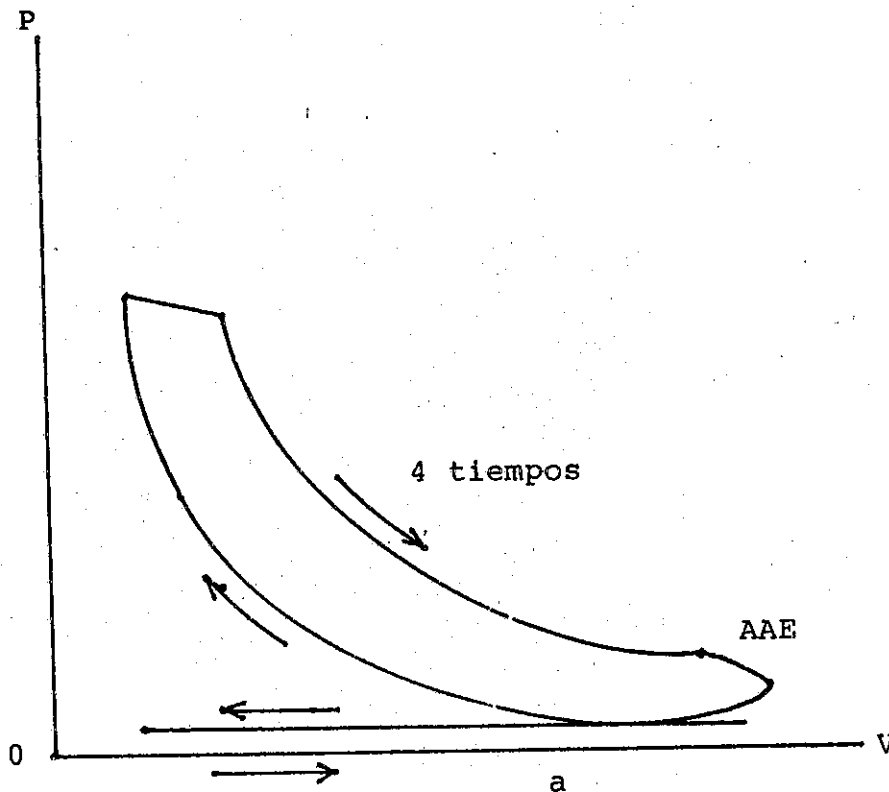


Fig. 15. Diagrama real de motores Diesel de inyección por aire. (las superficies rayadas indican las pérdidas con respecto al diagrama teórico dibujado a trazos)



30. La combustión no es enteramente a presión constante; pues, es imposible regular la inyección de forma que la combustión progresiva de las gotitas de combustible, compense la caída de presión que se origina por el aumento de volumen de la cámara al separarse el émbolo del PMS (figura 17). Para esto deberían arder inmediatamente después de entrar en el cilindro; pero, a pesar de la óptima pulverización conseguida en la inyección por aire, es necesario un tiempo para que el calor penetre en las gotitas y eleve su temperatura a la de combustión. Este tiempo denominado del en cendido es brevísimo; se reduce de centésimos a milésimos de segundo.



Fig, 17. Diagrama real de motores Diesel de inyección por aire.

En el motor diesel de inyección directa la fase de combustión a volumen constante es imposible de conseguir; pues, debido al retrazo del encendido y al no ser la combustión instantánea, no se desarrolla con el émbolo en el punto muerto superior. La segunda parte de la combustión ocurre, como ya se dijo, para el motor de inyección por aire (figura 18).

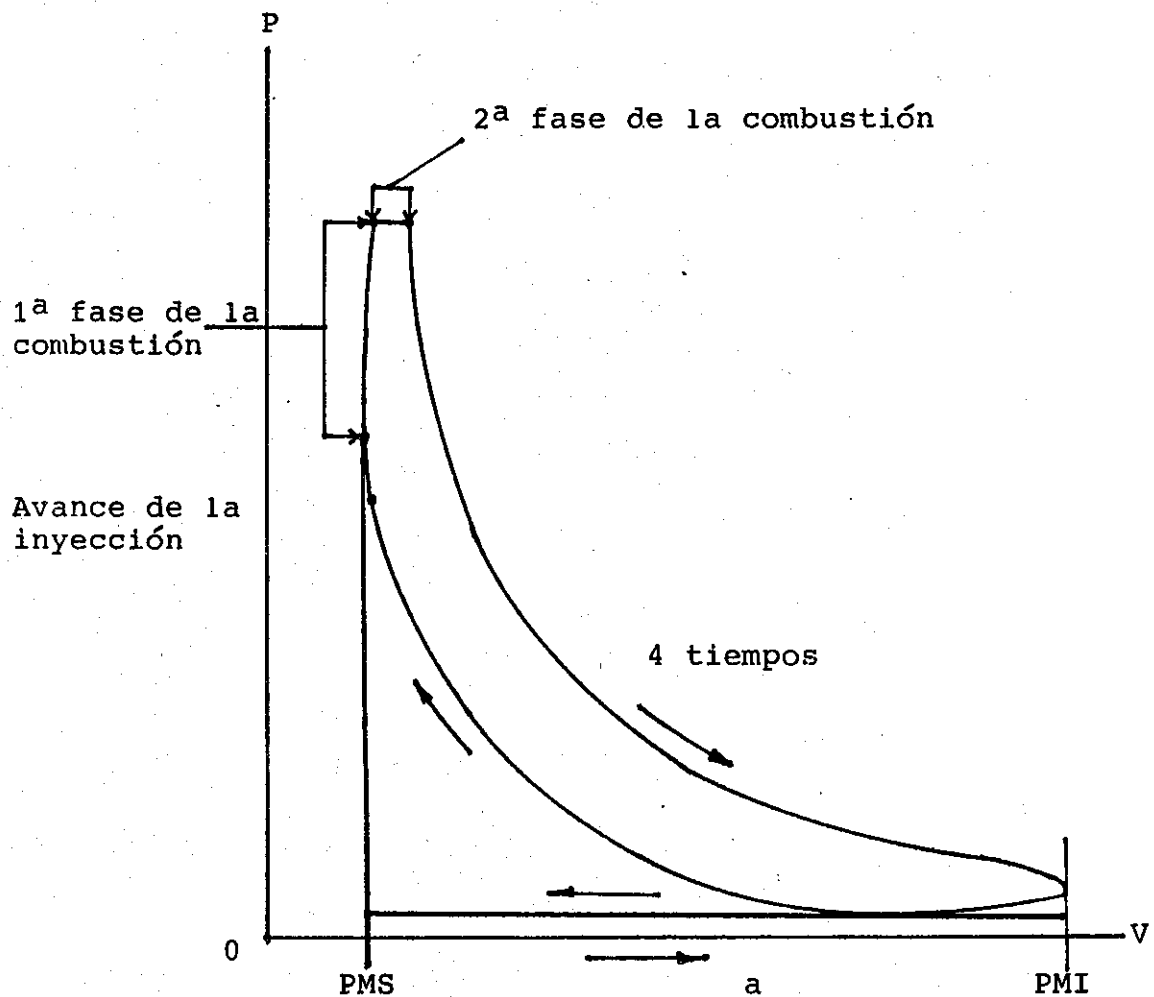


Fig. 18. Diagrama real de motores Diesel de inyección directa.

40. Debido a que la combustión se inicia a menor presión que en el teórico, la máxima alcanzada es también menor y, unido esto a las pérdidas de calor durante la expansión, resulta que la línea de expansión nos queda en el diagrama real a menor presión que en el teórico, como puede observarse en las figuras 15 y 16. Por otro lado, la válvula de escape se abre antes de completar el émbolo la carrera de expansión, por lo cual la expansión de los gases no dura la carrera completa, como lo consideramos en el ciclo teórico.

50. El escape debido a los rozamientos de los gases con las paredes de los cilindros, al paso por la válvula y conductos, se realiza a presión superior a la atmosférica. Mediante la figura 14 podemos seguir el fenómeno de escape. La válvula se abre en AAE, antes de alcanzarse el PMI y los gases bajan de presión hasta el punto (1), momento de llegada del émbolo al PMI. Sube el émbolo y los gases continúan saliendo a gran velocidad; debido a ello, ejercen una succión en el cilindro, experimentando la presión de los gases una caída suave (la línea de escape se aproxima a la atmosférica). Cuando llega el émbolo al punto (2), la velocidad de los gases ya no es tan elevada, dando lugar a que el émbolo los empuje, ocurriendo que al no poder salir por la válvula tan deprisa, como empuja el émbolo, experimentan un aumento de presión, que se ve en el diagrama por la subida de la línea de escape.

Los gases residuales originan dos pérdidas. Una es que se mezclan con el aire aspirado, impidiendo (por falta de aire puro) inyectar todo el combustible de que es capaz la cilindrada y, otra,

que en la aspiración no penetra el nuevo aire hasta que la presión de estos gases es inferior a la atmosférica.

Todo lo anterior representa aspectos que no pueden pasarse por alto al analizar los parámetros y rendimientos de los ciclos, individualmente.

II h) DIFERENCIAS FUNDAMENTALES ENTRE AMBOS

Los cinco puntos tratados en la sección anterior son los que más influyen cuando se analiza el rendimiento de una máquina diesel. Aparentemente, las diferencias son insignificantes en cuanto a rendimiento de cada ciclo; sin embargo, debido a la cantidad elevada de ciclos que ocurren por minuto dentro del motor, es considerable la diferencia en rendimiento, lo cual hace que el ciclo real sea menos eficiente que el teórico.

Si se observa en las gráficas 15 y 16, el diagrama real tiene menos superficie que el teórico, lo que indica que el área rayada equivale a las pérdidas térmicas, por rozamiento y retardo en la inyección.

Idealmente, si el ciclo Diesel se efectuara como en el diagrama teórico, no habrían pérdidas que hicieran de los motores Diesel las máquinas más deficientes en cuanto rendimiento energético. Pues, una máquina Diesel desperdicia aproximadamente el 33% de una unidad de combustible en disipación de calor, lo cual se va al exterior por medio de los conductos del escape; esto deja un 67% restante para aprovecharlo como energía disponible. Sin embargo, no lo muestra el ciclo Diesel teórico, pues en él se ve como que todo el combustible fuera aprovechado en generación de energía, co

sa que en la práctica no es cierto.

Sumando una a una las circunstancias que dan lugar a las pé
rdidas en un motor Diesel, llegamos a la conclusión de que sólo un
34% de una unidad de combustible se usa para impartir movimiento
o energía aprovechable; siendo el otro 33% usado para refrigera-
ción de las zonas de alta concentración de temperatura como lo son
los asientos de las válvulas y pasajes internos, tanto del block
como de la culata cercanos a la ubicación del émbolo. Es neces-
ario, entonces, comprender los efectos negativos que tienen los cin
co factores anotados en la sección precedente para evaluar la di
ferencia de los ciclos, los cuales no coinciden en cuanto a eficien
cia térmica debido a pérdidas inherentes al funcionamiento, las
cuales están siendo minimizadas a medida que se investiga para ha
cer de las máquinas Diesel una fuente más eficiente considerando
las necesidades energéticas actuales.

CAPITULO III

SISTEMAS DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

III a.) SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

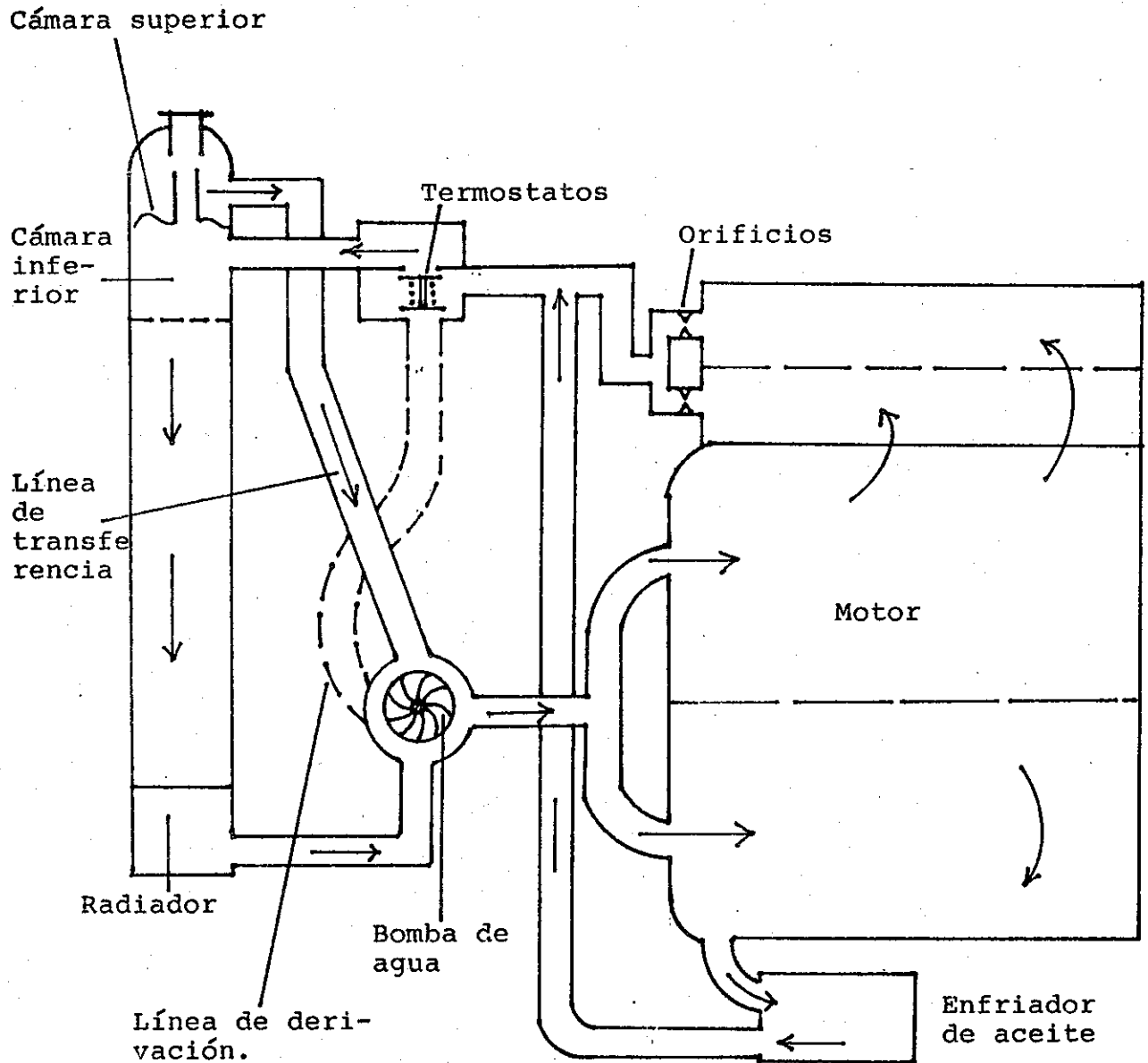


Fig. 19. Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento consta de los siguientes componentes: radiador, bomba de agua ó turbina en el caso de los enfriados por aire, mangueras, refrigerante, termostatos, ventilador e indicadores.

Todos los motores de combustión interna, necesitan refrigerar ciertas zonas, aunque teóricamente tendrían mejor rendimiento sin la refrigeración. El sistema de enfriamiento consta de los componentes mencionados anteriormente, los cuales funcionan de la siguiente manera: al poner en marcha el motor estando éste frío, las fajas que conectan la polea del cigüeñal con la polea de la bomba de agua la hacen girar; esta bomba es del tipo centrífugo, la cual imparte al agua el movimiento necesario para mantenerla en circulación. Si el motor está equipado con termostatos, éstos no permitirán la circulación del agua sino hasta que ésta alcance la temperatura de apertura del termostato, la cual viene estampada en la orilla de éste en grados Centígrados o Fahrenheit, siendo ésta la temperatura a la cual la válvula de éste está totalmente abierta. Al alcanzar dicha temperatura, el agua fluye del block hacia las culatas y de éstas al tanque superior del radiador de donde por gravedad se dirige a la parte inferior de éste, para ser enfriada por la corriente de aire que succiona el ventilador a través del núcleo del radiador. Los termostatos son válvulas sensibles a los cambios de temperatura y se abrirán más o menos dependiendo de la temperatura existente en la cámara de combustión que es donde se genera la mayor cantidad de calor.

Dependiendo de esto, el caudal de agua que circula a través del motor variará con las exigencias de carga del vehículo, man-

teniendo la lectura del reloj de temperatura a unos 200°F (92.4°C) como máximo valor admisible de operación. Es recomendable usar siempre un tapón de radiador para controlar la presión del sistema de enfriamiento, la cual es de aproximadamente 7 Lb./Pulg.² equivalente a 0.49 Kg./Cm.² en los motores diesel grandes y de 14 Lb./Pulg.² ó 0.99 Kg./Cm.² en los motores pequeños de gasolina y diesel. La importancia de esto es que el agua estando bajo presión, aumenta el punto de ebullición, lo cual reduce la formación de burbujas en el agua, lo que ocasiona areación y cavitación al ser movidas por la bomba de agua. Es frecuente ver sistemas de enfriamiento sin el tapón correcto, lo cual puede producir calentamiento de la máquina.

Se recomienda drenar el sistema de enfriamiento en su totalidad, una vez al año, lo que evitará la formación de una capa de óxido en todas las piezas expuestas al agua; esto es de suma importancia en camisas del tipo húmedo, las cuales están directamente expuestas al efecto de corrosión causado por el agua mineral. Aunque hay filtros inhibidores de corrosión que contrarrestan el efecto de oxidación de las camisas que están en contacto permanente con el agua.

III b.) SISTEMA DE LUBRICACION

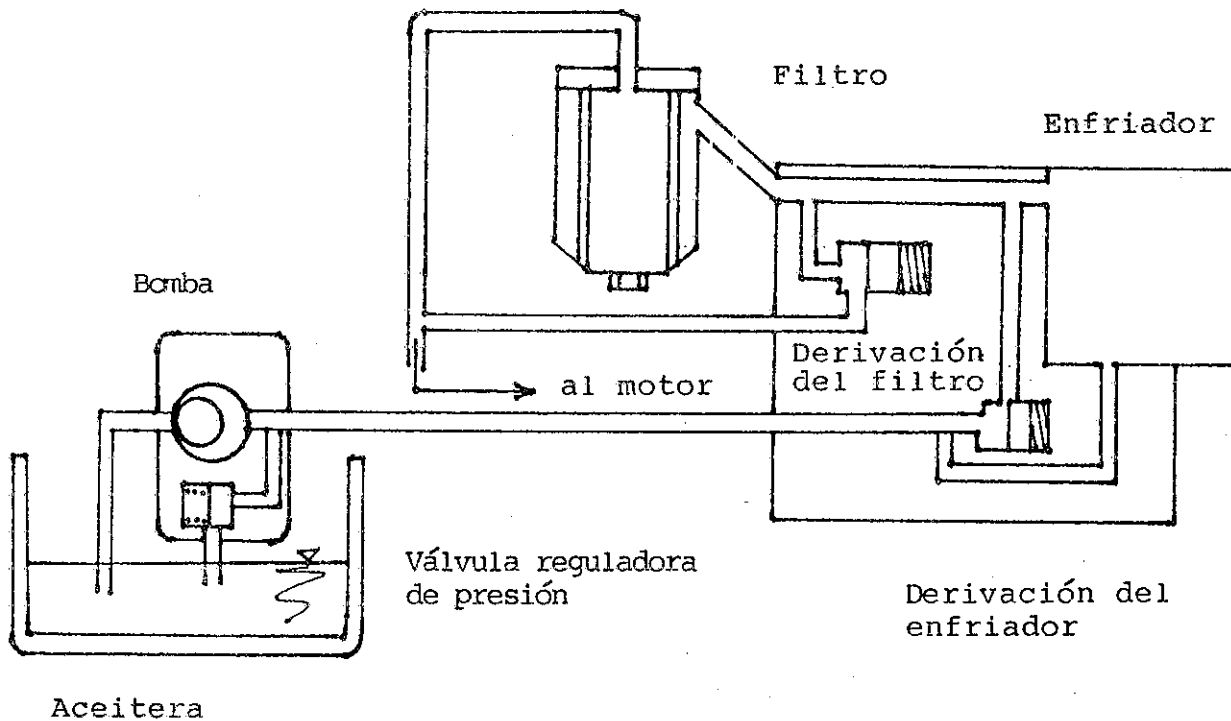


Fig. 20: Sistema de lubricación.

El sistema de lubricación de un motor consta de una bomba de aceite del tipo de desplazamiento positivo de engranajes, una tubería de succión, una malla coladora, una válvula reguladora de presión (válvula de alivio), un filtro de aceite, un enfriador de aceite, el colector del aceite o aceitera y los pasajes internos del motor.

El sistema de lubricación funciona de la siguiente forma: al poner en marcha el motor, la bomba de aceite es movida por medio

de un engranaje que a veces está acoplado al tren de engranajes del frente del motor accionado por el cigüeñal y en otros recibe su movimiento por medio del engranaje helicoidal ubicado en el eje de levas; cuando los engranajes de la bomba giran, éstos succionan el aceite por medio de la tubería de succión sumergida en el aceite, el cual es enviado a la válvula de alivio en donde se regula la presión de todo el sistema. El aceite ya presurizado es enviado al enfriador de aceite y filtros para filtración y forzado a pasar por todos los conductos internos para lubricar los componentes del motor como cojinetes de bancada, de biela, pistones, eje de levas, engranajes, válvulas y eje de valancines. Al aumentar la temperatura, la viscosidad y presión del aceite disminuyen y se cierra la válvula de derivación del filtro de aceite, ahora entrará sólo aceite filtrado a los componentes del motor, un filtro de aceite contaminado y con obstrucción no evitará que el aceite alcance los componentes del motor; pues, la válvula de derivación del filtro se abrirá y el aceite se desviará del elemento del filtro. Los cojinetes de biela reciben el aceite por pasadizos perforados en el cigüeñal entre los muñones de los cojinetes de bancada y los muñones de biela. Pasajes internos fundidos en el bloque de cilindros, envían lubricante a los muñones del árbol de levas y pasadizos de suministro de los cojinetes de bancada. El aceite también es enviado hacia arriba a través de la culata de cilindros para lubricar los ejes de los balancines.

Cuando el motor está caliente y funciona a velocidad nominal, el manómetro de presión de aceite deberá señalar en la zona de operación, la cual comprende una presión de trabajo de aproximada-

mente 58 a 72 Lb./Pulg.². En velocidades de vacío o ralenti, es normal una indicación de presión más baja.

Actualmente, se venden manómetros cuya escala está marcada en tres colores, los cuales comunmente son: rojo, blanco y verde, así, cualquier variación en la presión de aceite podrá detectarse en mejor forma.

El sistema de lubricación es de suma importancia en una máquina, por lo que se recomienda usar: un aceite lubricante de buena calidad y cuyas especificaciones correspondan a las que el fabricante recomienda. Deberá usarse un buen filtro de aceite, de preferencia igual al que el fabricante ha instalado originalmente en la máquina, pues éste cumple los requerimientos de filtración de impurezas de un tamaño determinado y cuyo papel soporta las variaciones de presión sin romperse, garantizando una filtración eficiente.

En motores turboalimentados con frecuencia se instalan filtros remotos, los cuales deben cambiarse con la regularidad indicada por el fabricante, igual que el filtro de flujo pleno.

III c.) SISTEMA DE ADMISION DE AIRE

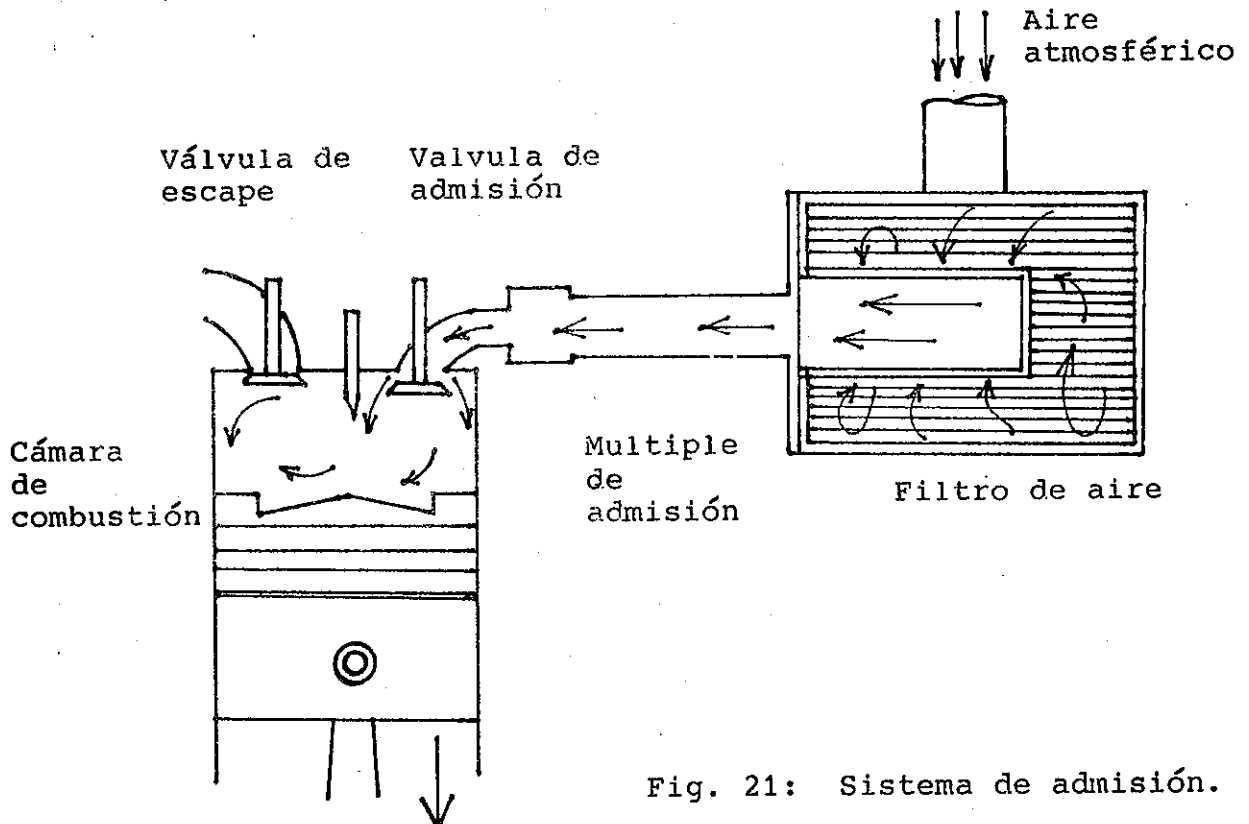


Fig. 21: Sistema de admisión.

Cuando el motor se pone en marcha, requiere cierta cantidad de oxígeno para obtener una combustión constante, la cual se logra al mezclar éste elemento contenido en el aire y cierta cantidad medida de combustible.

Para mantener una combustión completa, es necesario un suministro de aire en la cámara de combustión. Esto hace necesario la admisión de aire el cual pasa primero por el filtro de aire en donde se filtran las impurezas, luego pasa de éste al múltiple de admisión de aire por medio de la tubería de succión en donde se distribuye en forma uniforme el aire a cada cilindro, según sean los requerimientos en cada cámara de combustión. Cuando un motor fun

ciona en condiciones normales, el vacío formado en la cámara de combustión creado cuando el pistón desciende, hace que se introduzca aire a presión atmosférica (14.7 Lb./Pulg.²) a cada cilindro, esto se realiza en una forma bien sincronizada por medio de la apertura a tiempo de las válvulas de admisión, las cuales son controladas por el eje de levas, sincronizado con el eje cigüeñal, por medio del tren de engranajes ubicado en el frente del motor.

En vista de que una combustión completa y efectiva necesita gran cantidad de aire, este suministro puede ser deficiente cuando el filtro de aire se obstruye con suciedad, provocando un consumo excesivo de combustible. Para reducir este problema, la mayoría de los fabricantes de motores, montan un dispositivo de control de restricción, el cual está situado en un lugar visible para darle el mantenimiento adecuado al filtro de aire cuando éste presenta mucha restricción. La forma de operarlo es cuando la máquina está funcionando, presione el diafragma; si éste regresa con facilidad a su posición original, indica que el elemento está limpio, pero, si ya no regresa y el color rojo permanece en el visor, indica que el filtro está muy sucio y que deberá limpiarse o cambiarse, según sea el caso.

III d.) SISTEMA DE ESCAPE.

El sistema de escape consta de válvulas de escape alojadas en la culata de cilindros, un múltiple de gases de escape, a veces se incorpora un bloque posterior al múltiple de escape en donde va alojada una mariposa que se conoce como freno de escape y, finalmente, la tubería y el silenciador.

Cuando la máquina está trabajando normalmente, todos los gases de escape, producto de la combustión, tienen que ser evacuados para dar cabida a una nueva carga de aire fresco, lo cual se logra por la apertura sincronizada de las válvulas de escape, las cuales son movidas por varillas de empuje que descansan sobre levantaválvulas que permanecen en contacto con el eje de levas, conocidos también como "buzos". La secuencia de apertura de las válvulas, tanto de escape como de admisión, está controlada por la posición de leva del eje de levas y el orden de encendido de la máquina.

