

**OPTIMIZACION DE LOS RECURSOS DEL
LABORATORIO DE MAQUINAS TERMICAS
ALTERNATIVAS EN EL AREA DE MOTORES DE
IGNICION POR COMPRESION (DIESEL)**

**EDWARTH SAMIR BARBOSA DELGADO
ANDRES LIBARDO LOPEZ ROSERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2.004

**OPTIMIZACION DE LOS RECURSOS DEL
LABORATORIO DE MAQUINAS TERMICAS
ALTERNATIVAS EN EL AREA DE MOTORES DE
IGNICION POR COMPRESION (DIESEL)**

**EDWARTH SAMIR BARBOSA DELGADO
ANDRES LIBARDO LOPEZ ROSERO**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
JORGE LUIS CHACON VELASCO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2.004

DEDICATORIA

*Doy gracias a **Dios**, que me condujo guiado de su mano por el camino del éxito para culminar mi proyecto de grado.*

*Con cariño fraternal exalto el amor y apoyo incondicional que recibí de mi padre **Libardo Arturo**, mi madre **Bertha Lidia** y mi hermano **Juan Pablo**, con el cual pude triunfar al dar culminación a mi proyecto de grado.*

Gracias

Andrés Libardo López Rosero

DEDICATORIA

A Dios, por no dejarme desfallecer en los momentos difíciles y por permitirme darles esta satisfacción a mis padres y a mis seres queridos.

A mi padre Herman, a mi madre Elsa y a mi hermana Lizeth por su apoyo absoluto e ilimitado, por su amor y sus consejos, y por que constituyen mi mayor motivación por alcanzar logros en la vida.

A mis primos, Mauricio Alejandro, Nury Yorlen, Leydy Magaly, Diego Armando, John Jairo y Gloria Esperanza, por que siempre estuvieron ahí cuando los necesité.

A mis tíos Elver, Martha Cecilia, Edith, Ofelia y Gonzalo por su colaboración y por sus sabios y oportunos consejos.

Edwarth Samir Barbosa Delgado

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

A la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Al Coordinador y al cuerpo docente.

A Jorge Luis Chacón, Ingeniero Mecánico, director del proyecto y amigo, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A los profesores y compañeros por su apoyo y todas las personas que de una u otra manera colaboraron con la realización de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. DIAGNOSTICO DEL ESTADO DEL LABORATORIO DE MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS	22
1.1. PRACTICAS CON MOTORES DIESEL EN EL LMTA	22
1.2. ANALISIS D.O.F.A	23
1.2.1. Debilidades	24
1.2.2. Oportunidades	25
1.2.3. Fortalezas	27
1.2.4. Amenazas	28
2. INFLUENCIA DE DISTINTOS FACTORES SOBRE LOS PARÁMETROS INDICADOS DEL MOTOR DIESEL	30
2.1. CALIDAD DE LA FORMACIÓN DE LA MEZCLA Y TIPO DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN	30
2.2. RELACIÓN DE COMPRESIÓN	32
2.3. ANGULO DE AVANCE A LA INYECCIÓN	33
2.4. CARGA	35
2.5. INFLUENCIA DEL HUELGO ENTRE LA CABEZA DEL PISTÓN Y LA CULATA	36

3. GENERALIDADES DE LOS MOTORES DE IGNICION POR COMPRESION	37
3.1. HISTORIA	37
3.2. APLICACIONES DE LOS MOTORES DIESEL	38
3.3. COMPARACION ENTRE LOS MOTORES DIESEL Y A GASOLINA	39
3.3.1. Ventajas de los motores Diesel	41
3.3.2. Desventajas de los motores Diesel	41
4. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DIESEL	42
4.1. COMPONENTES BASICOS DEL MOTOR DIESEL	42
4.2. CICLOS DE CUATRO TIEMPOS	51
4.2.1. Tiempo de admisión	52
4.2.2. Tiempo de compresión	52
4.2.3. Tiempo de combustión	53
4.2.4. Tiempo de escape	53
4.3. CICLOS DE DOS TIEMPOS	54
4.4. CONFIGURACIONES DEL MOTOR DIESEL	56
5. DISEÑOS DE LA CAMARA DE COMBUSTION	58
5.1. INYECCION DIRECTA	58
5.2. INYECCION INDIRECTA	59
5.3. TIPOS DE CAMARAS	60
5.3.1. Cámara de precombustión	61
5.3.2. Cámara de turbulencia	62
5.4. PROCESO DE COMBUSTION	63

6. PRINCIPALES SISTEMAS DE LOS MOTORES DE IGNICION POR COMPRESION	65
6.1. SISTEMA DE ARRANQUE	66
6.2. SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE	67
6.3. SISTEMA DE COMBUSTIBLE	68
6.4. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	68
6.5. SISTEMA DE LUBRICACION	69
7. SISTEMA DE ARRANQUE	71
7.1. ARRANQUE ELECTRICO	71
7.2. MOTORES DE ARRANQUE HIDRAULICO	75
7.3. ARRANQUE POR AIRE COMPRIMIDO	76
8. SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE	77
8.1. GENERALIDADES	77
8.2. ADMISION DE AIRE	77
8.3. SISTEMA DE ESCAPE	80
8.4. TURBOCARGADOR	83
9. COMBUSTIBLES	88
9.1. COMBUSTIBLES PARA MOTORES DIESEL	88
9.2. PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES	89
9.3. COMBUSTIBLES DIESEL EN COLOMBIA	91
9.3.1. ACPM (Diesel)	91
10. SISTEMA DE COMBUSTIBLE DIESEL	93
10.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	93
10.2. SISTEMA DE INYECCION	95

10.2.1. Sistema con bomba en línea	95
10.2.2. Sistema con bomba tipo distribuidor	97
10.2.3. Sistema PT	97
10.2.4. Sistema inyector unitario	98
10.2.5. Sistema de inyección por acumulador y rampa común Common Rail	98
10.3. INYECTORES	100
11. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	102
11.1. GENERALIDADES	102
11.2. LIQUIDOS REFRIGERANTES	104
11.3. SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO	106
11.3.1. Motores enfriados por líquido	106
11.3.2. Motores enfriados por aire	113
12. SISTEMA DE LUBRICACION	115
12.1. GENERALIDADES	115
12.2. LUBRICANTES	116
12.2.1. Lubricantes para motores Diesel	116
12.2.2. Propiedades de los lubricantes	117
12.2.3. Análisis de aceites	121
12.3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LUBRICACION	122
13. TENDENCIAS FUTURAS PARA MOTORES DIESEL	130
13.1. EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA: LA REVOLUCIÓN	130
13.2. ASPECTOS MÁS NOVEDOSOS EN LA EVOLUCION TECNOLOGICA	132

13.2.1. Sistemas de inyección electrónica	132
13.2.2. Recirculación de los gases de escape EGR	137
13.2.3. Sobrealimentación por turbina de geometría variable	141
13.2.4. Accionamiento electrónico de las válvulas	144
13.3. ACTUALIDAD EN MOTORES DIESEL	147
14. DIAGNOSTICO DE MOTORES DIESEL.	149
14.1. GENERALIDADES	149
14.2. DIAGNOSTICO DE FALLAS EN MOTORES DIESEL	149
14.2.1. Metodología PV	150
CONCLUSIONES	154
RECOMENDACIONES	156
BIBLIOGRAFÍA	158
ANEXOS	160

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estado actual del LMTA	23
Figura 2. Desorganización de los elementos del LMTA	25
Figura 3. Desorganización de las partes sueltas de motores Diesel	26
Figura 4. Estantes deteriorados y desorganizados	27
Figura 5. Descuido y desaprovechamiento de las láminas didácticas	28
Figura 6. Efecto de la carga en motores Diesel de aspiración natural	34
Figura 7. Diagramas indicados y toxicidad Diesel en función de φ_{iny}	35
Figura 8. Primer motor Diesel	38
Figura 9. Componentes básicos del motor Diesel	42
Figura 10. Bloque de cilindros	44
Figura 11. Culata	45
Figura 12. Cigüeñal y Cojinetes	45
Figura 13. Depósito de aceite	46
Figura 14. Conjunto de Pistón	47
Figura 15. Árbol de Levas	48
Figura 16. Tapa de balancines y balancines	49
Figura 17. Caja y tapa de engranes de sincronización	50
Figura 18. Volante y cubierta del volante	51
Figura 19. Los cuatro ciclos del motor Diesel	52
Figura 20. Ciclo del Diesel de dos tiempos	54
Figura 21. Diferentes configuraciones de motores Diesel	57
Figura 22. Inyección directa	59

Figura 23. Inyección indirecta	60
Figura 24. Cámara de precombustión	61
Figura 25. Cámara de turbulencia	62
Figura 26. Proceso de combustión y aumento de presión en el cilindro	64
Figura 27. Corte Motor en línea vista frontal	65
Figura 28. Sistema de Arranque con Bujías de Caldeo	74
Figura 29. Sistema de admisión y escape	78
Figura 30. Múltiple de admisión	79
Figura 31. Sistema de escape para un vehículo ligero	81
Figura 32. Sistema de escape para un vehículo pesado	82
Figura 33. Flujo de gases en un silenciador de escape	83
Figura 34. Turbocargador	85
Figura 35. Componentes del turbocargador	86
Figura 36. Corte lateral del turbocargador	87
Figura 37. Motor con los componentes del sistema de inyección	94
Figura 38. Típico sistema de combustible Diesel	95
Figura 39. Sistemas de inyección	96
Figura 40. Sistemas de inyección COMMON RAIL	99
Figura 41. Partes del inyector	101
Figura 42. Partes básicas del sistema de enfriamiento	103
Figura 43. Diagrama del sistema de enfriamiento	107
Figura 44. Termostatos para sistema de enfriamiento	110
Figura 45. Motor básico enfriado por aire	114
Figura 46. Diagrama de Flujo de Aceite en el Sistema de Lubricación	124
Figura 47. Sistema de Lubricación	128
Figura 48. Distribución de combustible en los inyectores	134
Figura 49. Esquema sistema de inyección con inyector unitario	136
Figura 50. Esquema sistema de inyección con inyector bomba	137

Figura 51. Efecto del EGR sobre la temperatura máxima de llama	139
Figura 52. Efecto del EGR sobre las emisiones de NOx	139
Figura 53. Esquema sistema de EGR	140
Figura 54. Esquema del grupo de sobrealimentación	142
Figura 55. Esquema Analizadores	153

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz D.O.F.A	29
Tabla 2. Comparación Motores Diesel y a Gasolina	40
Tabla 3. Especificaciones del ACPM (DIESEL) Colombiano	92

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Manual de Laboratorio para Motores Diesel	161
Anexo B. Formato de organización bibliográfica del LMTA	354
Anexo C. Estado actual y anterior del LMTA	356
Anexo D. Adquisición de elementos didácticos en el LMTA	359
Anexo E. Diagnostico para el mantenimiento de Motores Diesel	363
Anexo F. Glosario	364

RESUMEN

TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS EN EL ÁREA DE MOTORES DE IGNICIÓN POR COMPRESIÓN (DIESEL)*

AUTORES:

BARBOSA DELGADO Edwarth Samir
LÓPEZ ROSERO, Andrés Libardo**

PALABRAS CLAVES:

Motor Diesel, ignición por compresión, eficiencia térmica, A.C.P.M.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo principal de este proyecto es dotar a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander de un manual de prácticas de laboratorio orientado a los motores de ignición por compresión (Diesel), para complementar los conceptos teóricos y la práctica en Máquinas Térmicas Alternativas (MTA); además, este proyecto intenta establecer una clara proyección de la academia hacia la práctica Diesel a través de la transformación de los conceptos teóricos en sistemas de trabajo prácticos y la adecuación del laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas en el área de motores de encendido por compresión, facilitando al estudiante adquirir habilidades y destrezas en el manejo de motores Diesel; así que este trabajo está dispuesto de tal forma que puede ser una guía de aprendizaje para quienes no han tenido oportunidad de conocer estas máquinas, dejándose a opción de los interesados el profundizar en cada uno de los temas tratados.

Con este proyecto se intenta optimizar los recursos con que cuenta el laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas para dar cabida al desarrollo de ingeniería en las máquinas térmicas alternativas, enfocándose principalmente en los motores de ignición por compresión.

Los primeros capítulos realizan un diagnóstico valorativo del laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas en cuanto a la capacidad para albergar pruebas con motores Diesel, además explican las partes principales y el funcionamiento del motor Diesel de manera sencilla, sin atender a las ecuaciones y resistencias de los materiales. Los capítulos siguientes se concentran en los diferentes sistemas del motor Diesel y parámetros característicos del motor Diesel, para finalmente concluir el proyecto con el diseño de prácticas de laboratorio, que son el resultado de una serie de pruebas llevadas a cabo y de la recopilación de material didáctico, en base a la teoría expuesta en la materia de Máquinas Térmicas Alternativas.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Ing. Jorge Luis Chacón.

SUMMARY

TITLE: OPTIMIZATION OF THE RESOURCES OF THE LABORATORY OF ALTERNATIVE THERMAL MACHINES IN THE AREA OF MOTORS OF IGNITION FOR COMPRESSION (DIESEL)*

AUTHORS:

BARBOSA DELGADO Edwarth Samir
LÓPEZ ROSERO, Andrés Libardo**

KEY WORDS:

Diesel motor, ignition for compression, thermal efficiency, A.C.P.M.

DESCRIPTION:

The main objective of this project is to endow to the School of Mechanical Engineering of the Industrial University of Santander of a manual of practical of laboratory guided to the ignition motors by compression (Diesel), to supplement the theoretical concepts and the practice in Alternative Thermal Machines (MTA); also, this project tries to establish a clear projection of the academy toward the Diesel practice through the transformation of the theoretical concepts in practical work systems and the adaptation of the laboratory of Alternative Thermal Machines in the area of motors of having lit by compression, facilitating the student to acquire abilities and dexterities in the Diesel handling of motors; so this work is willing of such a form that can be a learning guide for those who have not had opportunity to know these machines, being allowed to option of the interested ones deepening in each one of the treated topics.

With this project it is tried to optimize the resources with which it counts the laboratory of Machines Thermal Alternatives to give space to the engineering development in the alternative thermal machines, being focused mainly in the ignition motors by compression.

The first chapters carry out a diagnostic of the laboratory of Alternative Thermal Machines as for the capacity to harbour tests with motors Diesel; they also explain the main parts and the operation of the Diesel motor in a simple way, without assisting to the equations and resistances of the materials. The following chapters concentrate on the different systems of the Diesel motor and characteristic parameters of the Diesel motor, for finally to conclude the project with the design of practical of laboratory that are the result of a series of tests carried out and of the summary of didactic material, based on the theory exposed in the matter of Alternative Thermal Machines.

* Grade work.

** Faculty of Engineerings Physique Mechanics. School of Mechanical Engineering. Ing. Jorge Luis Chacón.

INTRODUCCIÓN

El merito de la creación del motor de ignición por compresión se le atribuye al ingeniero Alemán Rudolph Diesel. Al principio intento hacer funcionar los motores con polvo de carbón, pero estos explotaban. En 1884, Diesel probó con éxito un combustible líquido, logrando que su motor fuese más económico y eficaz que otros de su época. En 1895, Diesel patento en Estados Unidos el motor de encendido por compresión.

En el presente libro de proyecto de grado, con el propósito de contribuir con al laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas, se seleccionó y recopiló material bibliográfico de diversos autores extractando lo mejor de cada uno, en cuanto a motores Diesel, para proporcionar un soporte de consulta físico que complementa la aplicación multimedia de teoría Diesel también elaborada en el presente proyecto, y que además sea de fácil acceso para el estudiante durante el desarrollo de las practicas de laboratorio.

Con el objetivo de contribuir con la misión de la Universidad Industrial de Santander, de atender las necesidades de los estudiantes y de la comunidad en general, con este trabajo de grado se da inicio al proceso de reestructuración del laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas orientado hacia los motores de encendido por compresión, intentando superar los inconvenientes en el estudio de motores Diesel que hay actualmente en el laboratorio y los cuales están causando traumatismo en el estudio y evaluación de las diferentes clases de motores Diesel.

Los experimentos descritos en el manual de laboratorio le ayudarán al lector a entender los principios de operación del motor Diesel; además, le enseñará a probar y evaluar el funcionamiento del mismo, de manera que podrá ajustarlo para el tipo de operación deseado ya sea con máxima potencia, máxima economía o alguna condición intermedia.

Este es un manual de laboratorio que abarca la operación, prueba y evaluación de motores de combustión interna. Se encontrará que los experimentos son interesantes y provechosos, ya que la teoría indispensable se combina con el adiestramiento práctico y el alumno la asimila a medida que aprende a trabajar correctamente con el motor, el dinamómetro y el sistema de aire y combustible. Desde luego, además de probar y evaluar el funcionamiento del motor, también aprenderá a utilizar dinamómetros y a medir los consumos de aire y combustible.

Al final del libro hay un glosario que se proporciona para las consultas rápidas. Incluye las definiciones de términos o valores calculados tales como la presión media efectiva al freno, consumo específico de combustible, eficiencia térmica y eficiencia volumétrica.

1. DIAGNOSTICO DEL ESTADO DEL LABORATORIO DE MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS

1.1. PRACTICAS CON MOTORES DIESEL EN EL LMTA

En el laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (LMTA), actualmente se viene desarrollando una sola experiencia de laboratorio orientada hacia los motores de ignición por compresión y esta es con respecto al sistema de alimentación de combustible, sin embargo, el desarrollo de esta práctica no cubre aspectos ingenieriles muy relevantes para estudiantes de Ingeniería Mecánica.

El desarrollo de la práctica consiste en primera instancia y con anticipación en una lectura del material bibliográfico relacionado con el tema de la práctica suministrado por el auxiliar con una semana de antelación.

Una vez en el laboratorio, se inicia con una identificación visual de los elementos que constituyen el sistema de combustible del motor Diesel a través del motor Diesel CUMMINS en corte y de las láminas con el diagrama de recorrido del combustible, una vez identificadas las partes constitutivas, se continua con el desarme de las bombas de combustible por parte de los estudiantes para conocerlas más de cerca y de esta actividad se resuelven las dudas en su funcionamiento por parte del auxiliar de laboratorio, culminado de esta manera el desarrollo de la practica.

1.2. ANALISIS D.O.F.A

El diagnóstico del estado actual del laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas (LMTA) en el área de motores de ignición por compresión (Diesel), se efectuó basado en un análisis D.O.F.A.

En este análisis se pretende, en primera instancia, determinar las condiciones reales del Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (LMTA), y como segunda medida establecer posibles soluciones para resolver los problemas que se están presentando. En la figura 1 se observa el panorama general del LMTA.

Fig. 1. Estado actual del laboratorio de maquinas térmicas alternativas.



1.2.1. Debilidades. Durante el riguroso análisis que se efectuó en el laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas (LMTA), en el área de motores de ignición por compresión (Diesel) se identificaron varias falencias o debilidades las cuales se refieren o detallan a continuación:

- Poca inversión de la universidad tanto en el mejoramiento de la planta física, como en adquisición de equipos de última tecnología.
- Bibliografía para motores Diesel, desorganizada y sin clasificar.
- Espacio reducido en el laboratorio.
- El ambiente de trabajo es incomodo, inadecuado y falto de ventilación.
- Iluminación incorrecta.
- Descuido y desaprovechamiento de las láminas didácticas y demás elementos necesarios para el aprendizaje (ver figura 5).
- Desorganización con las partes constitutivas sueltas de motores Diesel, estantes y muebles en mal estado (ver figuras 2, 3 y 4).
- Carencia de elementos o partes de motores Diesel en sección para una mejor ilustración.
- Pocos recursos para prácticas de laboratorio enfocados hacia los motores Diesel.
- No existe un manual de prácticas que oriente experiencias con motores Diesel.
- La distribución de planta es incorrecta
- Insuficiente instrumentación.
- Necesidad de motores Diesel de última tecnología para la creación de bancos de prueba.
- Falta de recursos económicos para contratar personal que se encargue de la constante actualización del LMTA.
- Desactualización tecnológica.

Fig. 2. Desorganización de los elementos del laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas.



1.2.2. Oportunidades. Las oportunidades que se evidenciaron en el LMTA son las siguientes:

- Necesidad de los estudiantes de acceder fácilmente a material bibliográfico en el área de motores de ignición por compresión.
- Factibilidad de montar algunas prácticas experimentales adicionales de laboratorio para motores Diesel.
- Posibilidad de dictar cursos sobre motores Diesel a la comunidad universitaria y externa.
- La posibilidad de ver la teoría Diesel de MTA, en prácticas medibles y consecuentes con la ingeniería.
- Aplicaciones ingenieriles dirigidas hacia MTA.

- Investigación, desarrollo e innovación en MTA.
- Gestión para el mejoramiento continuo del laboratorio, con ayuda de los egresados de la escuela.
- Disposición de los recursos del laboratorio para proyectos de grado en el área Diesel.
- Iniciativa y entusiasmo de los estudiantes y el profesor de MTA, hacia la optimización del laboratorio con la adquisición de piezas y elementos que fortalezcan el laboratorio.
- Donaciones de instrumentos, herramientas y motores.
- El auge en el uso de la multimedia y del Internet.
- Necesidad de los estudiantes de realizar proyectos de grado.

Fig. 3. Desorganización con las partes constitutivas sueltas de motores Diesel.



1.2.3. Fortalezas. El LMTA cuenta con numerosas fortalezas entre las cuales se destacan:

- Existe buen material bibliográfico y electrónico para el laboratorio en motores Diesel.
- Existen buenas y adecuadas herramientas de trabajo.
- Hay gran cantidad de láminas ilustrativas de los diferentes sistemas del motor Diesel.
- Motor Diesel Cummins en sección apropiado para identificación y familiarización de las partes constitutivas.

Fig. 4. Estantes deteriorados y desorganizados.



1.2.4. Amenazas. En el análisis del LMTA se han detectado ciertas amenazas relacionadas a continuación:

- Se puede crear un aprendizaje y conocimiento de la cátedra de MTA incompleto a la hora de pasar de la teoría Diesel a la práctica.
- Otras entidades públicas y privadas pueden copar las falencias del laboratorio de MTA y quitarle campo de acción.
- Reducción de presupuesto para la adquisición de recursos del laboratorio.
- Continuo deterioro de láminas, cuadros y demás elementos didácticos a causa del descuido, desorganización y falta de aseo.

Fig. 5. Descuido y desaprovechamiento de las láminas didácticas.



A continuación se presenta en la tabla 1 el resultado del análisis D.O.F.A. en forma de matriz donde se plantean algunas alternativas de solución para el problema que se está presentando en el laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas (LMTA) y que se ha puesto en evidencia en el anterior análisis.

Tabla 1. Matriz D.O.F.A*

	DEBILIDADES	FORTALEZAS
OPORTUNIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de crear una biblioteca de consulta sobre teoría Diesel en el LMTA. • Realización de proyectos de grado que puedan contribuir con el avance, desarrollo y mejoramiento del LMTA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de una herramienta Multimedia sobre teoría actualizada en el área de motores de Diesel.
AMENAZAS	<ul style="list-style-type: none"> • Crear una estrategia para conseguir ingresos y autosuficiencia financiera del LMTA. • Crear un manual de prácticas para motores de ignición por compresión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar y restaurar las láminas, cuadros y demás elementos didácticos. • Implantar una política de las cinco eses (5S) para el LMTA.

* Para la interpretación de la matriz DOFA, se debe tener en cuenta que en cada cuadro se muestra la conclusión de la interrelación entre el análisis interno y externo.

2. INFLUENCIA DE DISTINTOS FACTORES SOBRE LOS PARÁMETROS INDICADOS DEL MOTOR DIESEL

El presente capítulo es de suma importancia para profundizar en los diferentes parámetros que se involucran en el diseño y funcionamiento de motores Diesel.

2.1. CALIDAD DE LA FORMACIÓN DE LA MEZCLA Y TIPO DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

La calidad de la formación de la mezcla y el tipo de la cámara de combustión en el motor Diesel dependen de la combinación de una serie de factores, de los cuales los más importantes son los siguientes:

1. Los parámetros del equipo de inyección de combustible, determinados por la característica de inyección, el suministro de combustible en tiempo, la calidad de pulverización, la profundidad de penetración del chorro en la cámara y la forma que tiene el chorro.
2. La organización del movimiento dirigido del aire en el período de inyección de combustible.
3. Los parámetros termodinámicos del medio.
4. Las propiedades del combustible.

En función del carácter que tenga la formación de la mezcla aire-combustible distinguen los siguientes procedimientos de formación de la mezcla:

1. En el volumen de la cámara de combustión (formación volumétrica de la mezcla), cuando el combustible se inyecta directamente en el medio de aire en movimiento, además se supone que aquél no tocará las superficies que limitan la cámara de combustión. En este caso, el combustible puede inflamarse en unas cuantas zonas donde las temperaturas son más elevadas y la composición de la mezcla se encuentra en los límites de concentración para los cuales resulta posible inflamar el combustible.
2. La mayor parte del combustible inyectado cae sobre la superficie caliente de la cámara de combustión en forma de una fina película (formación pelicular de la mezcla) y sólo una pequeña parte (aproximadamente un 5%) se pulveriza en el volumen de la cámara de combustión. Durante la inflamación de la porción de combustible que se encuentra en el volumen de la cámara de combustión, la película de combustible se volatiza, y los vapores de combustible, por efecto del intenso movimiento de aire se mezclan con éste y se trasladan a la zona donde tiene lugar la combustión.
3. La formación de la mezcla volumétrico-pelicular, en la cual una parte del combustible durante el proceso de inyección va a parar al volumen de la cámara de combustión y la otra parte cae sobre su superficie.

Los parámetros indicados del motor dependen del tipo de cámara de combustión y del equipo de alimentación de combustible, los cuales influyen sobre el desarrollo del proceso de combustión y la característica del

desprendimiento de calor, así como sobre las pérdidas caloríficas e hidrodinámicas en el ciclo.

En las cámaras de combustión de todos los tipos se puede lograr un desarrollo satisfactorio del proceso de combustión.