Los gases de escape son evacuados de la cámara de combustión por el movimiento ascendente del pistón en la carrera de escape. Estos, a su vez, salen por la cavidad que dejan las válvulas de escape y se dirigen por conductos integralmente fundidos en la culata de cilindros al múltiple de escape, el cual los descarga a la tubería que conduce al silenciador para ser pasados por este último antes de su descarga al medio ambiente. Es de vital importancia ajustar las válvulas de escape a la holgura especificada por el fabricante; pues, una apertura retardada o mas reducida da como consecuencia: alta temperatura en el escape, detonación, pérdida de potencia y dilución del aceite lubricante. Por lo general la holgura de las válvulas de escape es mayor que las de admisión, debido a la alta temperatura de los gases de escape que son descargados por sus orificios, lo cual provoca una dilatación por temperatura del material mayor que las de admisión aunque, a veces como ejemplo, el motor Perkins de 6 cilindros requiere una holgura igual para ambas.

El freno de escape que se incorpora en algunos motores como

equipo de norma y que en otros es equipo opcional, opera con el siguiente principio: cuando un vehículo va cuesta abajo, éste tiende a ser impulsado por la carga que arrastra aunque se seleccione una velocidad lenta. El freno de escape, colocado posteriormente al múltiple de escape, tiene una mariposa que normalmente su posición es vertical o paralela al flujo de gases de escape, pero cuando se hace accionar el control eléctrico instalado en el panel de instrumentos, una válvula magnética hace que esta mariposa gire de tal forma que se interponga y obstruya la salida de los gases de escape; al mismo tiempo que otra válvula corta totalmente el suministro de combustible proveniente de la bomba de inyección. Esto crea en el cilindro una contrapresión elevada que hace que los pistones restrinjan su movimiento recíprocante por el volumen de gases de escape que no pueden ser evacuados tan rápidamente que retarda el libre movimiento de éstos, lo cual es aprovechado en el volante del cigüeñal como efecto de frenado en el resto de la transmisión, evitando así un desgaste excesivo en los componentes del sistema de frenos.

III e.) SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE

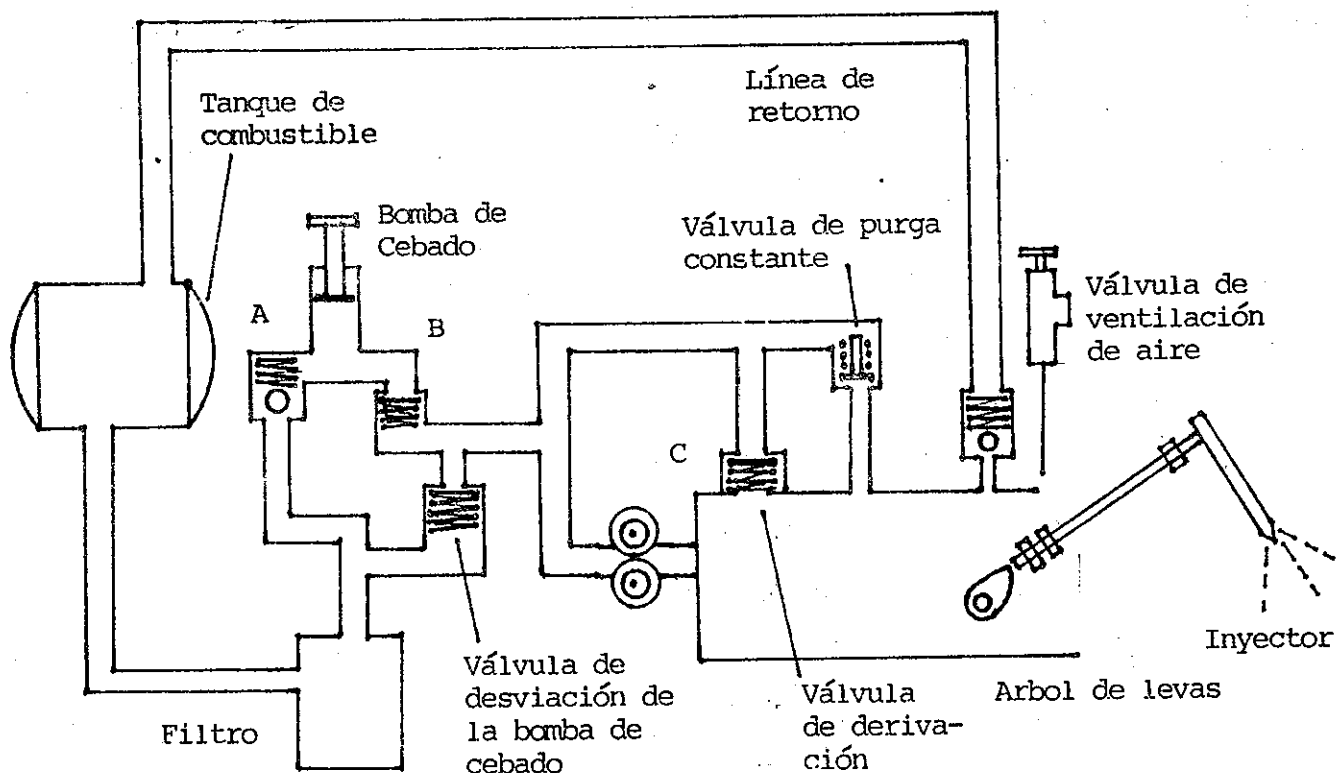


Fig. 22: Sistema de alimentación de combustible.

Es importante hacer notar que hay una diversidad de sistemas y componentes de alimentación de combustible tanto de bombas de inyección como de inyectores; por tal motivo se describirá el principio de operación fundamental de un sistema en particular, pues todos los demás obedecen en funcionamiento a éste.

El sistema de combustible está integrado por la bomba de transferencia, el tanque de combustible, el filtro de combustible, el solenoide de cierre, la tubería de alimentación, la bomba de inyección, los inyectores y la tubería de retorno.

La bomba de transferencia de combustible de tipo engranajes está montada al frente del árbol de levas de la bomba de inyección, la cual succiona el combustible desde el tanque a través del fil-

tro de combustible. Desde el filtro, el combustible fluye por las válvulas de retención (que se muestran en el dibujo) de la base de la bomba de cebado, pasa a la bomba de transferencia y va a la caja de la bomba de inyección de combustible. El combustible en esa caja es el que se suministra a las bombas inyectoras y sirve como lubricante para todas las piezas móviles que se encuentran dentro de la caja de la bomba de inyección. Una válvula de derivación para la presión del combustible, mantiene la presión máxima en la caja de la bomba de inyección a 30 ± 5 Lb./Pulg.².

El combustible desviado regresa a la bomba de transferencia y vuelve a la caja de la bomba de inyección. Desde allí, las bombas inyectoras bombean el combustible hasta los inyectores que, a su vez, lo introducen dentro de la cámara de combustión de cada cilindro.

La válvula de purga de acción continua permite que una cantidad de combustible, aproximadamente de 9 galones por hora, regrese al tanque.

Cualquier cantidad de aire que quedara en la caja de la bomba de inyección también será purgada al tanque de combustible. Una válvula de ventilación situada en la caja de la bomba, permite eliminar el aire del sistema de suministro a la bomba de inyección, después de dar servicio al filtro de combustible, o en caso de que el motor se quedara sin combustible. El aire se saca abriendo la válvula y aumentando la presión del sistema de combustible con la bomba de cebado. Abriendo la válvula de ventilación y accionando la bomba hasta que fluya el combustible sin burbujas por la línea de ventilación.

Las válvulas de retención A, B, C, se abrirán en secuencia, cuando se acciona la bomba de cebado.

III f.) MECANISMO INTERIOR DE LAS BOMBAS UNYECTORAS DENTRO DE LA CAJA DE LA BOMBA DE INYECCION

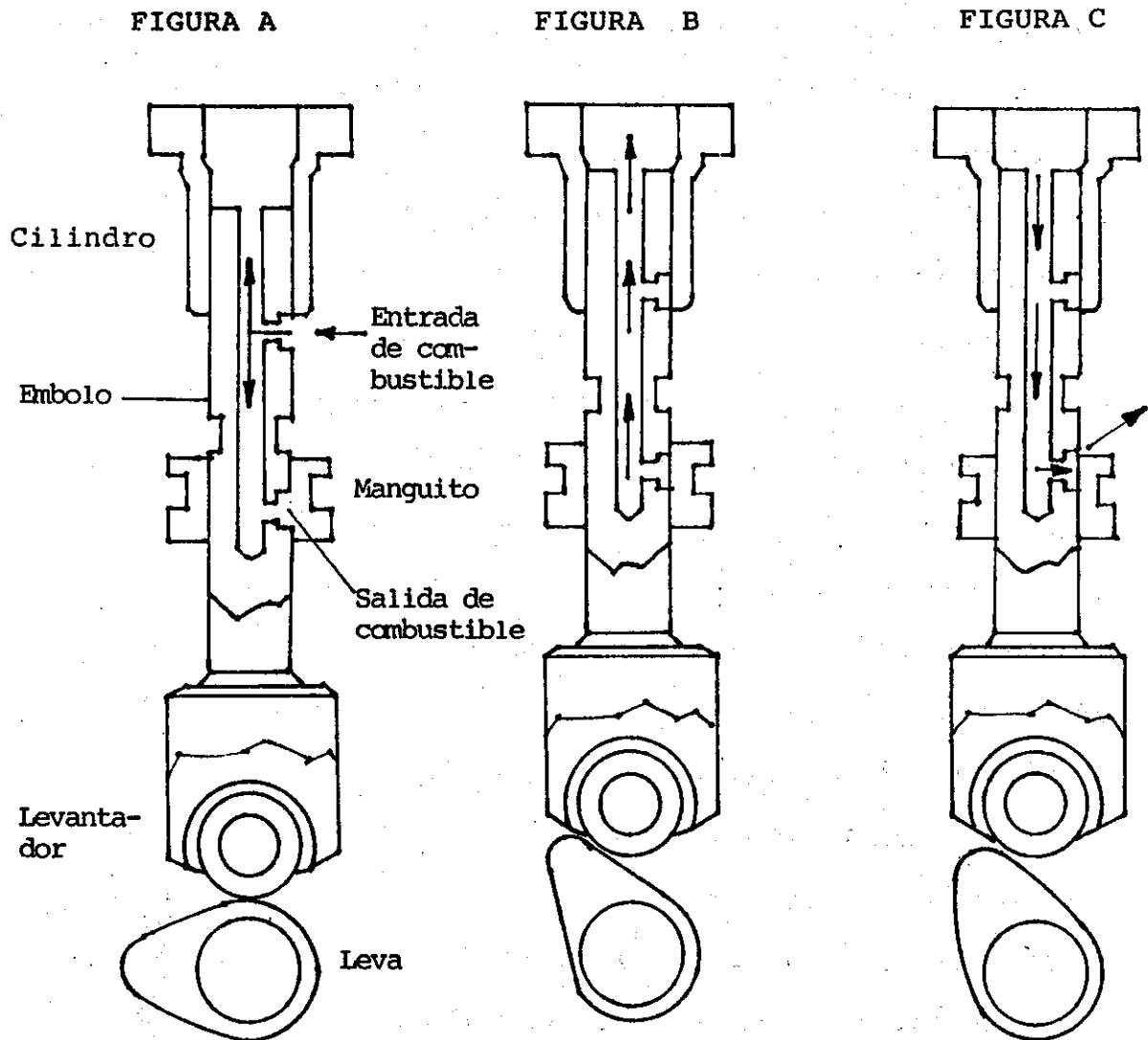


Fig. 23: Mecanismo interior de las bombas inyectoras.

En la figura A el émbolo está abajo y la lumbrera de llenado está abierta. El combustible fluye dentro de la lumbrera de llenado en el movimiento hacia abajo del émbolo y llena por completo la cavidad dentro del émbolo.

En la figura B el émbolo es empujado hacia arriba por el lóbullo de la leva. Cuando el émbolo se mueve hacia arriba en el cilindro, cierra la lumbrera de entrada y aumenta la presión del combustible en las línea de inyección. Cuando la presión es lo suficientemente alta para abrir las válvulas de inyección, las cuales están cargadas a resorte, empieza la inyección y continúa hasta que la lumbrera de llenado y la lumbrera de salida están completamente bloqueadas por el cilindro y el manguito.

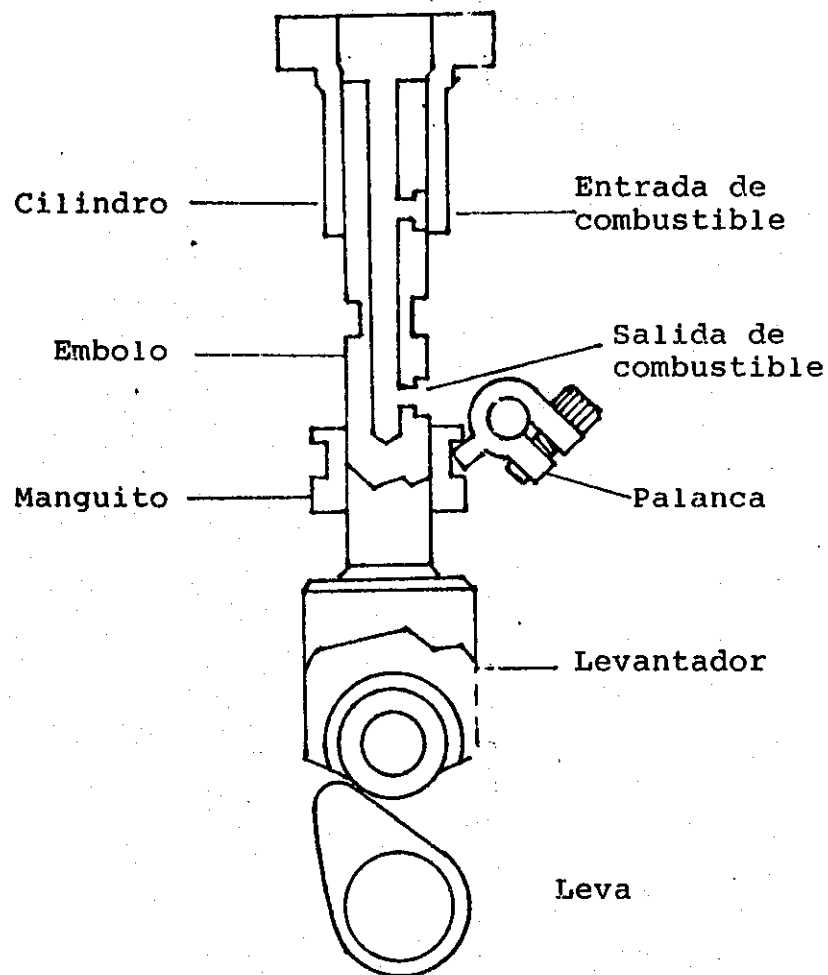
En la figura C, el émbolo se ha elevado hacia el punto en que la lumbrera de salida se abre, encima del manguito, aliviando la presión de combustible en el émbolo y la línea inyectora y terminando la inyección de combustible al cilindro. El combustible a presión en la cavidad del émbolo escapa por la lumbrera de salida y va de vuelta a la caja.

Las figuras D, E, F, muestran cómo la posición del manguito en el émbolo afecta la cantidad de combustible inyectada y, consecuentemente, la aceleración del motor. La posición del manguito en el émbolo se controla mediante la conexión del varillaje desde el regulador y el acelerador.

En la figura D el manguito se ha colocado en la posición de parada. El manguito no cubre la lumbrera de salida en ningún momento de la carrera del émbolo y como no hay presión no se inyecta combustible a los cilindros.

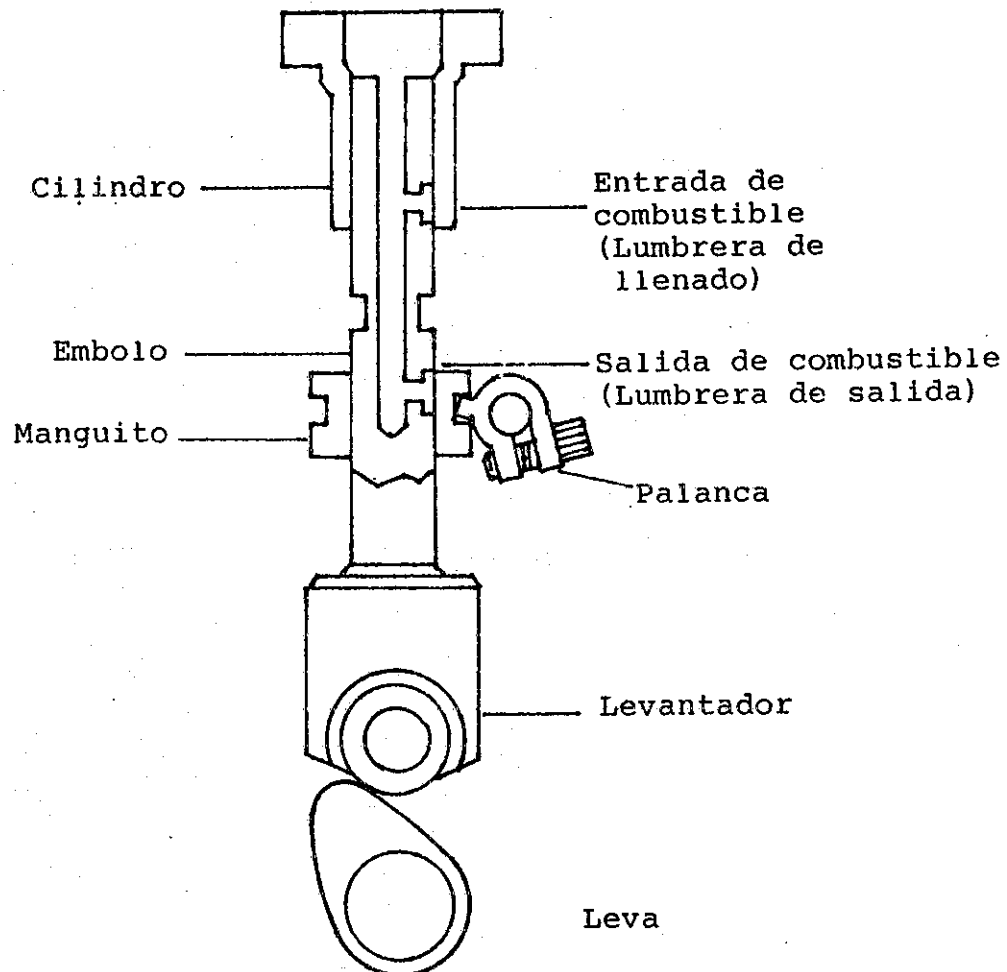
Esto se ve claramente en la figura; pues, cuando la leva empieza su carrera ascendente, el manguito está ubicado en tal posición que aunque la leva llegue a su punto máximo, no logrará cubrir la lumbrera de abajo y, por lo tanto, la presión de inyección no se incrementa, lo cual hace que no haya combustible en el cilindro, traduciéndose en la posición de parada de la máquina.

FIGURA "D"



En la figura E el manguito se ha colocado en la posición de velocidad en vacío o marcha mínima. El manguito tapa la lumbrera de salida sólo por un momento de la carrera del émbolo, lo cual permite que se inyecte sólo una pequeña cantidad de combustible por carrera.

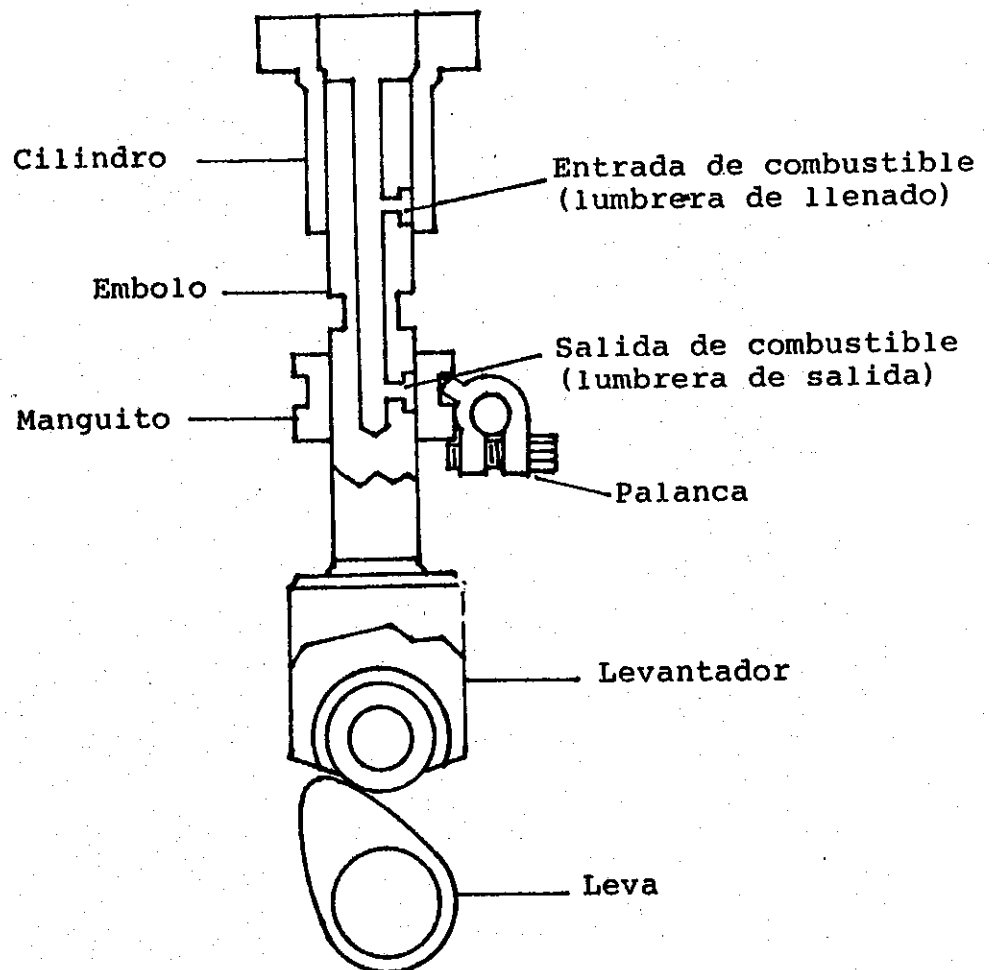
FIGURA "E"

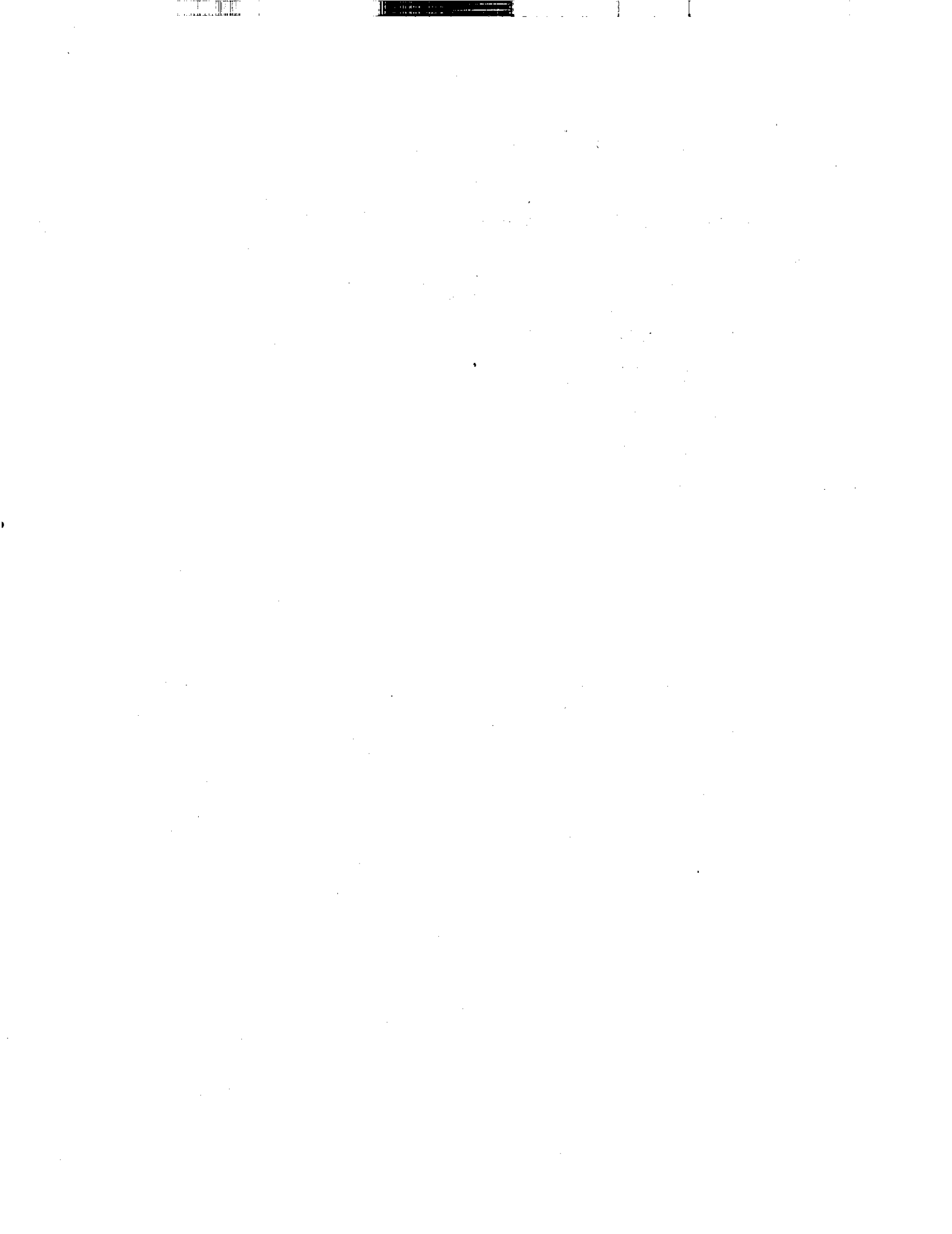


En la figura F el manguito se ha colocado en la posición de plena carga y tapa la lumbrera de salida durante la parte más prolongada de la carrera del émbolo. Esto permite que se inyecte más combustible por carrera.

Habiéndose medido la cantidad exacta de combustible en la bomba de inyección éste pasa a los inyectores que permiten el suministro de combustible dentro de la cámara de combustión a una presión que es más alta que la que el aire comprimido en el cilindro tiene en ese momento.

FIGURA "F"





C A P I T U L O IV

MOTORES DE DOS Y CUATRO TIEMPOS

IV a.) EL MOTOR DE DOS TIEMPOS

Se les llama motor de dos tiempos a aquellos cuyo ciclo de trabajo consiste en: admisión, compresión, fuerza y escape; lo realizan en un movimiento ascendente y otro descendente del pistón. Significa que el eje cigüeñal dará una sola vuelta para realizar los cuatro ciclos.

IV b.) PRINCIPIO DE OPERACION

Este motor tiene, a diferencia del motor convencional: un ventilador tipo lóbulos, camisas de cilindros con orificios intermedios y culata, sólo con válvulas de escape. Este ventilador conocido también con el nombre de soplador o "Blower" es el encargado de mantener el aire a presión disponible en todo el derredor de la camisa; pues, es el único lugar por donde se admite el aire para la combustión, razón por la cual este motor tiene, únicamente, válvulas de escape.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

CARRERA DE ADMISION

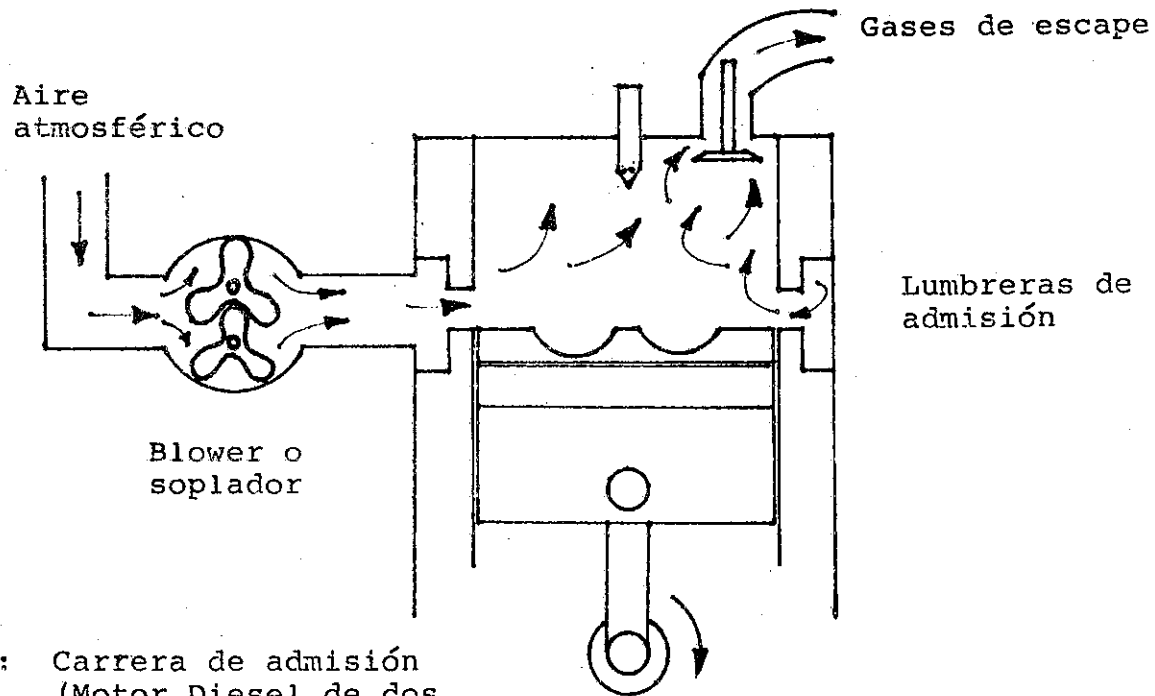


Fig. 24: Carrera de admisión
(Motor Diesel de dos
tiempos)

En este ciclo, el pistón se encuentra en el punto muerto inferior (PMI) descubriendo así las lumbreras de admisión. Las válvulas de escape están abiertas, permitiendo que el aire que proviene del soplador desplace los gases de la combustión anterior. Cuando el cigüeñal empieza a girar, el pistón empieza a subir, cubriendo lentamente los orificios de las camisas o lumbreras de admisión; cuando el pistón ha cubierto totalmente las lumbreras y las válvulas de escape se han cerrado, se dice que la carrera de admisión se ha realizado. Esto indica que la carrera de admisión es igual a la longitud de la lumbrera de admisión.

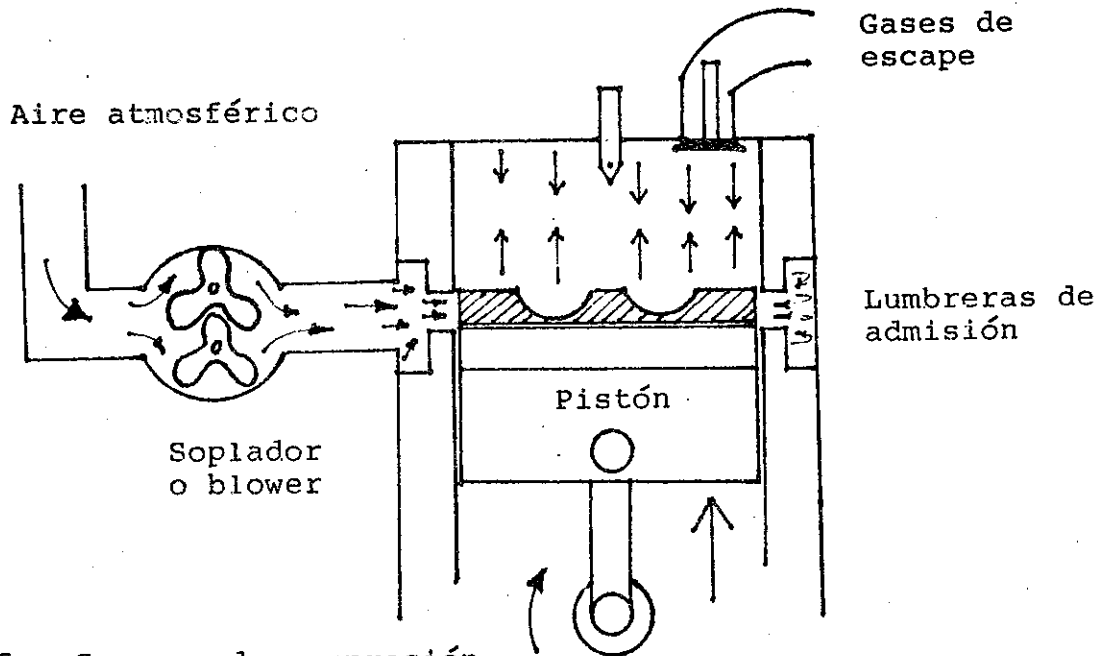
CARRERA DE COMPRESION

Fig. 25: Carrera de compresión
(Motor de dos tiempos)

Esta da inicio, luego de terminar la carrera de admisión de aire, mientras el cigüeñal sigue girando. El aire contenido en el cilindro se sigue comprimiendo por la acción ascendente del pistón, lo que ocasiona un aumento en la temperatura del mismo a tal grado que al finalizar la carrera de compresión está listo para que el combustible sea suministrado en el punto muerto superior (PMS). La duración de la carrera de compresión es desde que la cara superior del pistón cubre las lumbreras de admisión hasta que éste llega al punto muerto superior (PMS).

CARRERA DE FUERZA

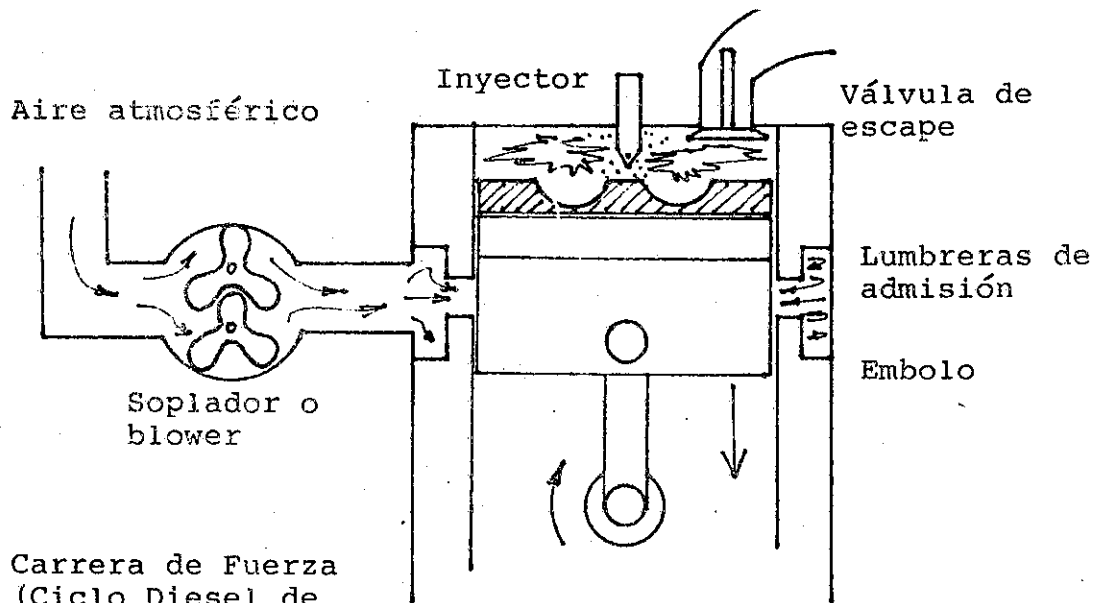


Fig. 26: Carrera de Fuerza
(Ciclo Diesel de
dos tiempos)

Cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior (PMS) el combustible es suministrado a presión, lo que ocasiona que, instantáneamente, se encienda éste con el aire sometido a gran presión y alta temperatura; la acción de la expansión de los gases, producto de la combustión, hace que el pistón descienda rápidamente, creando con esto el impulso transmitido por la biela al cigüeñal, lo que es aprovechado como fuerza motriz en el volante. La carrera de fuerza da inicio en el PMS y finaliza cuando el pistón empieza a descubrir las lumbreras de admisión en su carrera descendente.

El aire circundante que rodea el cilindro, permanece presurizado esperando que se descubran las lumbreras de admisión para entrar violentamente y empezar a evacuar los gases residuales de la combustión y dar inicio a una nueva carrera.

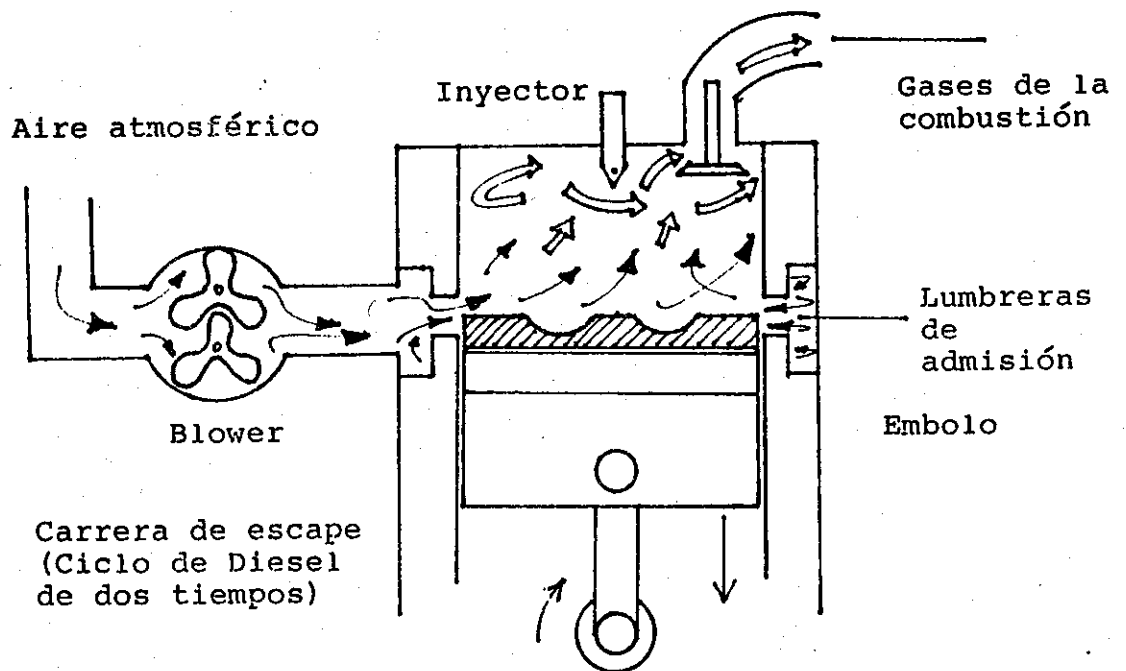
CARRERA DE ESCAPE

Fig. 27: Carrera de escape
(Ciclo de Diesel
de dos tiempos)

Para completar el ciclo, en esta carrera el pistón descubre las lumbreras de admisión; al mismo tiempo que las válvulas de escape se abren gradualmente lo cual permite que el aire circundante a las lumbreras entre a presión, obligando a que los gases salgan por las válvulas de escape, barriéndolos así y dando lugar a que una nueva carga de aire sea suministrada, esperando que dé inicio un nuevo ciclo. Esta carrera se inicia cuando el pistón empieza a descubrir las lumbreras de admisión y termina cuando éste llega al punto muerto inferior (PMI).

IV c.) EL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

Este nombre describe el motor de combustión interna. Las cuatro carreras las efectúa en dos revoluciones del cigüeñal; es decir que tiene carreras separadas para cada función básica. Las cuatro carreras y el orden en que ocurren son: admisión, compre-

sión, explosión o fuerza de escape.

Hay que recordar que para que funcione el ciclo de cuatro tiempos, las válvulas de admisión, las válvulas de escape y la inyección del combustible deben estar sincronizadas correctamente entre sí. Esto se logra mediante engranajes de sincronización entre el cigüeñal, el eje de levas y la bomba de inyección.

IV d.) PRINCIPIO DE OPERACION

El motor diesel de cuatro tiempos funciona con pistones de movimiento alternativo y su encendido se basa en la compresión y quema de combustible conocido comercialmente como combustible diesel. El motor diesel toma siempre una carga completa de aire en cada carrera de admisión y lo comprime en un espacio extremadamente reducido, lo que hace que el aire alcance temperaturas superiores a los 537°C (1000°F). Se inyecta el combustible en el cilindro cuando el pistón se acerca a la parte superior de la carrera de compresión en donde se mezcla con el aire comprimido e inmediatamente comienza a arder. La expansión de los gases quemados hace que el pistón baje en la carrera de explosión.

CARRERA DE ADMISION

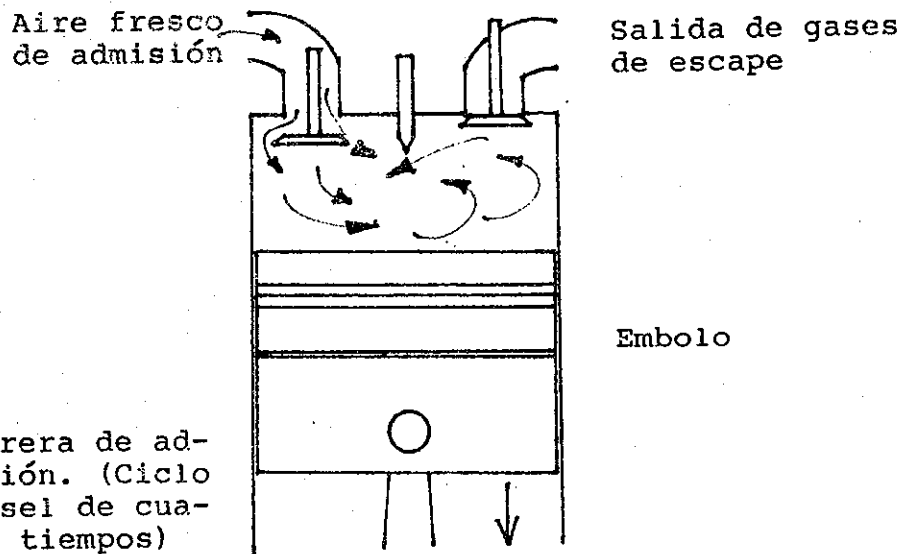


Fig. 28: Carrera de admisión. (Ciclo Diesel de cuatro tiempos)

Al bajar el pistón en la carrera de admisión, las válvulas de admisión se abren y las de escape se cierran por la disposición del conjunto del eje de levas y balancines. El aire es absorbido a través del filtro de aire y admitido al cilindro por las válvulas de admisión.

CARRERA DE COMPRESION

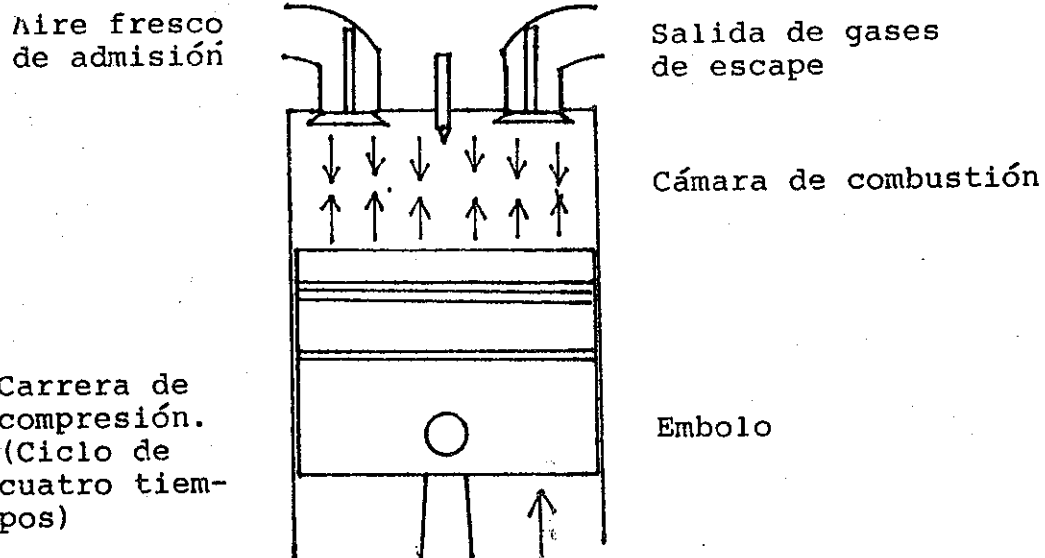
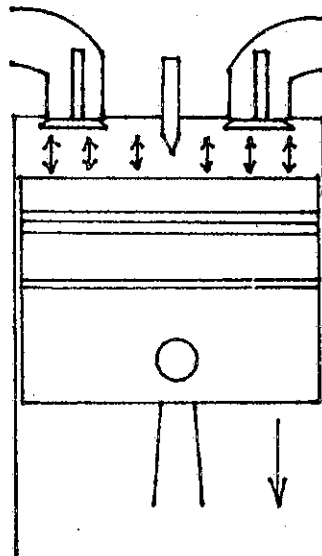


Fig. 29: Carrera de compresión. (Ciclo de cuatro tiempos)

Al final de la carrera de admisión, las válvulas de admisión se cierran y las válvulas de escape permanecen cerradas. Cuando el pistón se mueve hacia arriba se comprime el aire en un espacio extremadamente reducido, lo que hace que su temperatura aumente lo suficiente como para encender el combustible. Al acercarse el pistón a la parte superior de la carrera, se inyecta una cantidad medida de combustible en el cilindro donde se mezcla con el aire comprimido y comienza el encendido para una combustión completa y la realización de la carrera de explosión.

CARRERA DE EXPLOSION

Aire fresco de admisión

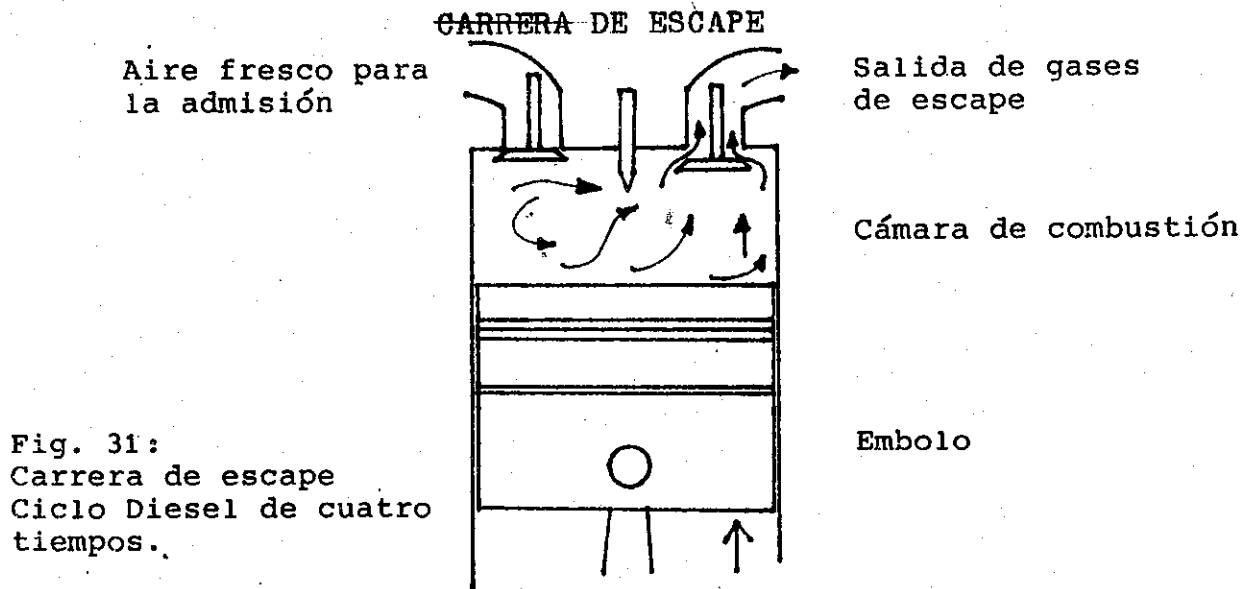


Gases de escape al exterior

Embolo

Fig. 30: Carrera de explosión. (ciclo Diesel de cuatro tiempos)

La presión de los gases sobre el pistón hacen que éste baje, dando lugar a esta carrera motriz que impulsa el pistón desde la parte superior hasta la parte inferior, lo que hace girar el cigüeñal. Durante la carrera de explosión, las válvulas de admisión y escape permanecen cerradas.



Quando el pistón alcanza el PMI en la carrera de explosión, el cilindro está lleno de gases quemados que deben ser expulsados. Al comenzar el pistón su recorrido hácia arriba en la carrera de escape las válvulas de escape se abren y permanecen abiertas por la leva de escape y, conforme va ascendiendo, obliga a los gases producto de la combustión a salir por los pasajes de las válvulas de escape al medio ambiente.

IV e.) DIFERENCIAS ENTRE AMBOS

Las diferencias en cuanto a diseño son: el motor de dos tiempos emplea una revolución del cigñal para efectuar las cuatro funciones básicas mientras que el de cuatro tiempos emplea dos, el primero utiliza un soplador para introducir el aire a los cilindros, usa solamente válvulas de escape y camisas con lumbreras de admisión; mientras que el segundo usa válvulas de admisión y camisas lisas sin agujeros para admitir el aire a través del filtro de aire.

C A P I T U L O V

MOTORES DE ASPIRACION NATURAL

V a.) DEFINICION

Un motor de combustión interna de aspiración natural, es un motor que el aire, para la combustión, lo obtiene del medio ambiente, el cual se encuentra a la presión atmosférica de 14.7 Lb./Pulg.² al nivel del mar y a presiones inferiores a ésta, dependiendo de la altitud del terreno.

V b.) MOTORES DE ASPIRACION NATURAL DE DOS TIEMPOS

El motor diesel de dos tiempos de aspiración natural, no usa válvulas de admisión para admitir el aire a los cilindros, pero, en cambio, usa camisas con lumbreras de admisión por las cuales el aire es suministrado a su interior.

Para hacer posible el desplazamiento de los gases de escape y encerrar aire fresco para la carrera de compresión, es necesario introducir el aire a una presión mayor que la atmosférica. Para esto, se utiliza un soplador de impulso mecánico, el cual succiona el aire del medio ambiente a la presión atmosférica y lo comprime a una presión ligeramente superior a ésta, logrando así desplazar los gases de escape tan pronto como el pistón descubre las lumbreras de admisión y las válvulas de escape se abran.

Las demás carreras de: compresión, fuerza y escape no varían en principio a las explicadas anteriormente. Por tanto, un motor de aspiración natural de dos tiempos, admite aire a los cilindros directamente del medio ambiente a una presión ligeramente mayor

que la atmosférica, usando un soplador o un compresor de impulso mecánico. Un motor típico que funciona con éste principio es el Detroit Diesel fabricado por la General Motors.

V c.) MOTORES DE ASPIRACION NATURAL DE CUATRO TIEMPOS

El motor diesel de cuatro tiempos y de aspiración natural succiona el aire necesario para la combustión directamente del medio ambiente, haciéndolo pasar por el filtro de aire para llevarlo finalmente al cilindro. Este motor admite el aire por medio de la apertura sincronizada de las válvulas de admisión y por el vacío que causa la carrera descendente del pistón en la carrera de admisión. Ningún otro medio es usado para admitir el aire a los cilindros, aparte de los mencionados anteriormente, por cuanto el término aspiración natural se aplica a motores cuyas características obedecen en principio a las explicadas.

Todos los demás ciclos como: compresión, fuerza y escape se realizan en forma idéntica a los explicados en las secciones anteriores correspondientes a cada uno.

C A P I T U L O VI

EL TURBOALIMENTADOR

VI a.) INTRODUCCION

En una época no muy lejana, los turboalimentadores se empleaban sólo en algunos motores diesel comerciales, primariamente de dos tiempos y en contados autos con motores de diseño comercial.

Mitsubishi Industries del Japón en el año 1,945 ya usaba turboalimentadores en algunas máquinas diesel, lo cual se popularizó tan rápido en todo el mundo que, actualmente, los usan casi todos los fabricantes de motores diesel, así como en un número creciente de autos con motores de gasolina.

La causa de esta gran aceptación consistió en el interés de ofrecer mayor economía del combustible en vista de los precios crecientes de éste, aumentar la potencia, compensar las pérdidas de potencia normales a grandes alturas, amortiguar el ruido, reducir la densidad del humo de escape y, fundamentalmente, prolongar la vida útil del motor.

Hoy, gran cantidad de expertos en este ramo, consideran que dentro de pocos años, más de la mitad de los automóviles y camiones del mundo, tendrán uno de estos interesantes dispositivos; sin embargo, lo que hace a los turboalimentadores verdaderamente especiales es que el operador de una flota puede elegir cuál de esas características desea asentar.

No es difícil comprender el atractivo de los turboalimentadores en el ambiente actual de automotores, cuando se toma en cuenta cómo funciona.

VI b.) QUE ES EL TURBOALIMENTADOR

El turboalimentador es un elemento que se encuentra ubicado a la salida del múltiple de escape y unido en el otro extremo al múltiple de admisión.

El turboalimentador consta de tres subconjuntos: un alojamiento de cojinetes, una turbina y un compresor de aire. Los gases del múltiple de escape impulsan la turbina a altas velocidades. Por medio de un eje que es parte integral de la turbina, ésta impulsa al compresor, que es un soplador de aire centrífugo para introducir aire dentro de la cámara de combustión hasta 3.5 veces la presión normal. Este gran volumen de aire da versatilidad al turboalimentador, porque aumenta significativamente el rendimiento del combustible en condiciones normales y esta gran cantidad de aire permite mayor consumo de combustible, para mayor potencia.

La disponibilidad del gran volumen de aire necesario para la completa combustión da como resultado una mayor economía de combustible.

Sólo con añadir un turboalimentador a un determinado motor, se incrementa la potencia y el par motor en un 30 - 50 %, mientras que el incremento en tamaño y peso es mínimo.

Construidos con gran precisión y un balance dinámico excepcional, éstos suelen fabricarse de aceros muy finos y aleaciones que imparten propiedades para soportar las altas temperaturas provenientes de la cámara de combustión, resistiendo de manera excelente las dilataciones térmicas asociadas con la temperatura.

Las tolerancias con que son construidos son muy rigurosas, pues, deben dar al conjunto gran libertad de movimiento entre alojamientos muy estrechos y un control apropiado en los cojinetes para lograr una buena lubricación proveniente del sistema principal del motor. En condiciones normales de operación y, principalmente de noche, suele verse el conjunto del turboalimentador de un color rojo cereza, el cual, después de operación a plena carga, tiende a enfriarse a consecuencia del flujo de aceite y aire fresco proveniente del exterior. Estos dispositivos suelen ser muy eficientes si se tiene estricto cuidado en su mantenimiento necesario; pero, pueden destruirse pronto si se ignoran las mínimas normas de servicio debido a las reducidas tolerancias de fabricación.