2.2. RELACIÓN DE COMPRESIÓN

Al elevar la relación de compresión, la temperatura y presión en el período de inicio de la inyección del combustible, crecen; esto condiciona al reducción del período del retraso de la inflamación. En los motores Diesel policarburantes, al funcionar con gasolina, para disminuir la duración del periodo de retraso de la inflamación y la velocidad de crecimiento de la presión en la fase de combustión rápida, elevan la relación de compresión hasta 21 y más. Elevar La relación de compresión conviene también para mejorar las condiciones del arranque. El rendimiento indicado en la gama de relación de compresión, utilizadas en los motores Diesel, varía insignificadamente. El crecimiento de la temperatura para elevadas relaciones de compresión conduce especialmente a medinas y grandes cargas, al incremento del contenido de óxidos de nitrógeno en los productos de combustión.

Al sobrealimentar un motor Diesel rápido, para obtener la máxima presión tolerable del ciclo ($P_z < 12.5 \dots 13.5$ Mpa), partiendo de las condiciones de resistencia del mecanismo biela-manivela, reducen la relación de compresión en función de los valores adoptados de P_k hasta 16-12.

Una de las medidas que permite limitar P_z es la disminución automática de la relación de compresión. La que más perspectiva tiene en caso de

sobrealimentación es el empleo de una estructura especial del pistón para regular automáticamente la relación de compresión, lo que permite variar automáticamente el volumen de la cámara de combustión V_c y disminuir de esta manera la relación de compresión, cuando P_z aumenta por encima de cierto límite fijado.

2.3. ANGULO DE AVANCE A LA INYECCIÓN

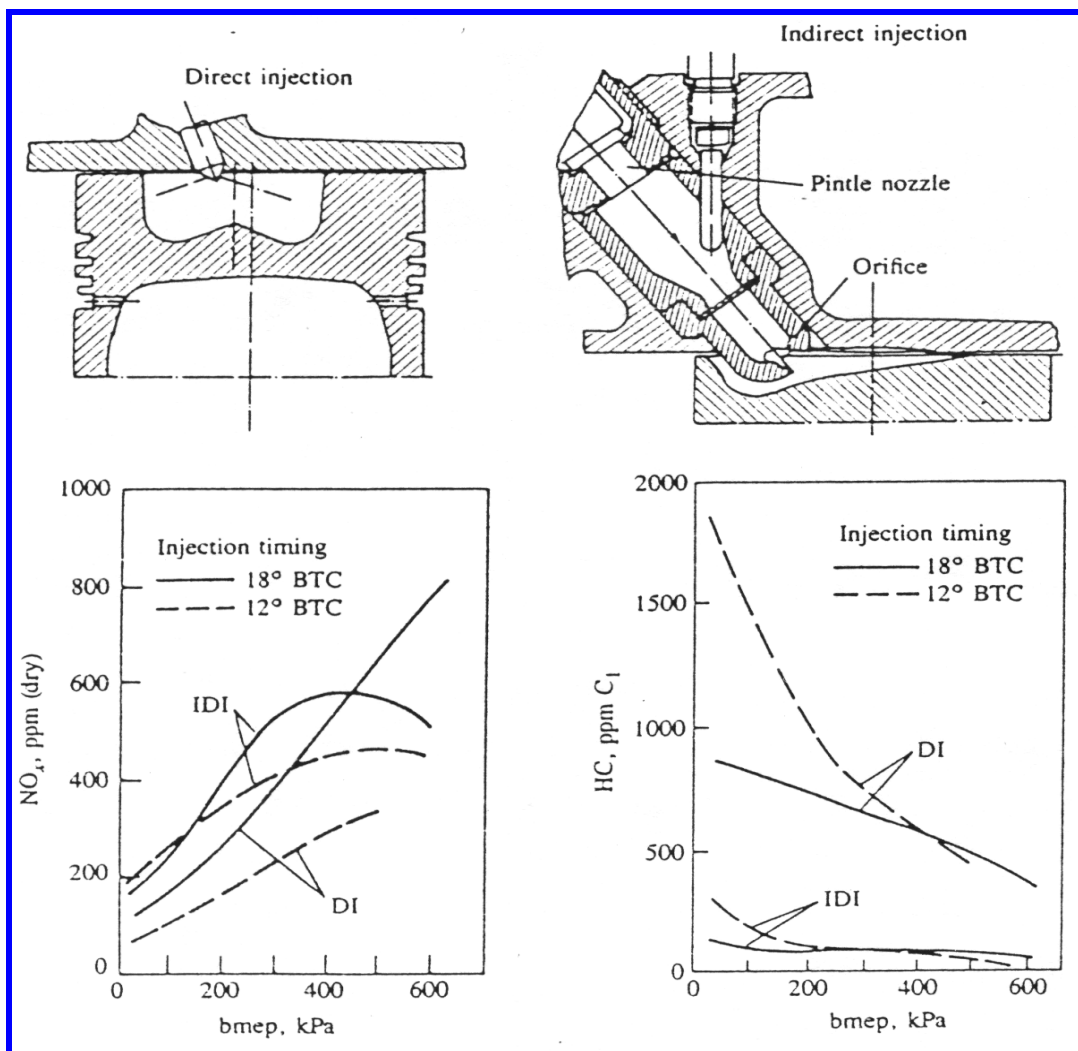
Para obtener los índices óptimos es necesario que la inyección de combustible, tomando en consideración la duración del período de retraso de la inflamación, empiece de tal manera que el proceso se desarrolle cerca del P.M.S, para mayor claridad ver figuras 6 y 7.

Al inyectar con extremada anticipación, el periodo de retraso de la inflamación se incrementa, debido a que la temperatura del aire, en el instante del inicio de la inyección, es relativamente baja. Simultáneamente el proceso de combustión se desplaza con respecto al P.M.S de tal manera que la máxima presión P_z se alcanza antes de que el pistón llegue a dicho punto. Esto va acompañado de un brusco aumento del trabajo de compresión, de la reducción del trabajo de expansión y del decrecimiento respectivo de los parámetros indicados. Además, la fase de combustión rápida se caracteriza por una elevada velocidad de crecimiento de la presión.

La inyección atrasada del combustible conduce a que el proceso de combustión comience después del P.M.S, en el proceso de expansión, y transcurra con un incremento lento de la presión y con pequeñas magnitudes de $\Delta p/\Delta \phi$. La inyección atrasada hace empeorar los parámetros indicados. El ángulo óptimo de inyección ϕ depende de la relación de compresión, del

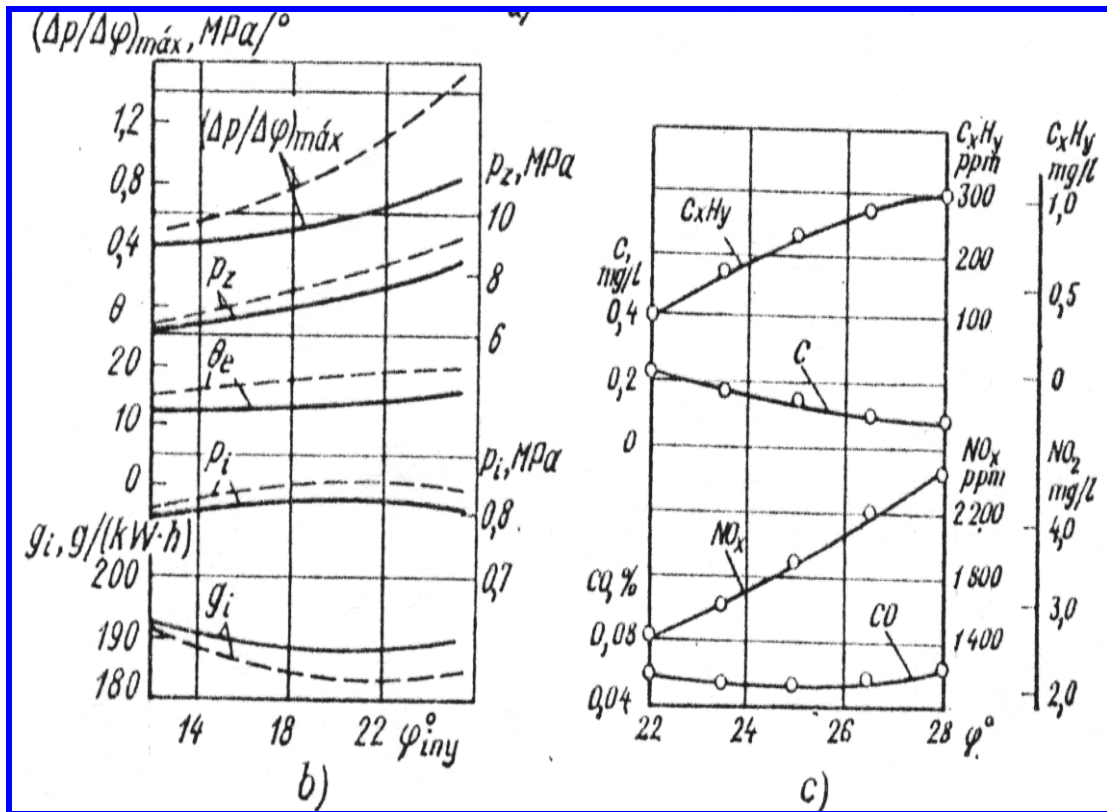
método de formación de la mezcla, de los regímenes de velocidad y de carga del motor, y de la especie de combustible empleado. Para cada motor el ángulo ϕ se elige partiendo de los resultados obtenidos en las investigaciones experimentales.

Fig. 6. Efecto de la carga en motores Diesel de aspiración natural en cuanto a las emisiones de NOx y HC en relación a la velocidad. Sistemas de combustión con inyección directa y precámara inyección indirecta.¹



¹ Tomado de HEYWOOD, John B. Internal Combustion Engine Fundamentals. Mexico: Mc Graw Hill, 1989.

Fig. 7. Diagramas indicados, parámetros indicados y toxicidad del motor Diesel en función de φ_{iny} .²



2.4. CARGA

Para disminuir la carga del motor Diesel se emplea la regulación cualitativa del motor, para la cual aumenta el coeficiente medio de exceso de aire α en el volumen de la cámara de combustión. La disminución del calentamiento de la mezcla de trabajo al reducir la carga y el incremento por esta razón del coeficiente de llenado conducen a la intensificación del empobrecimiento de la mezcla. La presencia en los productos de combustión, al disminuir la carga, de menor cantidad de gases triatómicos (es decir, mayor K_m , así como la

² Tomado de HEYWOOD, John B. Internal Combustion Engine Fundamentals. México: Mc Graw Hill, 1989.

disminución del grado de expansión previa ρ contribuye al incremento de η_t . La disminución de la carga en los motores Diesel conduce al incremento de α).

- *Frecuencia de rotación*

Aumentando la frecuencia de rotación mejora la calidad de pulverización del combustible, crece la velocidad de movimiento del aire y la temperatura, así como la presión al final del proceso de compresión alcanzan valores más elevados.

2.5. INFLUENCIA DEL HUELGO ENTRE LA CABEZA DEL PISTÓN Y LA CULATA

Los parámetros indicados del motor Diesel dependen de la cantidad de aire que participa en el proceso de combustión. Particularmente, en el caso de que se empleen cámaras de combustión semi-separadas, ejerce influencia considerable en los índices del motor el huelgo que está sobre la cara del pistón δ_{hp} . Al disminuir δ_{hp} , o sea, al variar, a causa de esto, la relación de compresión, debido a que la relación del volumen de la cámara de combustión en el embolo V_{cc} con respecto al volumen total de la cámara de combustión V_c crece; así como al aumentar la cantidad de aire que pasa al volumen V_{cc} , los índices del motor mejoran. El mínimo valor admisible de δ_{hp} se determina por las condiciones bajo las cuales el conjunto de tolerancias de fabricación de las piezas articuladas garantice la posibilidad de que todo el mecanismo biela-manivela funcione fiablemente y la imposibilidad de que el pistón en su posición del P.M.S entre en contacto con la culata y las válvulas.

3. GENERALIDADES DE LOS MOTORES DE IGNICION POR COMPRESION

Este capitulo es una breve introducción a los motores de Ignición por Compresión, en donde muestran aspectos importantes como sus aplicaciones y las diferencias con los motores de encendido por chispa.

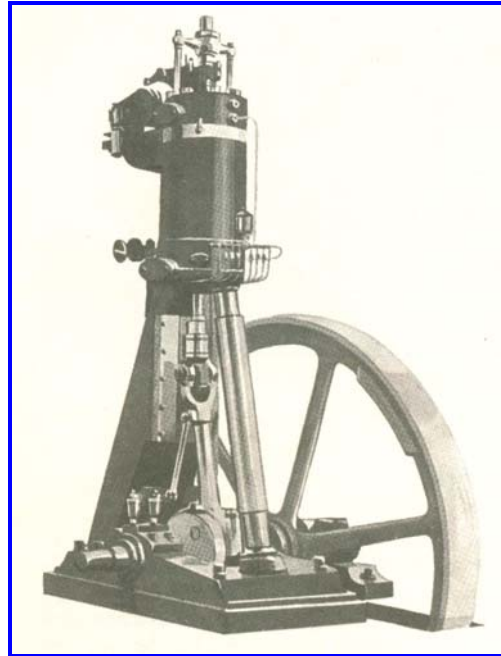
3.1 HISTORIA

El merito de la creación del motor de ignición por compresión se le atribuye al ingeniero Alemán Rudolph Diesel. En 1894, Diesel probó con éxito un combustible líquido, logrando que su motor fuese más económico y eficaz que otros de su época. En 1895, Diesel patentó en Estados Unidos el motor de encendido por compresión (ver figura 8).

Hacia 1900, el uso del motor Diesel estaba extendido en las plantas industriales de Europa. Grandes y pesados los motores Diesel se utilizaban solo en aplicaciones estáticas y al madurar la tecnología del motor Diesel aumento la relación potencia/ peso. Hacia 1924 se hizo a la mar el primer transatlántico con tecnología Diesel, en 1925 fue un autobús el que se beneficio con este tipo de motor y en 1926 apareció el primer camión Diesel.

Después de la II guerra mundial, la gasolina era muy costosa, lo que obligo a los países de Europa y Japón a desarrollar motores Diesel económicos. Actualmente, el motor Diesel permite a los fabricantes ofrecer al consumidor una maquina fiable, con bajo consumo de combustible, que cumple con las normativas sobre emisión de gases.

Fig. 8. Primer motor Diesel. ³



3.2 APLICACIONES DE LOS MOTORES DIESEL

El Diesel es un motor versátil que puede producir desde una fracción de Kw. hasta 38000 Kw. Esta versatilidad es la que le permite al motor Diesel impulsar barcos, generadores, maquinaria de construcción y agricultura, camiones grandes, turismos y camiones pequeños. Esta tecnología no solo es versátil, sino que es más económica y fiable que otras fuentes de potencia. La tecnología Diesel domina claramente en áreas como la de los camiones grandes y medianos y en una gran variedad de maquinas para la construcción y agricultura.

Las características más importantes de los motores Diesel de alta velocidad son:

³ Tomado de MIRALLES DE IMPERIAL, Juan. Motores Diesel Funcionamiento y Estructura. Barcelona: Ceac, 1989.

- Distintos métodos de arranque.
- Un límite de rpm elevado aproximadamente 5.000 rpm frente a 2.100 rpm de los motores de baja velocidad.
- Una cámara de combustión diferente (inyección directa).
- Pueden utilizar distintos sistemas de combustibles.

Además de su empleo en vehículos automotrices, el motor Diesel tiene muchas otras aplicaciones. Se utilizan motores estacionarios para impulsar generadores y producir electricidad o se acoplan con bombas para bombear agua.

Para el trabajo marino, los motores Diesel se construyen en una gran variedad de tamaños, para impulsar embarcaciones pequeñas o buques grandes.

3.3 COMPARACION ENTRE LOS MOTORES DIESEL Y A GASOLINA

En todo estudio que se haga de los motores Diesel tiene interés su comparación con los motores a gasolina, ya que ambos tipos son motores de combustión interna alternativos.

Para una mejor comprensión se ha elaborado un cuadro comparativo (tabla 2), que establece las principales diferencias entre estos dos tipos dos motores.

Los parámetros de comparación utilizados son entre otro: tipo de combustible, relación de compresión, formación de la mezcla, ignición, rendimiento, fuerza, contaminantes, entre otros.

Tabla 2. Comparación Motores Diesel y a Gasolina

<i>Diesel</i>	<i>Gasolina</i>
<p>Combustible</p> <p>A.C.P.M. (aceite combustible para motores), más barato que la gasolina.</p>	<p>Gasolina o gas licuado. Más volátil y explosivo.</p>
<p>Relación de compresión</p> <p>Elevada para asegurar el encendido. Fácil arranque en frío.</p>	<p>No suele pasar de 9 por que debe evitarse el autoencendido.</p>
<p>Formación de la mezcla</p> <p>El embolo aspira aire puro, el combustible lo inyecta una bomba con precisión en tiempo y cantidad.</p>	<p>El embolo aspira aire pero esa presión vaporiza la gasolina que entra ya mezclada al cilindro. También hay motores a gasolina con inyección. (Sin carburador).</p>
<p>Ignición</p> <p>Al inyectar en el aire caliente se enciende el combustible espontáneamente.</p>	<p>La mezcla la enciende una chispa provocada por un complejo sistema eléctrico (batería, bobina, distribuidor y bujía).</p>
<p>Rendimiento</p> <p>Oscila entre 226 y 270g/Kw-H</p>	<p>Esta alrededor de 400g/Kw-H</p>
<p>Fuerza</p> <p>Mantiene la fuerza al aumentar la carga</p>	<p>A igual potencia que un Diesel tiene menos fuerza.</p>
<p>Contaminantes</p> <p>Trabaja con mucho exceso de aire y la contaminación es muy poca.</p>	<p>Tiene más proporción de gases semiquemados y contaminantes de escape.</p>

3.3.1 Ventajas de los motores Diesel. Las ventajas que poseen los motores Diesel son las siguientes:

- *Economía:* consume poco y usa un combustible mas barato.
- *Seguridad:* la seguridad de funcionamiento y el fácil manejo de su combustible líquido, sin peligro, es inigualable.
- *Simplicidad:* aunque las piezas sean caras y robustas su simplicidad de concepción y funcionamiento hace que sea muy fácil interpretar y reconocer sus fallas.
- *Contaminación:* con los inyectores en buenas condiciones la contaminación que producen estos motores es muy poca.

3.3.2 Desventajas de los motores Diesel. Entre los inconvenientes que tienen los motores Diesel podemos citar los siguientes:

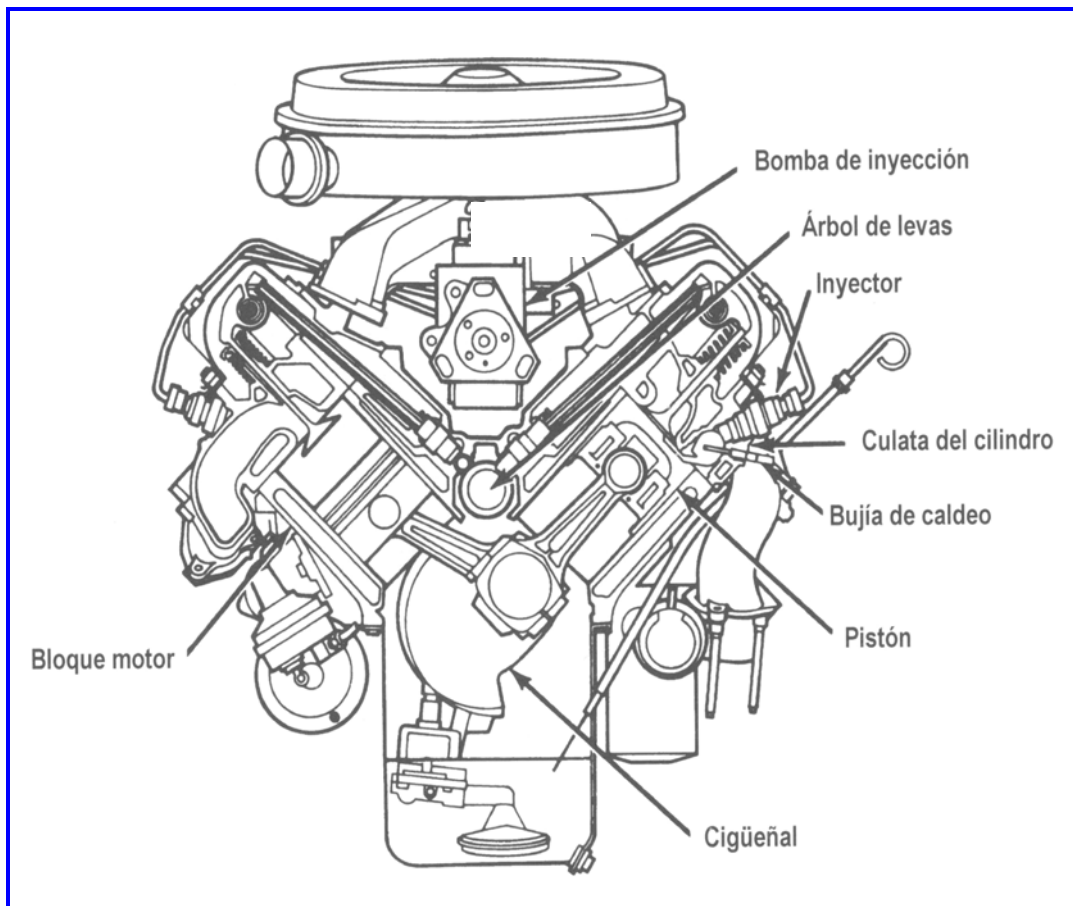
- *Mayor peso:* la alta presión y temperatura de trabajo requieren un motor más robusto y por lo tanto más pesado.
- *Mayor costo:* es consecuencia de la robustez y también de la precisión que exige la fabricación de sus piezas.
- *Gastos de mantenimiento elevados:* por las mismas razones anteriores las piezas de recambio, las revisiones y reparaciones son más costosas.
- *Ruido:* sobre todo en ralentí produce un ruido muy característico, que puede describirse como golpeteo.
- *Arranque en tiempo frío:* los motores Diesel utilizan el calor de la compresión para iniciar la combustión. Cuanto más baja es la temperatura del aire más difícil es conseguir suficiente calor para la ignición.

4. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DIESEL

4.1 COMPONENTES BASICOS DEL MOTOR DIESEL

El motor consta de cierto número de componentes que se ensamblan en la fábrica. Estos componentes se sujetan entre sí con diversos tornillos (pernos). Tuercas y otros sujetadores.

Fig. 9. Componentes básicos del motor Diesel.⁴



⁴ Tomado de RABOLSKY, I. Motores Diesel. México: Paraninfo, 2003.

En la figura 9 se ilustran las partes de un motor básico. Las partes externas están cortadas para poder ver las internas. En algunas partes internas se han hecho cortes seccionales; esto permite identificar su colocación correcta en el motor. A continuación se describen las partes principales del motor y se pueden localizar en la figura que se cita.

Los componentes principales del motor Diesel son:

- Bloque del motor
- Culata del cilindro
- Biela
- Cigüeñal
- Conjunto del tren de válvulas
- Volante

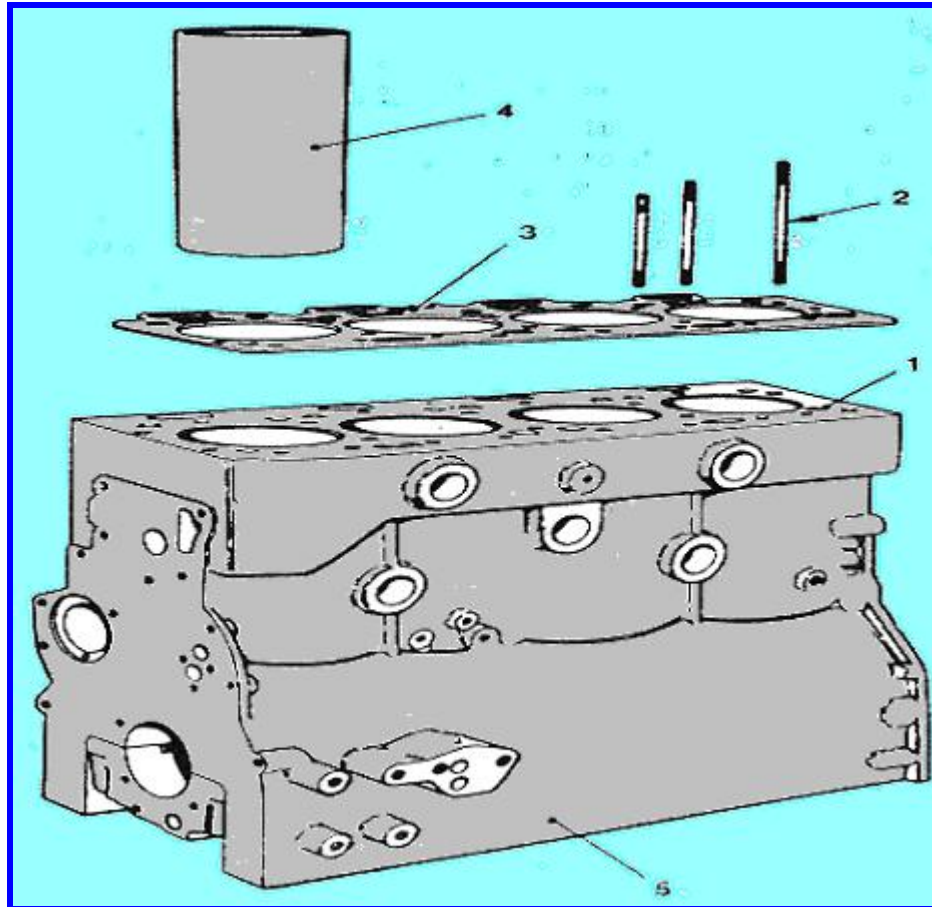
Bloque de cilindros (monoblock)

El bloque de cilindros (Fig. 10) es la parte más grande del motor. Las otras piezas se instalan o se colocan en el bloque. El bloque de cilindros es una sola pieza de hierro fundido con agujeros cilíndricos o cilindros. Los pistones se instalan en los cilindros.

Culata

La culata (Fig. 11) se atornilla en la parte superior del bloque de cilindros para cubrir la parte superior de los cilindros y forma parte de las cámaras de combustión que se forman encima de los pistones y en las cuales se quema la mezcla de aire y combustible. Las válvulas en la culata de cilindros dejan entrar aire a los cilindros y permiten la salida de los gases de escape provenientes de la combustión del combustible.