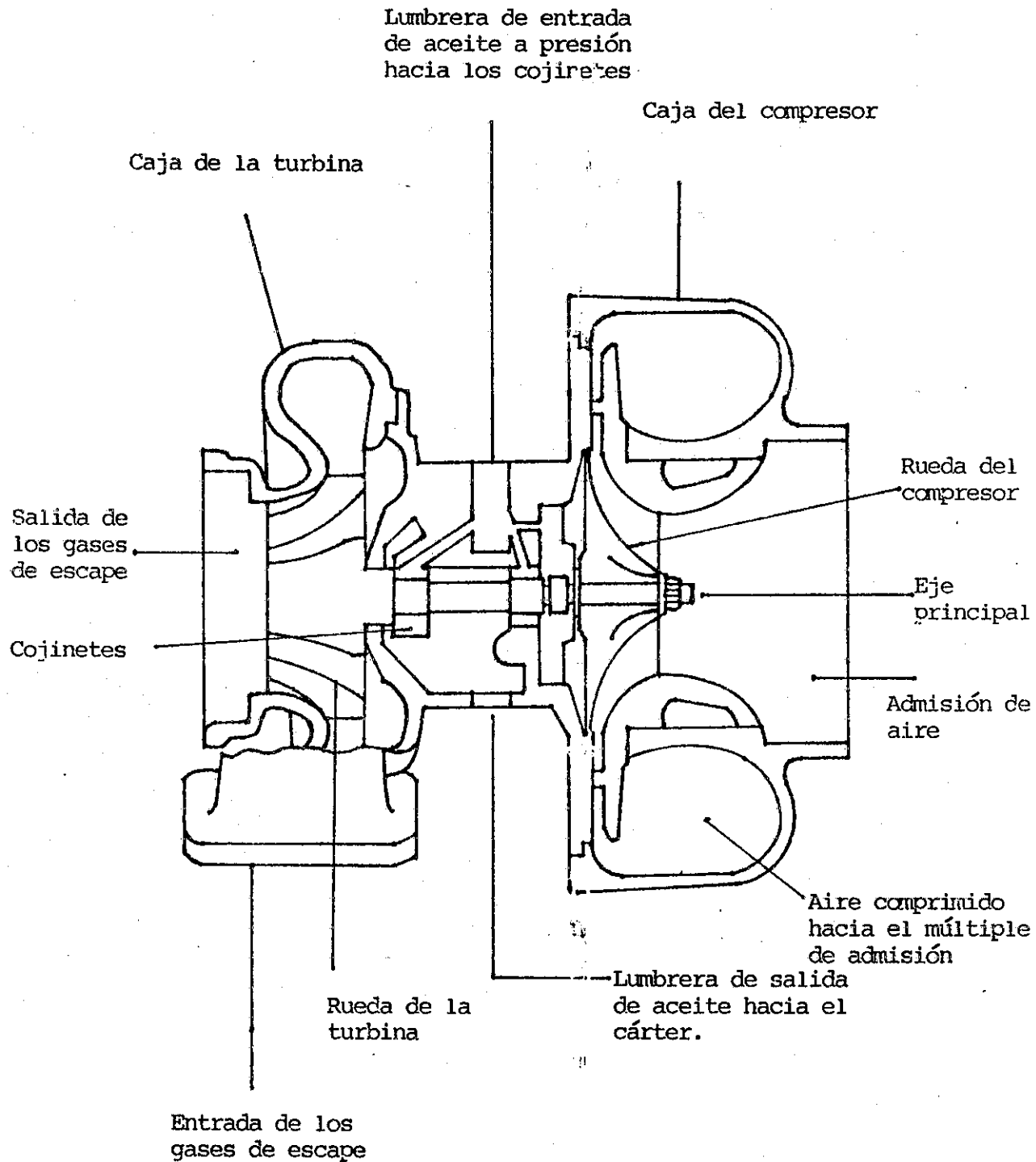
VI c.) PARTES DEL TURBOALIMENTADOR

Fig. 32: Partes del turboalimentador

VI a.) FUNCIONAMIENTO DEL TURBOALIMENTADOR

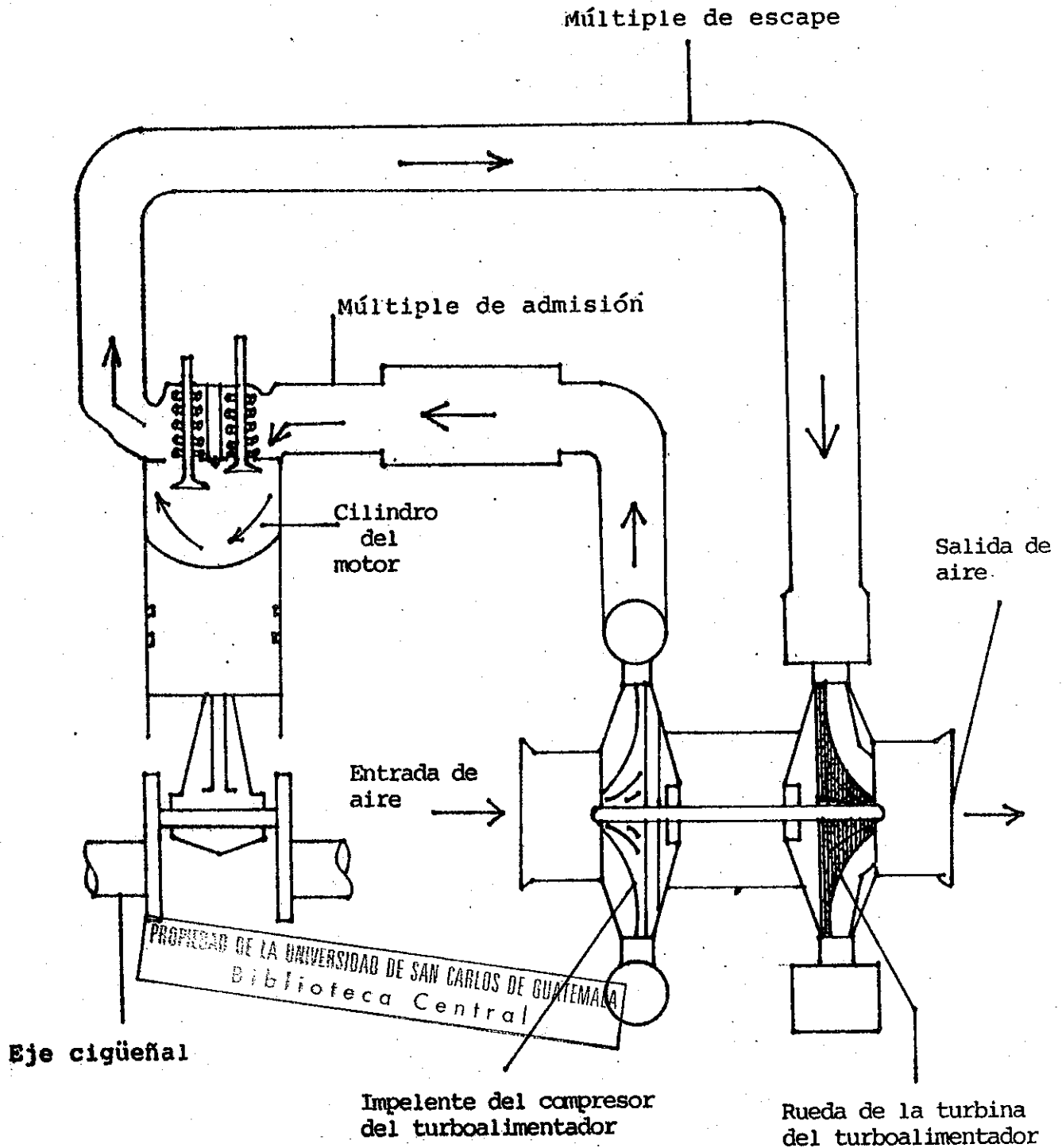


Fig. 33: Funcionamiento del turboalimentador

Los gases provenientes del múltiple de escape entran en la caja de la turbina y son dirigidos a las aletas de una rueda de turbina, haciéndola girar a gran velocidad, lo que hace mover también la rueda del compresor que está acoplada en el otro extremo del eje de la turbina. El aire de admisión filtrado es succionado desde el filtro de aire por medio de conductos que lo llevan a la caja del compresor en donde es comprimido por la acción de éste que gira radialmente a velocidades de 37,000 a 87,000 rpm, e introducido a los cilindros por el múltiple y válvulas de admisión.

Al aumentar la carga del motor, se inyecta más combustible en los cilindros del motor. Este volumen aumentado de gases de escape hace que la rueda de turbina del turboalimentador y el impulsor del compresor giren más rápido.

Cuanto más altas son las rpm. del impulsor, aumentan la cantidad de aire de admisión. Cuando el turboalimentador envía aire de admisión adicional, se puede quemar más combustible, por lo tanto, el motor entrega más potencia.

Los cojinetes del turboalimentador están lubricados con aceite a presión del motor. El aceite entra por la parte superior de la sección central y es dirigido a través de pasadisos para lubricar los cojinetes de empuje, manguitos y cojinetes de muñon del turboalimentador. El aceite sale del turboalimentador a través de unalumbra en el fondo de la sección central y es devuelto al colector de aceite del motor. La velocidad máxima del turboalimentador está determinada por el ajuste de la cremallera de aceleración, el ajuste de la velocidad alta en vacío y la altitud en donde el motor trabaja.

Los gases de la combustión que salen por el múltiple de escape se unen en un punto y son dirigidos en sentido radial a los álabes de la turbina y descargados después de imprimir movimiento de rotación, en sentido axial del eje principal. No obstante el flujo de aire proveniente del exterior, entra hacia la caja del compresor en sentido axial succionado por el rodete del compresor y descargado a presión en sentido radial, dirigido hacia el múltiple de admisión y distribuido a todos los cilindros.

VI e.) EL PROCESO DE TURBOALIMENTACION Y POST-ENFRIAMIENTO

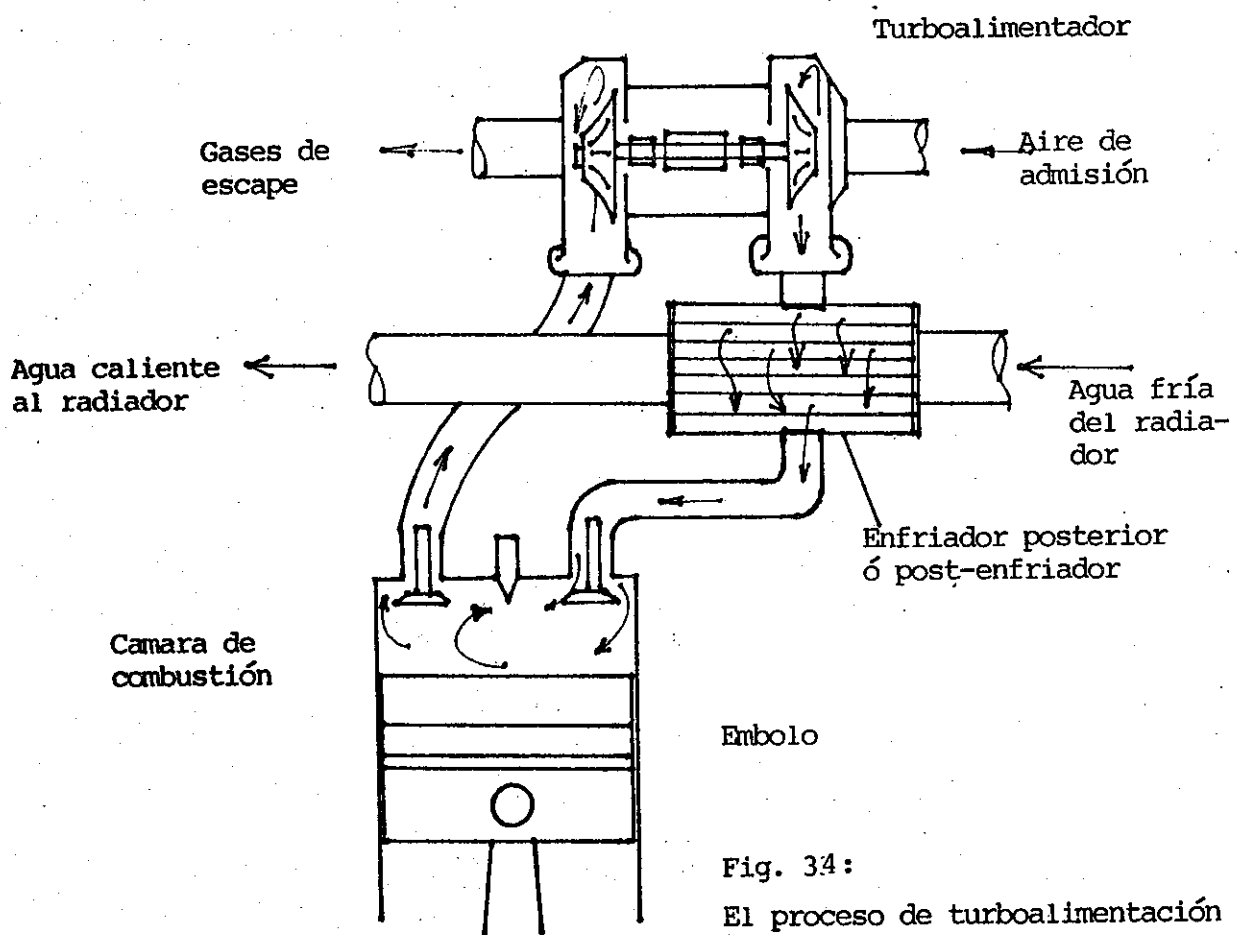


Fig. 34:

El proceso de turboalimentación y post-enfriamiento.

Cuando un motor es turboalimentado y post-enfriado se debe comprender que posee un turboalimentador y también un post-enfriador o enfriador intermedio.

El post-enfriador va colocado entre el turboalimentador y el múltiple de admisión.

Este es un intercambiador de calor o serpentín por el que en un sentido circula agua y en sentido opuesto circula el aire que va a la admisión el cual es enfriado después del paso por el turbo. En otros casos, en vez de usarse agua, se usa aire para enfriar por convección el aire proveniente del turbo.

VI f.) CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE POST-ENFRIAMIENTO

Como mencionamos, el post-enfriador es un serpentín compuesto por un núcleo de tubitos de cobre por los cuales circula agua proveniente del radiador del motor. Este núcleo está encerrado en una caja que tiene dos aberturas y son la entrada y la salida del aire proveniente del turbo, respectivamente.

La entrada va conectada por medio de una manguera a la caja de la descarga del compresor del turboalimentador y la salida a la entrada del múltiple de admisión.

Cuando el aire es comprimido por el rodete del compresor alojado en la caja del turboalimentador, su presión aumenta lo que origina un aumento en la temperatura. Esta alta temperatura del aire no es deseable en vista que la densidad del aire se reduce ocasionando una disminución en la potencia disponible.

Para evitar al máximo esta inconveniencia se ha usado el post-

enfriador en el cual el flujo de aire proveniente de la caja del compresor es enfriado de tal forma que el agua que circula dentro del serpentín en sentido contrario al aire se calienta en una proporción igual a la forma en que éste pierde calor. Con esto se obtiene la máxima eficiencia del motor y del turboalimentador, pues, equivale a admitir aire más fresco a los cilindros lo que produce más entrega de potencia al quemarse mejor el combustible.

Motores equipados con post-enfriador son más eficientes en la entrega de potencia que uno de las mismas características que no use el post-enfriador.

VI g) CONTAMINACION AMBIENTAL

Actualmente, las exigencia en cuanto a control de emisiones de gases de escape en el mundo, hacen que los turboalimentadores ganen más aceptación debido a razones ecológicas. La combustión mejorada significa una reducción del monóxido de carbono y de los hidrocarburos no quemados que dan humo negro como resultado. A plena potencia y temperatura normal de operación, las emisiones de humo de los motores turboalimentados son de, aproximadamente, el 40 % de la densidad de los motores de aspiración natural de la misma marca y modelo no turboalimentados. En conclusión, en operación normal un motor turboalimentado, en buenas condiciones no producirá humo visible. El turboalimentador también reduce el ruido del motor por la difusión de los impulsos de escape de los cilindros y el filtrado de éstos a través del silenciador.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

C A P I T U L O V I I

MOTORES TURBOALIMENTADOS

VII a) EL MOTOR TURBOALIMENTADO.

Se denomina así a un motor de combustión interna que lleva consigo un turboalimentador. Este motor a diferencia del de aspiración natural tiene conectado, al múltiple de admisión y escape, una pequeña turbina que gira cuando el motor se acelera, logrando con esto mover la rueda del compresor centrífugo el que imparte más presión al aire de admisión creando con esto un suministro adicional de aire, lo que redunda en más potencia al quemarse en forma eficiente el combustible.

En condiciones ambientales normales y al nivel del mar específicamente, el turboalimentador no funcionará eficientemente puesto que el motor no requerirá un suministro adicional de oxígeno para una combustión completa. En tales circunstancias el turbo no desempeña función alguna en la marcha normal de crucero. El motivo de que el turbo no entre en acción hasta la velocidad antedicha se debe a que a menos velocidad el flujo del escape del motor en que se emplea es demasiado débil para accionar la turbina con la fuerza necesaria para que el compresor centrífugo provea un refuerzo significativo. Sin embargo, al forzar dentro del motor una cuantía adicional de aire o de combustible, el turbo en efecto incrementa la relación de compresión de éste. Por lo tanto, para que el turboalimentador sea realmente útil el motor deberá operar a alturas considerables sobre el nivel del mar que es donde éste desempeña un papel significativo al recibir el impulso

de los gases de escape y aumentar la presión y el suministro de aire a los cilindros, lo que resulta en mejor entrega de potencia.

VII b) EL MOTOR DE DOS TIEMPOS TURBOALIMENTADO.

El motor de dos tiempos con turboalimentador es una versión mejorada del convencional el cual se describió anteriormente. A diferencia del anterior, éste posee un turboalimentador movido por los gases de la combustión que hacen que la turbina le de impulso al compresor centrífugo acoplado en el otro extremo del eje que los une. Adicional al turboalimentador, está colocado como equipo de norma un soplador que se encarga de mantener el aire a una presión ligeramente mayor que la atmosférica para introducirlo en el preciso momento en que las lumbreras de admisión son descubiertas por el pistón. El turboalimentador funciona como una unidad independiente, pues, éste no necesita impulso mecánico como el soplador el cual está acoplado por un engranaje al tren motriz de engranajes del motor.

El turboalimentador comprime el aire y lo envía como suministro adicional al múltiple de admisión que conecta todos los cilindros proporcionando con esto un aumento en la presión del aire de admisión lo que contribuye a que la combustión sea más completa, logrando mayor eficiencia térmica por cada carrera motriz, pues, puede quemarse más y en mejor forma el combustible, lo que proporciona una mejor respuesta a las demandas de potencia ocasionadas por el incremento de la carga del vehículo.

Lo novedoso del motor de dos tiempos turboalimentado es su diseño cada vez mejorado, habiéndose logrado mejores rendimientos

en cuanto a potencia producida por unidad de desplazamiento del émbolo, doble cantidad de impulsos de potencia por cilindro y por revolución, aprovechamiento del combustible en mejor forma y bajos costos de mantenimiento.

Los técnicos de la Detroit Diesel División de la General Motors Company mayores fabricantes de motores automotrices diesel de dos tiempos, han mejorado considerablemente el rendimiento térmico de éstos, reduciendo el ángulo de la lumbrera de admisión de 26° a 23° , logrando con esto y la ayuda sustancial del turboalimentador, una mejor mezcla del aire y el combustible ocasionado por un aumento en la turbulencia del remolino del aire dentro de la cámara, lo que logra quemar en mejor forma los residuos crudos del combustible diesel que no se quemaban por falta de oxígeno, dando lugar a un mejor control de las emisiones de gases de escape que en algunos países son muy estrictas.

Gracias al turboalimentador los motores de dos tiempos han logrado una mayor aceptación a nivel mundial, lo que ha contribuido a que se generalice su uso en gran manera por la versatilidad en cuanto a mejorar la economía de combustible.

VII c) EL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS TURBOALIMENTADO.

El motor de cuatro tiempos turboalimentado constituye una gran opción para quien quiera más potencia sin mayor consumo de combustible, pues, la suficiente cantidad de aire que se suministra a los cilindros hace que se aproveche de la mejor manera el combustible. El verdadero aprovechamiento de esta eficiencia que suministra el turboalimentador está cuando se conduce un vehículo

por carreteras ascendentes, pues, el enrarecimiento del aire a causa de la altura hace que el aire presurizado por el compresor del turbo contenga más oxígeno disponible lo que permite quemar más combustible, obteniendo así más potencia útil.

El turboalimentador en un motor de cuatro tiempos comprime el aire por medio del compresor centrífugo que gira acoplado por la turbina en su otro extremo, el cual es dirigido al múltiple de admisión en donde es suministrado en forma sincronizada por el movimiento controlado de las válvulas de admisión a la cámara de combustión.

El motor de cuatro tiempos turboalimentado, realiza su ciclo completo en cuatro carreras que son: admisión, compresión, fuerza y escape. En la de admisión tiene lugar el suministro de aire proveniente del compresor centrífugo, lo que permite una potencia de salida más alta, lo cual aumenta el rendimiento mecánico del motor que es aprovechado como potencia útil en el volante.

El aire que proviene del turboalimentador sigue la siguiente secuencia: admisión del medio ambiente, filtrado, comprimido por el rodete del compresor y, finalmente, introducido a los cilindros por las válvulas de admisión.

VII d) MOTORES CON TURBOALIMENTADOR Y POSTENFRIADOR

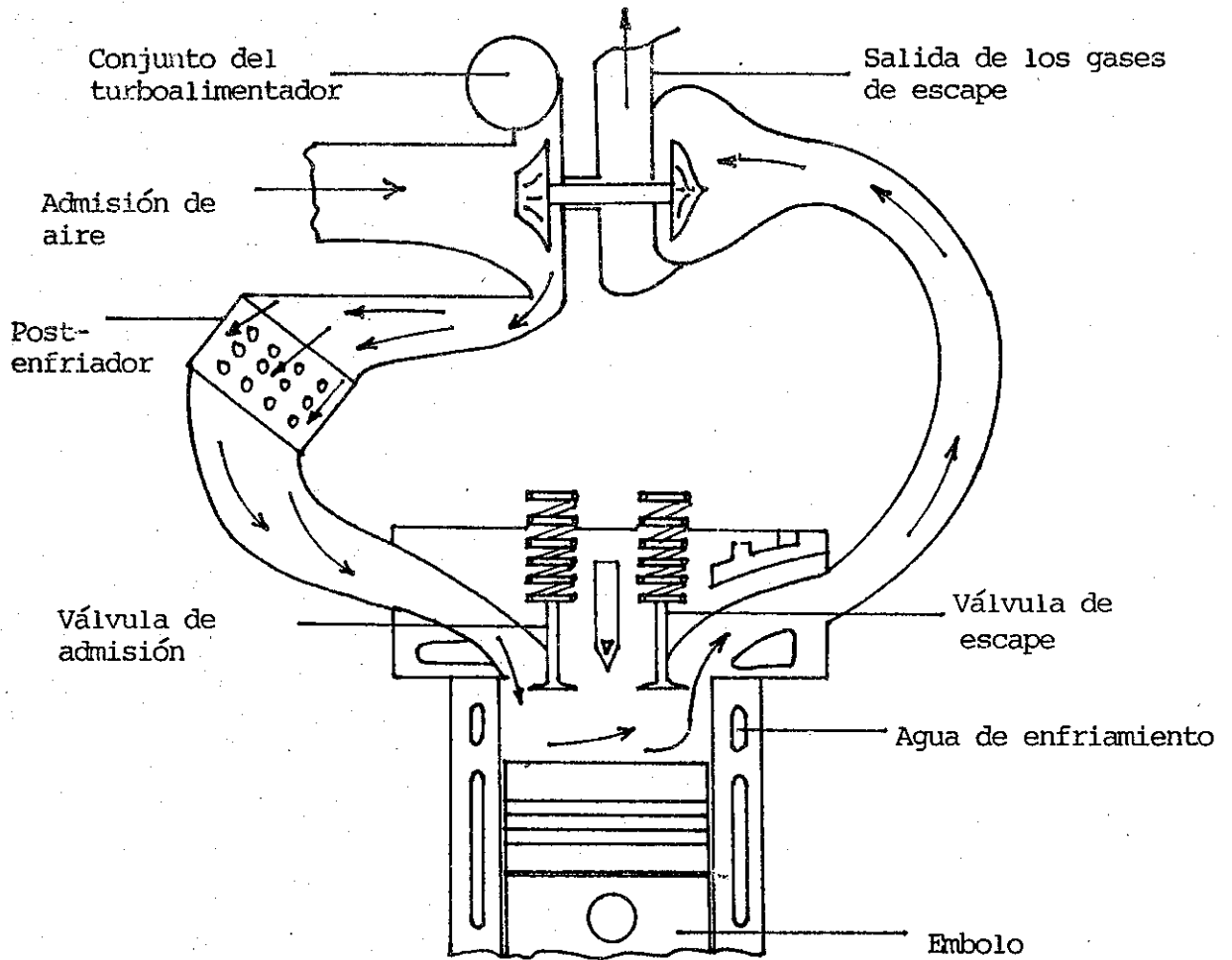


Fig. 35: Motores con Turboalimentador y Post-enfriador.

El dibujo anterior muestra la sección de un motor turboalimentado y postenfriado, en el cual el aire es admitido por el compresor centrífugo, comprimido por éste, enviado a la cámara de combustión haciéndolo pasar por el postenfriador que es el encargado de enfriar el aire que ha sido calentado por el proceso de compresión del turboalimentador y, finalmente, mezclado con el combustible para su comcombustión completa.

Con esta combinación de dispositivos se logra una mejor eficiencia en cuanto a aprovechamiento de combustible, pues, la densidad del aire es la más apropiada para dar lugar a una combustión más eficiente, contribuyendo con esto a que residuos de combustible que antes no se quemaban ahora puedan quemarse en forma completa.

C A P I T U L O VIII

CURVAS CARACTERISTICAS DE UN MOTOR Y ANALISIS COMPARATIVO

VIII a.) DEFINICION

Se llaman curvas características de un motor a una gráfica que contiene tres curvas las cuales son: curva de potencia, curva de torque y curva de consumo específico de combustible.

Cada una de éstas han sido obtenidas por métodos analíticos y diversas pruebas en laboratorios en donde un motor determinado se analiza cuidadosamente bajo ciertas condiciones, lo cual da lugar a la elaboración de las tres curvas que son de gran utilidad para saber en un momento determinado dependiendo de la velocidad del motor, la potencia, el par motor o torque y el consumo específico de combustible.

VIII b.) PARAMETROS DE REFERENCIA

Se llaman parámetros de referencia a las condiciones ambientales en las cuales se prueba un motor tales como: presión atmosférica, temperatura ambiente del aire de admisión, altura sobre el nivel del mar, humedad, etc.

Cada fabricante prueba su motor en condiciones que hacen que las normas o parámetros de referencia sean diferentes en algunos casos a otros motores. También hay normas que fijan las condiciones no sólo ambientales sino de aditamentos o accesorios a usar al momento que el motor es probado. Es importante saber interpretar lo que las condiciones de operación o parámetros de referencia nos indican para asociar esto con el rendimiento de un motor.

VIII c.) NORMAS CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Existe diversidad de normas que establecen diferentes condiciones y algunas de ellas indican situaciones particulares en cuanto al funcionamiento de un motor específico. Ejemplo:

-NORMA SAE J1816B.

Estipula que el rendimiento de un motor Cummins turboalimentado fue establecido por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (Society of Automotive Engineers. SAE) a una altura de 150 Mts. (500 pies), 736 mm. de mercurio (HG), con el aire de admisión a 29°C (85°F), presión de vapor de agua de 9.65 mm. (0.38") de mercurio y 31.4 % de humedad relativa.

Existen otras normas que indican, además, condiciones específicas de un motor por ejemplo:

-NORMA 85-AU 141A: 1971.

Esta corresponde a la British Standards (normas inglesas) la cual define a un motor Perkins 6354 de aspiración natural cuyas características indican: potencia bruta de régimen comercial de un motor asentado (30 a 60 horas de operación) sin ventilador o cualquier otro equipo auxiliar que absorba potencia, con una contrapresión de escape máxima de 3 pulgadas de HG medida a no más de 12 pulgadas (305 mm.) de la salida del múltiple de escape y con restricción máxima de 12 pulgadas (305 mm. de agua) en la entrada de aire del múltiple de admisión.

Así como las anteriores hay otra diversidad de normas por ejemplo:

J I S (Japan Industries Standards)
Normas Industriales Japonesas

D I N (Deutchz Industry Norms)
Normas Industriales Alemanas

Estas definen y establecen condiciones diversas, pues, algunos manufactureros de motores diesel clasifican sus motores en condiciones de nivel del mar y 15.6 C (60 F), lo cual les dá a sus motores una potencia normal mayor que la disponible en las descripciones hechas en el primer ejemplo.

Por norma, las condiciones que se fijan establecen que un motor presenta su máximo rendimiento con la bomba de agua, bomba de aceite, sistema de combustible, compresor (descargado) y filtro de aire, no se incluye el alternador, ventilador o equipo opcional. De gran utilidad es el saber qué factores limitantes afectan a un motor en particular y en qué condiciones el fabricante ha hecho sus mediciones y cálculos.

VIII d.) POTENCIA

Al definir lo que es potencia, se hace necesario dar una breve explicación de lo que es trabajo. Todos estamos familiarizados con el término trabajo de una o de otra manera.

Por ejemplo, si una persona empuja un automóvil que no puede moverse, no importa cuan intensa sea la fuerza de empuje, puede describir sus esfuerzos como un trabajo pesado. No obstante según el significado técnico de la palabra, no se realizó ningún trabajo mecánico ya que el automóvil no se movió. En el sentido cien

tífico se realiza trabajo sólo cuando la aplicación de una fuerza produce el movimiento de un objeto a lo largo de una distancia. Por tanto, el trabajo se define, científicamente, como: "energía empleada para hacer mover un objeto a lo largo de una distancia, mediante la aplicación de una fuerza". De lo anterior se deduce que el trabajo es el producto de fuerza por distancia; de modo que también se puede definir por la fórmula: $W = F \times D$, donde W es el trabajo, F la fuerza aplicada y D la distancia. La distancia se expresa generalmente de metros (M) y la fuerza en kilogramos (Kg.) si se usa el sistema M K S (metro, kilogramo, segundo) entonces el resultado será en kilogramos-metro (Kg.M).

Ahora que tenemos claro el concepto de trabajo Qué puede decirse del tiempo?. En el ejemplo anterior no se tomó en cuenta el factor tiempo, sin embargo, si el vehículo se hubiera empujado un metro en un segundo. Se efectuaría un trabajo mayor si se hubiera empujado en diez segundos?

La respuesta es negativa, no importa cuanto tiempo se emplee en empujar el vehículo, se realizará siempre la cantidad misma de trabajo.

Sin embargo, el tiempo es ciertamente un factor importante que debe tenerse en cuenta; el concepto que incorpora el elemento tiempo es el de potencia. La potencia expresa la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo y se describe como la rapidez con que se efectúa trabajo.

Puesto que la potencia es una medida del trabajo realizado en un cierto tiempo, lo anterior puede expresarse con una fórmula-

la: $P = W/T$ o bien $P = (F \times D)/T$ donde P es potencia, W trabajo y T tiempo (expresado generalmente en segundos).

Nótese que si el vehículo se empujara un metro en diez segundos, el trabajo es el mismo que si se hubiera empujado en un segundo, sin embargo, la potencia es mayor en el segundo caso, pues, cuanto menor es el tiempo que se usa para efectuar un trabajo, máyor será la potencia generada y viceversa.

La potencia de salida de la mayor parte de los motores se mide en caballos de potencia (HP), del inglés (Horse Power), aunque también suele usarse en el sistema métrico el kilovatio o kilowatt (KW).

VIII e.) TORQUE O PAR MOTOR.

Hemos descrito la potencia considerando un movimiento rectilíneo, es decir, cuando la fuerza y el movimiento (o desplazamiento) es 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 modo que produzca un movimiento rotatorio o de torsión para hacer girar un eje de máquina, a tal efecto se le llama "par de rotación" o par motor.

La fuerza se aplica siempre a una cierta distancia del centro del eje. Por ejemplo, cuando se utiliza una llave para apretar un perno o tornillo, la fuerza se aplica en el extremo del mango, se transmite a lo largo de dicho mango y hace girar el tornillo. La mano gira describiendo un círculo, cuyo radio es igual a la longitud de la llave. En la fórmula del par de rotación llamado en inglés, torque, interviene la distancia del punto donde se

aplica la fuerza al centro de rotación y se llama brazo de palanca. Tal fórmula de par motor es $T = R \times F$ donde T es la magnitud del par llamada momento, R el radio de brazo o palanca y F la fuerza. Debe recordarse que el par es el efecto de una fuerza aplicada rotacionalmente en vez de, a lo largo de una recta, como cuando se empuja o levanta un cuerpo. El par se expresa generalmente en metros-kilogramo, puesto que es también una fuerza aplicada a una cierta distancia del centro de rotación. Para distinguir las unidades de par de las de trabajo se enuncia primero la unidad de distancia y después la de fuerza, al contrario de lo que se hace con las unidades de trabajo.

Así pues, no hay que confundir la unidad metro-kilogramo (M-Kg.) con la denominada kilogramo-metro (Kg.-M). Se suele expresar el par en el sistema inglés como pie-libra y pulgada-libra.

VIII f.) CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE

El consumo específico de combustible (CEC) es un medio para medir la eficiencia de un motor. Radica en la cantidad de combustible que consume un motor por unidad de potencia desarrollada.

El CEC varía según la velocidad del motor y la posición del acelerador. Sin embargo, cuanto menor sea el CEC para la potencia desarrollada, tanto mayor será la eficiencia del motor.

Si un motor utiliza un kilogramo de combustible por hora y por caballo de potencia (HP) producido, tendrá un consumo específico de combustible de 1.0 Kg./ H- HP.

La fórmula para calcular el consumo específico de combusti-

ble es; $C E C = (\text{consumo de combustible en Kg./H o en Lb./H}) /$
 (potencia en HP), según se verá adelante, hay una velocidad en la
 que el motor consume la cantidad más pequeña de combustible, la
 cual no es la marcha en vacío.

Si un vehículo equipado con un cuenta-revoluciones o tacómetro se mantuviera a la velocidad antes mencionada durante su operación, el CEC sería el óptimo.

VIII g.) DESPOTENCIAMIENTO

Durante mucho tiempo, algunos operadores de motores diesel han despotenciado sus máquinas, es decir han tomado menos potencia de sus motores de la que eran capaces de entregar. Esto ~~no se~~ hacía tanto en nombre de la economía de combustible sino con el deseo de prolongar la vida del motor.

Cuando en épocas anteriores el costo del combustible era más bajo que el actual, éstos operadores lo llamaron "Motor Despromediado", compraban motores aptos por ejemplo para 250 HP y los despotenciaban gobernándolo para producir 200 HP. Aunque se pagaba más por la potencia del motor que la que realmente se iba a usar, lograban mayor tiempo de vida del motor de la que podía esperarse si se hubiera usado en forma constante el promedio de potencia máximo.

Para fines prácticos podemos decir que el despotenciamiento, la economía actual y la operación de potencia logran en apariencia alguno de éstos resultados: al despotenciar, la potencia es reducida generalmente desde el máximo de diseño del motor reduciendo la cantidad de combustible que alimenta al motor.

En la mayoría de los casos, los motores con potencia promediada son accionados a las mismas rpm que antes.

De este modo el motor con el mismo promedio de su curva de potencia opera igual que antes del despromedio. En las secciones subsiguientes se dará una descripción del rendimiento de un motor en función de las curvas características.

VIII h.) CONSTRUCCION DE CURVAS DE RENDIMIENTO

Cada motor de combustión interna funciona a diversas rpm. lo cual significa que tanto la potencia, el torque y el consumo de combustible variará dependiendo de la velocidad del motor.

A diferentes velocidades, el motor entregará determinada potencia, consumirá una cantidad dada de combustible y tendrá un par motor específico. Esto es posible conocerlo si se tienen las curvas de rendimiento de la máquina, lo cual dará una valiosa información cuando se quieren saber especificaciones de un motor para una aplicación en particular. Es importante hacer notar que la potencia máxima se dá en las especificaciones del motor acompañada de las revoluciones a las que ocurre. Así también el torque o par motor máximo se especifica a determinada velocidad pero el consumo de combustible no se dá como especificación relevante en vista de que al comprador lo que más le interesa es la potencia y el torque, aunque las curvas de rendimiento sí muestran esta última.

La construcción de las curvas de rendimiento es posible por medio del uso del dinamómetro, el cual es un aparato que mide el par de un motor, transformando el par rotatorio existente en el ci

cigüeñal del motor, en un momento de fuerza estacionario. Este último puede medirse con una báscula, peso colgante, celda de carga, medidor de deformación o cualquier otro dispositivo semejante para medir fuerzas instalado en el extremo del brazo del par. La mayoría de los dinamómetros de motor utilizan un freno hidráulico para convertir el par rotatorio en un par estacionario. Contiene además la unidad de absorción de potencia que es en donde tiene lugar el fenómeno de conversión del par rotatorio en par estacionario. Esta sección consta de una carcasa dentro de la cual se prolonga una sección del eje de impulsión o cigüeñal y un impulsor de alabes montado dentro de esta carcasa que gira cuando lo hace el cigüeñal del motor.

Si la unidad de absorción tiene agua, el impulsor rotatorio agita dicho líquido a su alrededor y lo fuerza contra las paredes de la carcasa. Las paredes de ésta tienen alabes también y las fuerzas del agua agitada que golpea contra dichas paredes hacen que la caja tienda a girar. El objeto de la celda de carga es restringir el movimiento de la carcasa y medir el par de rotación ejercido por el agua sobre aquella. La cantidad de agua en la unidad de absorción de potencia determina el grado de carga del motor. Cuanto mayor sea la cantidad de agua que haya dentro de la carcasa, tanto mayor será la carga del motor. La unidad cuenta también con un tacómetro que sirve para medir las rpm del motor, utilizadas para trazar las curvas de potencia y torque dependiendo de la velocidad del motor. Claro está que cuanto mayor sea la carga impuesta por el dinamómetro al motor, menor será su velocidad, lo que se compensa acelerando más el motor.

Esta respuesta que el motor dá sobre la carga impuesta a expensas de mayor esfuerzo por su parte es lo que se usa en términos de par de rotación para trazar las curvas de potencia y par motor. Hay dos fórmulas que se dan para fines prácticos:

-La primera calcula la potencia en HP en función del torque expresado en metro-kilogramo y la segunda lo hace con referencia al torque en Pié-Lb. o sea que usan el sistema métrico y el inglés, respectivamente.

$$1) \quad \text{HP} = \frac{T \times \text{RPM}}{726} ; \quad \text{donde } T = \text{torque en metro-kilogramo.}$$

$$2) \quad \text{HP} = \frac{T \times \text{RPM}}{5250} ; \quad \text{donde } T = \text{torque en pié-Lb.}$$

VIII A.a.) CURVA DE POTENCIA

Para fines demostrativos se construirá la curva de potencia correspondiente a esta sección, la cual corresponde a un motor Hi no serie EH-700

En la prueba dinamométrica las lecturas de torque o par motor que se obtuvieron se detallan a la par de la velocidad del motor correspondiente y en unidades del sistema métrico metro-kilogramo (M-Kg.). La fórmula a usar para determinar la potencia es la siguiente:

$$\text{HP} = T \times \text{RPM} / 726$$

de donde resulta al sustituir en cada caso los valores de potencia alistados a continuación.

En el sistema métrico y al sustituir.

Para: RPM = 1200 y Torque = 43 M-Kg.

$$HP = 43 \times 1200/726 = 71$$

Para: RPM = 1600 y Torque = 44 M-Kg.

$$HP = 44 \times 1600/726 = 97$$

Para: RPM = 2000 y Torque = 45 M-Kg.

$$HP = 45 \times 2000/726 = 124$$

Para: RPM = 2400 y Torque = 43 M-Kg.

$$HP = 43 \times 2400/726 = 142$$

Para: RPM = 2800 y Torque = 41 M-Kg.

$$HP = 41 \times 2800/726 = 158$$

Para: RPM = 3200 y Torque = 37.5M-Kg.

$$HP = 37.5 \times 3200/726 = 165$$

DATOS PARA CONSTRUIR LA CURVA DE POTENCIA

VELOCIDAD DEL MOTOR (RPM)	TORQUE (M-Kg.)	POTENCIA (HP)
1200	43	71
1600	44	97
2000	45	124
2400	43	142
2800	41	158
3200	37	165

La curva correspondiente a los datos anteriores se presenta a continuación y, en ésta, se puede observar que a medida que aumentan las rpm. la potencia también lo hace, hasta que llega a un punto en que la curva desciende. La potencia es máxima cuando la entrega de combustible es máxima a las rpm. gobernadas en la bomba de inyección y cuando el suministro de aire es máximo. Luego, la curva indica una disminución en la potencia, la cual se debe a factores como rpm. gobernadas, relación aire-combustible impropia lo que indica que el combustible suministrado por la bomba no está en la proporción correcta para permitir una combustión óptima. Nótese que la potencia tendrá diferentes valores dependiendo directamente de la velocidad del motor. Por lo general, el fabricante da en las especificaciones la potencia máxima y la velocidad a que ocurre.

La potencia suele expresarse en HP o Horse Power que significa caballo de fuerza, en CV o caballo de vapor, ambos en el sistema inglés o bien en KW o kilovatio (Kilowatt) en el sistema métrico.

Existen algunas definiciones de potencia las cuales a menudo suelen usarse, representan condiciones diferentes en cuanto a pruebas y dan información para cada caso en particular. El término Potencia Indicada (hpi) surge al utilizar un aparato registrador del diagrama para medir la potencia desarrollada dentro del cilindro de un motor. En realidad es una expresión de la potencia cedida por el medio al pistón. Una fórmula sencilla es usada para calcular la Potencia Indicada.

$$HP_i = p_m l A N / 60 \times 70 \quad \text{donde:}$$

p_m = presión media efectiva en Kg/cm²

l = carrera real del motor en metros

A = Area del pistón en cm²

N' = Pistonadas por minuto (útiles)

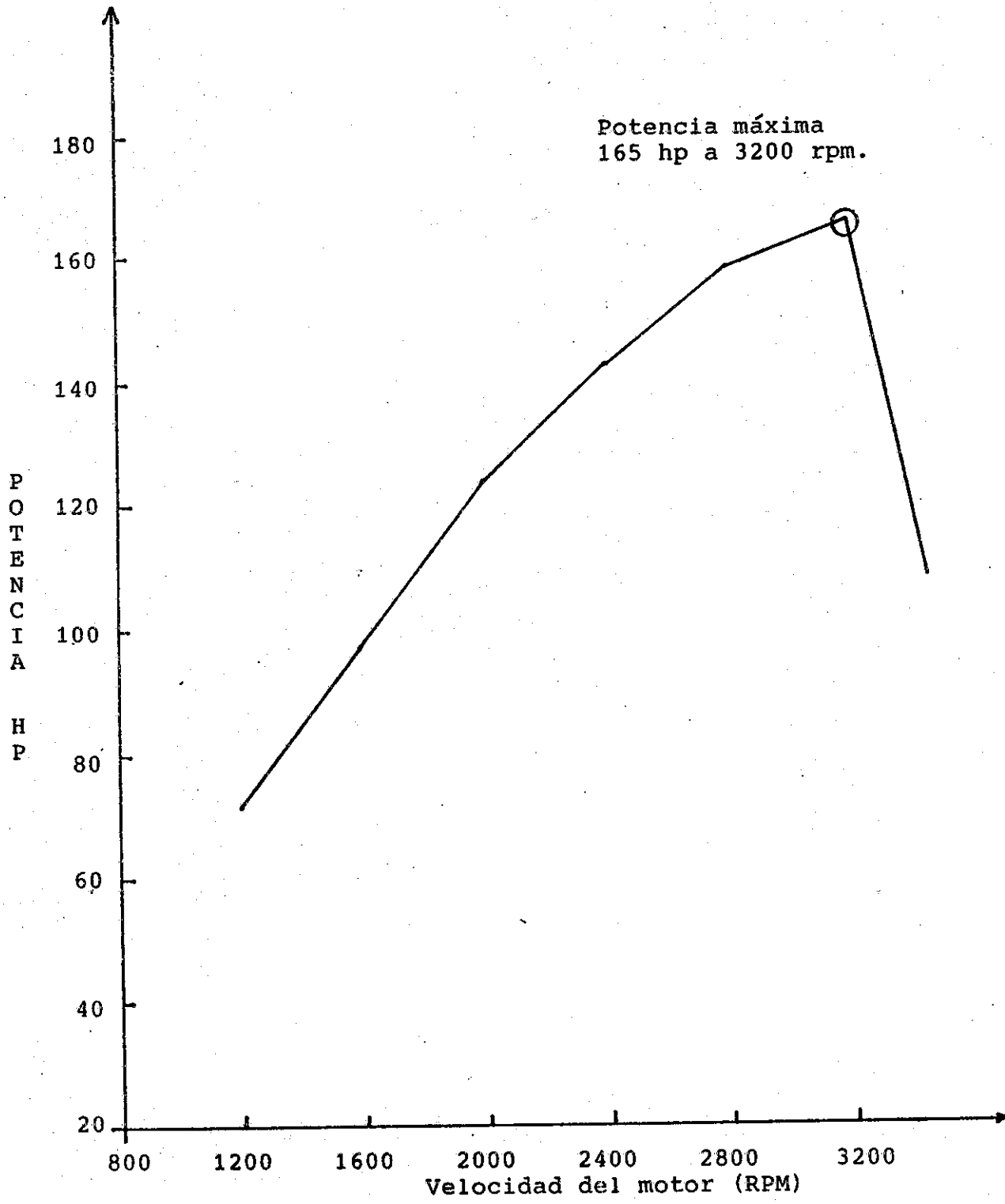
Obsérvese que N' no son las rpm, sino una función del número de ci lindros, velocidad del motor y tipo de ciclo.

La potencia real cedida por el cigüenal o desarrollada en la llanta del volante de un motor se denomina Potencia al Freno o Po tencia en el Eje (BHP) del inglés Brake Horse Power o bién (hpf). Debido a las pérdidas por rozamientos ocasionadas por las piezas en movimiento del motor y por otras causas, la Potencia al Freno es siempre más pequeña que la Potencia Indicada.

Las pérdidas de energía mecánica de un motor se denominan Po tencia de rozamientos. Esta cantidad es igual a la diferencia en tre la Potencia Indicada total y la Potencia al Freno.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

GRAFICA # 1
CURVA DE POTENCIA



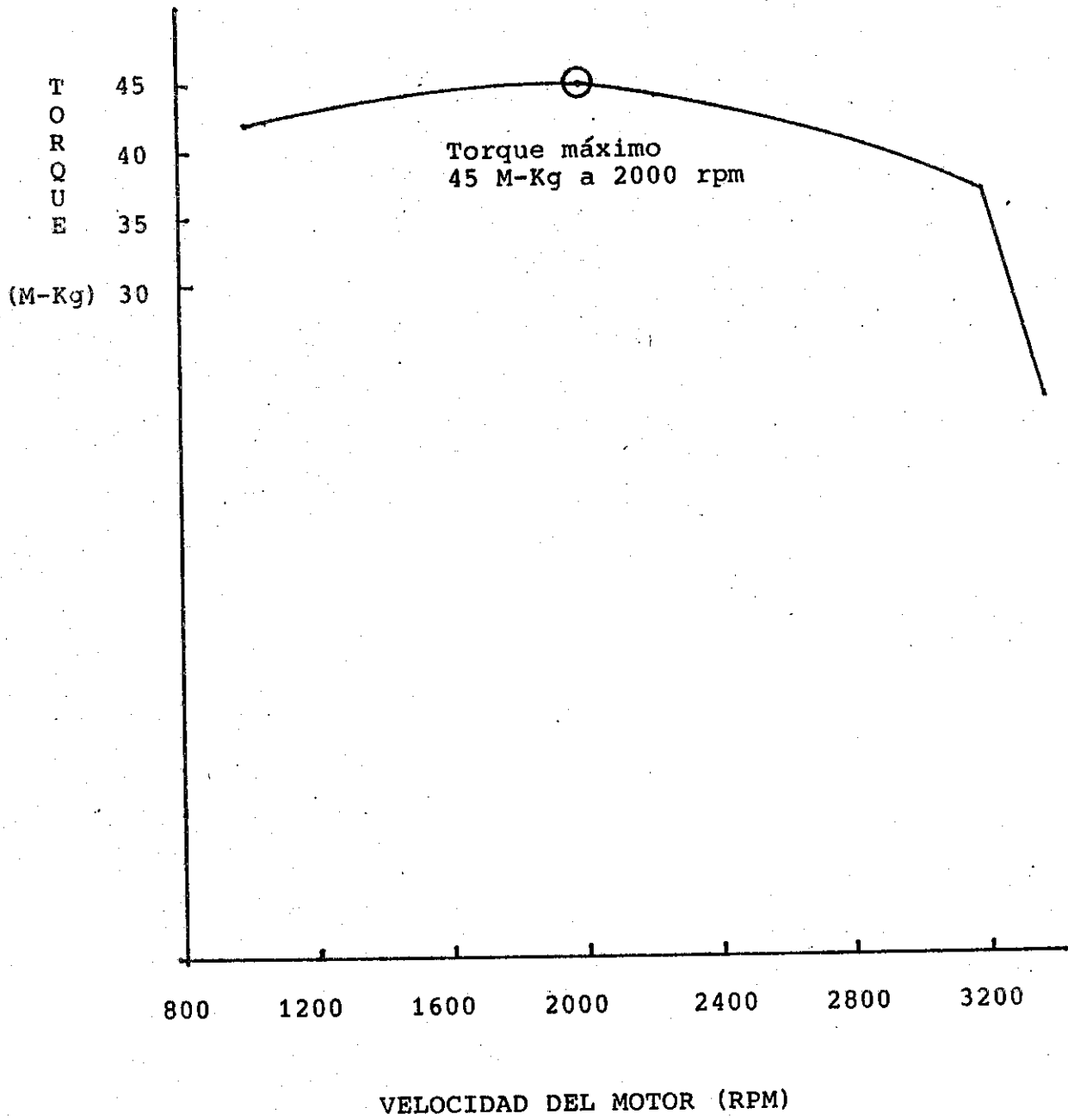
VIII A.b.) CURVA DE TORQUE O PAR MOTOR

Esta curva es otra que pertenece al conjunto de curvas características de un motor. Los datos que anteriormente se usaron para la construcción de la curva de potencia son usados aquí para trazar directamente la curva de par motor. Se observará también que esta curva al igual que la de potencia tiene un punto de inflexión en donde cambia de dirección lo cual ocurre cuando el torque es máximo.

El par motor es máximo cuando el motor "respira mejor". Este va aumentando hasta llegar a un máximo lo que ocurre cuando el motor toma la carga máxima de combustible por rpm y ejerce el mayor esfuerzo de rotación sobre el cigüeñal. Por arriba de ésta velocidad una serie de factores contribuyen a reducir el volumen de la carga de combustible que pasa a la cámara de combustión y, como resultado, disminuye el par.

Las unidades en que se expresa el torque o par motor varían dependiendo del sistema de unidades que se use, pero suele expresarse en : pié-libras (pie-Lb. o ft-pd) en el sistema inglés y en metro-kilogramo (m-kg) en el sistema métrico.

GRAFICA No. 2
CURVA DE TORQUE O PAR MOTOR



VIII A.c.) CURVA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Una parte esencial del análisis del funcionamiento de un motor es la medición precisa y significativa del consumo de combustible. El gasto de combustible por unidad de distancia recorrida de un motor se puede determinar anotando la lectura del cuentakilómetros al inicio del recorrido cuando se llena el tanque de combustible y anotarlo posteriormente en el siguiente relleno. La distancia recorrida es la diferencia de lecturas y el combustible usado será lo que le quepa al tanque y, al dividirse el recorrido por el combustible usado, nos dará una aproximación tosca del rendimiento del combustible.

La cifra es aproximada porque no hay modo de comprobar que se repuso la cantidad exacta de combustible utilizado. Tal vez el tanque no se había llenado hasta el punto de rebose y el derrame se produjo a causa de agitación y de las burbujas atrapadas al llenar el tanque. Sin embargo, no se toman en consideración en éste cálculo los períodos de marcha mínima durante el calentamiento del del motor o en las paradas por señales de tránsito, ni el número de arranques en frío, ni las paradas del motor y los re arranques. Finalmente, el valor es un promedio y no indica el consumo a velocidades y cargas específicas. Sin embargo, a pesar de que sólo es una aproximación, en muchos casos es útil el cálculo de este consumo de combustible.

El medidor de flujo de combustible suministra el valor del consumo de combustible de un motor en relación a la potencia que produce. Si un motor desarrollara 1 HP por cada kilogramo de combustible utilizado por hora, tendría un consumo específico de com

bustible (C.E.C.) de 1 Kg/h-HP.

Este C.E.C. se calcula a partir de las fórmulas siguientes:

$$\text{C.E.C. (en Kg./h-HP)} = \frac{\text{consumo de combustible (en Kg./h)}}{(\text{Potencia en HP})}$$

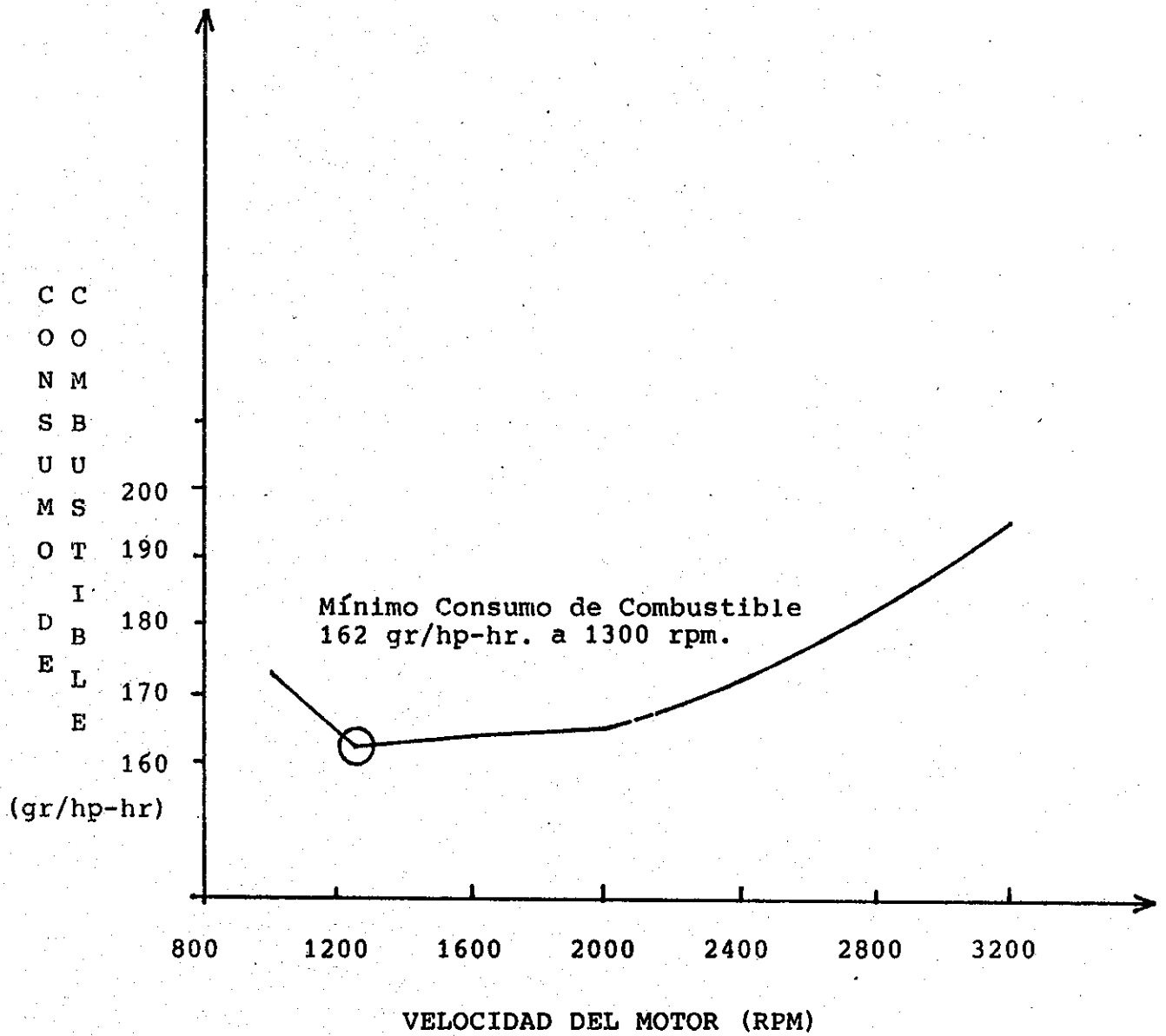
o su unidad derivada (gr/h-HP

y también:

$$\text{C.E.C. (en Lb./h-HP)} = \frac{\text{consumo de combustible (en Lb./h)}}{(\text{Potencia en HP})}$$

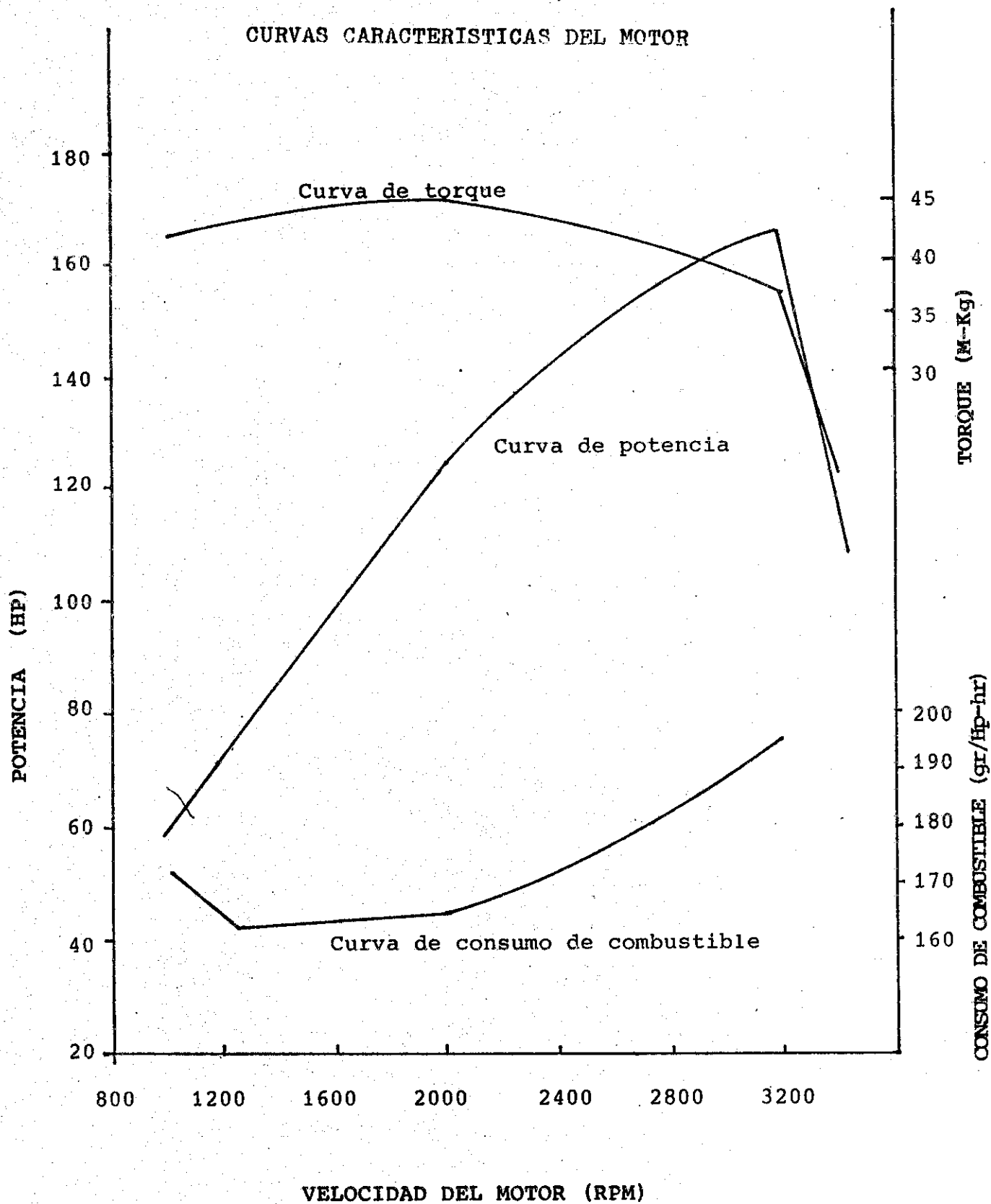
GRAFICA No. 3

CURVA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE



GRAFICA No. 4

CURVAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR



VIII B.) INTERPRETACION DE CURVAS DE RENDIMIENTO

VIII B.a) ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LAS CURVAS DE UN MOTOR DE ASPIRACION NATURAL Y UNO TURBOCARGADO.