Fig. 10. Bloque de cilindros ⁵ : 1. parte superior del bloque en donde se atornilla la culata de cilindros, 2. espárragos para la culata, 3. junta de la culata, 4. camisa de cilindro, 5. parte inferior del bloque.



Cigüeñal

El cigüeñal (Fig. 12) está montado en cojinetes en la parte inferior del bloque de cilindros, llamada a veces caja del cigüeñal. Los pistones, que se instalan en los cilindros en el bloque, se conectan con el cigüeñal por medio de las bielas. El cigüeñal gira por la fuerza que ejercen los pistones cuando el motor está en marcha. Los pistones tienen un movimiento hacia arriba y hacia abajo o recíprocante, que se convierte en movimiento rotatorio en el cigüeñal.

⁵ Disponible en www.howstuffworks.com/howdieselengineswork

Fig. 11. Culata ⁶ : 1. culata, 2. válvula de admisión, 3. válvula de escape, 4. resorte de válvula, 5. múltiple de escape, 6. salida de agua.

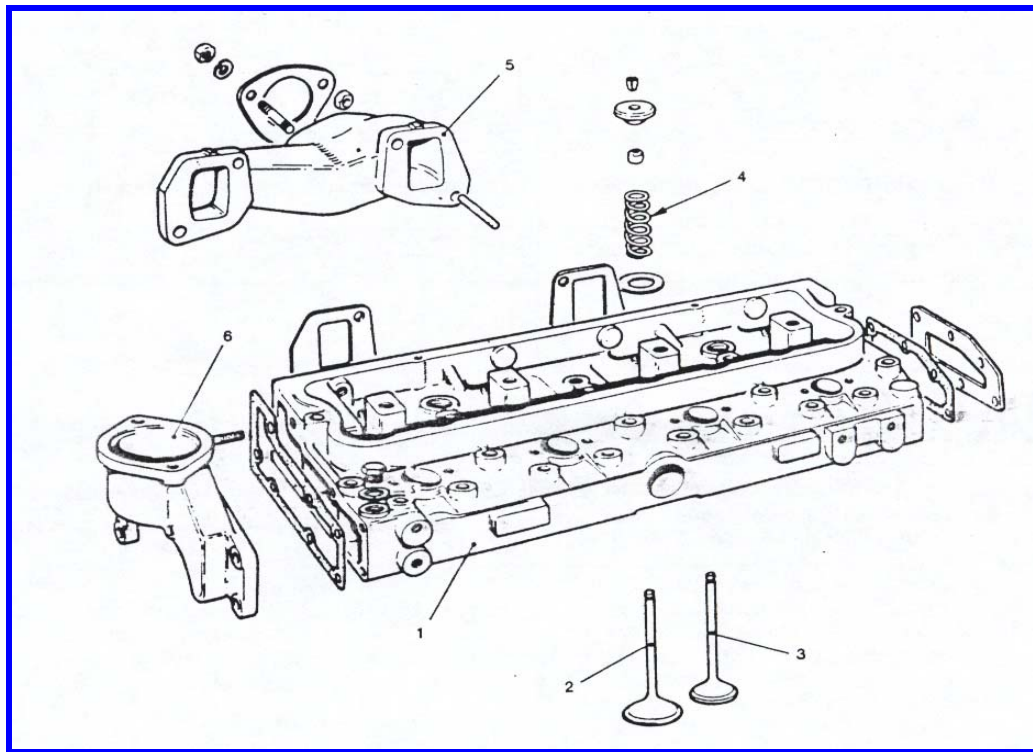
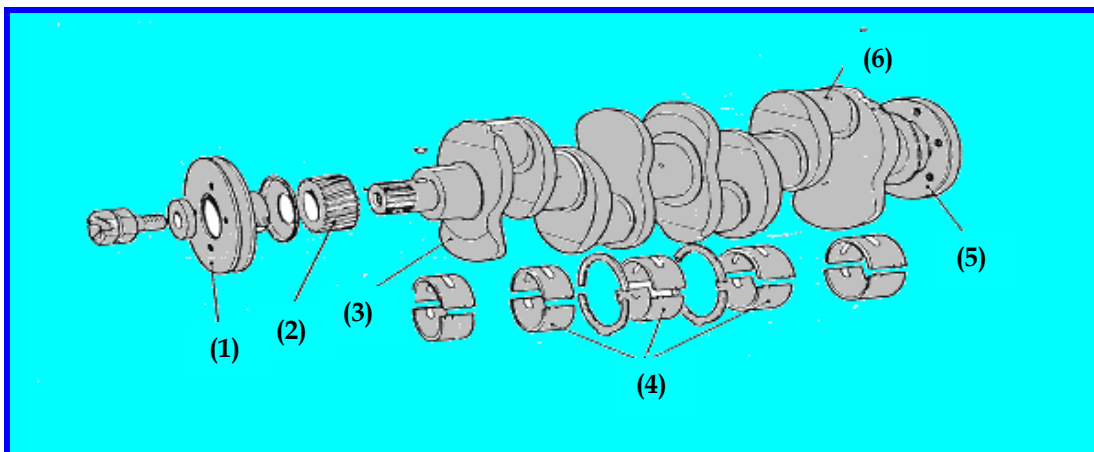


Fig. 12. Cigüeñal y Cojinetes ⁷ : 1. polea, 2. engrane, 3. contrapeso, 4. cojinetes principales, 5. brida para el volante, 6. muñón de biela.



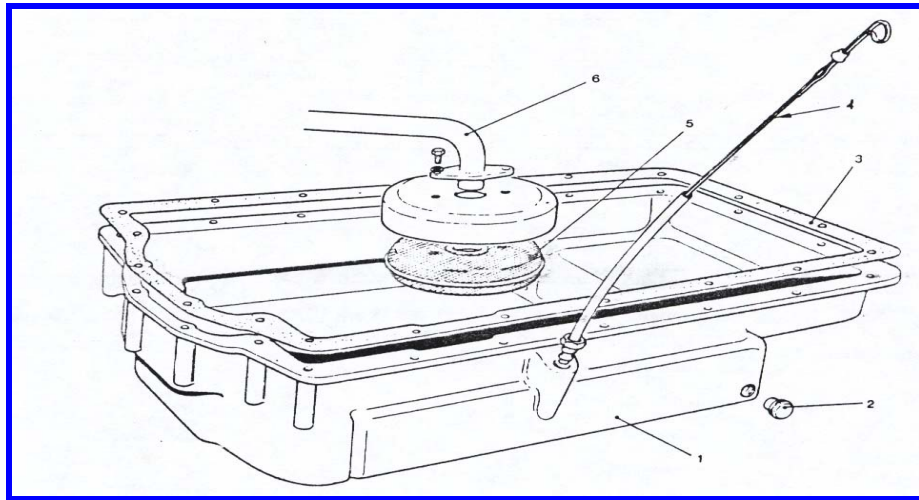
⁶ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

⁷ Disponible en www.howstuffworks.com/howdieselengineswork

Depósito de aceite (cárter).

El depósito de aceite (Fig. 13) se atornilla a la parte más baja del bloque de cilindros para cubrir esa parte del bloque y el cigüeñal. En casi todos los motores, contiene el aceite lubricante.

Fig. 13. Depósito de aceite (carter) ⁸ : 1 depósito, 2 tapón de vaciar, 3 junta, 4 varilla de nivel (bayoneta), 5 colador, 6 tubo de succión de la bomba.

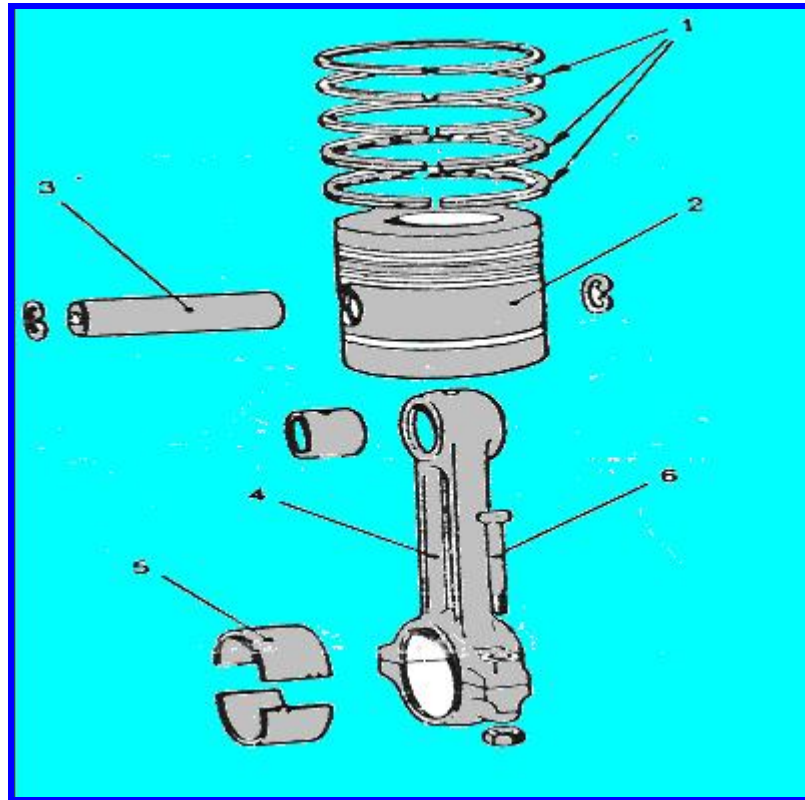


Pistones y bielas

Los pistones se instalan y se mueven en los cilindros. Tienen anillos de pistón que actúan como sellos entre el pistón y la pared del cilindro (Fig. 14.). Los pistones se conectan con el cigüeñal por medio de las bielas. La biela tiene una tapa y un cojinete en su parte inferior que se conecta con el cigüeñal. También se puede mover en el pasador (perno) de pistón en su parte superior u ojo en donde se sujeta en el pistón. La fuerza de los gases de la combustión que actúa contra la parte superior del pistón, lo obliga a bajar dentro del cilindro. Este movimiento se transmite, mediante la biela, al cigüeñal para hacerlo girar.

⁸ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Fig. 14. Conjunto de pistón ⁹ : 1. anillos de pistón, 2. pistón, 3. pasador, 4. biela, 5. cojinetes, 6. tornillo.

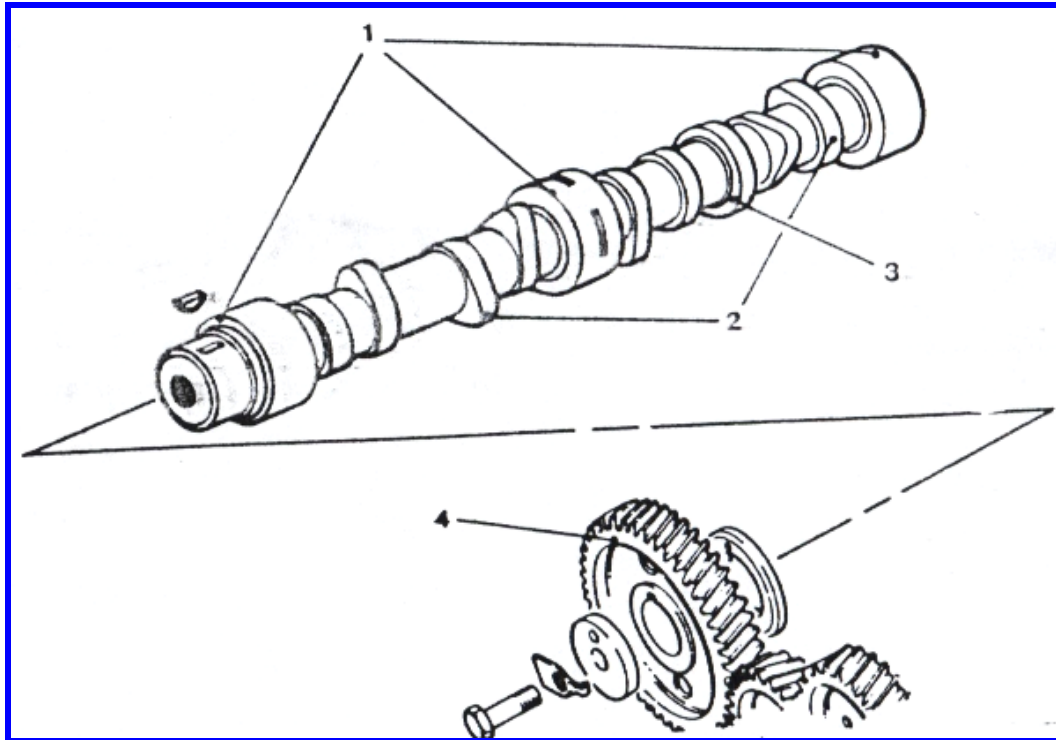


Árbol de levas y válvulas

El árbol de levas (Fig. 15) acciona el mecanismo de válvulas para abrir y cerrar las válvulas en la culata de cilindros. Esto permite la entrada de aire al cilindro por la válvula de admisión y la salida de los gases de combustión por la válvula de escape. En algunos motores del tipo de 2 tiempos, se emplean lumbreras u orificios en lugar de las válvulas de admisión. Las lumbreras en la pared del cilindro quedan descubiertas cuando el pistón, se mueve hacia la parte inferior del cilindro; esto permite la entrada de aire al cilindro. Cuando el pistón se mueve hacia arriba, cierra las lumbreras.

⁹ Tomado de www.howstuffworks.com/howdieselengineswork

Fig. 15. Árbol de levas ¹⁰ : 1 muñones para cojinete, 2 levas de accionamiento de válvulas (dos por cilindro), 3 leva para bomba elevadora de combustible, 4 engrane de árbol de levas.



Tapa de balancines

Está instalada en la parte superior de la culata de cilindros para cubrir el mecanismo de válvulas. En la figura 16 se ilustran, desmontados la tapa y balancines de válvulas.

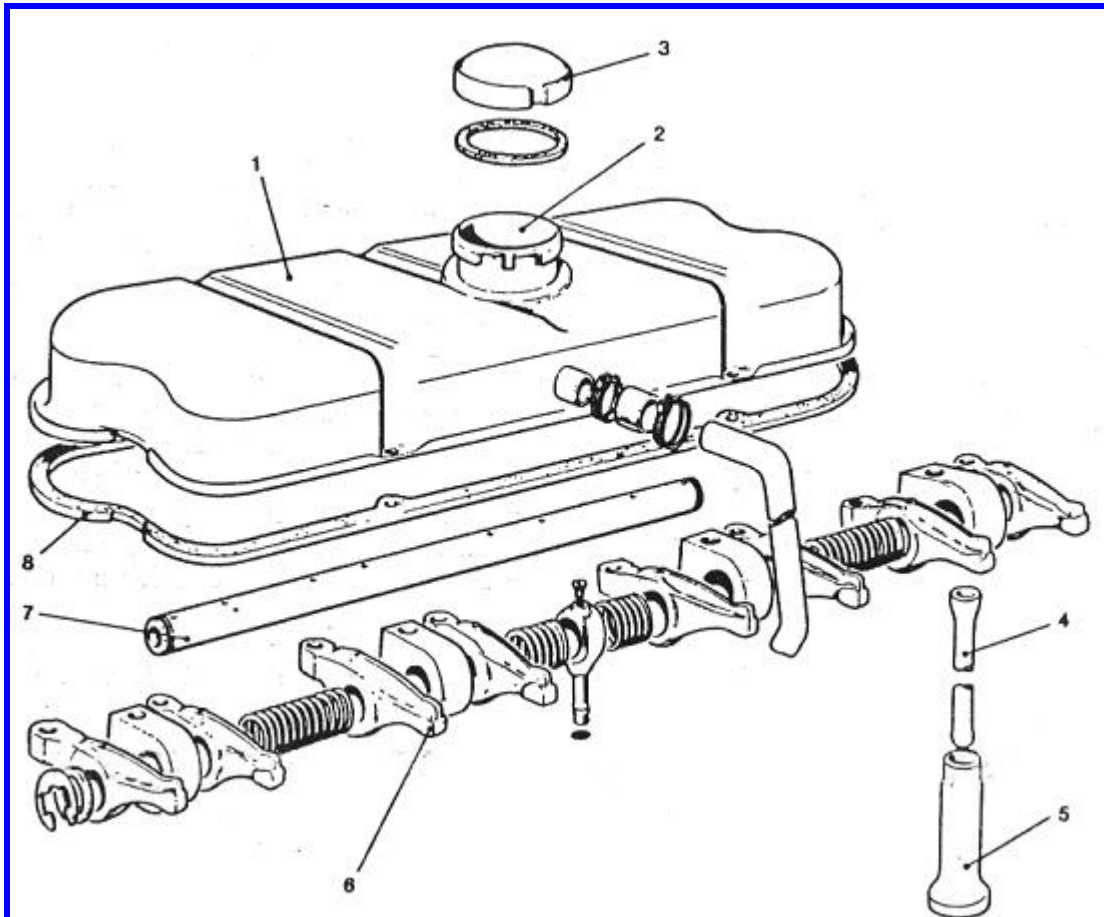
El árbol de levas mueve al impulsor o levantador; este a su vez empuja la varilla hacia arriba para que mueva el balancín y abra la válvula en la culata de cilindros.

¹⁰ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Juntas y sellos

Se utilizan diversos tipos y formas de juntas y sellos entre las superficies de las partes del motor que están unidos con pernos. También se utilizan sellos en los ejes giratorios. Las juntas y sellos se emplean para, sellar entre sí, las piezas del motor e impedir fugas. En la figura 10 se ilustra la junta para la culata de cilindros y en la figura 13 la junta para el depósito de aceite.

Fig. 16. Tapa de balancines y balancines¹¹: 1 tapa de balancines, 2 llenador de aceite, 3 tapón del llenador de aceite, 4 varilla de empuje, 5 impulsor (levantador), 6 balancín, 7 eje de balancines, 8 junta.

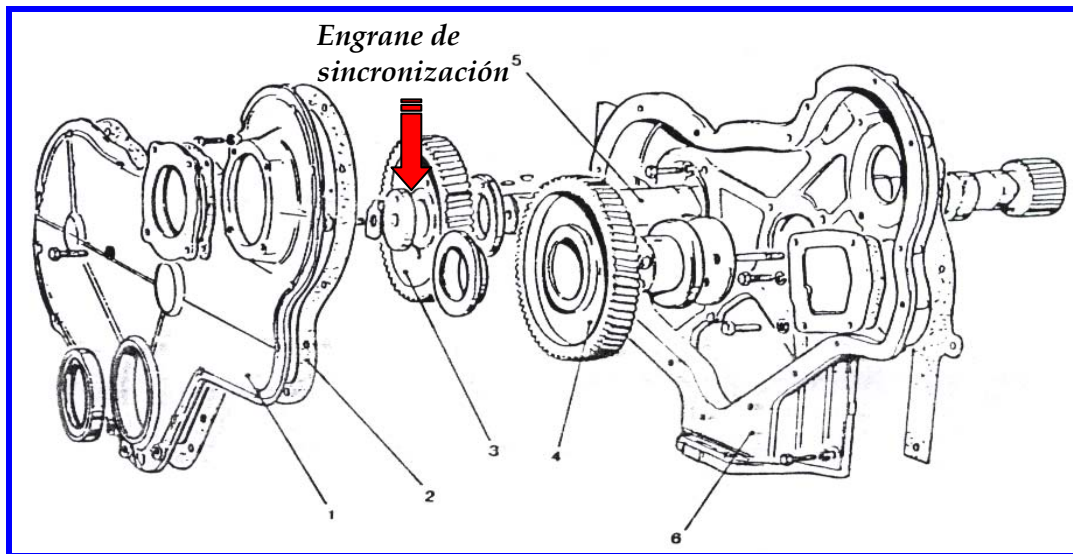


¹¹ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Engranes de sincronización (tiempo)

Los engranes de sincronización (tiempo) (Fig. 17) están en el frente del motor cubiertos por la tapa de engranes. El tren de engranes, con el movimiento del cigüeñal hacen girar el árbol de levas y también impulsan la bomba de inyección de combustible y otros accesorios.

Fig. 17. Caja y tapa de engranes de sincronización¹²: 1 tapa, 2 junta, 3 engrane de sincronización, 4 engrane de mando auxiliares, 5 árbol de levas, 6 caja.



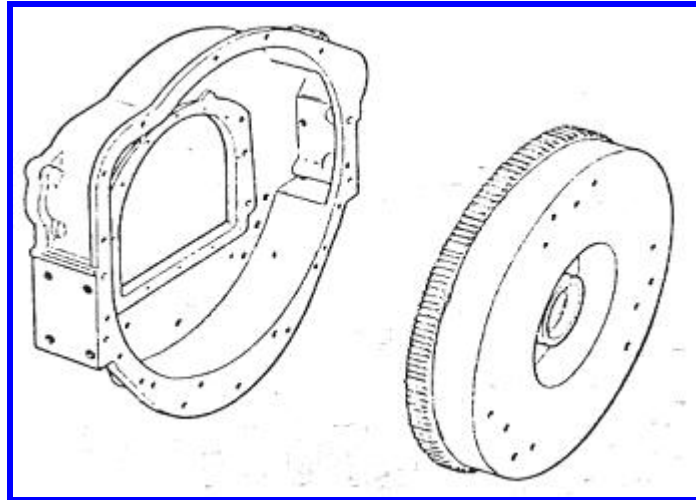
Volante del motor

El volante (Fig. 18) es una rueda gruesa y pesada, montada en la parte trasera del cigüeñal. Su función básica es reducir las vibraciones porque suaviza los impulsos de potencia de los pistones. Absorbe energía durante la carrera de potencia y cede esa energía durante las otras carreras del pistón para que el cigüeñal siga girando con suavidad. En el volante se instala una cremallera

¹² Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

que acopla con el piñón del impulsor del motor de arranque para poner en marcha el motor Diesel.

Fig. 18. Volante y cubierta del volante.¹³



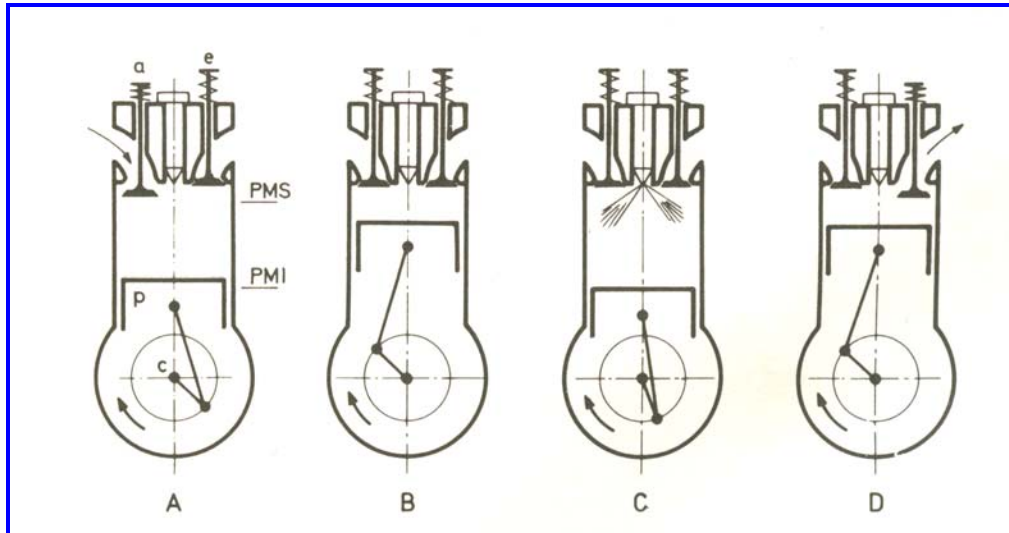
4.2. CICLOS DE CUATRO TIEMPOS

Para que un motor Diesel de cuatro tiempos funcione adecuadamente, las válvulas y los inyectores deben encontrarse en relación directa unos con otros y con los cuatro ciclos del motor. Las válvulas de admisión y de escape se accionan a través del árbol de levas, al que le unen los taques, empujadores y balancines.

Los inyectores funcionan a través de sistemas hidráulicos o mecánicos, sincronizados por la rotación del cigüeñal y/o del árbol de levas para que pulvericen el combustible en la cámara de combustión en el momento preciso para que ésta sea efectiva.

¹³ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Fig. 19. Los cuatro ciclos del motor Diesel¹⁴ : A) Tiempo de admisión, B) Tiempo de compresión, C) Tiempo de combustión, D) Tiempo de escape.



De acuerdo a la figura 19 se pueden ver los siguientes ciclos:

4.2.1. Tiempo de admisión. Durante el tiempo de admisión, el pistón se desplaza hacia abajo con la válvula de admisión abierta y la válvula de escape cerrada. El descenso del pistón permite que el aire atmosférico entre en el cilindro por los conductos de llenado. La carga de admisión consiste sólo en aire y no contiene mezcla de combustible.

4.2.2. Tiempo de compresión. Al final del tiempo de admisión, con el pistón situado en el punto muerto inferior (PMI), la válvula de admisión se cierra y el pistón inicia el ascenso en su tiempo de compresión. La válvula de escape permanece cerrada. Al final de este tiempo el pistón ha obligado al aire a ocupar un volumen mucho más pequeño que el que ocupaba al inicio de este

¹⁴ Tomado de MIRALLES DE IMPERIAL, Juan. Motores Diesel Funcionamiento y Estructura. Barcelona: Ceac, 1989.

tiempo. Así pues, la relación de compresión es la proporción directa del espacio que ocupa el aire en la cámara de combustión antes y después de su compresión.

Las relaciones de compresión oscilan entre los 14:1 a 22:1 en comparación con los motores de gasolina que lo hacen entre 7,5:1 a 9,5:1. La compresión del aire en un pequeño espacio ocasiona el aumento de su temperatura hasta un punto que es capaz de encender el combustible inyectado, que posee un punto de inflamación inferior a la temperatura del aire comprimido, se inyecta el combustible dentro del cilindro al final del tiempo de compresión y puede continuar durante el inicio del tiempo de combustión.

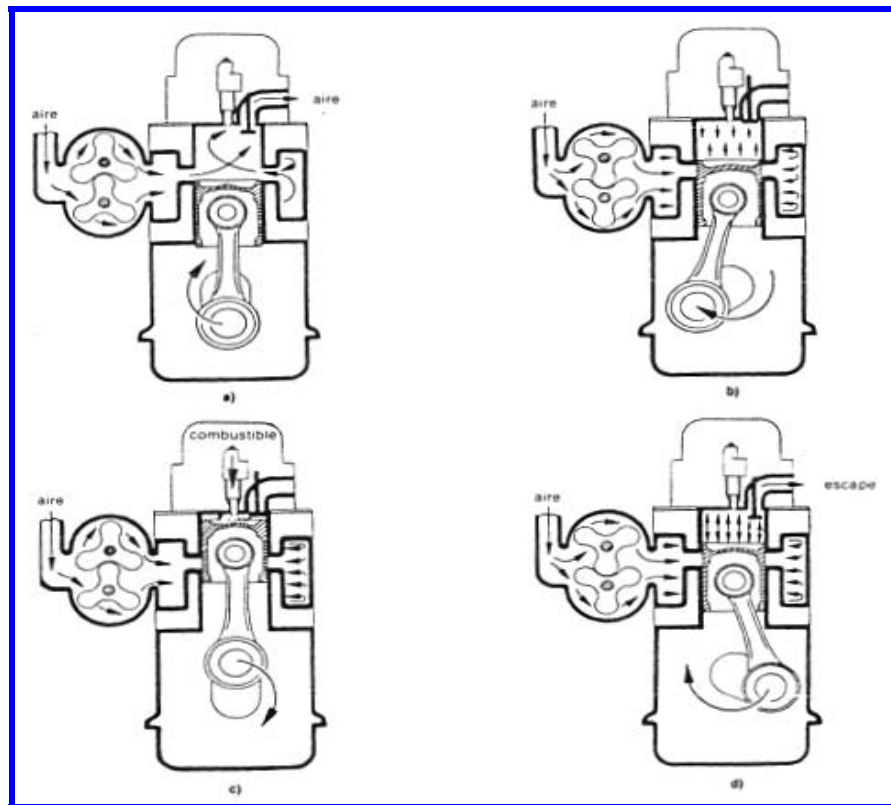
4.2.3. Tiempo de combustión. Durante el inicio del tiempo de combustión (o expansión), el pistón se ve empujado hacia abajo por los gases que se queman y se expanden. Tanto la válvula de admisión como la de escape permanecen cerradas. A medida que reañade más combustible al cilindro y se quema los gases son más calientes y se expanden con mayor rapidez, lo que empuja al pistón hacia abajo con una fuerza mucho mayor que obliga al cigüeñal a girar produciendo trabajo.

4.2.4. Tiempo de escape. Cuando el pistón alcanza el PMI, se abre la válvula de escape y el cilindro empieza a moverse hacia arriba. La válvula de admisión permanece cerrada. El paso hacia arriba del pistón obliga a los gases cerrados de la cámara de combustión a penetrar en la lumbrera de escape y en el colector de escape. Cuando el pistón alcanza el PMS e inicia el movimiento hacia abajo, se repite el tiempo de admisión y el ciclo de los diferentes tiempos continua de la secuencia adecuada.

4.3. CICLOS DE DOS TIEMPOS

En el ciclo de dos tiempos (ver Fig. 20), los de admisión y de escape se producen durante los tiempos de compresión y combustión. Contrastando con el motor de cuatro tiempos que precisa cuatro carreras para cumplir su ciclo, el motor de dos tiempos sólo precisa dos carreras para hacerlo. En este tipo de motores existe un "soplador" para que fuerce la entrada de aire en los cilindros aportando aire fresco para la combustión y expeliendo los gases quemados. En las paredes de los cilindros existe una hilera de lumbreras por encima de la posición del pistón cuando se halla en el PMI.

Fig. 20. Ciclo del Diesel de dos tiempos¹⁵ : a) barrido, b) compresión, c) potencia, d) escape.



¹⁵ Tomado de CHILTON, B. Manual Diesel de Reparación y Mantenimiento. Madrid: Centrum, 1992.

Estas lumbreras permiten al aire pasar desde el soplador hacia el cilindro tan pronto como el borde superior del pistón las descubre. Las válvulas de escape están situadas en la culata y se abren y se cierran por un sistema regulador de válvulas, comandado por un árbol de levas sincronizado con el cigüeñal. Con el pistón en el PMI, las lumbreras de admisión se abren y se obliga al aire fresco a penetrar en el cilindro. Las válvulas de escape están abiertas para permitir que el aire fresco "barra" los gases quemados del cilindro, obligándolos a penetrar en las lumbreras de la válvula de escape. Cuando el pistón asciende, cierra las lumbreras de admisión y se cierran las válvulas de escape por parte del árbol de levas, con lo que el cilindro queda cerrado. El pistón continúa ascendiendo en la fase de compresión del tiempo de combustión y cuando alcanza el PMI, se inyecta el combustible finamente pulverizado en el cilindro e inmediatamente empieza a quemar por el aumento de temperatura del aire comprimido. A medida que progresa la combustión, los gases se expanden y obligan al pistón a desplazarse hacia abajo en el tiempo de combustión productor de trabajo. Las válvulas de escape vuelven a abrirse cuando el pistón ha llegado a la mitad de la carrera y permiten que los gases quemados desaparezcan por el colector de escape.

Cuando el pistón se desplaza hacia abajo, se descubren las lumbreras de admisión y el cilindro vuelve a ser barrido por aire fresco. Este ciclo de combustión se completa en cada cilindro y en cada revolución del cigüeñal o lo que es lo mismo, cada dos tiempos. Un motor de dos tiempos precisa de la asistencia de un soplador para barrer los gases quemados, lo que absorbe potencia. A carga parcial, el soplador continúa bombeando a su máxima capacidad, reduciendo la eficiencia del motor. Además, los motores de dos tiempos precisan generalmente radiadores de aceite a causa de la alta temperatura de combustión y mínimo tiempo de que se dispone para

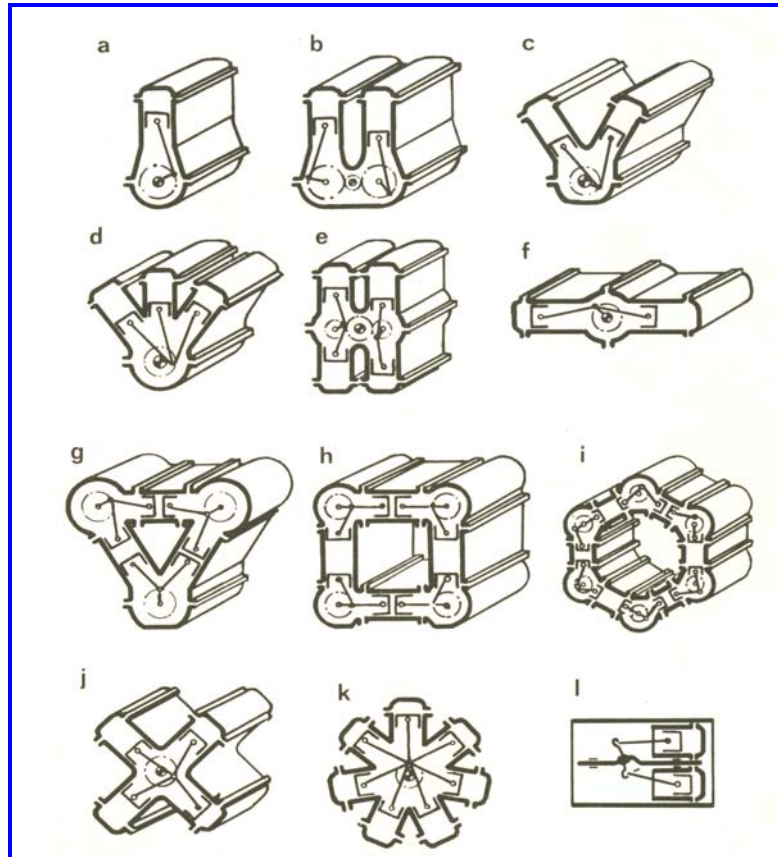
refrigerar los pistones y las cámaras de combustión. La mayoría de los Diesel altamente revolucionados, frecuentes en los automóviles, son de ciclo de cuatro tiempos mientras que los motores industriales pesados que funcionan a pocas rpm utilizan el sistema de dos tiempos.

4.4. CONFIGURACIONES DEL MOTOR DIESEL

Existen varias formas de clasificar los motores Diesel (ver figura 21). La clasificación más extendida es por la potencia desarrollada, que puede oscilar entre 3 y 40.000 caballos de vapor, pero los Diesel se clasifican también según el tipo de ciclo, el número de cilindros, el tipo de combustible utilizado y la disposición de los cilindros.

La disposición de los cilindros del motor Diesel (configuración) es tan variada como las aplicaciones en que se utilizan estos motores. La configuración más frecuente es el familiar motor vertical en línea. Cuando este tipo de motor vertical se coloca sobre uno de sus lados, se conoce como motor plano u horizontal en línea. Esta configuración plana en línea puede presentar todos sus cilindros a un lado o bien un número usual de cilindros a cada lado del cigüeñal. Con un número igual de cilindros a cada lado, este motor se denomina de tipo plano opuesto. La siguiente configuración más popular es el igualmente familiar en V. en la que los cilindros se disponen en ángulo con vértice en el cigüeñal. Es habitual especificar el ángulo de la V. como 45, 50, 55, 60 o 90 grados, éste ángulo depende del número de cilindros y del diseño del cigüeñal. El diseño del motor radial tiene los cilindros dispuestos en un círculo alrededor de un cigüeñal común. En este tipo de motor las bielas de todos los pistones actúan en un sólo codo del cigüeñal que gira alrededor del centro del círculo.

Fig. 21. Diferentes configuraciones de motores Diesel¹⁶ : A) en línea, B) dos líneas unidas, C) en V, D) en V, E) en H, F) cilindros opuestos, G),H),I) cilindros opuestos con el eje del cilindro formando un polígono (triángulo, cuadrado y hexágono), J) en X, K) en estrella, L) cilindros en círculo sobre el plato del cigüeñal.



Un tipo de motor radial coloca cuatro series de cilindros uno sobre otro y utiliza un único cigüeñal para constituir un motor de 16 cilindros. La mayor ventaja del motor de tipo radial es que es muy compacto. En aproximadamente la mitad de espacio, el motor radial proporciona los mismos caballos de vapor que un motor en línea de similar cilindrada. Estos motores se utilizan para generar electricidad, para la reducción electrolítica del aluminio, para producir potencia en estaciones centrales de potencia.

¹⁶ Tomado de MIRALLES DE IMPERIAL, Juan. Motores Diesel Funcionamiento y Estructura. Barcelona: Ceac, 1989.

5. DISEÑOS DE LA CAMARA DE COMBUSTION

Las cámaras de combustión pueden dividirse en dos grupos básicos.

- Inyección directa (ID).
- Inyección indirecta (II).

La ID suele encontrarse en motores Diesel grandes de baja velocidad como camiones pesados y tractores. La ID se esta utilizando en algunos automóviles pequeños ya que tiene algunas ventajas sobre la II.

5.1 INYECCION DIRECTA

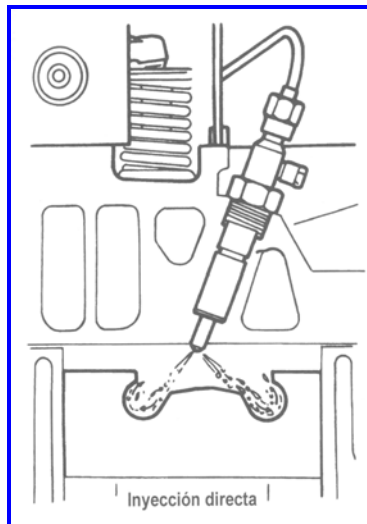
El sistema de ID inyecta el combustible directamente en el área de combustión que esta encima del pistón. Este sistema se denomina a veces cámara de combustión abierta, por que la cámara de combustión tiene acceso directo a las válvulas de admisión y escape. La cámara ID (figura 22) tiene menor consumo específico de combustible, en comparación con otros diseños. Su eficiencia térmica es mayor, principalmente por que:

- El área de la pared de la cámara de combustión es menor, en comparación con el volumen de combustión.
- La combustión sobre el cilindro es mayor y menor contacto con el refrigerante.

Esto significa que produce una menor pérdida de calor al sistema de refrigeración. Los motores ID también ejercen una menor tensión sobre el

pistón, segmentos y otras partes mecánicas. Una de las razones se debe simplemente a las menores relaciones de compresión. Otra razón es que la combustión se produce principalmente sobre el área del pistón. El pistón es empujado más uniformemente al principio de la carrera de trabajo.

Fig. 22. Inyección directa¹⁷



Finalmente con la ID se evacua más fácilmente los gases de escape. Una desventaja de la ID es el ruido que produce, razón por la cual no se utiliza en motores rápidos, sin embargo, como el consumo específico es bueno, los ingenieros han conseguido mejorar este diseño obteniendo motores con un rango superior de rpm.

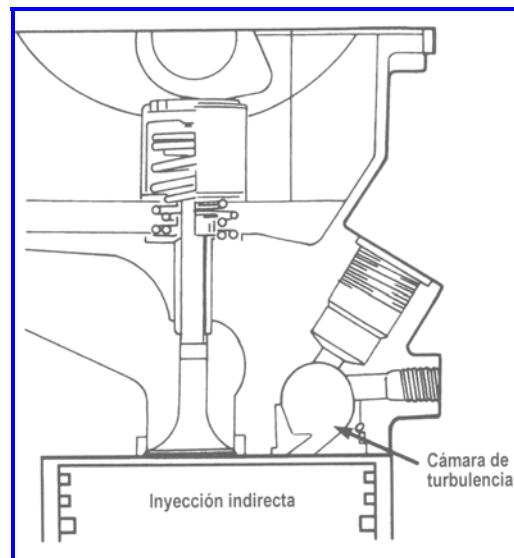
5.2 INYECCIÓN INDIRECTA

La inyección indirecta (II) inyecta el combustible en una antecámara (cámara auxiliar), que esta comunicada con la cámara principal por un estrecho conducto (figura 23). Este diseño también se conoce como cámara dividida.

¹⁷ Tomado de RABOLSKY I. Motores Diesel. México: Paraninfo, 2003.

No existen válvulas ni de admisión ni de escape en la antecámara. El aire es empujado por el estrecho conducto en la carrera de compresión y entra turbulentamente en la antecámara. Una vez que la tobera pulveriza el combustible en la antecámara, comienza la combustión en este lugar. Sin embargo, no hay suficiente aire para completar la combustión del combustible. Los gases inflamados en expansión se abren camino hacia la cámara principal y se mezclan completamente con el aire. De esta forma se quema rápida y totalmente la rica mezcla de aire/combustible remanente.

Fig. 23. Inyección indirecta.¹⁸



5.3 TIPOS DE CAMARAS

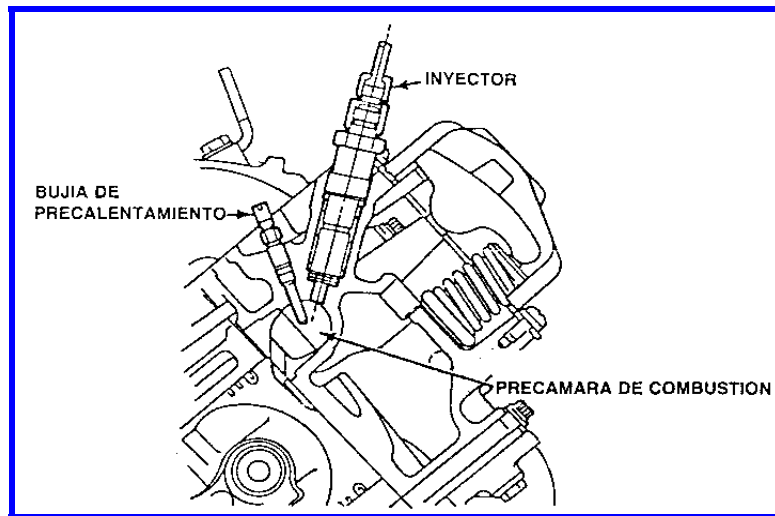
Existen dos tipos básicos de cámaras de combustión para el sistema de inyección indirecta.

- La cámara de precombustión.
- La cámara de turbulencia.

¹⁸ Tomado de RABOLSKY I. Motores Diesel. México: Paraninfo, 2003.

5.3.1 Cámara de precombustión. En este diseño, una parte del espacio muerto se localiza en una cámara separada en la culata o en la pared del cilindro. Está conectada con el espacio que se halla por encima del pistón mediante una o más conexiones. Al comprimir el aire del cilindro se imprime un alto grado de turbulencia cuando este pasa a través del estrecho canal hacia la Cámara de precombustión de combustión.

Fig.24. Cámara de precombustión. ¹⁹



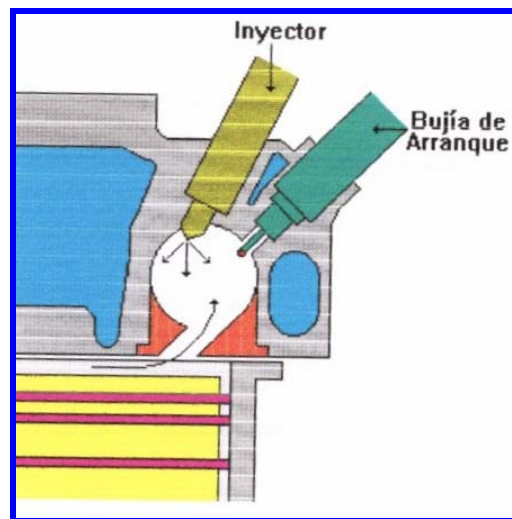
Cuando se inyecta el combustible en la Cámara de precombustión y se pone en contacto con el aire comprimido caliente quema parcialmente, aumentando la presión. La presión obliga a la mezcla que se quema a desplazarse a través del canal hacia el cilindro donde se produce la combustión completa. Estas cámaras generalmente representan del 25 al 40% del total del espacio muerto y reducen algo el rendimiento térmico, debido a la mayor superficie de la cámara de combustión. Pero garantizan una

¹⁹ Tomado de CHILTON, B. Manual Diesel de Reparación y Mantenimiento. Madrid: Centrum, 1992.

combustión uniforme y se pueden quemar una gran variedad de combustibles sin ninguna dificultad.

5.3.2. Cámara de turbulencia. Varios motores Diesel están equipados con una cámara de turbulencia amovible localizada en la culata (ver Fig. 25). El inyector y la bujía de calentamiento están dispuestos para que sus extremos funcionantes se hallen en la cámara. La capacidad de la cámara es de $\frac{3}{4}$ del volumen total de aire en el momento final de la compresión. Generalmente la cámara es de forma esférica con el paso del aire que cada vez, es más pequeño a medida que el pistón alcanza el extremo superior de su carrera para aumentar los efectos de turbulencia.

Fig. 25 Cámara de turbulencia.



Como en otros diseños, el combustible se inyecta en el momento de máxima turbulencia para asegurar una mezcla completa de aire y combustible. En la mayoría de motores, la mitad interior de la cámara de turbulencia es una pieza amovible fabricada con un metal especialmente resistente al calor y forma el conducto de unión con el cilindro. La cámara de turbulencia se halla

en la mitad superior de la culata y está refrigerada. La refrigeración por agua enfría la parte superior de la cámara para prolongar la vida del inyector y de la bujía de precalentamiento. Las características térmicas de la parte inferior de la cámara de turbulencia actúan como un control automático para adaptar la combustión a las necesidades de carga. A medida que aumenta la carga del motor, aumenta la temperatura. El combustible dirige al centro de la cámara, al 90° con respecto al flujo de aire, lo que ocasiona que la pulverización del combustible choque con la concavidad y produce el alto grado de vaporización y encendido.

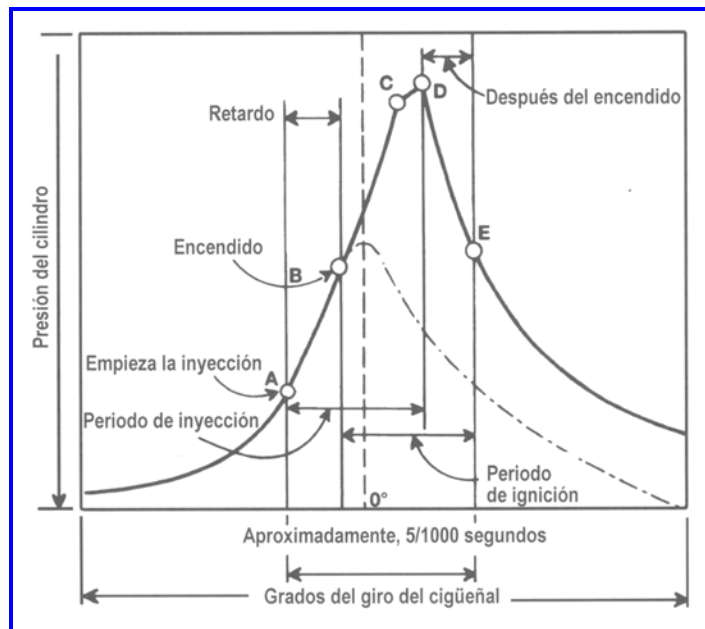
5.4 PROCESO DE COMBUSTION

La combustión es un proceso físico-químico complejo, su surgimiento, desarrollo y plenitud quedan definidos por las particularidades y las velocidades de las reacciones químicas, por las condiciones de transferencia de calor y masa en la zona de llama, así, como por la transferencia de calor a través de las paredes. La velocidad de los procesos de oxidación y combustión puede evaluarse a partir de la velocidad con que se consumen las sustancias iniciales (combustible u oxígeno) o bien por la velocidad de elevación de la temperatura o presión, lo que para fines prácticos es más cómodo. El proceso de combustión del motor Diesel se divide en tres periodos:

- El primer periodo se denomina *retardo* o *retardo al encendido* y comprende el tiempo que transcurre desde que se inyecta el combustible en el cilindro al final de la carrera de compresión hasta que la mezcla empieza arder se requiere aproximadamente de 0.001 segundos para que se vaporice el combustible y se mezcle con el aire caliente.

- El segundo periodo, denominado *fase de combustión rápida*. Empieza cuando la mezcla aire/combustible es proporcional y la temperatura lo suficientemente alta para iniciar el autoencendido. Cuando se quema el combustible inicialmente inyectado, sube repentinamente la presión en el cilindro produciendo el familiar golpeteo en el motor Diesel.
- Durante el tercer periodo o *fase de combustión controlada*, el inyector continúa vertiendo combustible a la cámara de combustión, pero este rico núcleo de combustible no se prende hasta que se una con el aire. Los gases ya inflamados causan una tremenda turbulencia, mezclándose el aire con el combustible. El aumento de la presión es más lento que en el periodo anterior. Durante este periodo es cuando mayor liberación de energía tiene lugar. En la figura 26 se aprecia con más claridad el proceso de combustión descrito y el aumento de la presión en el cilindro.

Fig. 26 Proceso de combustión y aumento de presión en el cilindro.²⁰



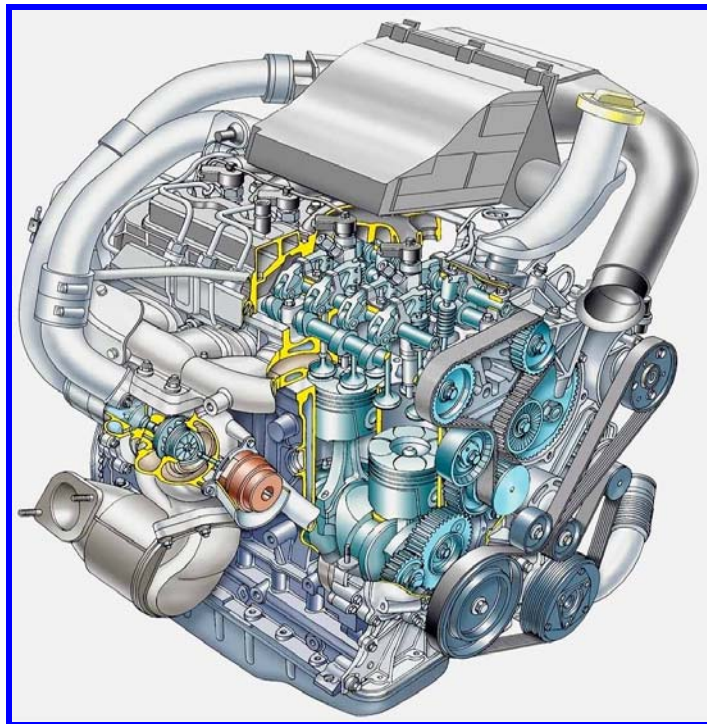
²⁰ Tomado de RABOLSKY I. Motores Diesel. México: Paraninfo, 2003.

6. PRINCIPALES SISTEMAS DE LOS MOTORES DE IGNICION POR COMPRESION

De acuerdo a la Figura 27, los principales sistemas del motor Diesel, es decir el motor en sí y los equipos auxiliares y accesorios necesarios para su funcionamiento, son los siguientes:

1. El sistema de arranqué.
2. El sistema de admisión y escape.
3. El sistema de combustible.
4. El sistema de enfriamiento.
5. El sistema de lubricación.

Fig. 27. Corte Motor en línea vista frontal. ²¹



²¹ Disponible en www.howstuffworks.com/howdieselengineswork.

Estos sistemas, en combinación, permiten poner en marcha el motor y que siga funcionando.

El sistema de arranque pone en marcha el motor; el sistema de combustible suministra el combustible para el arranque y marcha normal; el sistema de enfriamiento controla la temperatura del motor; el sistema de lubricación circula aceite por todo el motor para reducir la fricción y prevenir el desgaste; el motor forma aire a través del sistema de admisión de aire y los gases quemados se descargan a través del sistema de escape.

Algunas partes de los sistemas antes citados son integrales con el motor. Otras, se instalan en el exterior del motor o en algún lugar en el bastidor o en la carrocería adyacente al compartimiento del motor del vehículo.

En este capítulo se describirán las partes principales del motor y de sus accesorios y se comentaran con más detalle en capítulos posteriores.

6.1 SISTEMA DE ARRANQUE

Es necesario un sistema de arranque robusto para vencer la elevada relación de compresión y la alta viscosidad en frío para asegurar que la velocidad del pistón es suficientemente rápida para que el aire comprimido retenga su calor.

El sistema de arranque eléctrico utilizado en los motores Diesel es muy similar al usado en los motores a gasolina. Sin embargo, como la carga del motor es mucho mayor, se necesitan baterías de mayor capacidad, cables del motor de mayor diámetro y motores de arranque más grandes.