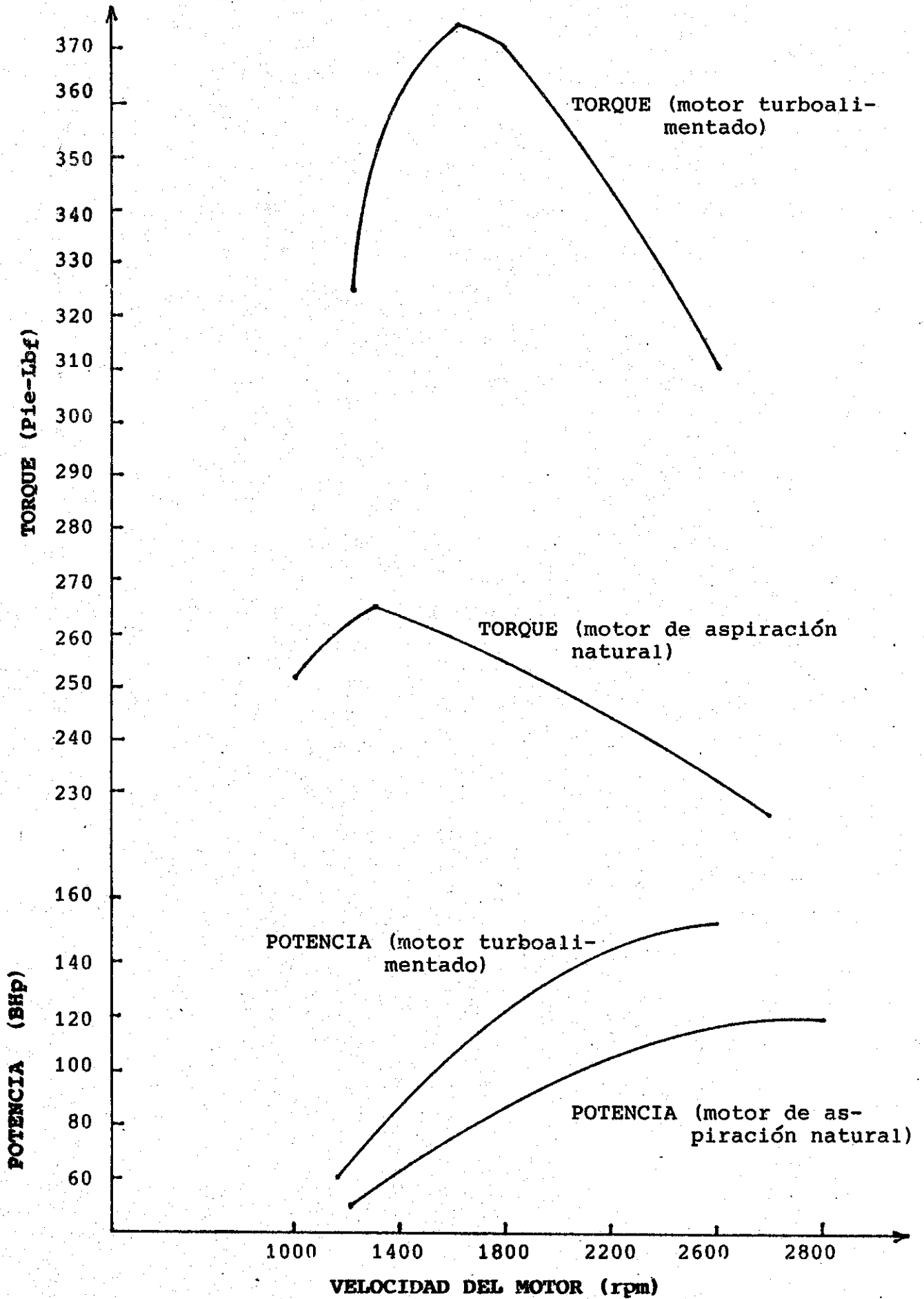
Las curvas características de un motor de aspiración natural son un poco diferentes a las curvas de un motor turboalimentado del mismo tipo y tamaño. Las dos gráficas que se muestran al final de este punto contienen las curvas características de un motor Perkins de 6 cilindros 6354 de aspiración natural y el T-6354 turboalimentado, las cuales muestran algunas variantes en cuanto a potencia y torque máximo logrado a rpm diferentes. Las características de este motor son, como ya se mencionó, 6 cilindros en línea, 354 pulgadas cúbicas de desplazamiento volumétrico o cilindrada, cuatro tiempos e inyección directa de combustible.

Al analizar la curva de potencia de ambos, notamos que la curva en el motor de aspiración natural es menos inclinada que en el otro. Esta suavidad en la curva del motor turboalimentado indica que la potencia es más constante en éste y que varía menos, lo cual se traduce como una capacidad de efectuar trabajo en una forma más suave y continua. La variación en las rpm. en un rango establecido para ambos indica que la variación de potencia es mayor en el motor de aspiración natural que en el turboalimentado.

Por ejemplo, en cuántos hp aumenta la potencia si aceleramos de 1400 a 1800 rpm. en ambos casos?. En el caso del motor de aspiración natural la potencia aumenta de 67.5 a 86.5 hp, lo cual indica un aumento de 19 hp. Sin embargo, en el motor turboalimentado la potencia aumenta de 97 a 128 hp, lo que representa un au-

mento de 31 hp. Esto indica que en un motor turboalimentado el incremento de potencia es mayor que en uno de aspiración natural del mismo tamaño, lo cual significa que la capacidad de producir trabajo o generar potencia en uno turboalimentado es mayor que en uno aspirado naturalmente.

ANALISIS COMPARATIVO DE CARACTERISTICAS



Por lo tanto, es más versátil para responder a los requerimientos de carga del vehículo. Nótese también que la potencia máxima se obtiene a menos rpm. en el turboalimentado que en el otro.

Por ejemplo, en el primero de aspiración natural la potencia máxima se logra a las 2800 rpm, mientras que en el segundo a las 2600 rpm, lo cual significa que el motor turboalimentado alcanza su máxima potencia a menor velocidad que el otro. La expresión BHP que aparece en la curva de potencia se deriva de Brake Horse Power que significa potencia al freno o que, según un dinamómetro, es la potencia máxima realmente entregada por el eje cigüeñal de un motor.

Respecto del torque se puede apreciar que es mayor su valor en un motor turboalimentado, lográndose con esto una capacidad mayor para responder a los altibajos de la carretera sin variar mucho las rpm. Además, nótese que el torque máximo dista de la potencia máxima por 1000 rpm. en el motor turboalimentado y por 1400 en el de aspiración natural, lo cual indica que la combinación de potencia y torque requiere menos variación en la velocidad del motor turboalimentado.

En síntesis, podemos decir que las ventajas que ofrece el motor turboalimentado son mayores en cuanto a rendimiento y versatilidad. La potencia máxima y el torque máximo para cada motor son respectivamente:

MOTOR TURBOALIMENTADO

Potencia máxima = 155 hp a 2600 rpm.

Torque máximo = 378 pie-Lb. a 1600 rpm.

MOTOR DE ASPIRACION NATURAL

Potencia máxima = 120 hp a 2800 rpm.

Torque máximo = 262 pie-Lb. a 1300 rpm.

VIII B.b.) ECONOMIA DE COMBUSTIBLE

Es un factor primordial la economía de combustible cuando se opera una flota de transporte. La operación para economía de combustible en motores denominados "buenos para economizar combustible" es muy importante para reducir verdaderamente el costo por combustible. Son muchos los motores actuales mas eficientes, económicos y potentes. En estos motores, generalmente de elevado impulso rotativo, el impulso es inferior a los de los motores convencionales de rpm inferiores y la curva de potencia máxima, idealmente se eleva y permanece constante para coincidir con el impulso rotativo pico, cual sea, desde las 200-300 rpm. debajo de la velocidad de los motores menos económicos.

Acoplando esta velocidad de motor de accionar lento (la cual utiliza menos combustible) con proporciones de eje de elevada velocidad, obtendrá en las mejores aplicaciones un motor que efectivamente proporcionará más potencia económicamente en términos de uso de combustible y costos. No hay nada de extraño en esto; cualquiera de los motores economizadores de combustible pueden ser elevados en rpm. para lograr mayor potencia, pero ello será a costa de la economía de combustible y de la vida útil del motor. En los mejores motores de economía y potencia, el motor para su rendimiento de potencia y economía de combustible opera cerca de la eficiencia óptima, mientras que aun logran velocidades satis-

factorias de carretera bajo carga útil media, gracias a relaciones de eje más elevadas.

Sin embargo, muchos propietarios de flota optan por la potencia lo cual conlleva a la pena de pagar ese elevado costo del combustible.

VIII B.c.) APLICACION DE LAS CURVAS, EJEMPLIFICACION

Las curvas de rendimiento de un motor tienen una variedad de aplicaciones prácticas para determinar cualquiera de las características que se quiera investigar. Por ejemplo, se puede conocer a qué velocidad ocurre el consumo de combustible mínimo, la potencia máxima y el mayor torque posible.

Puede también hacerse la combinación de obtener un torque apropiado para una aplicación en especial o también para mantener el motor a cierta velocidad y obtener una potencia específica. En fin, pueden conocerse éstos datos específicos a partir de las curvas características de un motor, los cuales pueden ayudarle para mantener su motor trabajando en condiciones apropiadas o bien para tomar la decisión paracompra de maquinaria equipada con motores que satisfagan ciertas exigencias en particular.

VIII B.d.) CALCULO DE LA POTENCIA, TORQUE Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE A PARTIR DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE UN MOTOR

Haciendo referencia a la gráfica que se encuentra al final de esta sección, determinaremos los tres parámetros que queremos investigar, los cuales corresponden a un motor Hino modelo EH-700

de 165 hp. máximo, relación de compresión 17.9:1, de cuatro tiempos, 6 cilindros de línea e inyección directa de combustible.

Iniciaremos con la curva de potencia. Generalmente, las curvas características de un motor se presentan en un cuadro en el cual al lado derecho se especifica abajo el consumo específico de combustible, arriba en el mismo lado el torque o par motor, en la parte inferior del cuadro se especifica la velocidad del motor en rpm y en el lado izquierdo aparece la potencia. Aunque algunos fabricantes suelen variar éste orden, la disposición de los parámetros no le resta importancia a su propósito informativo. A veces se suele usar para la potencia, el torque y el consumo de combustible doble escala en cuyo caso los valores que aparecen en una equivalen a los que aparecen en la otra dependiendo del sistema de unidades que se use. Esto se hace con el propósito que no tenga que hacer los cálculos para establecer un valor determinado en un sistema y en otro.

Ejemplo 1.

Calcularemos la potencia de éste motor a 2000 rpm.

Procedimiento: Trace una línea vertical "a" en dirección a 2000 rpm. e intersectela con la curva de potencia No.2, luego a partir de éste punto trace una línea horizontal "b" de tal punto a la izquierda hasta tocar la escala de ese lado. La potencia es el valor que se lee en la escala del lado izquierdo y cuyo valor es: 124 hp.

Ejemplo 2.

Para averiguar cual es la potencia máxima y las rpm a la que ocurre, busque el punto más alto en la curva No. 2, trace una línea vertical "c" para abajo hasta llegar a la escala inferior i trace otra horizontal "d" que toque la escala de la izquierda. El valor de la izquierda es: $HP = 165$ y $RPM = 3200$. Estos valores son los que dá el fabricante en su catálogo de especificaciones.

Ejemplo 3.

Determine el torque a 1200 rpm.

Procedimiento: trace dos líneas, una vertical que toque la curva No. 3 en dirección de 1200 rpm, y luego otra que toque la escala en el lado derecho saliendo del punto de intersección de la curva No. 3. El valor correspondiente en este caso es: torque = 43.5 m-kg.

Ejemplo 4.

Para determinar el torque máximo se localiza sobre la curva No. 3 el punto más alto y luego se traza una línea vertical "e" que toque la escala de abajo y la otra "f" que toque la escala de la derecha. Al hacerlo vemos que el máximo torque es de: 45 m-Kg. Y ocurre a rpm=2000.

Ejemplo 5.

Determinar el mínimo consumo específico de combustible y la velocidad del motor a que ocurre.

La curva No. 1 es cóncava hacia arriba mientras que las otras dos lo son hacia abajo. Esto indica que en la curva No. 1 habrá como punto de inflexión un valor mínimo, mientras en las otras dos hay valores máximos. Para determinar este mínimo consumo de combustible basta con trazar una línea "g" del punto mínimo hacia abajo y otra "h" de este punto hacia la derecha. Los valores que se obtienen son RPM=1290 y consumo específico de combustible (CEC) = 162 Gr./hp-hr. Esto indica que el motor consumirá la mínima cantidad de combustible a esta velocidad.

Si deseamos saber cual es la cantidad de combustible que gasta el motor, trabajando a 1290 rpm, durante 1 hora, en kilogramos procedemos así:

$$\text{C.E.C.} = 162 \text{ Gr/hp-hr}$$

Para rpm. = 1290 tenemos que hp=78

y como 1 Kg. = 1000 gr.; tenemos

$$\text{CEC} = 0.162 \text{ Kg/hp-hr} \times 78 \text{ hp} \times 1 \text{ hr}$$

$$= 12.64 \text{ Kg. de combustible.}$$

Esto significa que si el motor trabaja durante una hora con un CEC de 162 Gr./hp-hr, a 1290 rpm y generando 78 hp; éste consumirá, aproximadamente, 12.64 Kg. de combustible.

En este caso en particular la gráfica muestra a cabalidad de terminados valores tanto de potencia, par motor o torque y consumo específico de combustible; otros valores pueden ser fácilmente obtenidos a partir del procedimiento antes mencionado.

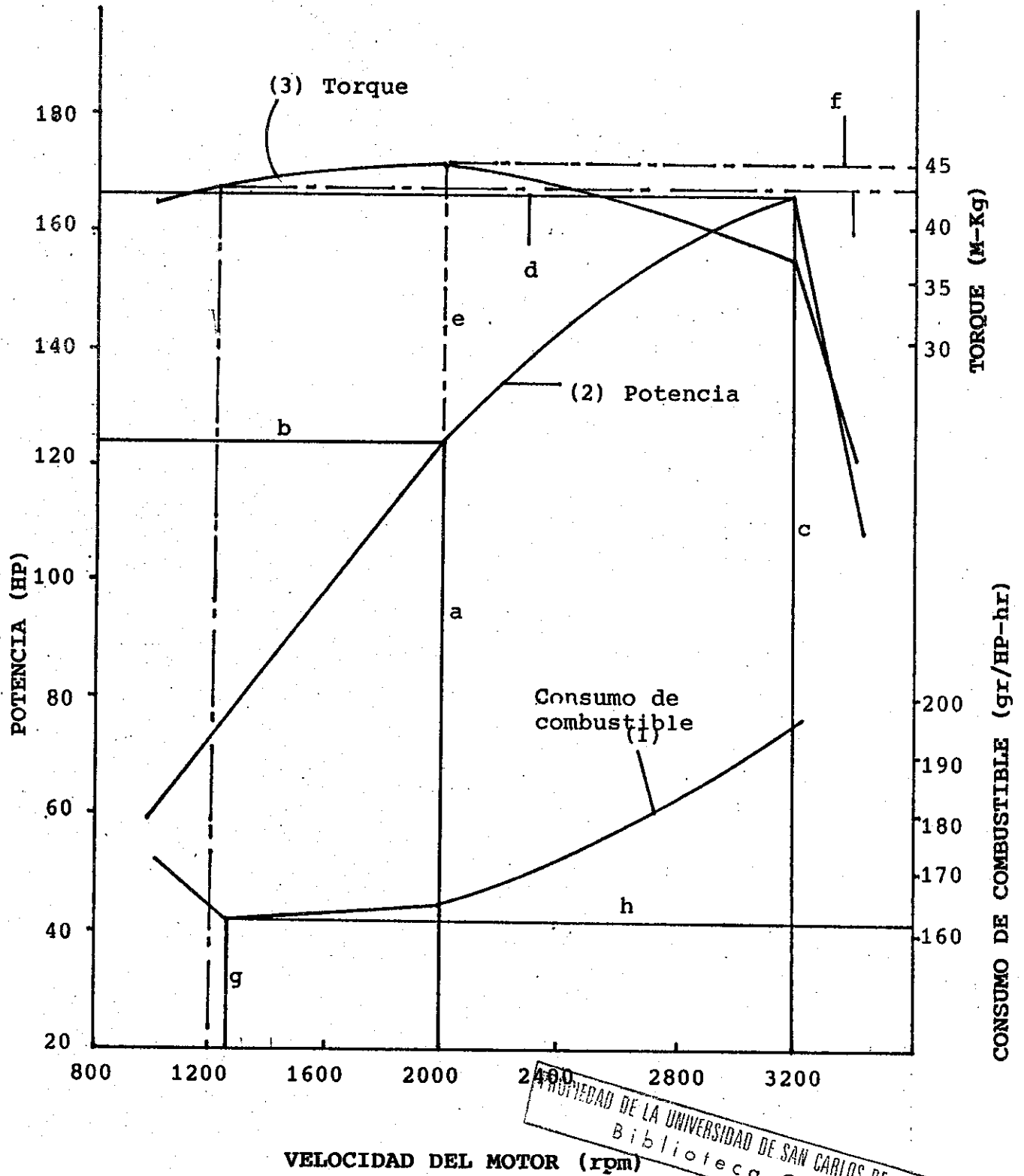
Por lo general las gráficas con dos parámetros suelen cons-

truirse colocando en el eje horizontal una variable y el eje vertical la otra; sin embargo, la forma como aparecen los parámetros en la gráfica en mención es muy frecuente encontrarla cuando el fabricante suministra las curvas características o de rendimiento de un motor en particular, aunque si se colocaran los tres parámetros sólo en un lado sería poco comprensible el análisis visual de los valores de la escala.

Sin embargo, partiendo de cualquier punto sobre las gráficas o sobre los ejes es posible determinar tantos valores como se desee para obtener una mejor comprensión del comportamiento de cada uno de los parámetros a investigar.

GRAFICA # 6

INTERPRETACION DE CURVAS DE RENDIMIENTO



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central



C A P I T U L O IX

FACTORES QUE INFLUYEN AL ADAPTAR O ELIMINAR UN TURBOALIMENTADOR A UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.

IX a) GENERALIDADES SOBRE LA ADAPTACION

En la actualidad el uso de turboalimentadores tanto en motores diesel como de gasolina se ha difundido de tal manera que algunos fabricantes de estos componentes han incrementado sus utilidades al vender gran cantidad. Realmente, a cualquier motor se le puede adaptar un turboalimentador aunque esto lleva algunas dificultades pues hay que realizar algunas modificaciones para hacerlo funcionar correctamente. La inclinación a la adaptación de turboalimentadores obedece a su rendimiento comprobado por mucho tiempo y gran cantidad de vehículos con motor de gasolina están equipándose en fábricas con turboalimentadores. El motor diesel es de construcción más robusta para poder soportar la alta temperatura de compresión en la cámara de combustión haciéndolo más apropiado para una instalación del turboalimentador, mientras que en un motor pequeño de gasolina debe ejercerse mucho cuidado por el refuerzo adicional creado por un volumen mayor de aire y una combustión mejorada que genera consecuentemente más calor. En esta sección se tratan algunos aspectos relacionados con la adaptación de un turboalimentador a un motor de combustión interna.

IX b) ASPECTOS RELACIONADOS CON EL COSTO DE LA ADAPTACION DE UN TURBOALIMENTADOR

El costo de una adaptación es un factor muy importante cuan-

do se piensa en instalar un turboalimentador a un motor de aspiración natural. Los precios actuales de los accesorios para la nueva instalación, la unidad del turboalimentador y la mano de obra inciden en tomar la decisión de efectuarlo o nó.

Actualmente hay concesionarios que venden turboalimentadores a un precio de Q. 4,000.00 como nuevo o Q. 2,000.00 obteniendo uno reconstruido al dejar uno usado, esto no incluye los múltiples de admisión y escape, la instalación, los codos para las tomas de aire, las líneas de lubricación del turboalimentador y otros accesorios menores que suman unos Q. 2,500.00 adicionales.

En síntesis el costo de una instalación oscila entre Q. 6,500.00 con una unidad nueva y Q. 4,500.00 con una unidad reconstruida. Los precios anotados anteriormente contemplan únicamente cambio de componentes externos en motores que pueden ser reequipados con turboalimentador, sin cambiar componentes internos que implican un aumento en el costo total de la instalación.

En el caso por ejemplo del motor Cummins de 250 hp versión de aspiración natural es factible efectuar la adaptación de un turboalimentador sin cambiar componentes internos como pistones para convertirlo a la versión 270 hp. Sin embargo, esto no es una regla general, pues, en el caso del motor Caterpillar 3208 de aspiración natural es necesario cambiar pistones, el sistema de enfriamiento por aceite a los pistones, el mecanismo de avance automático de la bomba de combustible, lo cual implica un incremento en el costo de la instalación el cual puede ser determinante si se piensa detenidamente. Por lo tanto, el costo de la instalación es un factor que no puede pasarse por alto y que sirve de punto

de partida para efectuarse o nó.

IX c) VARIACION EN LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO, PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MOTOR

La instalación de un turboalimentador requiere ciertas modificaciones para lograr el rendimiento deseado. El ajuste de la bomba de inyección de combustible efectuado en la fábrica debe ser modificado por personal capacitado a fin de proporcionar una entrega de combustible compatible con los requerimientos de la nueva instalación. Asimismo, el tiempo de inyección debe modificarse ligeramente para lograr que la combustión con más aire disponible sea óptima en el corto período que dura la combustión. El sorprendente resultado al instalar un turboalimentador a un motor diesel está en una mejora sustancial del rendimiento sin afectar la excelente economía de combustible que caracteriza a estos motores turboalimentados.

Sin embargo, los fabricantes de turboalimentadores son reacios a promover el reequipamiento de motores con estos componentes. La razón principal de esto es que ellos no tienen forma de controlar los objetivos de la instalación, pues, una instalación pensada para economía de combustible, control de humo y reducción de ruido funcionará bien en casi cualquier motor, porque no se han alterado los ajustes de entrega de combustible.

Además, algunos propietarios de camiones instalan turboalimentadores para aumentar la potencia pero se olvidan que muchos motores no pueden soportar el esfuerzo adicional a que son sometidos.

dos los componentes y la mayor temperatura que se origina en esta instalación, pues consecuentemente, cuando se equipa un motor con turboalimentador la temperatura generada por una combustión mejorada, los esfuerzos mecánicos y físicos a que se somete el motor en operación y las dilataciones térmicas adicionales, son factores que casi siempre no se toman en consideración, resultando en dano severo mas bien que beneficio considerable.

LA d) RESULTADOS DE LA ADAPTACION DE UN TURBOALIMENTADOR

Aunque teóricamente todo motor diesel automotriz puede equiparse con turboalimentador, es prudente antes de proceder a la instalación hacer una evaluación para determinar si verdaderamente la instalación se justifica, no solamente pensando en lo agradable que suena el término "motor turboalimentado", sino, realmente en investigar si lo que usted va a pagar por la instalación va a recuperarlo con el servicio que dicho motor le proporcione o que sus condiciones de trabajo exijan de su vehículo mayor versatilidad en cuanto a capacidad de escalar cuestas, economizar combustible, reducir el tiempo de entrega y mejorar la relación entre cambios de velocidad.

El que piensa adaptar un turboalimentador a su motor está pensando en primer lugar en la potencia extra que ganará sin sacrificar la economía de combustible. Sin embargo, esto es cierto hasta algún grado, puesto que al mejorar la combustión es necesario modificar la entrega de combustible a fin de obtener un cambio apreciable en potencia y torque. No pase por alto el hecho

que el motor se verá sometido a mayores esfuerzos térmicos y mecánicos lo que debe hacer que medite para evaluar su funcionamiento posterior. Probablemente, lo que gane temporalmente en mejorar las condiciones de funcionamiento de su motor lo vaya a perder por haber dañado considerablemente el mismo con una mala instalación.

IX e) GENERALIDADES SOBRE LA ELIMINACION

En el caso que se elimina el turboalimentador, las condiciones de operación de la máquina se ven afectadas de tal forma que ésta puede seguir funcionando sin experimentar un dano severo como en el caso de una mala instalación. Si analizamos rápidamente cuál es el flujo de aire desde que entra hasta que sale, notaremos que los gases de escape son los que mueven la turbina; sin embargo, en el peor de los casos cuando el conjunto turbina-compresor esté engranado como consecuencia de falta de lubricación, éstos se desviarán y rodeando la turbina sin mayor restricción saldrán. Indica que un motor con el turboalimentador pegado no sufrirá deterioro considerable. Si el motor trae originalmente turboalimentador y se decide quitarlo, no habrá consecuencias perjudiciales severas a excepción de la consecuente pérdida de potencia y torque y un eventual incremento en la temperatura de operación causado por la tardía y restringida salida de los gases de escape. Sin embargo, si desea seguir operando el motor por un período no prolongado, basta con taponear la salida de aceite al turbo, la línea de retorno al carter, quitar el turboalimentador y encausar el flujo de aire de admisión y escape por conductos separados. Es importante hacer notar que el dano causado al motor por operarlo sin el

turboalimentador no es severo, según lo explicado anteriormente, por lo tanto, un motor puede operar sin éste sin que interiormente el deterioro sea considerable como en el caso de una mala adaptación.

IX f) CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO AL ELIMINAR EL TURBOALIMENTADOR

Cuando se elimina el turboalimentador el motor será ligeramente más ruidoso, pues, la turbina logra absorber en gran parte el ruido por medio de la difusión de los gases de escape. La potencia también disminuirá al no recibir el aire necesario para una combustión mejorada y lo mismo sucederá con el torque. El consumo de combustible también será mayor como consecuencia de compensar la deficiencia de aire necesario para una combustión completa. El vehículo tenderá a generar más humo como resultado de exceso de combustible y su temperatura de operación tenderá a elevarse ligeramente.

IX g) EFECTOS CAUSADOS AL MOTOR CUANDO ESTE OPERA SIN EL TURBOALIMENTADOR

Por lo citado anteriormente queda claro que al eliminar la unidad del turboalimentador, un motor sí puede seguir operando en un caso de emergencia, pues, cuando se habla de un período no prolongado se hace referencia a evitar el uso normal del motor por espacios de tiempo mayores al empleado a llevarlo pronto a un taller de servicio para que sea reparada la avería tan pronto como sea posible para evitar operarla de continuo, exponiendo su motor

a daños ocasionados por condiciones irregulares en cuanto a funcionamiento interno.

Evite, por tanto, hasta donde sea posible, usar un motor cuyo turboalimentador esté en malas condiciones, pues, corre el riesgo que pueda pegarse y causarle inconveniencias en carretera obligándolo a detenerse y repararlo repentinamente.

IX h) EXPOSICION DE RESULTADOS

Algunos motores diesel para ser equipados con turboalimentadores deben cambiarse tantas piezas y hacer muchos ajustes como: pistones, sincronización de la bomba de combustible, avance automático de ésta, múltiples de escape y admisión, sistema de refrigeración por aceite a los pistones, que resulta tan honeroso como adquirir una unidad reconstruida equipada en fábrica con turboalimentador. Sin embargo, si tiene un vehículo que funciona normalmente con un motor de aspiración natural y sólo por poseer uno turboalimentado piensa en la adaptación, es mejor no hacerla, pues si no se justifica la instalación sólo le acarreará más gastos que beneficios porque recuerde que el turboalimentador es un componente muy eficiente pero muy delicado y susceptible a daños por falta de un buen mantenimiento, lo que hace imprescindible un buen programa de conservación de la unidad, pues, en caso contrario un pequeño descuido lo dañará irreparablemente ocasionándole gastos y reparaciones innecesarias.

Por lo tanto, se recomienda evaluar si realmente obtendrá beneficios considerables con un motor turboalimentado analizando las exigencias de su trabajo. Con los conceptos que en esta sección

se dan, el interesado puede formarse un criterio bien definido en cuanto a la elección entre un motor equipado en fábrica con turboalimentador o uno de aspiración natural con una unidad adaptada.

Queda claro que el propósito de esta investigación no es la de particularizar afirmativa o negativamente en una situación específica en vista que cada motor responderá y se comportará en condiciones diferentes de los demás. No se puede por lo tanto, recomendar cambiar pistones como regla general, porque esto puede ser aplicable a un motor Caterpillar pero no necesario a un Cummins para citar un ejemplo, o bien indicar que todo cambio o conversión de aspiración natural a turboalimentado es razonablemente rentable o económica cuando en algunos motores hay que cambiar el sistema de enfriamiento por aceite a los pistones y el mecanismo interno de avance de la bomba de inyección de combustible lo cual hace que su instalación y adaptación sea tan onerosa que a veces resulta contraproducente. Por lo tanto, la decisión de instalar un turboalimentador en un motor habiendo considerado los preceptos de éste sección corresponde directamente al interesado.