6.2 SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE

Para que el motor Diesel funcione correctamente debe poder tomar tanto aire como sea posible. El propósito del sistema de admisión es facilitar la entrada de aire filtrado y amortiguar el ruido del motor. Para cumplir estas tareas el sistema de admisión Diesel tiene un tamaño un poco mayor que el del motor a gasolina, y suele ser equipado con un silenciador (resonador).

La toma de aire de admisión, el filtro de aire y el colector de admisión se fabrican lo más grandes posibles para satisfacer los requerimientos de funcionamiento.

El silenciador de admisión es un dispositivo amortiguador montado normalmente en la admisión del filtro de aire. Actúa de forma muy parecida al silenciador del sistema de escape.

El colector de admisión puede estar fabricado de hierro fundido o aluminio. Este colector es más grande para adaptarse al volumen extra de aire necesario para el Diesel. Algunos motores utilizan un colector de admisión variable que hace uso de las ondas de presión del colector, variando la longitud y volumen del impulsor de admisión para las rpm del motor, para ayudar a empujar más aire en el cilindro.

El sistema de escape de un tractor, automóvil o camión Diesel tiene un diseño convencional con algunas modificaciones. El amortiguador está ajustado con la salida del motor Diesel facilitando la salida de los gases de escape. El colector de escape se fabrica de hierro fundido y suele ser de mayor tamaño para resistir los choques térmicos y las vibraciones.

6.3 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de combustible incluye el filtro de combustible, la bomba de combustible, tubería de alta presión de combustible (entrada al inyector), los inyectores y conductos de retorno de combustible (salida del inyector).

El combustible viene del tanque de abastecimiento, pasa por el respectivo filtro y entra a la bomba de combustible. Al salir de la bomba con presión, el combustible es forzado a través de las tuberías de alta presión para llegar a cada inyector, suministrando al cilindro la cantidad adecuada de combustible, en el momento indicado.

El exceso de combustible de los inyectores regresa al tanque de abastecimiento por medio de los conductos de retorno.

6.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Este sistema es el encargado de absorber el calor que resulta del proceso de la combustión en los cilindros, de los componentes tales como válvulas de escape, camisas de cilindros y pistones, los cuales están rodeados de agua. Además, el calor que absorbe el aceite también lo elimina el refrigerante del motor en el enfriador de aceite por agua.

A este sistema pertenece el radiador, el ventilador y la bomba de agua. Dicha bomba del agua es del tipo centrifuga, la cual, hace circular el refrigerante del motor. El líquido refrigerante es succionado de la parte inferior del radiador mediante la bomba de agua y es forzado a pasar a la caja del enfriador del aceite, al bloque y a ala culata de cilindros.

Después de que el refrigerante cumple con su misión baja por una serie de tubos del radiador disipando el calor absorbido por medio del flujo forzado de aire producido por el ventilador.

6.5 SISTEMA DE LUBRICACION

Incluye diversos componentes como la bomba de aceite, filtro de flujo completo y filtro de By-Pass, enfriador de aceite y válvula de derivación.

La bomba de aceite puede ser de engranajes externos o de tipo georrotor. El aceite circula por succión partiendo desde el carter y pasando a través del colador a la tubería de entrada de la bomba de aceite donde adquiere presión. Luego pasa de la bomba a una galería pequeña en el bloque de cilindros y a la placa adaptadora del enfriador del aceite. Al mismo tiempo, parte del aceite de la bomba se dirige a una válvula de alivio a presión de resorte montada sobre el bloque de cilindros. Esta válvula descarga el exceso de aceite al carter cuando la presión de la bomba excede la presión de taraje de dicha válvula.

La presión del aceite se mantiene estable dentro del motor a todas las velocidades si importar la temperatura del aceite, por medio de una válvula reguladora de presión. Cuando en esta válvula la presión del aceite excede su taraje, descarga el exceso al carter.

El aceite con presión fluye desde la galería principal de aceite, a través de pasajes taladrados hacia cada cojinete de bancada y luego pasa por medio de ranuras en las mitades de dichos cojinetes de bancada y de biela sin carga y pasajes taladrados en el cigüeñal. Las bielas estriadas llevan aceite desde los cojinetes de biela al buje del pasador del pistón (bulón).

Los pasajes de aceite taladrados diagonalmente en la parte superior del bloque, que interceptan la galería principal de aceite, llevan aceite a todos los cojinetes del extremo trasero del cigüeñal. Luego el aceite es conducido a través del taladro estriado del árbol de levas a los cojinetes intermedios delanteros y extremos. El aceite de los cojinetes intermedios se dirige a los lóbulos del árbol de levas y los rodillos de levas los cuales funcionan en un baño de aceite.

El mecanismo de operación del inyector y de la válvula se lubrica desde un pasaje longitudinal de aceite ubicado en el lado del árbol de levas en la culata de cilindros, que se conecta a la galería principal de aceite en el bloque de cilindros.

7. SISTEMA DE ARRANQUE

Existen distintos métodos para arrancar un motor Diesel. Los principales son los motores eléctricos, motores a gasolina, motores de arranque hidráulico y sistemas de arranque por aire comprimido. Todos ellos funcionan al engranar un piñón con el volante del motor.

7.1. ARRANQUE ELECTRICO

Los motores de arranque eléctrico se utilizan ampliamente en los motores diesel pequeños y grandes y casi exclusivamente en el campo de la automoción. Son motores de corriente continua y funcionan a 12 o 24 voltios, según el tamaño del motor diesel. La energía para el arranque del motor la proporciona una batería eléctrica del tipo plomo-ácido, que se mantiene cargada por la acción de un dínamo o un alternador con un sistema adecuado de regulación. El movimiento procede de un eje accesorio del motor diesel.

En los motores diesel de automoción, el dínamo o el alternador generalmente son de 12 voltios lo que obliga a que los sistemas de alumbrado y otros accesorios sean también de 12 voltios.

Como se es sabido el calor procedente del aire comprimido se utiliza para quemar el combustible. Cualquier factor que afecte a la temperatura del aire dentro del cilindro influirá en el buen arranque del motor. Las características del arranque del motor diesel dependen de:

- La temperatura ambiente.
- La temperatura del cilindro.
- La velocidad del pistón.
- El tipo de cámara de combustión.

La temperatura ambiente fría reduce la eficiencia del arranque del motor. En primer lugar, cuanto más frío está el aire, menor es la temperatura final cuando se comprime. En segundo lugar, las paredes frías del cilindro y de la cámara de combustión roban calor del aire.

La velocidad del pistón cuando se desplaza hacia arriba en la carrera de compresión debe ser suficientemente rápida para comprimir deprisa el aire, y mantener el calor del aire comprimido dentro de la cámara de combustión. Si el pistón se desplaza hacia arriba con demasiada lentitud, el calor del aire comprimido pasa a las paredes del cilindro y de la cámara de combustión.

Generalmente, las RPM mínimas para que arranque el motor diesel es de 100 RPM en frío (en el caso de los motores de gasolina es de 60 RPM). Para girar el motor suficientemente deprisa, el motor de arranque y la batería (o baterías) deben tener suficiente potencia para vencer la carga originada por la viscosidad del aceite en frío.

El tipo de cámara de combustión desempeña un importante papel en la retención del calor. Los motores de inyección directa (ID) arrancan con mayor facilidad que los de inyección indirecta (II), y suelen requerir menos elementos de arranque auxiliares que los motores utilizados en motores diesel compactos de alta velocidad. Esto se debe principalmente a que los motores de II tienen un alto coeficiente de superficie de contacto en la cámara

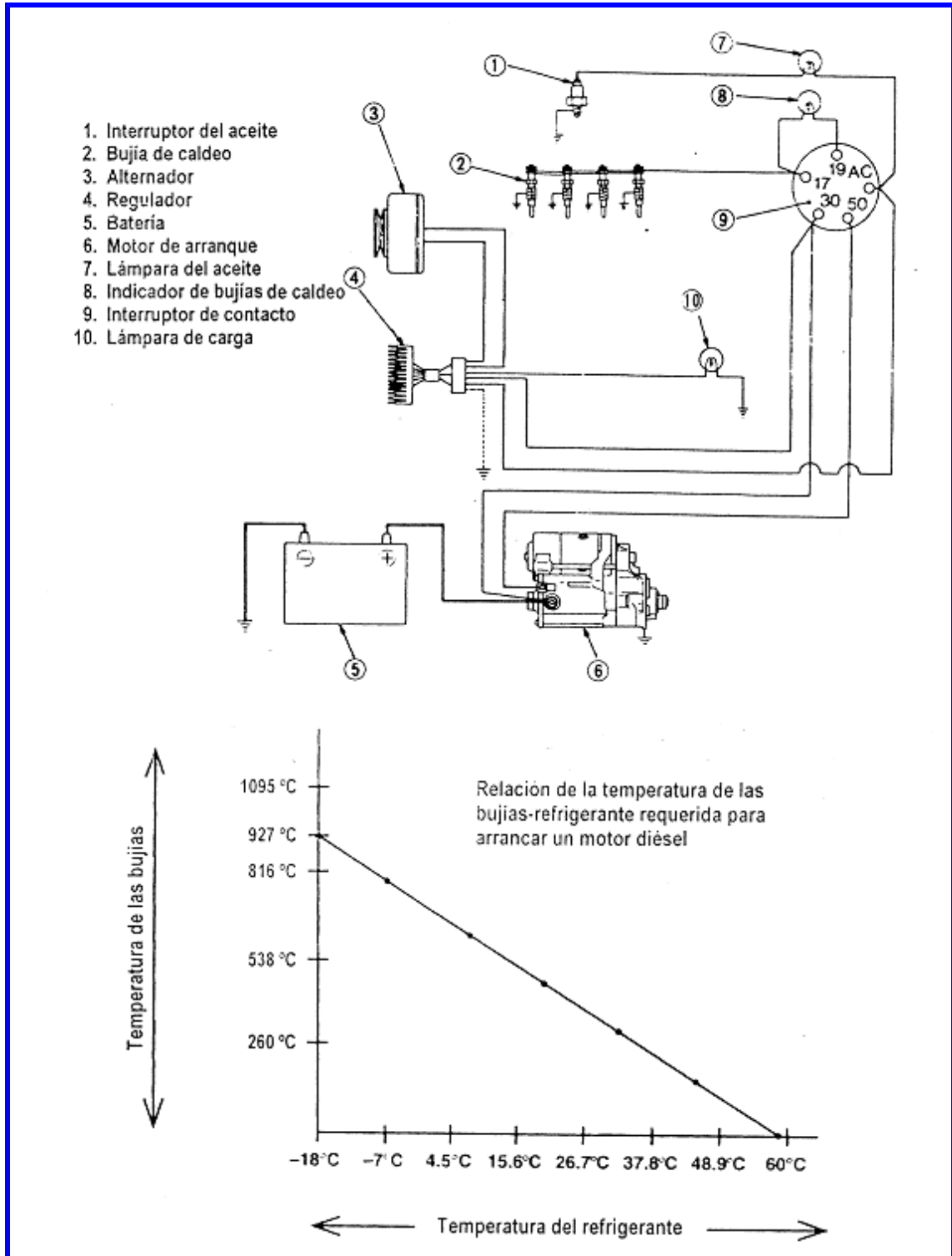
de combustión en relación con el volumen, por lo tanto, al aire le resulta retener su calor, simplemente por que el calor se pierde a través de las paredes de la cámara de combustión. El objetivo es crear el calor suficiente para producir la inflamación del combustible y para esto se requiere:

- Alta relación de compresión
- Un sistema de arranque robusto
- Un sistema de bujías de caldeo

Sistemas de bujías de precalentado

Calentar el aire y la cámara de combustión antes de arrancar el motor facilita el arranque del motor. El calentamiento puede tener lugar en el colector de admisión y/o en la cámara de combustión. El sistema de calentamiento más sencillo consiste en un interruptor y en un elemento calentador que puede regular el conductor. Es común a muchos de estos sistemas de calentamiento un sensor de temperatura del refrigerante del motor, una unidad de control, elemento(s) de calentamiento y un indicador luminoso. Básicamente, cuando el motor esta frío, la unidad de control conecta el elemento (o elementos) de calentamiento. El tiempo que está(n) conectado(s) el(los) sistema(s) de calentamiento depende de la temperatura. Cuanto más fría es la temperatura, más tiempo actúa la corriente sobre los elementos de calentamiento. La unidad de control indica al operador cuándo debe arrancar el motor. Muchos motores de inyección directa sólo necesitan un calentador en el colector de admisión de aire. Un elemento calentador calienta el aire en el colector de admisión, y transcurrido un periodo de tiempo, el operador recibe la señal de arrancar el motor.

Fig. 28. Sistema de Arranque con bujías de caldeo²²



²² Tomado de RABOLSKY I. Motores Diesel. México: Paraninfo, 2003.

Funcionamiento de los sistemas de bujías de caldeo

Cuando la llave de contacto se gira a la posición de arranque, las bujías reciben energía (Figura 28) y se enciende un indicador luminoso, indicando que las bujías se están calentando. El tiempo que el indicador luminoso y las bujías permanecen encendidos viene determinado por la temperatura (Figura 28) y/o el temporizador. Un sensor de temperatura montado en la camisa del refrigerante en el bloque motor indica la temperatura del motor a una unidad de control. (La unidad de control también puede disponer de un sensor para medir la presión barométrica y la temperatura ambiente. Cuanto más fría es la temperatura y más baja la presión atmosférica, mayor es el tiempo que permanecen activadas las bujías). La unidad de control conecta el relé que envía corriente a las bujías. Cuando la unidad de control determina que las bujías han sido conectadas durante el periodo adecuado, un indicador luminoso indica al operador que arranque el motor.

7.2. MOTORES DE ARRANQUE HIDRAULICO

Existen distintos tipos de motores de arranque hidráulicos. En muchas instalaciones, el sistema consiste en un motor de arranque hidráulico, un acumulador de pistón, una bomba hidráulica de funcionamiento manual y un depósito reserva de fluido hidráulico. En el sistema de la General Motors, la presión hidráulica se obtiene en el acumulador mediante una bomba manual o una bomba accionada por el motor mientras éste se halla en funcionamiento. Después de accionar la palanca de arranque, la válvula de control permite que el fluido hidráulico que está bajo presión en el acumulador, pase a través del motor de arranque hidráulico, con lo que se arranca el motor principal. Cuando se suelta la palanca de arranque, la acción

de un muelle desengrana el piñón de arrastre y cierra la válvula de control. Este hecho detiene el flujo de líquido hidráulico proveniente del acumulador. Este arranque está protegido de los sobre regímenes del motor diesel por un embrague adecuado. El accionamiento de la bomba manual puede cargar el acumulador hasta un máximo de 2900 a 3300 psi. La presión recomendada se mantiene mediante la bomba accionada por el motor. Cuando la temperatura ambiente se halla por encima de los 40° F, es suficiente una presión de 1500psi para arrancar el motor.

7.3. ARRANQUE POR AIRE COMPRIMIDO

Los motores diesel de gran tamaño a menudo van provistos de sistemas de arranque por aire comprimido. Uno de los métodos consiste en dirigir aire comprimido hacia los cilindros a una presión capaz de hacer arrancar el motor: el proceso continúa hasta que los pistones logran una presión suficiente para iniciar la combustión. La presión empleada en la mayoría de sistemas de arranque varía entre 200 y 600 psi. Otro método es utilizar motores que se muevan por aire comprimido para arrancar el motor diesel. Existen dos grandes tipos de motores movidos por aire, diseñados para arrancar motores diesel: uno es de pistón y el otro es de paletas. Existen motores movidos por aire, de tamaño similar al de los motores de arranque eléctricos, que son utilizados en los motores diesel relativamente pequeños. Estos motores que se mueven por aire reciben el aire comprimido de un depósito de almacenamiento.

8. SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE

8.1. GENERALIDADES

El sistema de admisión tiene la función de suministrar grandes cantidades de aire limpio al motor. Los cilindros del motor se llenan por completo con aire durante la carrera de admisión y por tanto, el motor recibe grandes cantidades de aire incluso a bajas velocidades. Las diversas partes del sistema deben ser de tamaño suficiente para permitir el paso de aire sin restricciones hasta el motor.

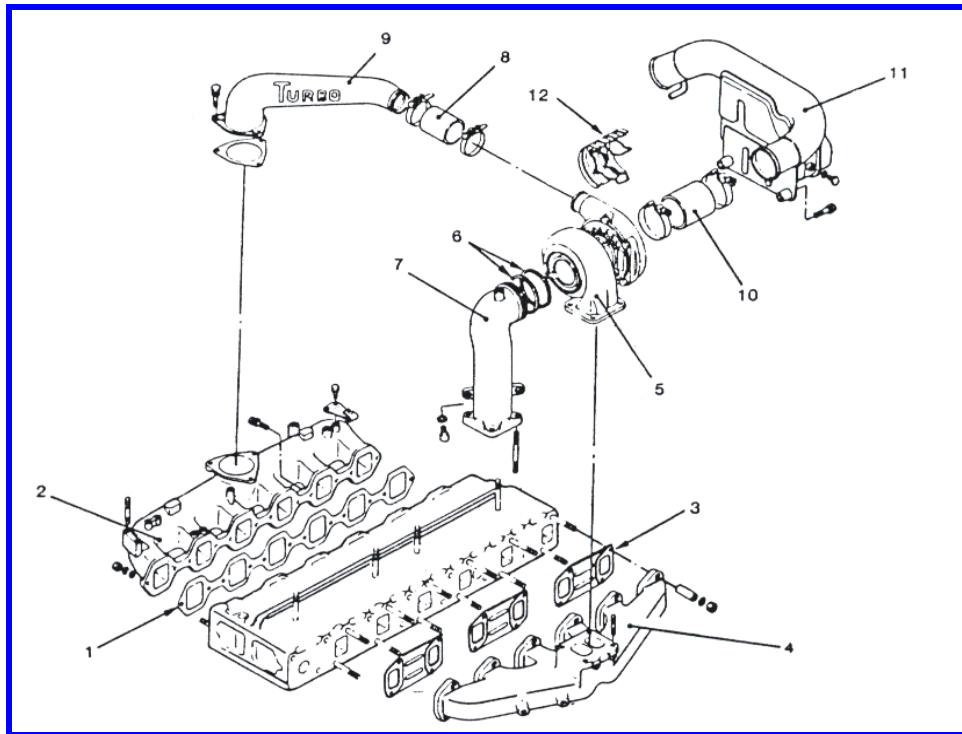
El sistema de admisión (ver Fig. 29) consiste en el filtro ("purificador") de aire, ductos y el múltiple de admisión o de aire. En un motor de dos tiempos también incluye el soplador. Los turbocargadores, cuando se utilizan, también son parte del sistema de admisión y del sistema de escape.

El sistema de escape (ver Fig. 29) conduce los gases quemados del motor, pasan por un silenciador y se descargan a la atmósfera. Cuando se utiliza turbocargador, los gases del escape pasan por él luego de salir del motor.

8.2. ADMISION DE AIRE

Los motores Diesel requieren grandes cantidades de aire limpio para llenar los cilindros. Se suministra a través del múltiple de admisión o múltiple de aire, que es de una pieza o una serie de tubos conectados con la culata de cilindros.

Fig. 29. Sistema de admisión y escape.²³ 1) junta del múltiple de admisión, 2) múltiple de admisión, 3) junta del múltiple de escape, 4) múltiple de escape, 5) turbocargador, 6) anillos selladores del gas, 7) adaptador para el escape, 8) manguera, 9) tubo de entrada, 10) manguera, 11) ducto para aire, 12) protector contra calor.



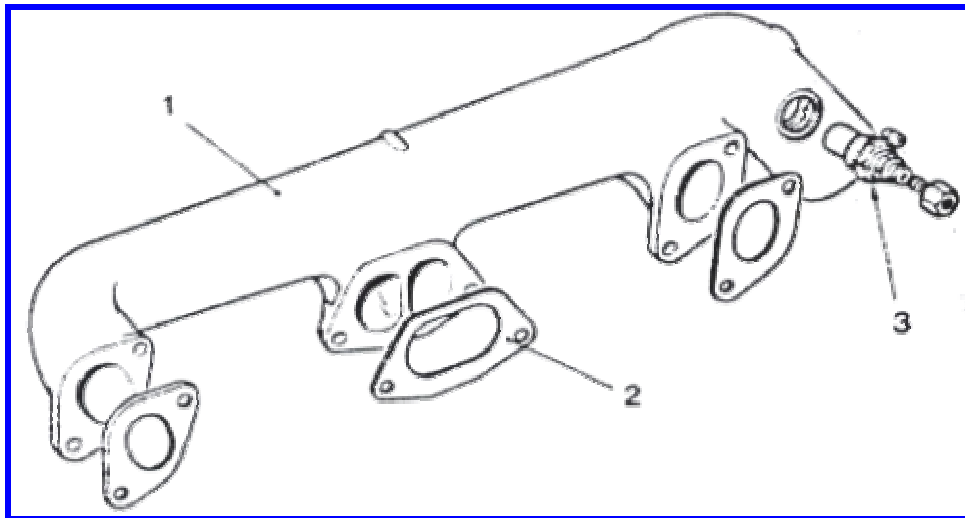
El aire exterior penetra al múltiple a través de un filtro de aire que retiene las partículas de polvo o impurezas del aire antes de que entren al múltiple.

En la figura 30 se ilustra un múltiple de admisión de aire; sus ramas o brazos se conectan con la culata de cilindros a fin de que el aire exterior pueda pasar por las lumbreras y válvulas de admisión hasta los cilindros. Los motores Diesel de 2 tiempos están equipados con sopladores que envían aire por el sistema de admisión hasta los cilindros del motor. Algunos motores tienen

²³ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

súper cargadores o turbo cargadores que envían más cantidad de aire a una presión un poco alta hasta los cilindros.

Figura 30. Múltiple de admisión ²⁴ : 1 múltiple, 2 junta, 3 calentador para arranque en frío.



Filtros de aire

Incluso en buenas condiciones de operación, hay una gran cantidad de polvo y arenilla mezclados con el aire que se utilizará en el motor. En lugares muy polvorosos y para trabajo fuera de carretera, aumenta mucho la cantidad de polvo en el aire. Hay que filtrar el aire antes de que entre al motor, pues el polvo actúa como abrasivo que producirá desgaste prematuro de los pistones, anillos y pared de los cilindros; también se dañarán las guías de válvulas. Cuando el motor trabaja en forma continua con aire sin filtrar, el polvo llegará hasta el aceite lubricante y producirá danos en los cojinetes y otras superficies lubricadas en el motor.

²⁴ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Los filtros de aire se instalan de modo que todo el aire se filtre antes de que entre al motor. Se utilizan diversos tipos de filtros de aire. Tienen un elemento para retener el polvo cuando el aire pasa a través de él; también sirven como silenciadores del ruido de admisión del aire.

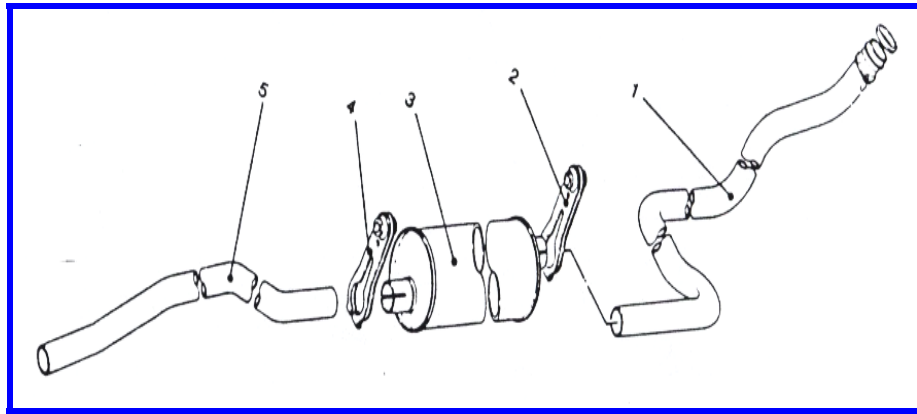
8.3. SISTEMA DE ESCAPE

La función del sistema de escape es conducir los gases quemados desde los orificios de escape en la culata de cilindros y descargarlos en la atmósfera lejos del conductor y del motor. También tiene que disminuir el ruido de los gases de escape a un valor aceptable. Los sistemas de escape se diseñan para que los gases tengan libre circulación y la contrapresión sea mínima.

En la figura 31 se ilustran los componentes de un sistema de escape, excepto el múltiple de escape. Los tres componentes son: 1) el tubo de escape que está conectado en el múltiple, el silenciador 3) y el tubo de salida o de cola 5). El silenciador está suspendido con las perchas 2) y 4) en el bastidor del vehículo. Un sistema de este tipo se podría utilizar en un vehículo comercial ligero o en un automóvil. Los gases de escape se descargan por la parte posterior o en un costado del vehículo.

En la figura 32 se ilustran los componentes de un sistema de escape en un camión, en el cual el tubo de salida 5) tiene una extensión vertical para que los gases descarguen encima de la cabina. Igual que en el sistema que se acaba de describir, el silenciador 2) y sus tubos están suspendidos con perchas. Se utilizan bujes de caucho entre la parte superior de la percha y el bastidor o el bastidor secundario como aisladores para evitar que las vibraciones del sistema se transmitan a otras partes del vehículo.