Razonablemente, si alguien se inclina por la adaptación de un turboalimentador y la operación de motores turboalimentados, debe cerciorarse que tenga en su localidad o territorio de operación:

- 1.- Talleres responsables para reparaciones de turboalimentadores.
- 2.- Personal competente y capacitado para dar mantenimiento de rutina.

- 3.- Operadores capacitados y conscientes de lo cuidadoso que deben ser al operar estos motores.
- 4.- Tener un buen programa de mantenimiento preventivo para la conservación de unidades turboalimentadas.
- 5.- Un buen representante de ventas de repuestos para el suministro eficiente de partes de recambio de turboalimentadores.
- 6.- Un distribuidor de aceite lubricante de buena calidad.

Sin embargo, por otro lado no sería prudente ni recomendable operar motores turboalimentados en ausencia de las mínimas normas de conservación, mantenimiento preventivo y respaldo técnico como los mencionados anteriormente, pues sería tedioso necesitar algún servicio de mantenimiento y no contar con él.

Como detalle adicional se dan a continuación los pasos y la secuencia lógica de la instalación de un turboalimentador a un motor Perkins 6354 de aspiración natural para transformarlo en una versión T 6354 turboalimentada.

CAMBIOS Y MODIFICACIONES A EFECTUAR

- 1.- Puede iniciarse la instalación cambiando los múltiples de escape y admisión.
- 2.- Instalar una línea de lubricación del motor al turboalimentador.
- 3.- Instalar la unidad del turboalimentador con sus respectivos codos para las uniones entre el múltiple de escape y admisión.
- 4.- Instalar un enfriador de aceite del tipo de convección de tubos múltiples.
- 5.- Instalar línea de agua de enfriamiento y aceite hacia y desde el enfriador.

- 6.- Efectuar el cambio de los pistones.
- 7.- Instalar los conductos del sistema de enfriamiento por aceite de los pistones derivado de la línea principal de lubricación del motor.
- 8.- Sincronizar el tiempo de inyección y modificar la entrega de combustible de la bomba.
- 9.- Ajustar la presión de pulverización de los inyectores de combustible.
- 10.- Ajustar la holgura de las válvulas.
- 11.- Puede también instalarse un intercambiador secundario de calor aire a aire. (Aplicable para el modelo T 63544CC).

Detalles adicionales para una instalación específica están fuera del propósito de este trabajo. Sin embargo, al efectuar los cambios mencionados anteriormente se puede lograr convertir un motor aspirado naturalmente a una versión turboalimentada.

C A P I T U L O X

FALLAS Y AVERIAS EN EL TURBOALIMENTADOR

X a) FALTA DE LUBRICANTE

Muchas fallas son producidas por "falta de lubricante". El flujo de lubricante a los cojinetes de eje y de empuje, debe ser suficiente para enfriar los cojinetes, lubricarlos y limpiar sus superficies. Los cojinetes y el eje flotan en una película de aceite y debe haber suficiente aceite, pues, de lo contrario se presentaría movimiento del eje en sentido radial.

La falta de lubricante produce directamente el movimiento del eje y causa daños a los cojinetes del eje y de empuje. Cuando el eje se encuentra en posición inestable y girando descentrado, se producirá un daño secundario. El contacto del rodete con las cajas provocará doblamiento o rotura del eje y destrucción de los sellos y placas de empuje. La falta de lubricante en los cojinetes del eje probablemente indique que todo el turboalimentador es tuvo sin aceite. Una falla por falta de lubricante sólo en el cojinete de empuje, indica que hay un pasaje bloqueado.

Los técnicos concuerdan que el 40% de las fallas en los turboalimentadores se deben a falta de lubricación adecuada. Por ejemplo, es bastante común encontrar conductos de lubricación escasos de medida u obstruidos. Por consiguiente, es imperativo contar con un adecuado suministro de aceite a plena presión proveniente del motor para los cojinetes del turboalimentador. El turboalimentador funciona a velocidades muy altas y se recalentará rápidamente con cualquier falla en el suministro de aceite, aunque la misma sólo sea momentánea.

X b) ACEITE CONTAMINADO

El aceite contaminado de hecho puede desgastar los cojinetes del turboalimentador mucho más rápidamente que los del motor. El aceite suministrado al turboalimentador debe pasar primero por un filtro de buena calidad y de medida adecuada a fin de que siempre haya plena presión de aceite en los cojinetes del turboalimentador. Con un suministro de aceite limpio en cantidad adecuada, estos proporcionarán normalmente miles de horas de servicio sin experimentar un desgaste mensurable. Sin embargo, hay ocasiones en que el filtro de aceite se obstruye debido a impurezas, lo cual hace que la válvula de derivación se abra y el aceite pase al turboalimentador sin filtrar, debiendo corregirse tan pronto como sea posible para evitar graves daños a los delicados cojinetes del turboalimentador.

X c) POLVO Y MATERIAL EXTRAÑO EN EL AIRE DE ADMISION

Si el aire de admisión lleva partículas extrañas, éstas podrán dañar los rodets de la turbina o del compresor debido a que éstos giran a velocidades muy altas. Si las aspas están deformadas o rotas, si el metal está corroído o si hay depósitos y un trozo de éstos se desprende, el rodete se desequilibrará. Eventualmente, podrá tener lugar el movimiento del eje y el correspondiente daño secundario.

Una conservación insuficiente del filtro de aire puede permitir la entrada de material extraño al lado del compresor del turboalimentador. Un filtro de aire roto no detendrá las partículas dañinas.

Los contaminantes pueden depositarse en el sistema de admisión de aire y escape y causar la falla de un motor o un turboalimentador. Por eso, siempre que se repare un motor o un turboalimentador, limpie perfectamente el sistema de admisión del aire. Si los daños al rodete del compresor fueron severos, se tendrá que cambiar el filtro del aire o en sus conexiones, podrán dañar severamente el turboalimentador. Los técnicos consideran que otro 40% de los daños del turboalimentador se debe a materias extrañas en la admisión.

X d) ALTA TEMPERATURA EN EL ESCAPE

Una temperatura excesiva en el sistema de escape hará que el aceite lubricante se carbonice en la descarga de la caja central en el extremo de la turbina.

A consecuencia de ésto, se presentarán filtraciones de aceite, depósitos de carbón y daños eventuales a la parte trasera del rodete de la turbina y de las arandelas de empuje. Las temperaturas elevadas del escape también pueden corroer la caja de la turbina creando picaduras y depósitos en el rodete de la turbina.

Las temperaturas de escape elevadas pueden ser consecuencia de: calibración alta de la cremallera de la bomba de inyección de combustible, falta de aire en la admisión debido a restricciones o tapaduras del filtro de aire, filtraciones en el múltiple de admisión o en sus conexiones, restricciones en el escape y obstrucciones en el núcleo del enfriador del aire de la admisión.

En algunos casos, una temperatura elevada en el escape puede ser consecuencia del mismo turboalimentador. La acumulación de

carbón en el rodete de la turbina, si es severa, podrá reducir la velocidad del rotor, disminuyendo la cantidad de aire en el lado de admisión o si se ha instalado una caja de turbina o compresor incorrecta en el turboalimentador, se perderá eficiencia y el efecto será similar a una restricción en la admisión.

Nunca se debe dejar trabajar el motor cuando las temperaturas de escape excedan las limitaciones fijadas, el hacerlo causaría graves daños al turboalimentador y al motor. Igualmente, las especificaciones de entrega de combustible máximas de la fábrica para la bomba de inyección nunca deben excederse para aumentar la potencia. El daño consiguiente al turboalimentador y al motor excederá todo pequeño beneficio que se pueda obtener de un ligero incremento en la potencia.

C A P I T U L O X I
GUIA DE MANTENIMIENTO, CUIDADOS Y OPERACION
DE MOTORES TURBO-ALIMENTADOS

XI a) EL SERVICIO DEL TURBO

Los primeros turboalimentadores ganaron fama de necesitar reparaciones frecuentes.

En un momento, los fabricantes aconsejaban desarme e inspección a cada 48,000 Km. Esto ha cambiado, la Caterpillar Tractor Company recomienda la inspección de cojinetes cada 320,000 Km. sin desmontar la unidad. La Cummins Engine Company sugiere la limpieza de las ruedas de la turbina y del compresor a intervalos de 144,000 Km. en los modelos de servicio mediano y de 240,000 Km. en los modelos de servicio pesado. Actualmente los fabricantes pretenden que los turboalimentadores duren por toda la vida del motor.

El uso del turboalimentador aumenta la importancia de un buen mantenimiento. Un estudio reciente reveló que la mayoría de los casos de fallas de turboalimentadores son causadas por falta de un debido mantenimiento. Las velocidades de las turbinas alcanzan hasta 85,000 rpm. y por ello son especialmente sencibles a daños provocados por objetos extraños y lubricación inadecuada. De acuerdo al estudio, el 40% de todas las fallas de los turboalimentadores son causadas por objetos extraños, otros 40% son causadas por fallas de lubricación y el restante 20% por fallas diversas. En síntesis, el turbo requiere un servicio mínimo de mantenimiento, prestando un gran beneficio siempre que se siga con cuidado y a-

tención las sugerencias sobre mantenimiento que se dan en esta sección.

XI b) EFECTO DE LA ALTITUD Y LA PRESION DEL AIRE

A una altitud de 2,400 Mts. la falta de aire suficiente para la combustión eficiente reducirá la potencia real de un motor de aspiración natural de 250 hp a 200 hp.

Cuando el aire está enrarecido y la presión de aire es reducida, el turboalimentador marcha más ligero y produce el mismo volumen de aire disponible al nivel del mar. La potencia y la economía es especialmente importante para los transportistas que operan a grandes altitudes y, para ellos, el incremento del promedio de velocidad en la montaña es la mayor ventaja del uso del turboalimentador.

Aún a bajas altitudes la presión del aire puede variar de un día a otro y de una temporada a otra. Los conductores experimentados notan una pérdida de potencia en los días calurosos cuando la humedad es baja. El turboalimentador compensa esa disminución de la presión del aire, convirtiendo un motor en una versátil fuente de potencia.

XI c) CUIDADO CON EL FILTRO DE AIRE

El filtro de aire es un elemento tan importante como lo es el filtro primario y la calidad del aceite lubricante. Con bastante frecuencia se observa la falta de atención que se le dá a éste componente el cual constituye el resguardo para el turboalimentador. Este está construído con una clase de papel que se pliega

para dar mayor capacidad de filtrado. La capacidad de filtrado depende de lo fino que sea el elemento filtrante, órdenes de filtración entre 15 y 25 micrones son comunes en filtros de buena calidad, lo que indica que partículas cuyo tamaño exceda las cifras mencionadas serán atrapadas. El mantenimiento muy frecuente de un filtro de aire es tan perjudicial como lo es el no hacerlo, pues al dejar al descubierto el conducto de admisión puede entrar suciedad que provoque desgaste anormal y el no hacerlo da origen a un alto consumo de combustible como consecuencia de la falta de aire.

Por tal motivo es de imperante necesidad el darle un mantenimiento regular al filtro de aire para obtener un mejor filtrado del aire de admisión. Para ésto se usan indicadores de restricción con el propósito de captar la caída de presión en el filtro de aire y así darle un servicio eficaz, lo cual también evitará los cambios innecesarios de filtros y reduce los gastos de conservación a la vez que asegura el funcionamiento apropiado del motor. Recuerde que nunca serán demasiadas las atenciones que se presten a la limpieza y filtrado del aire que entra en el motor.

XI d) SERVICIO DE LUBRICACION

Dado que la lubricación es tan importante en la operación de turboalimentadores, sólo debe emplearse aceite de alta calidad. Los turboalimentadores son lubricados por el aceite del motor y algunas unidades tienen un filtro agregado a la entrada del aceite, pero, la mayoría es conectada directamente, al sistema de lubricación del motor. En este caso la interrelación del motor y

el turboalimentador es un factor importante en el mantenimiento. Algunos fabricantes conscientes de lo grave que es que el turboalimentador se quede sin aceite momentáneamente, han inventado un sistema que consiste en un depósito de aceite y una válvula cheque o perada eléctricamente la cual se abre al momento de parar la marcha del motor, permite el flujo de aceite por gravedad directamente a los cojinetes del turboalimentador, evitando con ésto el agrietamiento de los cojinetes por falta de lubricante. Es necesario hacer ver la importancia que tiene la frecuencia de cambio del aceite lubricante y los filtros primarios y remotos para garantizar un flujo limpio de aceite lubricante, asimismo es importante usar el grado de viscosidad correcto, la clasificación de servicio recomendada y una buena calidad de lubricante.

XI e) TECNICAS DE MANEJO

En su mayoría, los expertos en turboalimentadores están de acuerdo en que éstos están contruidos para una vida tan duradera como la del motor. Sólo el descuido y la negligencia pueden hacer que este período de servicio resulte más corta. Con el finde mantener el turboalimentador y el motor funcionando al máximo de eficiencia, es preciso seguir algunas recomendaciones que harán de su turboalimentador un componente de alto rendimiento.

No obstante muchos operadores de flota con el afán de reducir los costos de mantenimiento han danado severamente los turboalimentadores cuando han prolongado los períodos de cambio de aceite y filtros, creyendo con esto minimizar los costos, con lo cual unicamente han logrado incrementarlos como consecuencia de haber danado considerablemente los componentes del turboalimenta-

dor.

Es oportuno entonces hacer algunas anotaciones sobre técnicas de manejo que serán de gran ayuda para prolongar la vida útil del turboalimentador.

Cuando se conduce un vehículo equipado con turboalimentador es necesario darle atención a asuntos que aparentemente son insignificantes pero que al pasarlos por alto se convierten en reparaciones costosas. Se recomienda al arrancarse el motor, esperar de 3 a 5 minutos en marcha mínima para que el aceite llegue a lubricar los cojinetes del turboalimentador los cuales se quedan sin aceite durante la noche. Es importante no acelerar la máquina en frío, pues esto conlleva a hacer girar el turboalimentador que se encuentra inicialmente sin aceite.

Así mismo cuando regrese de un recorrido largo deje la máquina trabajando en marcha mínima por espacio de 5 minutos, lo que permitirá la disipación del calor por medio del sistema de enfriamiento y el enfriador de aceite. Esto a su vez permite que el aceite caliente del turboalimentador pueda enfriarse lo suficiente para evitar que se pueda carbonizar en un instante por la alta temperatura de escape.

Hay también pilotos que tradicionalmente tienen la costumbre de dar un acelerón fuerte al motor antes de pararlo, lo cual incide perjudicialmente en que el turboalimentador quede girando después que el motor ha parado, lo que significa trabajo en seco que da como resultado que el poco aceite se carbonice causando con esto agarramiento del eje central del turboalimentador.

XI f) SISTEMA DE AIRE

Las restricciones en el sistema en el lado de la toma, como por ejemplo depuradores de aire obstruidos y reducciones en el volumen de aire disponible para el turboalimentador, reducen considerablemente la eficiencia del turboalimentador resultando en una combustión incompleta del combustible. La mayoría de las aplicaciones de motores diesel tienen indicadores que revelan las restricciones en la toma de aire; sin embargo, si el vehículo no lo tiene, se puede instalar uno para detectar qué tan grande es la restricción en la succión del aire y si está dentro de los límites que el fabricante especifica. Las fugas en el lado de la toma del turboalimentador pueden ser perjudiciales tanto para éste como para el motor ya que permiten que la suciedad sea aspirada por el sistema. Por lo tanto, es de vital importancia el dar mantenimiento adecuado al filtro de aire para reducir las fallas en el turboalimentador.

XI g) SISTEMA DE LUBRICACION

El sistema de lubricación es el corazón de un motor y lo constituye también el turboalimentador. Por eso es necesario darle la atención que merece para evitar que el turboalimentador vaya a parar al banco del taller como consecuencia de agarrotamiento de los cojinetes del turbo. Es recomendable entonces el apegarse a las recomendaciones del fabricante en lo que respecta a períodos de cambio de aceite, viscosidad, marca, calidad y tipo de filtro a usar.

Se ha observado con frecuencia que al efectuar un relleno de

aceite al motor, los encargados de esto lo hacen sin observar las mínimas normas de limpieza, introduciendo suciedad al interior del motor lo que contribuye apresurar la falla de descomposición de éste y serios daños al turboalimentador.

Por tal motivo debe darse cuidadosa atención al suministro de aceite lubricante para mantener la unidad en óptimas condiciones de funcionamiento.

XI h) SISTEMA DE ESCAPE

El sistema de escape en un motor equipado con turboalimentador es muy importante y nunca se debe dejar trabajar el motor cuando las temperaturas de escape excedan las limitaciones fijadas, el hacerlo causaría graves daños al turboalimentador. Es necesario ver si hay escapes entre las tuberías de escape de la culata y el lado de toma del turboalimentador, pues, esto afecta la velocidad de la turbina y reduce el volumen de aire aspirado al motor. No debe olvidarse el diseño del silenciador, pues, uno que tenga una contrapresión más alta que la que recomienda el fabricante da rá lugar a una temperatura de operación elevada y daños eventuales en el sistema de lubricación del turboalimentador.

Es por eso que se recomienda una tubería y silenciador que presente la menor resistencia al paso libre de los gases de escape para que puedan ser evacuados en forma continua y sin mucha restricción.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

XI i) REQUISITOS DEL MANTENIMIENTO DE TURBOS

Debido a la aceptación de los motores turboalimentados en to

das partes, se hace necesario dar un buen mantenimiento a estas unidades.

Es muy importante que el mantenimiento sea atendido por personal altamente capacitado para obtener un buen servicio y funcionamiento. Actualmente hay concesionarios que venden motores turboalimentados y puede convenirse un entrenamiento para mecánicos a efecto de capacitar al personal para poder dar un mantenimiento adecuado a los turboalimentadores. Es necesario también contar con la Herramienta adecuada y manuales de taller para dar las especificaciones que requiere el fabricante. Generalmente, los requisitos de mantenimiento de un motor turboalimentado no son mayores que los recomendados para cualquier motor.

Pero en las flotas donde las prácticas de mantenimiento son empíricas y escasas, las consecuencias serán más severas y costosas que en el caso de motores de aspiración natural. Existen varios puntos que los operarios de mantenimiento y conductores pueden seguir para asegurar una operación uniforme del turboalimentador, las cuales se detallan en la sección siguiente.

XI j) CONSEJOS Y RECOMENDACIONES PARA UNA BUENA CONDUCCION Y LARGA VIDA UTIL DEL TURBO

El observar cuidadosamente las recomendaciones que en esta sección se detallan, suministrará valiosa información en cuanto al cuidado y operación de los turboalimentadores. Muchas personas no toman en consideración las sugerencias que hace el fabricante tocante a mantenimiento de motores turboalimentados, causando fallas prematuras que ocasionan reparaciones costosas para los

dueños de las unidades.

Se recomienda también que se haga un programa de instrucciones para los operadores de vehículos con motores turboalimentados para que tengan conocimiento sobre las normas más elementales que harán del turboalimentador una verdadera fuente de economía.

1) Es necesario establecer un buen programa de mantenimiento de filtros de aire. Una indebida restricción de aire puede causar problemas tales como pérdidas de aceite dentro del turboalimentador.

Por otra parte, la falta de aire puede tener grave efecto de aumentar las temperaturas de motor y escape. Esto produce válvulas quemadas y excesivo consumo de aceite en el motor y puede acarrear fisuras en la carcasa o fallas de los cojinetes del turboalimentador. También muchas de las fallas debidas a materiales extraños en los turboalimentadores son debidas a objetos que han entrado al sistema a través de la admisión de aire.

2) Prestar especial atención a la lubricación. Los turboalimentadores son lubricados por el aceite del motor, por lo que se requiere usar filtros de aceite de buena calidad para evitar daño a los cojinetes.

Para compensar la tendencia del aceite a carbonizar a mayores temperaturas, algunos fabricantes recomiendan cambios de aceite y filtros frecuentes, en ciertos modelos turboalimentados.

Paralelamente, la alta velocidad de operación del turboalimentador hace vital la lubricación. Aún, un corte momentáneo en el suministro de aceite, puede ocasionar cojinetes pegados. Dado

que la lubricación es tan importante en la operación de turboalimentadores, sólo debe emplearse aceite de alta calidad.

3) Controlar las técnicas de manejo. Las técnicas de manejo pueden afectar enormemente la vida del turboalimentador. Cuando se arranca el motor debe mantenerse a marcha lenta hasta que la presión de aceite alcance el nivel normal. Una marcha rápida del motor, especialmente en mañanas frías, puede dar como resultado velocidades en el turboalimentador de 50 a 60,000 rpm. antes de que el aceite tenga ocasión de fluir dentro de los cojinetes. Es te hábito puede afectar seriamente a un motor turboalimentado. Asimismo los motores turboalimentados deben mantenerse de 3 a 5 minutos en marcha lenta antes de detenerlos.

4) Inspeccione los conductos de entrada del aceite, los de drenaje y los accesorios por si tienen fugas.

5) Después de haber calentado la máquina, haga funcionar el motor casi a toda marcha y escuche si el turboalimentador hace algún ruido inacostumbrado. Si se oye un chillido agudo, pare el motor inmediatamente. Puede que indique una falla de cojinete. No debe confundirse el chillido que se oye durante el período de parada del turboalimentador con el que se oye durante la marcha a alto régimen; el primero (después de la deceleración) es normal.

6) Debe cuidarse que el aceite que se añade al motor esté libre de contaminantes y sea de buena calidad. Nunca use un aceite lubricante cuya procedencia sea de fabricación dudosa, pues la economía superficial que hace hoy, no compensará los gastos en que incurrirá el tener que reparar el turboalimentador.

7) Al primer indicio de problemas en el turboalimentador, busque y elimínese la causa antes de proceder a instalar otro.

No es sólo suficiente determinar que la falla de un turboalimentador se produjo a consecuencia de algo sino que el problema debe tratarse hasta su fuente y corregirlo allí.



C A P I T U L O X I I

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS TURBOALIMENTADORES

XII a) VENTAJAS DE UN MOTOR TURBOALIMENTADO SOBRE UNO DE ASPIRACION NATURAL

Un motor turboalimentado ofrece más ventajas que uno de aspiración natural en cuanto a rendimiento, funcionamiento, entrega de potencia y control de emisiones.

El operador de motores turboalimentados considerará como un beneficio sustancial las ventajas siguientes:

1. Un motor turboalimentado provee más potencia entre un 15 y 20% respecto al de aspiración natural del mismo tamaño.
2. La potencia que entrega un motor turboalimentado no se reduce debido a la falta de aire a grandes alturas, pues, el turboalimentador compensa esta pérdida de aire lo que se traduce en potencia máxima disponible, desde alturas que van del nivel del mar hasta 2,500 Mts. sobre éste.
3. La disponibilidad del gran volumen de aire necesario para la completa combustión da como resultado una mayor economía de combustible lo que hace que esto se traduzca en reducción de los costos de operación.
4. Desde el punto de vista operativo, una ventaja del turboalimentador es la capacidad de lograr una alta relación de potencia a peso y en cierto tipo de vehículos una alta relación de potencia a cilindrada, igualmente ventajosa.

5. Una ventaja sustancial que no se puede pasar desapercibida es el control eficiente que tiene el turboalimentador sobre las emisiones de escape. La combustión mejorada significa una reducción del monóxido de carbono y de los hidrocarburos no quemados que dan humo negro como resultado.

Síntesis: en operación normal un motor turboalimentado, en buenas condiciones, no producirá humo visible.

XII b) DESVENTAJAS EN EL USO DE UN TURBOALIMENTADOR

Una de las grandes desventajas del uso de turboalimentadores es que su costo resulta bastante elevado sobre el precio de una unidad de aspiración natural. La necesidad de construir la unidad con precisión, de usar materiales especiales resistentes a altas temperaturas, de instalar tubería adicional y otros elementos, pueden hacer que el costo sea mayor que el motor mismo, lo que limitaría su uso.

Otra desventaja es el cuidado que debe tenerse con el filtro de aire, pues si éste llega a romperse y permite el paso de materias extrañas, el dano sufrido al sistema turboalimentado será mayor que si la unidad fuera de aspiración natural. Por tanto, un motor turboalimentado es mas susceptible a desperfectos en el sistema de admisión que uno de aspiración natural.

XII c) ANALISIS DE CARACTERISTICAS

Un motor turboalimentado ofrece más ventajas que desventajas, pues éstas no estriban específicamente en el uso del turboalimentador sino en el mal manejo y mantenimiento que se le da. Lo más

importante del uso de un motor turboalimentado es el hecho que los beneficios que éste suministra, son mayores que lo que se pudiera invertir en dar un buen mantenimiento a los sistemas básicos.

Los beneficios obtenidos por el uso de turboalimentadores como economía de combustible, relaciones de potencia a peso y cilindrada, reducción de humo y menor ruido, los hacen vitales para las flotas en todo lugar y aseguran su uso incrementado en el futuro.

El propietario de flota y el conductor pueden tomar ventaja de esos beneficios con sólo seguir unas pocas y simples pero eficaces prácticas de mantenimiento.

ANEXO I

GUIA DE LUBRICACION

SELECCION DEL ACEITE DE MOTOR

INTRODUCCION

La selección del aceite de motor adecuado, los intervalos de cambios oportunos y el mantenimiento apropiado son los tres factores críticos para obtener resultados del motor y una vida larga en servicio del mismo. Esto es muy importante, sobre todo, en los motores actuales que trabajan en condiciones más severas y a temperaturas más altas que antaño y por lo tanto exigen mejores prestaciones de un aceite de motor. La selección del aceite que mejor cumple los requerimientos del motor y de las condiciones de funcionamiento puede significar la diferencia entre un rendimiento sin problemas y un fallo costoso del motor.

Sin embargo, la elección del aceite adecuado no siempre es fácil. Un aceite que dá buen resultado a una temperatura extrema dada, puede crear problemas operacionales bajo diferentes condiciones de temperatura. Un aceite concreto puede ser excelente para motores de gasolina pero no para motores diesel o ser conveniente para motores de aspiración natural, pero, no para motores turboalimentados, o, ser adecuado para utilización con combustible bajo en azufre; pero, no servir con altos contenidos del mismo. Aún cuando dos aceites parezcan igualmente adecuados para una aplicación dada; uno de ellos puede tener ventajas significativamente mayores que el otro en cuanto a consumo de aceite, economía de combustible, protección antidesgaste y facilidad de arran-

que.

IMPORTANCIA DE LA LUBRICACION

Cuando el combustible diesel se quema en la cámara de combustión de un motor, el azufre del combustible es convertido químicamente en óxidos de azufre. Estos compuestos, a su vez, reaccionan con el vapor de agua formando ácidos sulfurosos y sulfúricos.

Cuando los vapores se condensan en las guías de las válvulas y en las áreas de los anillos del pistón, los ácidos pueden atacar químicamente las superficies metálicas y causar desgaste y corrosión.

Una de las funciones de los aceites lubricantes es neutralizar los ácidos y así retardar el dano provocado por la corrosión. Ciertos aditivos utilizados en los aceites lubricantes contienen componentes alcalinos elaborados para neutralizar estos ácidos.

La medida de la reserva de alcalinidad contenida en un lubricante se conoce como Número Total Básico o NTB. Generalmente, mientras mayor sea el valor inicial de NTB del lubricante, indica mayor reserva de alcalinidad o mayor capacidad para neutralizar el ácido. Para reducir el desgaste por corrosión provocado por el incremento de la cantidad de azufre en los combustibles, es fundamental usar aceites para motor que contengan valores de NTB más altos.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DE UN ACEITE DE MOTOR

Tres son los factores más importantes:

- 1.- Viscosidad o resistencia a fluir.
- 2.- Protección contra el desgaste, depósitos y deterioro del aceite.

3.- Economía de combustible.

VISCOSIDAD

Es la resistencia a fluir. Constituye un criterio básico para predecir el resultado de un aceite de motor. A temperaturas bajas un aceite tiene que ser suficientemente fluido (de viscosidad bastante baja), para permitir un arranque fácil y un flujo rápido de lubricante hasta las partes del motor más inaccesibles. A temperaturas más altas, el aceite tiene que ser lo bastante espeso para suministrar una película protectora compacta, entre las superficies deslizantes de metal.

PROTECCION CONTRA EL DESGASTE, DEPOSITOS Y DETERIORO DEL ACEITE

El segundo factor a considerar en el rendimiento de un aceite de motor es la protección contra el desgaste, los depósitos y la capacidad de retardar la degradación de dicho aceite.

Un excesivo poder antidesgaste del aceite aumentaría el consumo de combustible (e incluso del aceite), reduciendo la potencia y la vida del motor. Los depósitos que se forman en el motor, tales como barro o barnices, causan problemas en las válvulas y los anillos, bloquean los conductos o circuitos del aceite y contribuyen a un mayor desgaste en los pistones y cilindros.