Fig. 31. Sistema de escape para un vehículo ligero²⁵ : 1) tubo de escape, 2) percha del silenciador, 3) silenciador, 4) percha, 5) tubo de salida



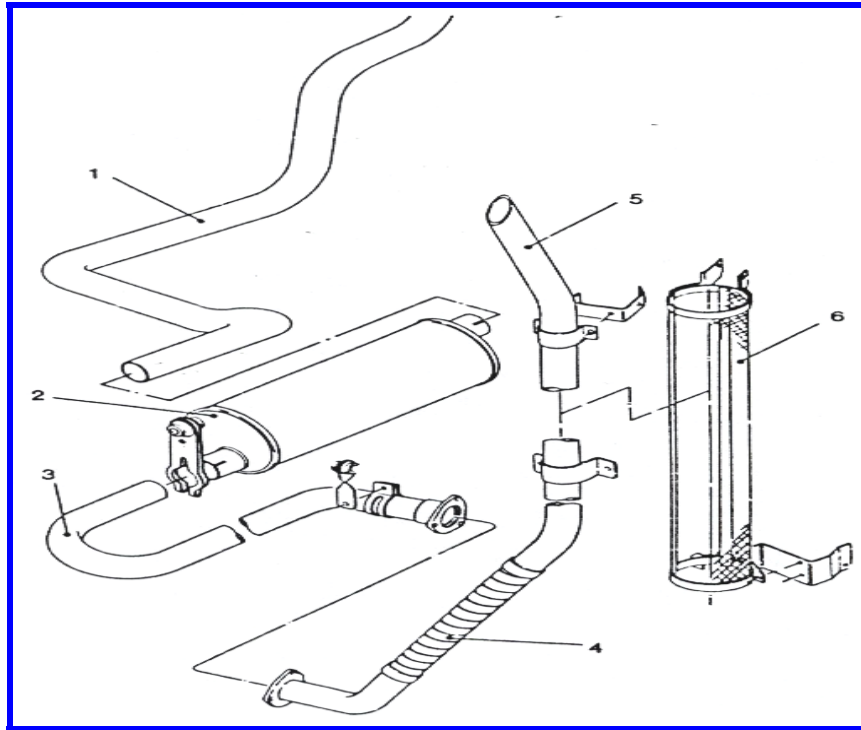
El tubo vertical de salida está sujeto con montantes y soportes en la parte posterior de la cabina.

Esto permite movimiento entre el tubo y otras partes del sistema. Como esta parte del sistema está al descubierto, se utiliza un protector perforado, por lo general de acero inoxidable, para evitar el contacto accidental con el tubo de salida, que está muy caliente, por parte del conductor o de cualquier otra persona que se acerque al vehículo.

Se suele utilizar un sombrero para lluvia en la parte superior del tubo vertical de salida. El sombrero tiene bisagras y está contrabalanceado para que esté cerrado cuando se para el motor, pero los gases del escape lo abren con facilidad al momento de poner en marcha el motor. El sombrero impide la entrada de lluvia y otros cuerpos extraños al tubo de salida cuando está parado el motor.

²⁵ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Fig. 32. Sistema de escape para un vehículo pesado²⁶ . Tiene una extensión vertical del tubo de salida y un proyector; 1 tubo de escape, 2 silenciador, 3 tubo. 4 tubo flexible, 5 tubo de salida, 6 protector



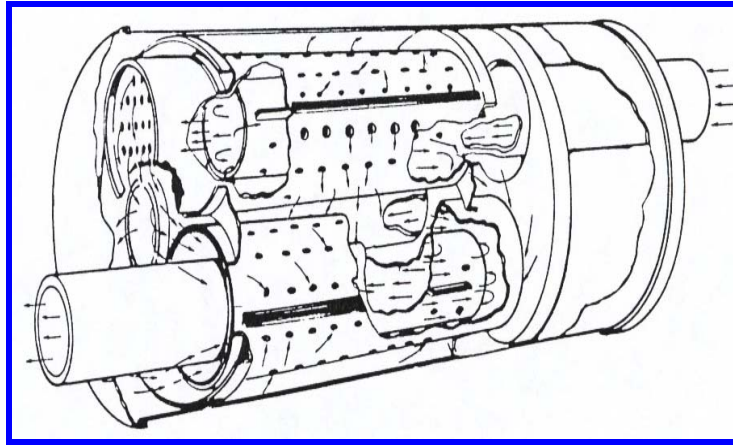
Silenciador (mofle)

El silenciador consiste en un cuerpo redondo u ovalado que contiene placas desviadoras y tubos perforados. Los gases del escape salen del motor en una serie de pulsaciones. La expansión del gas dentro del silenciador y el efecto de las placas desviadoras y tubos perforados sobre el gas, reduce el ruido de las pulsaciones.

En la figura 33 se ilustra un silenciador del tipo utilizado en vehículos pequeños.

²⁶ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Fig. 33 Flujo de gases en un silenciador de escape²⁷



Los vehículos pesados suelen tener un silenciador más largo con mayor superficie de expansión y menos placas y tubos. El silenciador ilustrado es del tipo de flujo inverso, en el cual los gases cambian de dirección dentro del silenciador. Hay otros silenciadores del tipo de flujo en línea recta de un extremo a otro.

8.4. TURBOCARGADOR

Los turbocargadores o sobrealimentadores (ver Fig. 34) se utilizan para obligar a entrar a los cilindros del motor una masa de aire mayor de la que es posible con la sola presión atmosférica. Esa masa mayor de aire suministra más oxígeno para la combustión, lo cual permite quemar más combustible en la cámara de combustión, con lo que el motor produce más potencia. Los sopladores se utilizan para el suministro de aire para barrido en los motores Diesel de dos tiempos como ya se describió. El aire para barrido está a una presión ligeramente más alta que la atmosférica y no tiene efecto de sobrealimentación porque no aumenta la presión dentro de los cilindros. Se

²⁷ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

suelen utilizar sopladores del tipo Rootes, impulsados por el motor. Los términos "turbocargador" y "soplador" se han utilizado para designar dos componentes distintos utilizados para fines diferentes; sin embargo, se utilizan a veces, indistintamente, en relación con la sobrealimentación.

En los motores Diesel se utiliza un sobrealimentador impulsado por los gases del escape, llamado turbocargador (turboalimentador)

Respiración del motor

Los motores que no tienen turbocargador se llaman de aspiración natural. Es decir, aspiran el aire por la acción normal de bombeo de los pistones en los cilindros. Esta acción de los pistones reduce la presión dentro de los cilindros y el aire penetra en ellos debido a la presión atmosférica. Incluso en condiciones ideales, la presión del aire que entra a los cilindros no llega a ser la atmosférica y, en la práctica, es bastante menor.

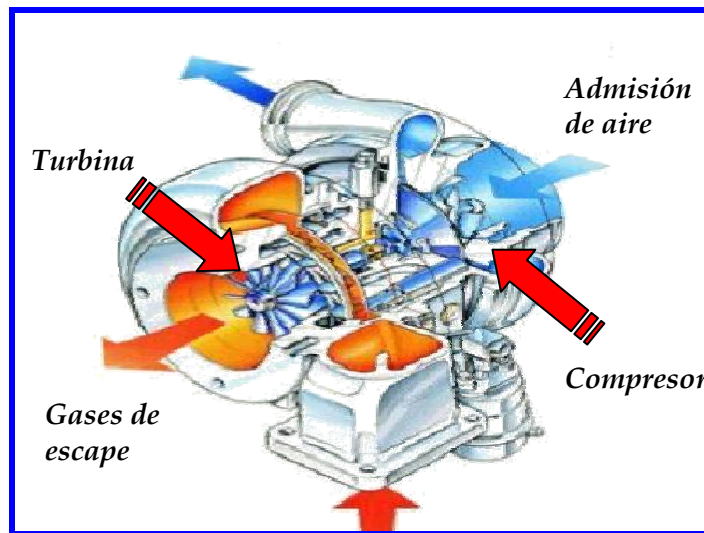
El turbocargador incrementa el flujo de aire a las cámaras de combustión y aumenta la presión a más o menos el doble que la atmosférica. Esto puede aumentar la potencia y la torsión (par) del motor entre 25 y 40% según sea el diseño del turbocargador y del motor.

Turbocargador

Consiste en un compresor centrífugo montado en el mismo eje que una turbina impulsada por los gases del escape. En esta forma, la energía de los gases del escape que, en otra forma se desperdiciaría, se emplea para impulsar el compresor y aumentar la masa de la carga de aire para los cilindros. El turbocargador tiene un rotor que se compone de un eje con una

rueda de turbina en un extremo y una rueda de compresor o impulsor en el otro. El rotor está montado dentro de una cubierta para formar la turbina impulsada por los gases del escape en un extremo y el compresor en el otro. Los gases de escape enviados a la turbina hacen que el rotor gire a altas velocidades y accione el compresor. El aire entra al compresor en el centro y se comprime cuando lo lanza hacia afuera la fuerza centrífuga debida a la alta velocidad de rotación de la rueda del compresor. En esta forma, se hace entrar una mayor masa de aire en los cilindros.

Fig. 34. Turbocargador.²⁸



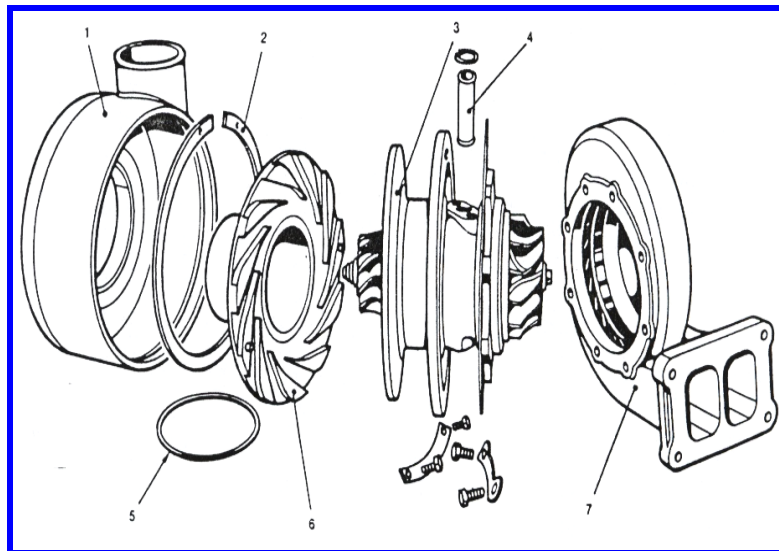
Los turbocargadores, además de aprovechar la energía de los gases de escape, también, responden, en gran parte, a las demandas del motor. Si se inyecta más combustible en los cilindros, aumentará tanto la energía de los gases del escape como la velocidad del turbocargador. Esto aumentará la masa de la carga de aire para satisfacer las necesidades del motor.

²⁸ Disponible en www.howstuffworks.com/howdieselengineswork

Componentes del turbocargador

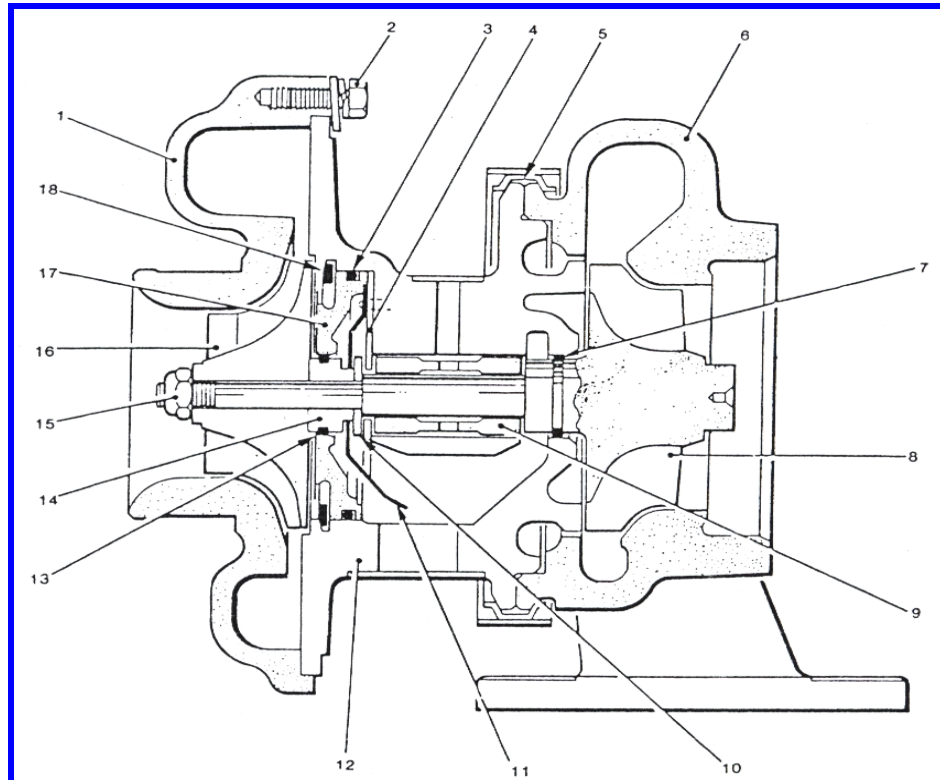
En la Figura 35 se ilustran los principales componentes del turbocargador. Se muestra la turbina en el lado derecho y el compresor en el lado izquierdo. El rotor, en el centro, incluye la rueda de la turbina y la del compresor. El rotor tiene una cámara central en la cual se circula el aceite del motor para lubricar y enfriar el eje y los cojinetes. La cubierta de la turbina tiene aspas que forman un anillo de toberas. Los gases de escape del motor circulan alrededor de la cubierta de la turbina y las aspas los envían hacia dentro, con lo cual llegan a la turbina a alta velocidad. En la figura 36 aparece un corte seccional de un turbocargador y sus componentes. El núcleo central incluye los cojinetes y el eje en donde está montada la rueda de turbina 8) y la rueda del compresor 16). La cubierta 6) de la turbina está montada en el núcleo con una abrazadera en V 5); la cubierta 1) del compresor está sujeta con tornillos en el núcleo.

Fig. 35. Componentes del turbocargador²⁹: 1) tapa del compresor, 2) arillo seguro, 3) rotor, 4) colador de aceite. 5) sello. 6) placa del compresor, 7) cubierta de la turbina.



²⁹ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Fig. 36. Corte lateral del turbocargador³⁰ : 1) cubierta del compresor, 2) tornillo. 3 sello anular. 4) placa de empuje de cojinete, 5) abrazadera en V. 6) cubierta de la turbina, 7) anillo de pistón. 8) rueda de la turbina, 9) cojinete, 10) arillo de empuje. 11) desviador de aceite. 12) Cubierta del cojinete, 13) anillo de pistón, 14) manguito.15) tuerca. 16) rueda del compresor, 17) inserto, 18) arillo de sujeción.



El cojinete 9) es de aleación de aluminio. Es del tipo semiflotante y tiene una pequeña holgura entre su parte interior y el eje y también entre su parte exterior y la cubierta. El aceite lubricante del motor se envía al cojinete y al espacio anular entre las superficies del cojinete para lubricación y enfriamiento. Se utilizan anillos de pistón 7), 13) para sellar en cada extremo del eje y un sello anular 3) entre el inserto 17) y la cubierta. El turbocargadores monta en el múltiple de escape con una base con brida que también es la entrada para los gases de escape.

³⁰ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

9. COMBUSTIBLES

Los principales productos del petróleo y sus usos son:

- *Gas*: La fracción más ligera, que se utiliza como combustible doméstico e industrial y se envasa en recipientes de presión como gas licuado de petróleo (LPG).
- *Gasolinas*: Una gran cantidad del crudo se procesa para combustible en los motores a gasolina.
- *Kerosene (petróleo diáfano) para motores*: Se utiliza en algunos motores y para calefacción y limpieza. *Kerosene (petróleo diáfano) para iluminación*. Originalmente, representaba una gran cantidad del crudo refinado pues tenía gran demanda para iluminación. En la actualidad se utiliza para limpieza y calefacción.
- *Destilado. (Llamado gas-oil en muchos países:)* Es el combustible para la mayor parte de los motores Diesel automotrices.
- *Combustible Diesel*: Se utiliza como combustible en forma principal en motores Diesel muy grandes, como los motores marinos o equipos generadores. Tiene uso limitado en motores automotrices. Petróleo para hornos (combustóleo). Contiene las fracciones más densas del crudo y se utiliza para alimentar hornos.

9.1. COMBUSTIBLES PARA MOTORES DIESEL

Los combustibles Diesel consisten, principalmente, en algunas de las partes más densas del petróleo crudo refinado. Las fracciones menos densas del combustible Diesel, como son volátiles, dan más facilidad de atomización y

vaporación cuando se pulverizan en la cámara de combustión: las fracciones más densas, menos volátiles, le dan viscosidad al combustible a la vez que producen potencia y menor consumo. El combustible debe tener cierta viscosidad de modo que se adhiera una película en las piezas de las bombas e inyectores y actúe como lubricante: pero se necesita una baja viscosidad para permitir su fácil atomización en los inyectores. Hay dos clases principales de combustible para los motores Diesel: destilado y combustible Diesel. Estas son normas británicas y hay normas de Estados Unidos similares relacionadas con ellas.

Destilado

Es el combustible de empleo más común en todos los motores Diesel de alta velocidad en Australia, tales como camiones, tractores agrícolas, equipo para movimiento de tierras y motores estacionarios, cumple con British Standard Class A y US Standard 2D.

Combustible Diesel

Es mucho más viscoso que el destilado y no se debe utilizar en motores Diesel de alta velocidad en lugar del destilado, salvo que lo especifique el fabricante; produce dificultades al arranque, mal rendimiento y también obstruye los filtros con facilidad. Cumple con British Standard Class B y US Standard 4D.

9.2. PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES

Estos combustibles tienen ciertas propiedades que los hacen adecuados para emplearlos en los motores Diesel.

Viscosidad

Como se mencionó, debe ser lo bastante baja para la atomización fácil al pulverizarlo en la cámara de combustión.

Punto de inflamación

Es la temperatura a la cual el combustible empieza a despedir un vapor, que se inflama de inmediato si hay una chispa o una llama. El punto de inflamación de los combustibles Diesel es de unos 55°C, lo cual los hace mucho más seguros para el manejo y el almacenamiento que la gasolina, que se vaporiza a todas las temperaturas atmosféricas normales.

Temperatura de auto ignición

Es la temperatura a la cual el combustible atomizado se inflama y arde sin la ayuda de una chispa. Una baja temperatura de auto ignición significa que el motor arrancará con facilidad y funcionará con menor "cascabeleo". Esta temperatura es de alrededor de 250°C para los combustibles Diesel.

Cualidades adecuadas para ignición: número cetano

El número cetano de un combustible Diesel es una medida de su calidad de ignición o de su facilidad para arder en la cámara de combustión. Los combustibles con bajo número cetano necesitan más tiempo para inflamarse después de inyectarlos, con lo que ocasionan una demora más larga, y cuando tiene lugar la ignición, habrá tendencia a un mayor "cascabeleo" cuando el combustible acumulado se inflama en forma súbita y aumenta la presión. Por otra parte, si el número cetano es suficientemente alto (número cetano correcto), el combustible se inflamará y comenzará a arder casi tan pronto como empieza la atomización. Por tanto, la presión de combustión aumentará uniformemente y no habrá cascabeleo.

Contenido de azufre

Todos los combustibles Diesel contienen cierta cantidad de azufre. Un contenido de azufre demasiado alto produce desgaste excesivo de los cilindros por la formación de ácidos en el aceite lubricante. Los combustibles no deben contener más de 0.5% de azufre.

9.3. COMBUSTIBLES DIESEL EN COLOMBIA

9.3.1. ACPM (Diesel).

Descripción del producto

El ACPM, Aceite Combustible para Motores (Diesel), es un destilado medio obtenido en la destilación atmosférica del petróleo crudo, en tal forma que su índice de cetano, el cual mide la calidad de ignición, sea de 45 mínimo.

Precauciones y manejo

Se clasifica como un líquido combustible Clase II de acuerdo con la Norma 321 de la NFPA (National Fire Protection Association).

Usos

Está diseñado para ser usado como combustible en vehículos con motores diesel para generar energía mecánica y eléctrica; y en quemadores de hornos, secadores y calderas. Para los diseños de plantas de almacenamiento, estaciones de servicio, tuberías, llenaderos, etc., deben tenerse en cuenta las normas NFPA (para almacenamiento y protección contra incendio), API (American Petroleum Institute) y las reglamentaciones expedidas por el Ministerio de Minas y Energía.

Tabla 3. Especificaciones del ACPM (DIESEL) Colombiano

CLASE	Combustible Industrial
GRADO	92/94
REFERENCIA	ASTM D 1814/ INCONTEC 1380
ESPECIFICACIÓN N°	3-1001

PROPIEDADES	MÉTODO	UNIDADES	VALOR ESPECIFICO	
	ASTM		MÍNIMO	MÁXIMO
Agua y Sedimento	D 1776	% Vol		0,1
Azufre total	D 4294(1)	% masa		0,6
Ceniza	D 482	% masa		0,01
Color ASTM	D 1500	°C (°F)		3
Corrosión lámina de cobre, 3h a 50°C	D 130			2
Destilación	D 86			
Punto inicial de ebullición		°C (°F)	Reportar	
Recuperado a 300 °C (572°F)		% Vol	50	
Recuperado a 360°C(680°F)		% Vol	90	
Punto final de ebullición		°C (°F)		390
Gravedad API	D 4052 (2)	API	Reportar	
Índice de cetano	D 976		45	
Punto de fluidez	97	°C (°F)		4 (-15,5)
Punto de inflamación	D 93	°C (°F)	51 (124)	
Residuo de carbón micro(10%fond)	D 4530 (3)	% masa		0,2
Viscosidad a 40°C	D 445	mm ² /s	2	5,8

NOTAS:

(1)-Método alterno ASTM D 2622, D 1552

(2)-Método alterno ASTM D 1298

(3)-Método alterno ASTM D 189

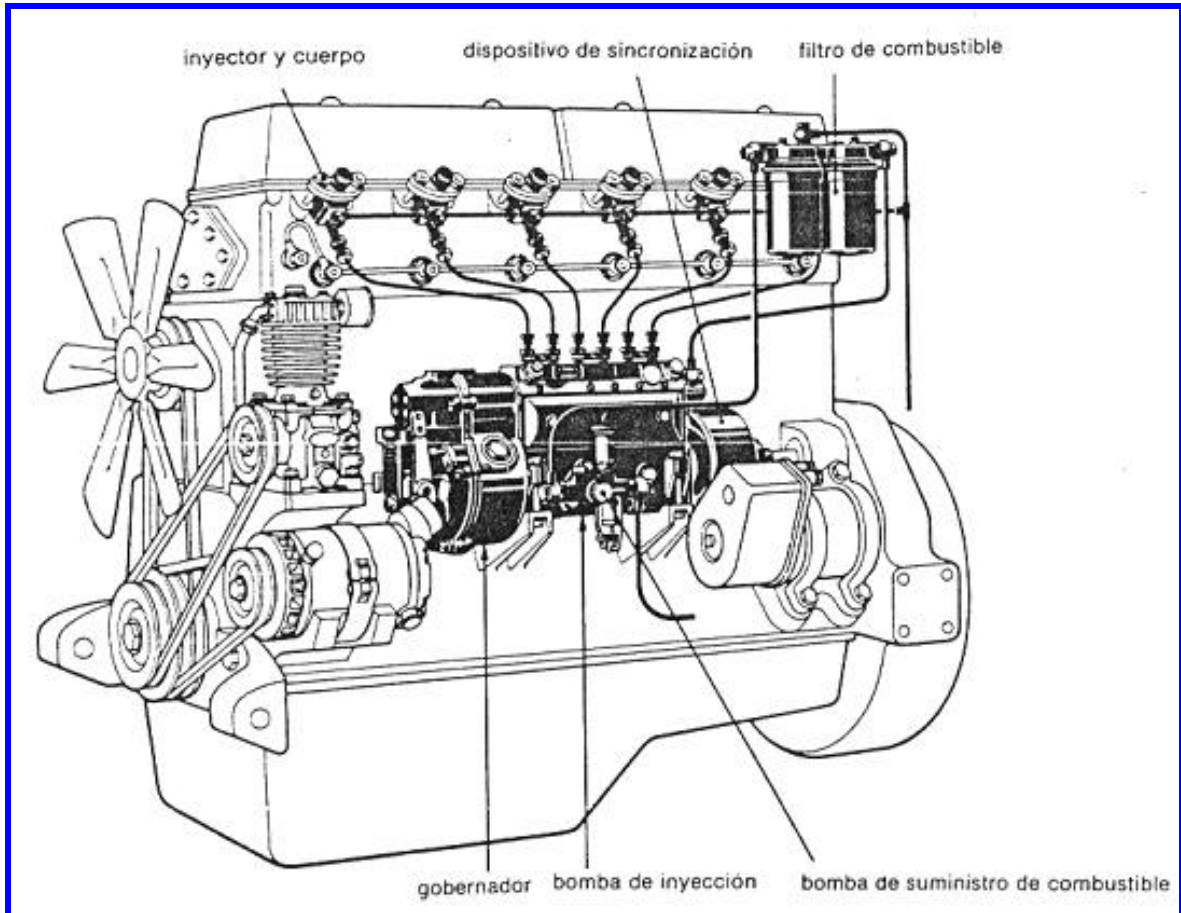
10. SISTEMA DE COMBUSTIBLE DIESEL

10.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Un sistema básico de combustible para motores Diesel de acuerdo a la Fig. 37 Consta de los siguientes componentes:

1. Un tanque para el combustible Diesel.
2. Una bomba elevadora o de suministro de combustible, para abastecer el sistema desde el tanque.
3. Filtros de combustible, que retienen partículas diminutas en el combustible.
4. Bomba de inyección, que entrega una cantidad exacta de combustible a alta presión en cada inyector en el momento preciso.
5. Inyectores, uno para cada cilindro, que atomizan combustible en las cámaras de combustión.
6. Mecanismo automático que permite controlar la cantidad de combustible entregado a los inyectores y de esta manera controlar el motor. El mecanismo, conectado con el gobernador, no aparece en la ilustración.
7. Gobernador (regulador) para controlar la velocidad del motor de acuerdo con las condiciones de carga.
8. Tubos de retorno para el exceso de combustible desde la bomba de inyección y los inyectores al tanque y para ayudar a cebar y purgar el sistema.

Fig. 37. Motor con los componentes del sistema de inyección (bomba en línea).³¹

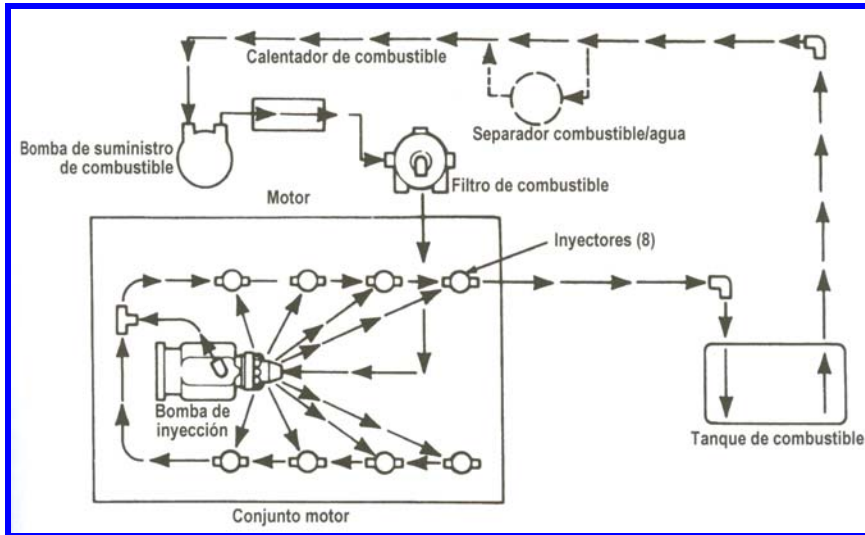


En los motores automotrices los elementos de bombeo están dentro de un solo cuerpo de bomba y en línea; por ello, se llama bomba de inyección en línea. En motores Diesel muy grandes, en especial los marinos se emplea una bomba separada para cada cilindro.

En la figura 38 se presenta un diagrama de un sistema típico de combustible Diesel.

³¹ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Fig. 38. Típico sistema de combustible Diesel.³²



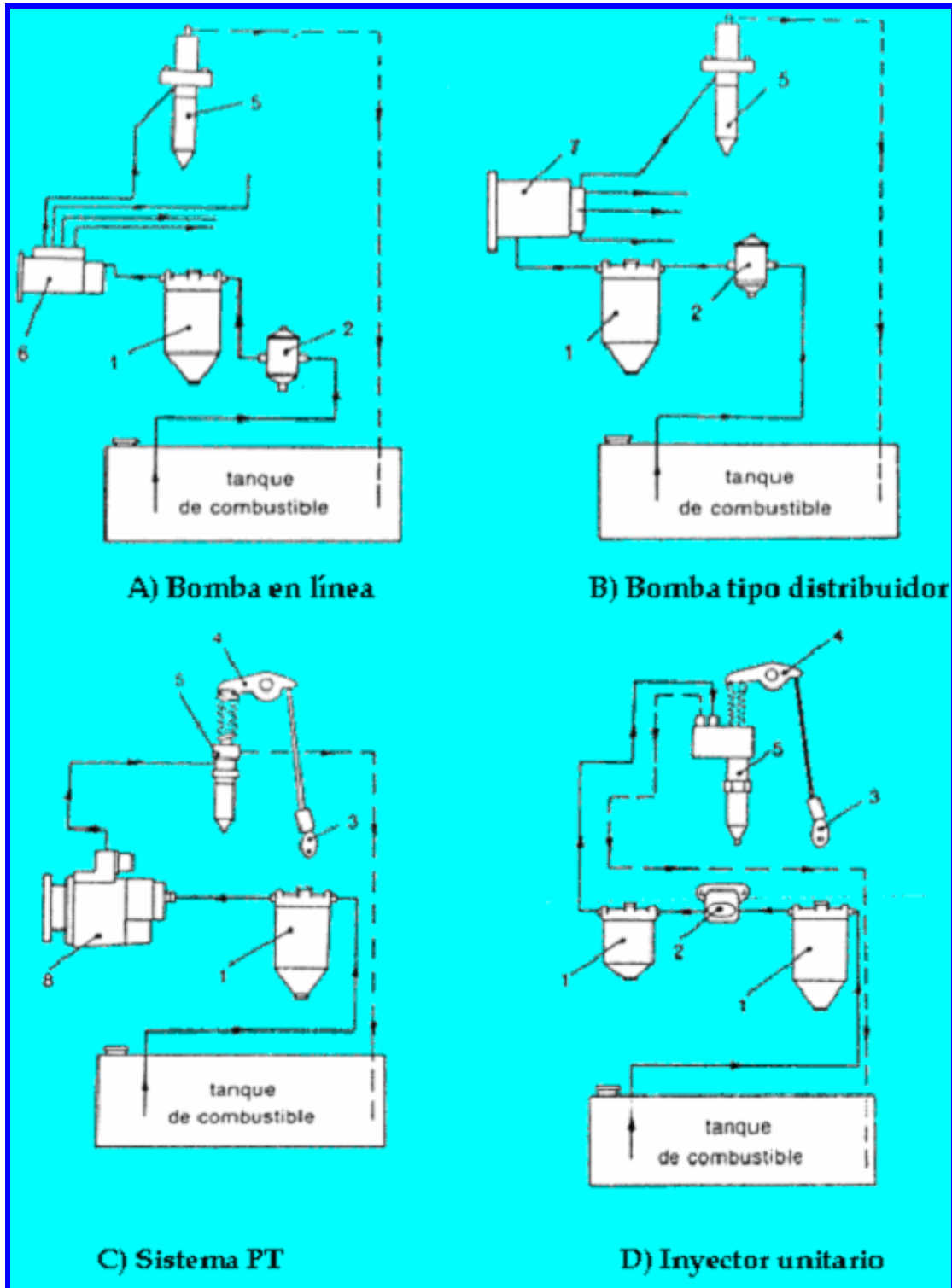
10.2. SISTEMA DE INYECCION

En la figura 39 se ilustran los componentes de cuatro diferentes sistemas de combustible. En cada diagrama se muestran las partes básicas de cada sistema, con un inyector y un cilindro. Las características principales de estos sistemas son las siguientes:

10.2.1. Sistema con bomba en línea. Como se describió, en este sistema se emplea una bomba de unidades múltiples con un elemento de bombeo para cada inyector. El combustible a alta presión que viene de la bomba hace que la aguja del inyector se levante de su asiento para inyectar el combustible en la cámara de combustión. En el diagrama (Fig. 39.a). La bomba elevadora 2) succiona el combustible del tanque y lo envía a través del filtro 1) hasta la bomba de inyección 6). En el momento correcto, el elemento de bombeo envía combustible a alta presión al inyector que lo atomiza en la cámara de combustión en el cilindro del motor.

³² Tomado de RABOLSKY I. Motores Diesel. México: Paraninfo, 2003.

Fig. 39. Sistemas de inyección.³³



³³ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

10.2.2. Sistema con bomba tipo distribuidor. Se ilustra en la figura 39.b); es básicamente similar al de la bomba en línea, pero se emplea bomba del tipo de distribuidor. Tiene un solo elemento de bombeo y un mecanismo para distribuir el combustible a alta presión a los inyectores; éstos, a su vez, atomizan el combustible en las cámaras de combustión. Un pequeño excedente de combustible pasa por los inyectores y retorna al tanque, igual que en el sistema en línea, los inyectores operan por el combustible a alta presión enviado desde la bomba de inyección.

10.2.3. Sistema PT. Este sistema se emplea en los motores Cummins y las iniciales PT son la abreviatura de presión-tiempo. Se le ha dado ese nombre porque en este sistema la cantidad de combustible que se inyecta en las cámaras de combustión está en relación directa con la presión y con el periodo de tiempo durante el cual el combustible entra al inyector.

Con referencia a la figura 39.c) se verá que el árbol de levas acciona el inyector mediante una varilla de empuje y un balancín. Este sistema, a veces, se llama inyección mecánica para diferenciarlo de los sistemas con bomba de inyección en línea y de tipo distribuidor en los que sólo hay inyección a presión. En el sistema PT (que es también una forma de sistema con inyectores unitarios), se acciona un émbolo con un impulsor dentro del inyector para introducir el combustible en la cámara de combustión. Según el diagrama, una bomba de engranes que es parte de la bomba de combustible PT 8) succiona el combustible del tanque a través del filtro 1; después se entrega al inyector a una presión baja y se inyecta por acción mecánica en la cámara de combustión a una presión mucho más alta. El exceso de combustible en los inyectores retorna al tanque.

10.2.4. Sistema con inyectores unitarios. En este sistema, que se emplea en los motores Detroit Diesel se combinan las funciones del elemento de la bomba de inyección y del inyector dentro de éste. El inyector se acciona desde el árbol de levas por medio de una varilla de empuje y un balancín. Con referencia a la figura 39.d) la bomba elevadora 2) succiona el combustible del tanque. Pasa por el filtro primario, luego por la bomba, el filtro secundario y llega al inyector 5). En el momento preciso se acciona el inyector desde el árbol de levas para aumentar la presión del combustible y entregarlo en la cantidad correcta a las cámaras de combustión. En ese sistema, el combustible circula en forma continua por los conductos en la culata de cilindros, para llegar a los inyectores y retornar el excedente al tanque.

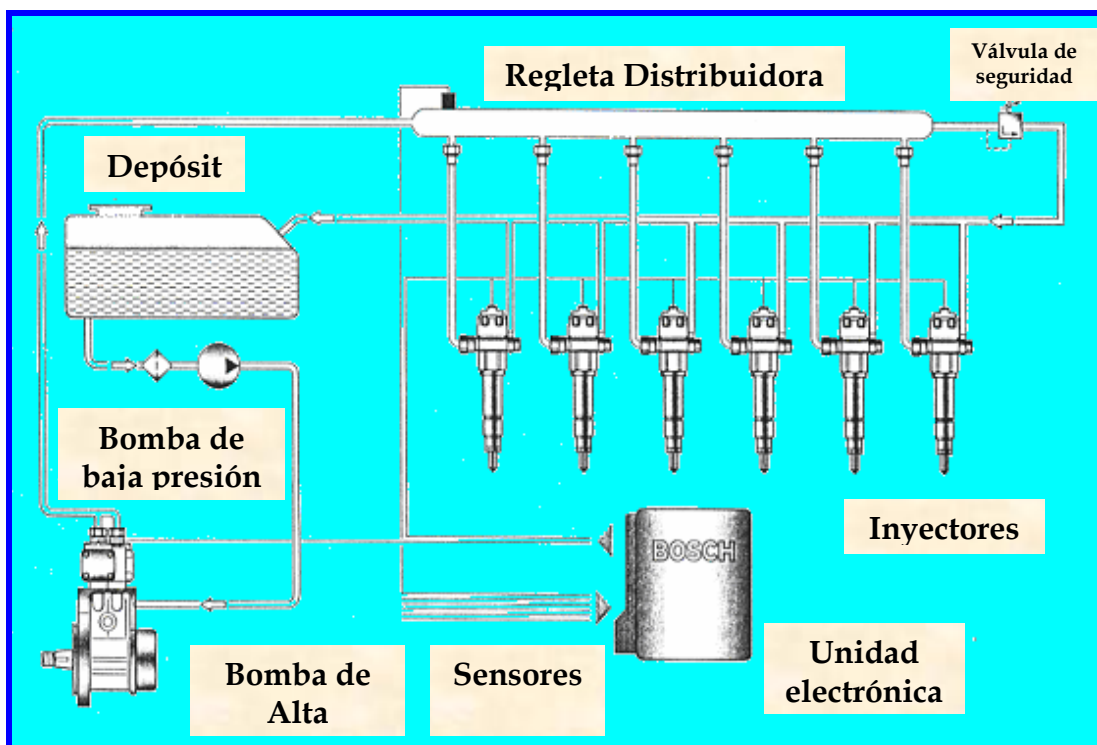
10.2.5. Sistema de inyección por acumulador y rampa común Common-Rail.

A diferencia de los sistemas convencionales con bombas individuales de accionamiento directo, en este tipo de inyecciones queda separada la generación de la presión y la inyección. La presión de inyección se puede generar independientemente del número de revoluciones del motor y de la cantidad de combustible a inyectar, pudiendo ser elegida libremente dentro de ciertos límites. Durante la inyección, ésta es prácticamente constante delante del inyector, alcanzando un máximo de 1.600 bar. Estas circunstancias permiten y hacen necesarias otras posibilidades en la configuración del proceso de inyección, en la dosificación de la cantidad de inyección y en la pulverización del combustible. El sistema COMMON RAIL, puede ocupar el lugar de las instalaciones de inyección convencionales sin tener que realizar modificaciones importantes en el motor.

En la figura 40 se muestra diagrama de la disposición de los componentes de este sistema de la marca BOSCH, en la que se aprecian las señales de entrada

de los sensores y salida de la unidad electrónica hacia las electroválvulas y bomba, presión de inyección la suministra la bomba individual arrastrada por el motor. Esta presión se comunica por medio de una tubería rígida a una ramba o regleta situada en la culata del motor y a la cual van unidos los inyectores. Los inyectores son el núcleo del sistema y están controlados por válvulas electromagnéticas. El proceso de inyección se inicia por medio de un impulso del modulo de control dirigido a dichas válvulas. La cantidad inyectada depende tanto de tiempo de abertura de la tobera de inyección como también de la presión del sistema que es generada por la bomba.

Fig. 40. Sistemas de inyección COMMON RAIL. ³⁴



³⁴ Tomado de GIL, Hermogenes. Manual del Automóvil, Motores Diesel. México: Cultural, 2003.

10.4. INYECTORES

Los inyectores se llaman también toberas en forma genérica. En algunos casos, el cuerpo del inyector se llama también porta tobera, en donde va colocada la tobera o copa por la cual se atomiza el combustible. Se utilizarán los términos porta tobera y tobera. Los inyectores funcionan, ya sea con el combustible a presión dentro de ellos, o por impulsión mecánica desde el árbol de levas del motor.

El inyector es un componente del sistema de inyección que dirige una cantidad determinada de combustible desde la bomba de inyección a la cámara de combustión. El inyector dirige el combustible de tal manera que proporciona el mejor rendimiento del motor con emisiones mínimas. La tobera de inyección cumple estos cometidos de dos formas:

- Pulverizando el combustible.
- Distribuyendo el combustible pulverizado de una forma determinada.

Pulverizar es el proceso de descomponer el combustible en gotitas muy finas. Esto es necesario para mezclar el combustible con el aire comprimido para formar vapor. Para que el aire se mezcle fácilmente con el combustible pulverizado, el combustible se pulveriza en la cámara de combustión de una forma concreta, que se denomina patrón de pulverización. Dependiendo de la forma de la cámara de combustión y del tipo de inyector el patrón de pulverización puede variar.

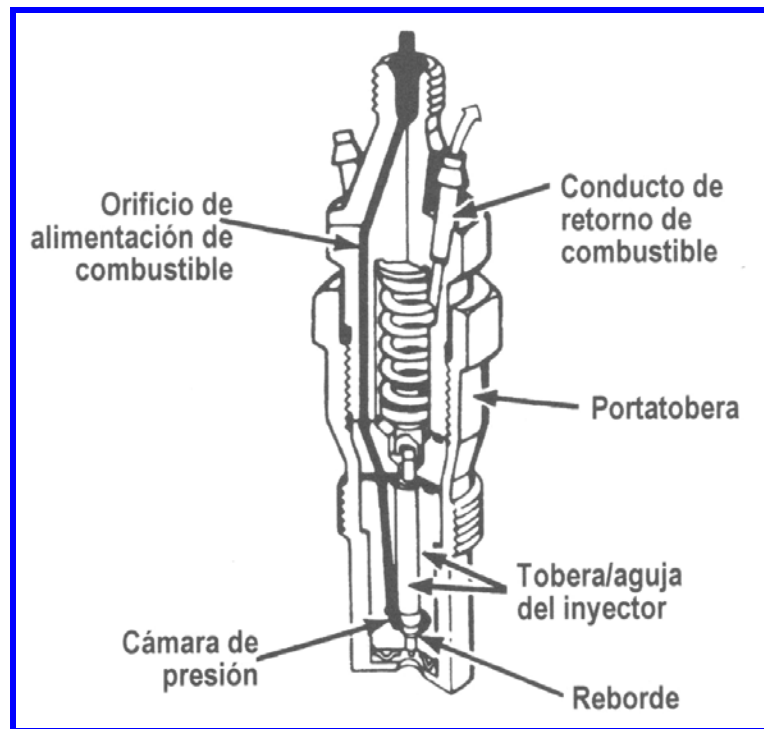
Entre una inyección y otra, todas las toberas deben formar un cierre estanco para impedir que el combustible entre en la cámara de combustión. Las

toberas con fugas producen emisiones excesivas que pueden obstruir los orificios de las toberas.

Componentes de los inyectores

El inyector se puede dividir en dos partes: el portatobera y la tobera propiamente dicha (figura 41). El portatobera sustenta la tobera en la culata del cilindro. La tobera está en la mitad inferior de la portatobera, que contiene las piezas necesarias para permitir o impedir el flujo de combustible. La tobera dirige el combustible a la cámara de combustible. También contiene una válvula y un asiento que impide que el combustible fluya cuando la válvula está sobre su asiento. Cuando la válvula está fuera de su asiento, el combustible puede salir por la tobera.

Fig. 41. Partes del inyector.³⁵



³⁵ Tomado de RABOLSKY I. Motores Diesel. México: Paraninfo, 2003.

11. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

11.1. GENERALIDADES

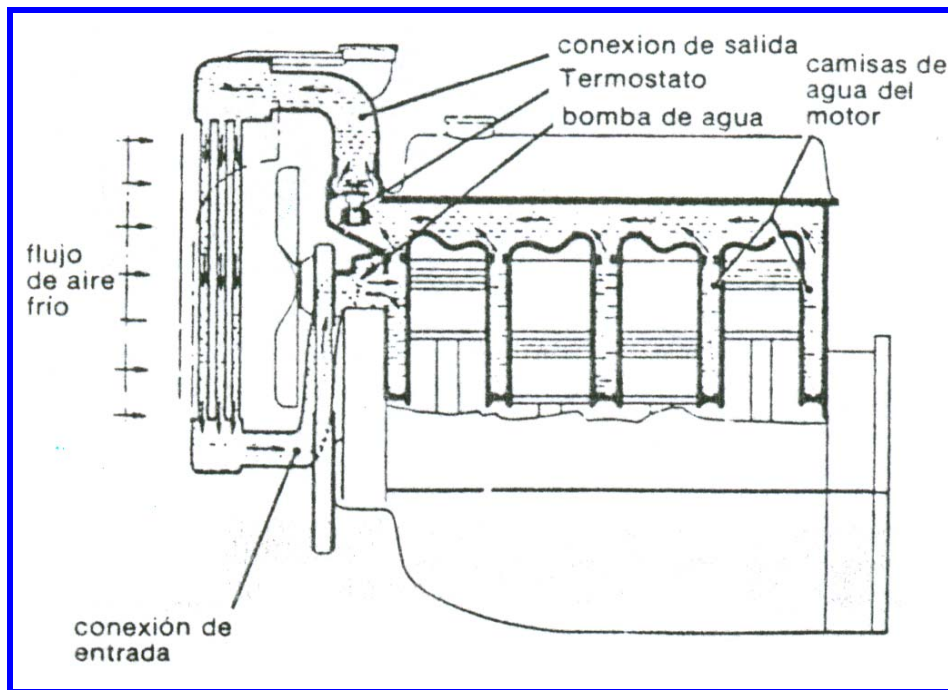
La finalidad del sistema de enfriamiento (ver Fig.42) es mantener el motor a su temperatura de funcionamiento más eficiente a todas las velocidades y en todas las condiciones. Durante la combustión, las temperaturas son altas y se genera una gran cantidad de calor. Alrededor del 25% del calor se utiliza para efectuar trabajo útil, 31% se disipa con los gases de escape y 33% se absorbe en el sistema de enfriamiento. El resto del calor se utiliza para vencer la fricción del motor. Esos porcentajes son sólo aproximados y pueden variar en tipos particulares de motores, pero muestran la necesidad de un eficiente sistema de enfriamiento. También permiten apreciar el trabajo que debe ejecutar el sistema de enfriamiento, cuando se tiene en cuenta que alrededor de una tercera parte de la energía térmica del combustible que entra al motor, sale por el sistema de enfriamiento.

Parte del calor de las cámaras de combustión lo absorben las paredes de los cilindros, culatas de cilindros y pistones. Éstos a su vez deben ser enfriados por algún medio a fin de que las temperaturas no se vuelvan excesivas. La temperatura en la pared de los cilindros no debe subir por arriba de 300°C. Las temperaturas más altas hacen que se desintegre la película de aceite y pierda sus propiedades lubricantes: sin embargo, es deseable que el motor funcione a una temperatura lo más cercana, hasta donde sea posible, a los límites impuestos por las propiedades del aceite. Si se disipa demasiado calor a través de las paredes y de la culata de los cilindros, se reduciría la eficiencia

térmica del motor. Dado que el motor es muy poco eficiente cuando está frío, el sistema de enfriamiento incluye componentes que evitan el enfriamiento normal durante el periodo de calentamiento. Estos componentes permiten que las piezas del motor alcancen con rapidez su temperatura de funcionamiento y reducen el ineficiente periodo de funcionamiento en frío. Por tanto, el sistema de enfriamiento hace bajar la temperatura con rapidez cuando el motor está caliente y sólo permite enfriamiento lento o no lo permite durante el periodo de calentamiento y cuando el motor está frío.

Se utilizan dos tipos generales de sistemas de enfriamiento: por aire y por líquido. En casi todos los motores automotrices se emplea enfriamiento por líquido, aunque los motores de avión, de motocicleta, de cortadoras de césped y los estacionarios pequeños se enfrían con aire.

Fig. 42 Partes básicas del sistema de enfriamiento.³⁶



³⁶ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

11.2. LIQUIDOS REFRIGERANTES

Bastará usar agua en verano y anticongelante en invierno para garantizar la refrigeración del motor y evitar la congelación del agua para prevenir así las averías y roturas.

Pero aun el agua destilada, a pesar de ser el agua más pura de todas, continúa teniendo en mayor o menor medida, minerales disueltos y no evita en absoluto la tendencia a la corrosión. Si optáramos por usar agua, deberíamos adicionarla con anticorrosivos y a pesar de ello no evitaríamos, atendiendo a la calidad del agua, los depósitos calcáreos, depósitos de lodo, etc.

La base del líquido refrigerante continúa siendo el agua. Pero una mezcla de agua y anticongelante permanente como la que disponen los actuales circuitos de refrigeración, ha de cumplir, además de evacuar el calor del motor, con una serie de requisitos indispensables. Así, un buen refrigerante-anticongelante ha de garantizar, para su uso permanente:

- Soportar las más bajas temperaturas sin llegar a congelarse cualquiera que sean las condiciones climáticas.
- No favorecer la herrumbre ni corroer los muy diversos elementos y materiales que constituyen el sistema de enfriamiento.
- Soportar las elevadas temperaturas de trabajo de los motores sin que la mezcla llague a descomponerse ni favorecer la formación de depósitos calcáreos.
- Ser un buen conductor de calor y resistir la formación de espuma.
- Ser compatible con los sellos y mangueras.

Otros requisitos menores son: su olor, que no será desagradable o demasiado penetrante; su color que distinguirá el circuito equipado con anticongelante-refrigerante; que no rebajen demasiado el punto de ebullición del agua, y que no sean demasiado expandible.

Inhibidores de corrosión

Los inhibidores de corrosión (anticorrosivos) son compuestos solubles en agua que protegen las superficies metálicas de i sistema de enfriamiento contra un ataque corrosivo. Los productos inhibidores, disponibles en el comercio, que son una combinación de productos químicos, protegen contra la corrosión, controlan el Ph y suavizan el agua.

Los inhibidores de corrosión más comunes son cromatos, boratos, nitratos y aceite soluble. La mayoría de los inhibidores utilizan cromatos; en otros se usan compuestos diferentes. El aceite soluble se utiliza sin mezclar, aunque ha sido sustituido por inhibidores más eficaces y ya no se recomienda para los motores Diesel.

Los inhibidores de corrosión a base de cromato no son compatibles con el anticongelante a base de etilenglicol y no se deben mezclar. Los inhibidores de otros tipos sí son compatibles y se pueden emplear juntos para proteger contra la corrosión y la congelación.

Soluciones anticongelantes

Se necesitan soluciones anticongelantes para que el agua no se congele a temperaturas menores de 0°C. Si se congela el agua simple en el motor, la fuerza de expansión, con frecuencia, puede agrietar el bloque de cilindros y el radiador. El anticongelante mezclado con el agua impide la congelación. Un

buen anticongelante se debe mezclar con facilidad con el agua, evitar la congelación de la mezcla a la temperatura más baja que se espere, y debe circular con libertad. No debe producir corrosión en el sistema de enfriamiento ni perder sus propiedades después de un largo tiempo de uso.

Los anticongelantes más comunes son el alcohol (o a base de alcohol) y el etilenglicol. Los materiales con base de alcohol se usan sólo provisionalmente porque se evaporan a temperaturas inferiores al punto de ebullición del agua y desaparecen en forma gradual. Se requieren adiciones periódicas para mantener una solución anticongelante con la concentración adecuada.

El anticongelante a base de etilenglicol es del tipo permanente, porque no se evapora al punto de ebullición del agua.

El anticongelante se mezcla con agua en diversas proporciones de acuerdo con las temperaturas esperadas. Cuanto más baja sea la temperatura mayor es la proporción de anticongelante en la mezcla para evitar su congelación.