La degradación del aceite como resultado de un proceso de oxidación a alta temperatura y combustión de algunos gases no quemados totalmente, puede aumentar la viscosidad del aceite e impedir una correcta lubricación en algunas partes críticas del motor.

Estos serios peligros para la vida del motor y su rendimien-

to son controlados y reducidos, incorporando al aceite, aditivos bien estudiados que aumentan sus propiedades. Por ejemplo, los aditivos antidesgaste ayudan a reducir desgastes excesivos entre componentes del motor sometidos a pesadas cargas, los aditivos detergentes y dispersantes previenen la formación de barreras o tapones de contaminantes sólidos en el circuito de lubricación y los inhibidores de oxidación evitan la descomposición del aceite al alcanzarse altas temperaturas de funcionamiento.

Se han venido desarrollando diferentes normas para definir y evaluar las aptitudes de un aceite para prevenir el desgaste, la formación de depósitos y la degradación del mismo. Las normas más utilizadas y consideradas mundialmente fueron establecidas por:

- 1.- El American Petroleum Intitute (API) en colaboración con la Society of Automotive Engineers (SAE) y la American Society for Testing and Materials (ASTM).
- 2.- Diversos ejércitos o departamentos militares.
- 3.- Los fabricantes de motores de automóviles.

Los criterios establecidos por estas organizaciones están estrechamente relacionados entre sí, siendo definidos generalmente en términos de especificaciones y/o test desarrollados por algunas de éstas organizaciones.

Las directrices establecidas por cada uno de estos grupos se describen en las secciones "Clasificación de viscosidades y categorías de servicio", respectivamente.

ECONOMIA DE COMBUSTIBLE

El tercer factor a considerar en el rendimiento del aceite de motor es la economía de combustible. Un aceite designado como "economizador de combustible" está formulado específicamente para proporcionar un considerable ahorro de combustible.

Se puede obtener el máximo ahorro de combustible incorporando avances tecnológicos adecuados a un aceite "multigrado" que por sí mismo puede proporcionar importantes ventajas de ahorro frente a un "monogrado". Un aceite para economía de combustible opera reduciendo la fricción entre las piezas móviles del motor que mal gastan la energía del combustible. Para conseguir ésto hay dos métodos conocidos:

- 1.- Reducir la viscosidad del aceite para reducir la fricción del fluido, y
- 2.- Usar aditivos reductores de la fricción para evitar el contacto metal-metal o fricción de raspado en áreas del motor muy cargadas donde incluso la película de aceite más fuerte tiende a romperse bajo la extrema presión.

La primera técnica, basada en la reducción de viscosidad, puede producir un aceite demasiado fluido para una lubricación satisfactoria, lo que supondría un excesivo consumo de aceite, desgaste del motor y mayor fricción.

La segunda técnica básica desarrollada en la línea de aceites para economía de combustible de ESSO, incorporó a un aceite de base pretrolífera modificadores de fricción solubles en el aceite con el propósito de reducir la fricción. En éstos lubricantes pa

ra economía de combustible, los modificadores de fricción funcionan formando una película de aceite más fuerte que reduce el contacto entre asperezas, además de modificar químicamente las propias superficies metálicas. El resultado es una mejora sustancial en la eficiencia del motor y más kilómetros por litro de combustible.

SISTEMA SAE DE CLASIFICACION DE VISCOSIDAD

El sistema aceptado para definir la viscosidad de un aceite de motor es el sistema SAE. El sistema asigna un número SAE a un rango de viscosidad específico, medido a una temperatura determinada; cuanto más alta sea la viscosidad, más alto es el número SAE.

"Los números SAE indican sólo viscosidad, pero no la clase o calidad de un aceite, ni el servicio para el que se ha fabricado".

Las recomendaciones de los fabricantes de motor son el mejor modo de escoger el grado SAE correcto para utilizar en un motor y en unas condiciones climatológicas determinadas.

La SAE clasifica el aceite de motor según ocho grados de viscosidad SAE. 5W, 10W, 15W (recientemente agregado), 20W, 20, 30, 40, y 50. Cuatro de ellos incluyen la designación "W", que se refiere a aptitud para utilizaciones a temperaturas bajas, por su gran facilidad para el arranque. Los grados que no tienen esta denominación son aplicables para temperaturas más altas.

ACEITES MULTIGRADO

Los aceites "multigrado" se formulan para cumplir con los requerimientos de más de un grado de la clasificación SAE y, por ello, se pueden utilizar en un rango de temperatura más amplio que

los aceites de un solo grado. Un aceite "multigrado" se identifica por dos grados SAE. Así, un SAE 10W-30, indica que a bajas temperaturas el aceite se comporta como un grado 10W y a temperaturas normales como un aceite de grado SAE 30.

La viscosidad de un aceite cambia con la temperatura. A bajas temperaturas el aceite es espeso, su viscosidad es alta. A medida que aumentan las temperaturas, el aceite se adelgaza y su viscosidad disminuye. Un aceite que fluye lentamente, dificulta el arranque del motor, mientras que un aceite excesivamente delgado proporciona una lubricación de inferior calidad y da lugar a un consumo elevado de aceite.

Los cambios que se producen en las viscosidades del aceite con temperaturas cambiantes, no son los mismos para todos los aceites. Una medida del cambio de viscosidad con el cambio de temperatura la constituye el "índice de viscosidad" (I.V.) del aceite. Cuanto más alto sea el I.V., tanto menor será el cambio de viscosidad para determinado cambio de temperatura. La adición de un mejorador de I.V. puede superar el I.V. y otras características de viscosidad y temperatura.

Aún cuando la cualidad de viscosidad y temperatura de un aceite de un solo grado de viscosidad basta a menudo para satisfacer los requerimientos del motor para una determinada estación o clima, podrá ser inadecuada en medio ambiente diferente, necesitando un cambio a un grado más apropiado para las nuevas condiciones. En las zonas de clima variable, los transportistas que usan aceites de un solo grado cambian generalmente a un grado más alto de viscosidad para manejar durante el verano y a un grado de viscosi

dad más bajo de viscosidad para el invierno. Los cambios estacionales de aceite se pueden eliminar mediante el uso de aceites multigrados, los que satisfacen más de un solo grado en la clasificación SAE de la viscosidad de aceite de cárter.

API (CATEGORIAS DE SERVICIO DE MOTORES).

API en unión con SAE y ASTM, han establecido unas categorías de servicios API, anteriormente llamadas "Clasificaciones", las cuales describen varios grados de severidad en el funcionamiento de un motor.

La capacidad de un aceite para superar satisfactoriamente una o varias categorías API, se determina por medio de pruebas de motor desarrolladas por ASTM. Las categorías API se subdividen en serie "S" que sirve para evaluar aceites utilizados en automóviles turismos y furgonetas ligeras, es decir, principalmente dirigidos a vehículos de gasolina y la serie "C", para vehículos industriales, tales como camiones, maquinaria de construcción y vehículos agrícolas.

Sin embargo, con la incorporación creciente de vehículos turismos movidos por motores diesel, muchos aceites lubricantes fueron estudiados y formulados para cumplir con la especificación tanto de la serie "S" como de la "C", esto se traduce también en la reducción a un solo producto en aquellas compañías o talleres que tienen flotas mixtas (vehículo de gasolina y diesel). Se detallan a continuación las diferentes categorías API.

SERIE "S" VEHICULOS TURISMOS Y COMERCIALES LIGEROS.

Categoría API	Descripción característica del aceite
SA	Aceite mineral puro (sin aditivos) *
SB	Antioxidante y antiabrasión pero no de tergente.
SC	Protección contra depósitos o sedimen- tos en alta y baja temperatura, desgase, oxidación y corrosión. Cumple los requerimientos fijados por los fabri- cantes de vehículos para los modelos construidos entre 1,964 y 1,967.
SD	Mayor capacidad de protección que los aceites "SC". Cumple con los requeri- mientos para los modelos construidos entre 1,968 y 1,971.
SE	Mayor capacidad de protección que los aceites "SD". Cumple con los requeri- mientos para los modelos construidos entre 1,972 y 1,980.
SF	Mejores propiedades antidesgaste y an- tioxidantes. Cumple con los requeri- mientos de los fabricantes de vehículos para los modelos construidos a partir de 1,980.

* No recomendados para ser utilizados en motores a menos que se recomiende específicamente por el fabricante.

SERIE "C" VEHICULOS INDUSTRIALES.

Categoría API	Descripción característica del aceite
CA	<p>Servicio típico en motores diesel que trabajan en condiciones benignas a <u>mo</u>deradas, con combustibles de alta <u>ca</u>lidad y, ocasionalmente, incluye <u>mo</u>tores de gasolina en servicio benigno. Los aceites concebidos para este <u>ser</u>vicio proporcionan una <u>pro</u>tección <u>con</u>tra corrosión de cojinetes y <u>con</u>tra los depósitos en la zona de anillos en algunos motores diesel de <u>aspira</u>ción natural, cuando se usan <u>combusti</u>bles de una calidad tal que no <u>impo</u>nen requisitos excepcionales para la <u>pro</u>tección contra el <u>desgaste</u> y los depósitos. Se usaron mucho a fines de la década de 1,940 y en la década de 1,950.</p> <p>Está clasificado como servicio ligero, cumple la especificación militar MIL-L-2104A, ya obsoleta*.</p>
CB	<p>Servicio típico de motores diesel que trabajan en condiciones benignas a <u>mo</u>deradas, pero con combustible de <u>cali</u>dad algo inferior, que necesitan una <u>mayor</u> protección contra el <u>desgaste</u> y</p>

los depósitos. Ocasionalmente incluye motores de gasolina en servicio livia no. Los aceites concébidos para este servicio proporcionan la protección necesaria contra la corrosión de cojinetes y contra los depósitos en la zona de anillos en algunos motores diesel de aspiración natural con combustibles de mayor contenido de azufre. Los aceites concebidos para este servicio fueron introducidos en 1,949. Cumple la norma ya obsoleta* MIL-L-2104A suplemento 1.

CC

Servicio típico de ciertos motores die sel de aspiración natural, turboalimen tados o sobrealimentados, que trabajan en servicio moderado a severo y ciertos motores a gasolina de trabajo pe sado. Los aceites concebidos para es te servicio proporcionan una protección contra los depósitos a alta temperatu ra y la corrosión de los cojinetes en estos motores diesel y también contra la herrumbre, la corrosión y los depó sitos a baja temperatura en motores a gasolina. Estos aceites fueron intro ducidos en 1,961. Cumple la norma

MIL-L-2104B.

CD

Servicio típico de ciertos motores diesel de aspiración natural, turboalimentados o sobrealimentados, en donde es vital un control sumamente efectivo del desgaste y los depósitos o cuando se usan combustibles de una amplia gama de cualidades, incluyendo combustibles de alto contenido de azufre. Los aceites concebidos para este servicio fueron introducidos en 1,955 y proporcionan una protección contra la corrosión de los cojinetes y contra los depósitos a alta temperatura en estos motores diesel. Cumple la norma MIL-L-2104C.

* Obsoleta para utilización militar, pero todavía válida para efectos de clasificación y descripción de las diferentes categorías API.

ESPECIFICACIONES MILITARES

Muchos fabricantes de motores especifican aceites en base a normas militares, además de las categorías API de servicio de motor. Para aceites de motor hay seis especificaciones militares. Cuatro de ellas están obsoletas, pero, todavía se usan para designar el deseado nivel de rendimiento del aceite de motor.

Para encuadrar a un aceite bajo una especificación militar, éste ha de cumplir unos requerimientos mínimos de ensayos de motor en laboratorio. En la mayor parte de los casos, son los mismos que los de ASTM usados para definir las categorías API de servicio de motor y las especificaciones de los fabricantes de motores. A continuación se dá una lista de las especificaciones militares para aceites de motor incluyendo las correspondientes categorías API, en orden de calidad creciente.

Especificación	Descripción
<u>Militar</u>	
MIL-L-2104A (API CA)	Obsoleta, sustituida por MIL-L-2104B, describe un tipo de aceite usado todavía por algunos propietarios de flotas para los equipos más viejos o menos críticos.
MIL-L-2104A Suplemento I (API CB)	Obsoleta, describe un tipo de aceite similar al MIL-L-2104A, pero ensayado bajo <u>con</u> diciones más severas.
MIL-L-2104B (API CC)	Obsoleta, sustituida por MIL-L-46152, pero todavía usada ampliamente como standard.
MIL-L-46152B* (API SF-CC)	Cumple los requerimientos de motores de <u>ga</u> solina y motores diesel en condiciones moderadas.

MIL-L-45199B
(API CD)

Obsoleta, sustituida por MIL-L-2104C; la especificación es esencialmente la misma que la especificación que como "Serie 3" estableció la Caterpillar Tractor Company.

MIL-L-2104C
(API CD)

Sustituye a la MIL-L-45199B; cubre los requisitos de camiones pesados, tanques y otros vehículos militares tácticos e incluye el nivel de comportamiento entre API SC y SD para motores de gasolina.

* Reemplaza a las obsoletas MIL-L-46152 y MIL-L-46152A que describían los aceites de calidad SE-CC.

ESPECIFICACIONES DE LOS FABRICANTES DE MOTORES

Como se mencionó al principio de esta sección, la mejor forma de seleccionar el aceite apropiado para cada aplicación en particular es el referirse al manual de mantenimiento del propietario que dá una lista detallada de la clase de aceite a utilizar en función de la disponibilidad de marcas en la localidad y la categoría API de servicio que mejor se adapte a las circunstancias.

Los fabricantes de motores de servicio pesado diesel o tienen también sus propias especificaciones o usan categorías API o especificaciones militares para decidir los niveles de calidad de aceites usados en sus motores. Seguidamente se comentan los requerimientos para aceites de motor de los cuatro fabricantes más importantes de motores diesel (80-90 % del mercado)

CATERPILLAR TRACTOR COMPANY

Caterpillar recomienda que los aceites usados en sus motores tengan un número básico total (TBN) mínimo de 7 y un nivel de TBN de por lo menos 20 veces el porcentaje en peso de azufre en el gas oil. Por otra parte, la especificación de Caterpillar "Superior Lubricants Serie 3" merece mención debido a su uso tan extendido.

Caterpillar dejó de usar Serie 3 cuando la especificación militar MIL-L-2104C la hizo innecesaria. La compañía recomienda ahora aceites MIL-L-2104C o API CD para sus motores.

CUMMINS ENGINE COMPANY

Cummins se rige por las categorías API de servicio para motores, pero establece, además, un contenido máximo de cenizas sulfatadas de 1.85% en masa (el contenido en cenizas sulfatadas es una medida de los residuos incombustibles formados por aditivos del aceite).

DIVISION DETROIT DIESEL ALLISON DE GENERAL MOTORS CORPORATION

Las recomendaciones de lubricantes para motores de Detroit Diesel están basadas fundamentalmente en especificaciones militares. Sin embargo, la compañía estipula además del contenido máximo de cenizas sulfatadas de 1.0% en masa y un contenido mínimo de cinc de 0.7 % en masa (los compuestos de cinc son agentes antidesgaste e inhibidores de oxidación).

MACK TRUCKS INC

Los aceites recomendados para ser usados en motores Mack han de cumplir los propios requerimientos de la compañía sobre el ren

dimiento basados en ensayos en sus motores. La más reciente especificación de Mack y más solicitada es EO-K requerida para sus motores ETZ 673, 675 y 677.

Por todo lo anterior es de esperar que el interesado pueda tener un criterio de lo que son los lubricantes y lo vital que es también usar el lubricante más apropiado en cada aplicación de motores diesel, asimismo, saber buscar específicamente en el manual de mantenimiento la calidad y categoría del lubricante que cumple con los requerimientos del fabricante.

CONCLUSIONES

1. El conseguir una vida satisfactoria del turboalimentador exige atención estricta a las pautas de mantenimiento, las altas velocidades y temperaturas en que trabaja, más las tolerancias sumamente estrechas con que está construido, hacen que el turboalimentador sea altamente susceptible a averías. Se pueden evitar los costos excesivos de paro con sólo seguir un programa de mantenimiento regular.
2. El turboalimentador aunque parezca insignificante, es un componente que hace de un motor, una máquina altamente eficiente, por cuanto el optar a la instalación de uno o la adquisición de un motor turboalimentado es una inversión que se recupera con creces cuando se tiene en consideración que las características que imparte son la alternativa que todo operador desea encontrar en una máquina, las cuales resultan verdaderamente valiosas cuando las necesidades requieren el acentuar una o algunas de ellas.
3. El turboalimentador no es un sistema tan complejo que impida al mecánico promedio arreglarlo. Sin embargo, es un dispositivo con el cual muchos aún no están debidamente familiarizados, siendo necesario un cauteloso estudio antes de proceder con las labores de mantenimiento y/o reparación. Por ser un componente clave en el buen rendimiento de un motor, debe tratarsele con sumo cuidado, pues, recuerde que la energía nunca será más barata y que los turboalimentadores serán, de ahora en adelante, equipo de norma en muchos vehículos.

4. Un motor equipado con turboalimentador es realmente eficiente cuando éste se encuentra en condiciones óptimas para el funcionamiento, lo cual lo hace un componente de gran aceptación a nivel mundial. El rendimiento se acentúa cuando se demanda potencia, pues un motor equipado con turboalimentador entrega más potencia que uno igual de aspiración natural. La economía de combustible es considerable porque hay más entrega de aire para la combustión, lo cual obliga al combustible que antes se expulsaba a la atmósfera, quemarse totalmente dando lugar a una combustión más completa que controla eficazmente las emisiones de escape que actualmente registren el uso de determinados motores por no cumplir con tales exigencias.

PROCESO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

RECOMENDACIONES

1. El turboalimentador es un componente que a diario gana aceptación a nivel mundial, si se tiene la alternativa de elegir entre un motor de aspiración natural y otro turboalimentado, se recomienda optar por el turboalimentado por muchas razones analizadas anteriormente.

Aunque éste requiere más cuidado, el mantenimiento periódico no varía mucho respecto del otro, pues, con sólo seguir algunas indicaciones adicionales, obtendrá muchas ventajas que el turboalimentador ofrece, las cuales redundan en economía a corto plazo.

2. Nunca menosprecie la importancia de un buen mantenimiento del filtro de aire.

Por circunstancias anotadas anteriormente se recomienda dar buen mantenimiento al elemento y reemplazarlo con la regularidad que el fabricante recomienda.

Un filtro de aire roto expondrá peligrosamente al turboalimentador a fallas prematuras; por eso, es necesario hacer conciencia en los operadores y personal encargado de mantenimiento de la importancia que tiene el ser cuidadoso al atender este asunto.

Recuerde que el filtro que el fabricante vende es el único que da garantía de que su turboalimentador funcionará dentro de cierto margen de seguridad. Por lo tanto, si usted quiere economizar, al no cambiar regularmente su elemento, comprando elementos de dudosa construcción y no dándole atención periódica, estará permitiendo que en poco tiempo y prematuramente su turboalimentador vaya a parar al banco de taller, en donde tendrá que pagar

mucho más por la reparación que si hubiera dado un mantenimiento cuidadoso al sistema de filtrado de aire de admisión.

3. Se ha mencionado que el lubricante es el sistema circulatorio del turboalimentador y por eso es determinante en su duración. Use siempre un aceite lubricante de buena calidad según lo recomienda el fabricante, a fin de proporcionar una lubricación adecuada y evitar daños al eje del conjunto turbina-compresor. Cuando usted adquiera la unidad cerciórese que le entreguen una guía de mantenimiento y lubricación, a efecto de cambiar el aceite lubricante juntamente con sus filtros con la frecuencia acorde a cada aplicación en particular. En la guía de lubricación aparecen todos los lubricantes para cada sección del vehículo y las marcas y grados de viscosidad compatibles en cada aplicación. Cuide de no mezclar diferentes grados de viscosidad y cerciórese que la clasificación del lubricante corresponde a la requerida por el fabricante.

4. El cambio frecuente de filtros para aceite y la calidad de éstos determinarán la vida útil del turboalimentador. Recuerde que el filtro de aceite genuino es un poco más caro que el que venden en otros lados, pero la capacidad de filtración es mayor y su construcción mejor es lo que hará que su turboalimentador y su motor le rinda miles de horas sin paros innecesarios.

El papel filtro del elemento original soportará satisfactoriamente las oleadas de presión del sistema de lubricación, sin embargo, un filtro que no cumpla con tales requerimientos, eventual

mente se romperá, permitiendo que aceite con impurezas lubriquen los delicados cojinetes del turboalimentador, dado como consecuencia, fallas prematuras que le causarán onerosas reparaciones.

5. No permita que personal sin experiencia intervenga en las tareas de mantenimiento rutinario y mucho menos que reparen o inspeccionen el turboalimentador. Al hacer esto estará permitiendo que éste elemento pueda quedar armado incorrectamente, lo que causará graves daños al empezar su operación. Por lo tanto, si está equipando su flota con motores turboalimentados, sería conveniente que personal especializado instruya al suyo cuidadosamente a efecto de familiarizarlos con tal componente y dar el servicio necesario.

6. Si usted posee una flota de unidades equipadas con turboalimentadores, tenga presente que el conductor cuidadoso será quien le de la opción de una vida productiva del turboalimentador y de su máquina en general, es necesario entrenar al conductor u operador en lo referente a técnicas de manejo y algunas de las más importantes se mencionan en la sección "Técnicas de Manejo" presentada anteriormente, las cuales le ayudarán en gran manera a mantener sus unidades en óptimas condiciones de funcionamiento.

GLOSARIO DE TERMINOS

- ADIABATICA:** proceso en que no hay perdida ni ganancia de calor.
- AREACION;** introducción de aire en una corriente de agua.
- BLOCK:** segmento de un motor de combustión interna dentro del cual van alojados los pistones, camisas y cilindros.
- CAVITACION:** formación de una cavidad en el seno de una masa líquida por una helice que gira a gran velocidad.
- CONTRAPRESION:** presión que se opone al movimiento de un fluido como en el caso de los gases de escape que salen por la tubería y el silenciador.
- CREMALLERA DE ACELERACION:** está colocado dentro de la bomba de inyección de combustible y es un eje liso en un lado y con dientes en el otro, siendo este último el que va acoplado al mecanismo de medición de combustible dentro de la bomba.
- CULATA:** segmento sobrepuesto al block, donde van alojadas las válvulas de admisión y escape y tiene conductos internos para circulación de agua. Además sirve como sello a la compresión del motor.
- DESPLAZAMIENTO VOLUMETRICO O CILINDRADA:** es el volumen de aire desalojado por un pistón cuando se mueve del PMI al PMS.
- DINAMOMETRO:** aparato para medir o determinar la potencia efectiva o de salida de un motor. Un dinamómetro "de motor" mide la potencia desarrollada en el cigüeñal, en tanto que uno de "chasis" mide la potencia en las ruedas motrices o propulsoras.
- EFICIENCIA MECANICA:** relación o razón de la potencia al freno

(BHP) a la potencia indicada (PI) de un motor. Se calcula por lo tanto como el cociente BHP/PI.

IMPELENTE: se le llama así a la rueda o rodete del compresor, el cual es la parte complementaria del conjunto turboalimentador.

LUMBRERA: agujeros perforados a inmediación de la longitud de la camisa de cilindros y sirve para admitir el aire necesario para la combustión.

MANGUITO: es una forma de bushing o pequeña camisa que desliza sobre un eje de diámetro determinado.

MARCHA NORMAL DE CRUCERO: es la marcha que requiere tomar del motor 75% de su aceleración total.

MOTOR DE ASPIRACION NATURAL: motor de combustión interna que el suministro de aire lo hace por medio del vacío creado por la cámara descendente del pistón. El aire es introducido a la cámara de combustión a la presión atmosférica.

MOTOR TURBOALIMENTADO: motor de combustión interna equipado con un turboalimentador.

PMI (PUNTO MUERTO INTERIOR): límite inferior del movimiento de un pistón en el interior de su cilindro.

PMS (PUNTO MUERTO SUPERIOR): límite superior del movimiento de un pistón en el interior de su cilindro.

POTENCIA INDICADA: valor de la potencia desarrollada en la cámara de combustión de un motor. Difiere de la potencia efectiva por las pérdidas mecánicas en el motor.

PRESION ATMOSFERICA: es la presión equivalente a una atmósfera o bien a 14.7 Lb./Pulg², la cual es referida al nivel del mar.

PRESURIZADO: fenómeno causado por la presión ejercida sobre cierto cuerpo, líquido o gas.

RPM GOBERNADAS: son las revoluciones máximas de un motor, las cuales vienen ajustadas en la bomba de inyección para determinada aplicación. El gobernador mecánico dentro de ésta es el encargado de efectuar tal función.

RALENTÍ: marcha mínima en vacío o funcionamiento de un motor a baja velocidad sin aplicar aceleración.

REGULADO: efecto causado al ejercer un control de regulación sobre algún mecanismo.

RELACION AIRE-COMBUSTIBLE: relación o razón del peso del aire al peso del combustible en una mezcla de estos elementos.

SOPLADOR: ventilador de lóbulos helicoidales y movido por impulso mecánico de engranajes que sirve para tomar el aire atmosférico e introducirlo a las lumbreras de admisión a una presión ligeramente mayor que la atmosférica. Se usa en motores de dos tiempos.

TEORICA: Valor o cantidad establecido por los fabricantes de equipo en base a pruebas efectuadas en condiciones ideales y que siempre es mayor que el valor real obtenido en condiciones reales de trabajo.

TURBOALIMENTADOR: componente que consta de una turbina centrífuga

ga y un compresor de la misma clase, se usa a la salida del múltiple de escape y a la entrada del múltiple de admisión y sirve para aumentar el suministro de aire fresco a los cilindros para una mejor combustión.

VOLANTE: rueda de peso y tamaño relativamente grandes montada en un eje (o cigüeñal) giratorio para regular su rotación absorbiendo, almacenando y cediendo energía mecánica.

BIBLIOGRAFIA

Baumeister-Avallone-Baumeister

MANUAL DEL INGENIERO MECANICO DE MARKS

Octava edición (segunda edición en español)

Editorial Mc. Graw Hill

MEXICO

Capítulo 9 sección 9 - 83.

MANUAL DE TALLER (HINO MOTOR)

Catálogo No. 3-01 ESF-03

Páginas 3 - 15.

Edward F. Obert

MOTORES DE COMBUSTION INTERNA; ANALISIS Y APLICACIONES

Editorial CECSA

Páginas consultadas 21 - 82.

Severns-Degler y Miles

ENERGIA MEDIANTE VAPOR, AIRE O GAS

Editorial Reverté

Sección XVI.

Cummins Engine Company, Inc.

MOTORES DIESEL AUTOMOTRICES

MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO INTERNACIONAL

Boletín No. 3379926- 01

Páginas 5 - 15 a 18.

de Castro Vicente, Miguel (Dr)

Coll Coll, Antonio

MANUAL ENCICLOPEDICO "CEAC" DEL MOTOR Y AUTOMOVIL

Tomo No. 4 "El Motor Diesel"

Páginas 183 - 202.

Caterpillar Tractor Co.

GUIA DE REUSABILIDAD DE PARTES "TURBOALIMENTADOR"

Páginas 2 - 6.

Caterpillar Tractor Co.

GUIA DE MANTENIMIENTO DE MOTORES DIESEL 3208

Páginas 45 - 60

Perkins Engines, England

LOS DIESEL 6.354

Publicación No. 128/8/80 BRIT

TRANSPORTE MODERNO

INTERCONTINENTAL PUBLICATIONS, INC.

Febrero-marzo 1977

Páginas 22 a 29

TRANSPORTE MODERNO

Intercontinental publications, Inc.

Agosto-septiembre 1977

Páginas 14 - 16.

Johnston International Publishing Corp.

AUTOMOVIL INTERNACIONAL

Febrero de 1979

Páginas 24 - 27.

Johnston Internacional Publishing Corp.

AUTOMOBIL INTERNACIONAL

Junio de 1983

Páginas 14 - 18 y 32

GUIA DE LABORATORIO PARA MOTORES DE
COMBUSTION INTERNA

Manual usado en el Laboratorio del curso
de Motores de Combustión Interna U.S.A.C.

LUBRICANTES AUTOMOTRICES

Publicación de ESSO

Exxon Corporation.

FACTORES DE CONVERSION

MASA:

1 Kilegramo = 1000 grames

1 Kilegramo = 2,2 libras

LONGITUD:

1 Metre = 100 cms

1 Pulgada = 2,54 cms

1 Metre = 3.28 pies

POTENCIA:

1 HP = 0.746 Kw

1 Kilewatt = 1.34 Hp

1 CV = 736 Watt

1 CV = 0.736 Kilewatt

1 KW = 1.355 CV

1 HP = 1.014 CV

PRESION:

1 Atmosfera = 1.0332 Kg/cm²

1 Kg/cm² = 14.19 lb/pulg²

1 lb/pulg² = 0.0689 bar

TORQUE:

1 Kg-mt = 7.216 lb-pié

1 lb-pié = 0.138 Kg-mt

TEMPERATURA:

$$T_f = 1.8 T_c + 32$$

$$T_c = (T_f - 32) / 1.8$$