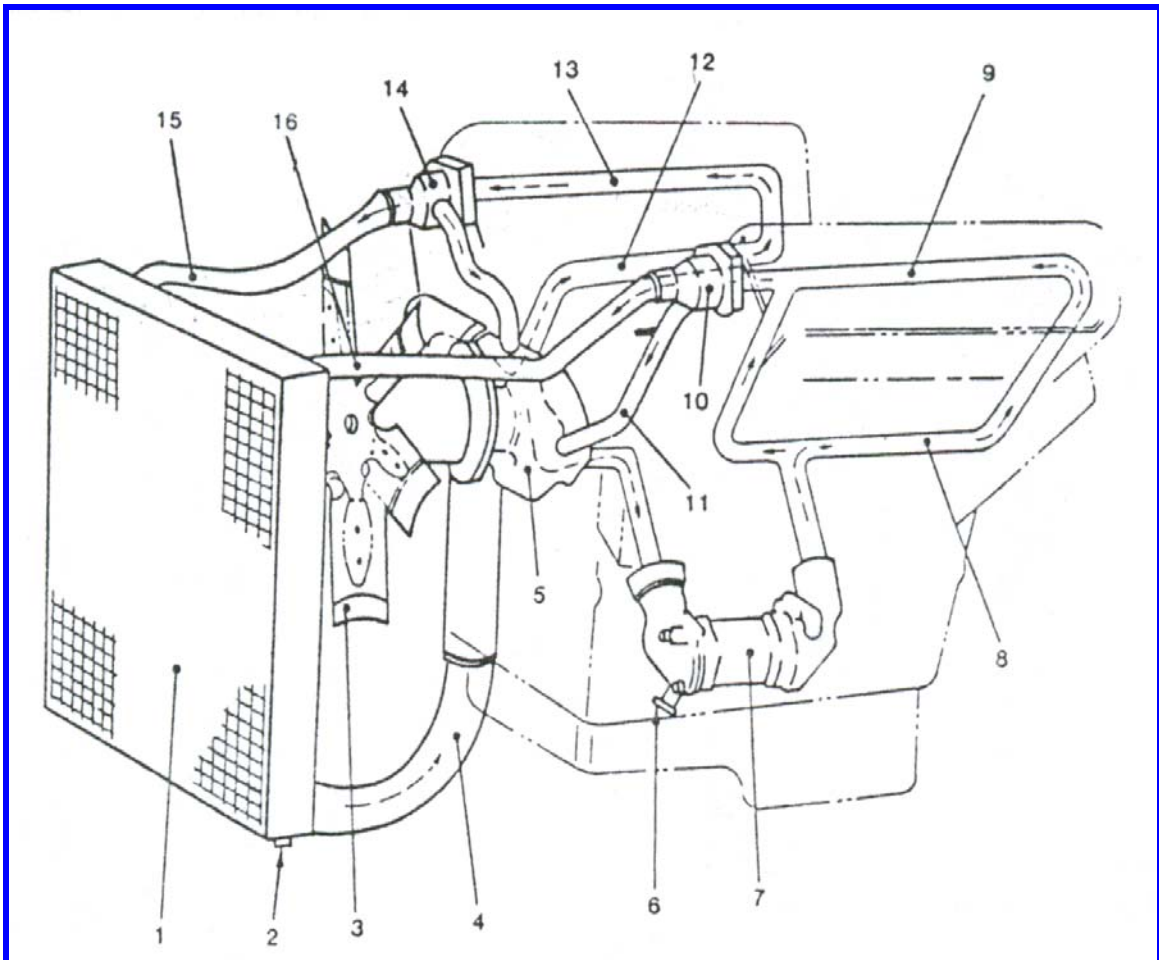
11.3 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

11.3.1 Motores enfriados por líquido. En la figura 43 se ilustra la ubicación de las diversas partes del sistema de enfriamiento de un motor en V, que incluye un enfriador de aceite.

La bomba 5) del agua en la parte delantera del motor se impulsa con la banda (correa) del ventilador. La bomba succiona el líquido del tanque inferior y

entra en olla por el tubo 4) de entrada. Luego, se bombea el líquido por el enfriador 7) de aceite, en donde el calor del aceite lubricante se transmite al líquido enfriador; luego, al banco izquierdo de cilindros y, directamente desde la bomba hasta el banco derecho de cilindros.

Fig. 43. Diagrama del sistema de enfriamiento³⁷ : 1) radiador. 2) tapón de vaciar, 3) ventilador, 4) tubo de entrada. 5) Bomba del agua, 6) drenaje del enfriador de aceite. 7) enfriador de aceite. 8) circulación cor bancada izquierda del Motor 9) circulación en culata izquierda. 10) termostato lado izquierdo. 11) derivación. 12) Circulación en la culata derecha, 13) circulación en bancada derecha del bloque, 14) termostato lado derecho 15) manguera superior del radiador lado derecho. 16) Manguera superior del radiador lado izquierdo.



³⁷ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Como la disposición del sistema es la misma para ambos bancos de cilindros, con la adición del enfriador de aceite en el banco izquierdo, sólo se describirá el flujo del líquido enfriador en el banco izquierdo. Sin embargo, también se aplica para el banco derecho.

Dentro del motor, el líquido enfriador circula alrededor de los cilindros 8) y sube a la culata 9) de cilindros. El líquido pasa por la culata alrededor de las válvulas y conductos de escape antes de llegar al frente de la culata.

En el frente de la culata, el termostato 10) controla la dirección de flujo del líquido enfriador. Cuando la temperatura de funcionamiento es menor que la normal se envía al líquido por el conducto de derivación 11) hasta el lado de entrada de la bomba del agua para que recircule en todo el motor.

Cuando el líquido enfriador llega a la temperatura de funcionamiento, se abre el termostato. Entonces, la mayor parte del líquido pasa por la manguera 16) hasta el tanque superior del radiador, en donde se enfría. El resto continúa circulando por el conducto 11) de derivación hasta la bomba del agua. La cantidad de líquido que fluye en cada dirección se controla con el termostato.

El líquido enfriador que va por la derivación, además de desviarse del radiador durante el periodo de calentamiento del motor, también impide la cavitación (burbujas de aire) en el líquido en el lado de entrada a la bomba de agua. La derivación permanece abierta con el motor a temperatura normal y suministra líquido a la bomba. Esto reduce la posibilidad de que ocurra una presión muy baja en el lado de entrada de la bomba y produzca cavitación. El conducto de derivación también tiene una función cuando se llena el sistema de enfriamiento:

El líquido puede pasar del bloque a la culata de cilindros sin pasar por la bomba del agua.

El líquido enfriador es una mezcla de agua con aditivos químicos para reducir la corrosión. En vehículos que trabajan en lugares muy fríos se agrega anticongelante al agua durante el invierno.

En las siguientes secciones se describen con mayor detalle las partes del sistema de enfriamiento por líquido.

Termostato

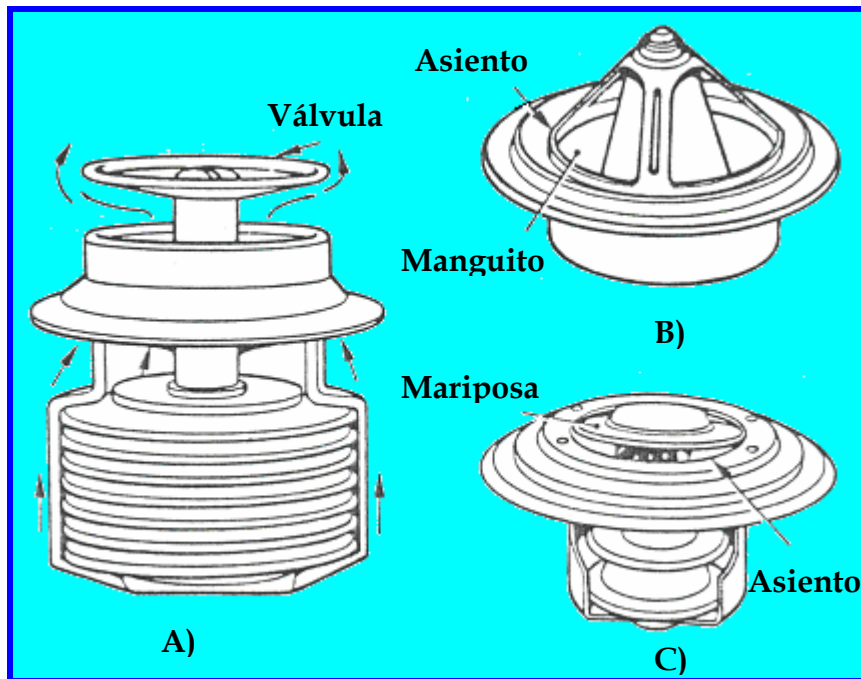
El termostato está instalado en la conexión o codo de salida de agua en el frente de la culata de cilindros. Su finalidad es cerrar la salida hacia el tanque superior del radiador cuando el motor está frío, para que el líquido no pase por el radiador. Esto permite que el motor alcance su temperatura normal de funcionamiento con mayor rapidez.

El termostato consta de un elemento detector o sensor y una válvula. El elemento sensor es una cápsula hermética que contiene un material que es un tipo de parafina y que se expande con el calor. Un pistón pequeño en la cápsula está conectado con la válvula. Cuando aumenta la temperatura del líquido y se calienta el sensor, la parafina se expande y mueve en forma gradual el pistón que abre la válvula. Esto permite que el líquido circule por la válvula y llegue al radiador.

Hay dos tipos básicos de termostatos que para identificación se pueden denominar como de tipo de mariposa y de tipo en derivación. Son de muchos diseños diferentes y se ilustran tres de ellos en la figura 44 el tipo de fuelle contiene un líquido que se vaporiza cuando está caliente y hace que se

expanda el fuelle y se abra la válvula. Los tipos de manguito y mariposa funcionan con la expansión de la parafina.

Fig. 44. Termostatos para sistema de enfriamiento.³⁸ A) Tipo fuelle, B) Tipo manguito, C) Tipo mariposa



Camisas de agua

El bloque y la culata de cilindros tienen camisas de agua, que son un conducto que rodea los cilindros y dentro de la culata (cabeza) para conducir el líquido enfriador. Las camisas de agua son parte integral de fundición en el bloque y la culata. Debido a que los asientos y guías de válvulas necesitan enfriamiento, la culata incluye camisas de agua que dejan llegar el líquido a esas zonas. El tamaño de los conductos y la posición de los desviadores dirigen el flujo del líquido.

³⁸ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

Bomba de agua

La bomba de agua suele ser del tipo con impulsor y se monta en el frente del bloque de cilindros, entre éste y el radiador. La bomba consta de una cubierta, con aberturas para entrada y salida del líquido y un impulsor. Cuando gira el impulsor, el agua que hay entre las aspas es lanzada hacia fuera por la fuerza centrífuga y tiene que pasar por la salida de la bomba hacia el bloque de cilindros. La entrada a la bomba está conectada por una manguera con el tanque interior del radiador; la bomba succiona el líquido para reemplazar al que descarga por la salida.

El eje del impulsor está montado en uno o más cojinetes y se emplea un sello para impedir las fugas de líquido alrededor del cojinete. La bomba se impulsa con una banda desde la polea en la parte delantera del cigüeñal. En algunos motores grandes se utiliza una bomba de agua impulsada por engranes.

Ventilador

En los motores pequeños el ventilador suele estar montado en el eje de la bomba del agua y se impulsa con la misma banda que mueve la bomba y el alternador. En los motores grandes, el ventilador está montado en un cubo separado. La finalidad del ventilador es producir una fuerte succión y corriente de aire a través del núcleo (panal) del radiador. En algunos motores se utiliza una (tolva) bóveda de ventilador para mejorar su eficacia. La tolva aumenta la eficiencia porque todo el aire que succiona el ventilador pasará a través del núcleo del radiador.

Radiador

El radiador es un intercambiador de calor que permite transferir el calor del líquido enfriador del motor al aire, más frío, que pasa a través del mismo.

Consta de un tanque superior y uno inferior, con el núcleo (panal) entre ellos. El núcleo tiene dos secciones separadas: el líquido pasa por una y el aire por la otra. En el tipo de tubos y aletas centrales, a), se emplean tubos verticales para el líquido con aletas en forma de tiras sujetas en cada lado de los tubos. En la construcción de aletas y tubos, b). Se emplean aletas horizontales. Este tipo de núcleo tiene mayor superficie de aletas y por tanto más capacidad de enfriamiento.

El líquido enfriador pasa de la parte superior a la inferior del radiador. El aire pasa del frente hacia la parte posterior del radiador en casi todas las instalaciones y absorbe el calor en las aletas; éstas, a su vez, absorben el calor del líquido que baja por los tubos. En esta forma, se reduce la temperatura del líquido enfriador.

Intercambiadores de calor

En algunas instalaciones de motores, por ejemplo los marinos, se utiliza un intercambiador de calor en lugar de radiador. El intercambiador tiene una serie de tubos por los cuales se bombea el agua de mar o agua "cruda" según el caso. El líquido enfriador del motor disipa su calor en el agua "cruda" que está más fría.

Se utiliza una bomba separada, llamada bomba para agua "cruda" que la toma en el exterior del casco de la embarcación mediante el tubo de entrada. Se utilizan coladores para impedir la entrada de sólidos. El agua cruda se circula por los tubos del intercambiador de calor y se descarga por el tubo de salida.

El líquido enfriador circula por el motor en la forma normal y se enfría cuando pasa alrededor de los tubos en el intercambiador de calor. El empleo del intercambiador de calor permite emplear agua de mar, que es muy corrosiva para el enfriamiento, sin que haga contacto con el interior del sistema de enfriamiento del motor.

Postenfriador

En muchos motores turbo cargados se utiliza un Postenfriador o ínter enfriador. Los componentes del Postenfriador constan de una cubierta en la cual hay un núcleo (panal) por el cual se circula el líquido enfriador. El aire de admisión del turbo cargador que se hace pasar por el Postenfriador se mueve alrededor de las aletas del núcleo. Con esto se extrae el calor del aire y se le reduce su temperatura.

11.3.2 Motores enfriados por aire. Los motores enfriados por aire están equipados con aletas metálicas en el exterior de los cilindros y la culata para irradiar el calor del motor al aire circundante. Los cilindros suelen estar separados entre sí para permitir la libre circulación del aire alrededor de ellos. Se utiliza un ventilador para producir un flujo forzado y ductos para llevar el aire a los cilindros; éstos se encuentran rodeados por (tolvas) bóvedas metálicas para dirigir el aire a través de las aletas en los cilindros y culatas.

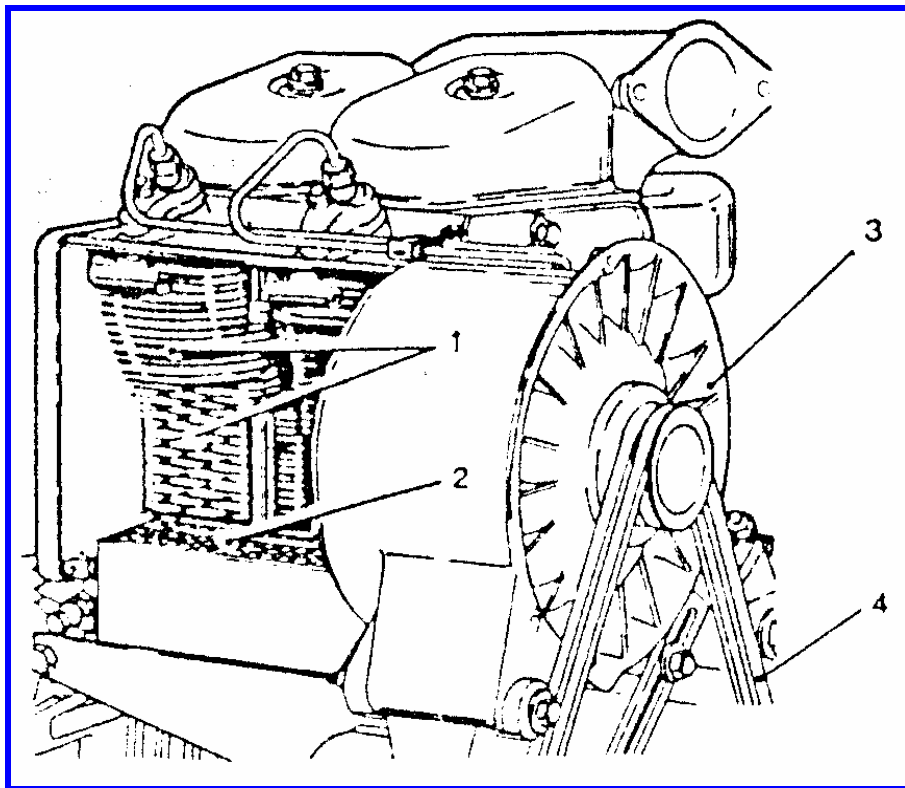
En la figura 45 se ilustra el sistema de enfriamiento en un motor de dos cilindros. Una banda acoplada a la polea del cigüeñal mueve la polea del ventilador, esto provoca el movimiento del aire por la tolva hacia las aletas de los cilindros del motor.

La cantidad de aire introducida se determina por la posición de las mamparas controladas por el termostato, una vez que son enfriados los cilindros parte del aire se hace pasar hacia un radiador el cual contiene el aceite lubricante para bajar su temperatura.

El aire caliente es desechado del motor a través de unas rejillas y se vuelve a introducir aire fresco para iniciar el ciclo.

En algunos vehículos este aire caliente se introduce a la cabina como parte del sistema de calefacción y mejorar las condiciones de confort de la misma.

Fig. 45. Motor básico enfriado por aire.³⁹ 1) Aletas en el cilindro y Culata, 2) Enfriador de aceite, 3) Ventilador, 4) Bandas V.



³⁹ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

12. SISTEMA DE LUBRICACION

12.1. GENERALIDADES

Las diversas partes del motor se lubrican con aceite a presión que envía la bomba. El aceite llega a esas partes mediante tubos, conductos, agujeros y ranuras que, junto con la bomba, filtros y válvulas para el aceite, forman el sistema de lubricación.

Las partes principales del motor, como los cojinetes del cigüeñal, tienen lubricación positiva y reciben directamente el aceite a presión: también se dice que tienen lubricación a presión. Otras piezas lubrican por salpicado: en este caso. Se lanza el aceite en forma de chorro mediante un barreno, una boquilla o tubo. Los engranes de sincronización de muchos motores se lubrican en esta forma.

Algunas partes del motor no necesitan lubricación a presión, sino que la reciben con el aceite que retorna desde otras piezas al depósito o dependen del aceite nebulizado que hay en la parte inferior del bloque y en el depósito cuando funciona el motor. El aceite expulsado desde otras piezas, por ejemplo los cojinetes de biela, producen un salpicado o neblina de aceite en toda la parte inferior del bloque.

Funciones del sistema de lubricación:

El aceite lubricante que circula por el motor desempeña cierto número de funciones, que son:

1. Lubricar las piezas movibles para reducir el desgaste.
2. Lubricar las piezas movibles para lograr que las pérdidas de potencia por fricción sean mínimas.
3. Actuar como enfriador para disipar el calor de las piezas del motor.
4. Absorber los choques entre los cojinetes y otras piezas, con lo cual se disminuye el ruido y se aumenta la duración del motor.
5. Formar un buen sello entre los anillos de pistón y la pared de los cilindros.
6. Actuar como agente limpiador.

12.2. LUBRICANTES

12.2.1. Lubricantes para motores Diesel. Las condiciones que imponen los motores Diesel para el lubricante son más severas que para los motores de gasolina. En el motor de gasolina, se emplea menos aire del requerido en los cilindros, en teoría, para quemar el combustible. Sin embargo, en un Diesel se succiona aire para llenar todo el cilindro en cada carrera de admisión, por lo cual hay un exceso de aire presente (atmósfera oxidante) en el cilindro durante la combustión. Esto hace que haya formación de goma del aceite. El Diesel funciona con presiones de compresión y temperaturas muy elevadas, por lo cual el aceite está sometido a influencias más grandes que lo pueden descomponer que en el motor de gasolina. En todos los motores, queda algo de combustible sin quemar en la pared de los cilindros y diluye el aceite. En algunos motores Diesel, parte del combustible choca con la pared de los cilindros \ diluye el aceite lubricante antes de que se inflame. El resultado es que el aceite se carga con partículas de carbón, gomas y barnices como

productos de combustión parcial. Esto ocasiona la formación de barnices y pegadura de los anillos de pistón.

Los aceites modernos incluyen aditivos químicos para evitar esos efectos de la combustión y la oxidación. Un aceite adecuado requiere las siguientes características generales:

1. Debe producir una película de aceite en la pared de los cilindros para evitar el desgaste y actuar como sello.
2. Debe tener baja fricción interna a fin de que no absorba potencia del motor.
3. Debe tener suficiente estabilidad para evitar la formación de gomas y barnices, pero ser lo bastante volátil para arder en forma limpia sin dejar residuos de carbón.
4. Debe poder disolver las resinas y barnices que se forman durante la combustión.

Las características 1 y 2 dependen de la viscosidad. Si ésta es muy elevada, el aceite tendrá alta fricción y quizá no mantendrá una película continua en la pared de los cilindros y en los cojinetes y puede ocurrir desgaste excesivo. En la actualidad se utilizan aceites de baja viscosidad.

Se emplean aditivos químicos para fortificar el aceite y cumplir con las características 3 y 4. Los aditivos son productos químicos solubles en el aceite.

12.2.2. Propiedades de los lubricantes. El aceite lubricante satisfactorio para los motores debe tener ciertas características o propiedades. Debe tener la viscosidad correcta y resistir oxidación, formación de carbón, corrosión,

herrumbre, presiones extremas y formación de espuma. Además, debe ser un buen limpiador (detergente), debe fluir a bajas temperaturas y tener buena viscosidad con temperaturas altas y bajas.

Ningún aceite mineral, en si, tiene todas estas propiedades. Por ello, los productores de lubricantes incluyen cierto número de aditivos durante la preparación para dar las propiedades requeridas.

Viscosidad

La viscosidad es una de las características más importantes del aceite lubricante; significa la tendencia del aceite a resistir el flujo. La viscosidad se puede describir como si estuviera dividida en dos partes: cuerpo y fluidez.

El cuerpo significa la resistencia a la penetración o perforación de la película de aceite durante la aplicación de cargas pesadas. Cuando se inicia la carrera de potencia, por ejemplo, las cargas en los cojinetes tienen un fuerte aumento. El cuerpo del aceite impide que la carga expulse la película de aceite que hay entre el muñón y los metales del cojinete. Esta propiedad amortigua las cargas de choque, ayuda a mantener buen sellamiento entre los anillos del pistón y la pared de los cilindros y mantiene una película adecuada de aceite en todas las superficies de apoyo de los cojinetes cuando están sometidas a carga.

La fluidez tiene que ver con la facilidad con la cual el aceite fluye en las tuberías o conductos de aceite y se extiende en forma de película en las superficies en contacto. En algunos aspectos, fluidez y cuerpo son características opuestas, ya que mientras un aceite sea más fluido, tendrá menos cuerpo. El aceite que se usa en cualquier motor debe tener el cuerpo

suficiente para trabajar como se mencionó en el párrafo anterior y la suficiente fluidez para correr libremente en todas las líneas de aceite y extenderse efectivamente en todas las superficies que hagan contacto.

La temperatura influye en la viscosidad. Cuando aumenta la temperatura se reduce la viscosidad y viceversa. Dado que las temperaturas del motor varían desde arranque en tiempo muy frío hasta la temperatura de funcionamiento, el aceite debe tener suficiente fluidez a bajas temperaturas. Al mismo tiempo, debe tener suficiente cuerpo para trabajar a altas temperaturas.

La viscosidad del aceite se determina con un viscosímetro, un aparato que determina el tiempo requerido para que pase una cantidad definida de aceite por una abertura de un diámetro definido. Durante esta prueba también se tiene en consideración la temperatura. Los números más bajos para viscosidad indican que ésta es más baja (aceite más delgado).

La Society of Automotive Engineers (SAE) clasifica la viscosidad en dos formas: para verano y para invierno. Los aceites de grado para invierno se prueban a 0°C y a 100°C. Hay tres grados: SAE-5W, SAE-10W y SAE-20W; la W indica que es grado para invierno. Los grados que no son para invierno no llevan el sufijo W y son: SAE-20. SAE-30. SAE-40 y SAE-50.

Algunos aceites son de grado múltiple (multi-grado), o sea que equivalen, en viscosidad, a varios aceites de grado simple. Por ejemplo, un aceite SAE-10W-30, se puede comparar con aceites SAE-10W, SAE-20W y SAE-30: estos aceites tienen un alto grado de viscosidad.

Aditivos para el aceite

Los aceites para servicio severo o pesado incluyen muchos aditivos para ayudarlos a desempeñar sus funciones. Los aditivos son:

1. Mejoradores de índice de viscosidad
2. Depresores del punto de fluidez o congelación
3. Inhibidores de oxidación
4. Inhibidores de corrosión y herrumbre
5. Inhibidores de espuma
6. Detergentes y dispersantes
7. Aditivos para extrema presión.

Aceites para motores a diesel

- CA Servicio ligero hasta moderado y con combustible con mínimo o ningún contenido de azufre, protege contra la corrosión de cojinetes o depósitos por alta temperatura.
- CB Parecido al anterior pero se puede emplear un combustible con mayor contenido de azufre.
 - CC Para motores turbocargados en servicio moderado hasta severo, protege contra lodos por alta temperatura.
 - CD Para motores turbocargados en servicio a alta velocidad y con cargas pesadas, en donde es necesario el control eficaz del desgaste y evitar la formación de depósitos de baja y alta temperatura.
 - CE Para motores diesel de servicio pesado y turbocargados fabricados después de 1983.
 - CF. Para motores diesel de servicio pesado protege contra lodos y depósitos y permite un control eficaz del desgaste.

- CF4 Permite un mejor control del consumo de aceite y los depósitos en los pistones sustituye al CD y CE.
- CG4 Para motores diesel de servicio pesado y que trabajan con diesel con bajo contenido de azufre 0.5% en peso. Se desempeña mejor que el CD, CE y el CF-4.

Para motores diesel de dos tiempos se tienen:

- CDII
- CF-2. Tiene mejor desempeño que el CD II

Los aceites para motores a diesel deben controlar la acidez que se pueda generar por el azufre en el combustible el cual al reaccionar con el agua (generada de la propia combustión o de la humedad que tiene el aire) se genera ácido sulfúrico que corroe los materiales. A los fabricantes de aceites para motores a diesel los catalogan a través del TBN (número básico total).

12.2.3. Análisis de aceites. Existen diferentes técnicas para el monitoreo periódico de aceites usados como el análisis físico-químico, la espectrofotometría por emisión atómica, el conteo de partículas y la ferrografía que permiten evaluar el estado del aceite para su cambio oportuno y el grado de desgaste de los diferentes mecanismos del equipo, el cual, si es anormal permitirá implementar correctivos que eviten la parada no programada o en caso contrario trabajar con confiabilidad y cuantificar la vida real de servicio del equipo que debe ser de acuerdo a lo especificado por el fabricante. Los resultados finales se reflejarán en una reducción significativa de los costos de mantenimiento.

Los análisis de laboratorio a los aceites usados deben llevarse a cabo teniendo en cuenta una programación periódica de toma de muestras para su análisis y el reanálisis cuando sea necesario.

Los análisis de laboratorio al deben tener como objetivo evaluar la condición del aceite, monitorear su grado de contaminación y el nivel o la gravedad del desgaste que se está presentando en el equipo. Es muy importante tener cuidado de que la muestra que se tome del equipo sea lo más representativa posible.

El análisis de las propiedades físico químicas del aceite usado se llevan a cabo mediante los métodos establecidos por las normas ASTM y el análisis del desgaste utilizando la espectrometría por emisión atómica, el conteo de partículas y la ferrografía.

12.3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LUBRICACION

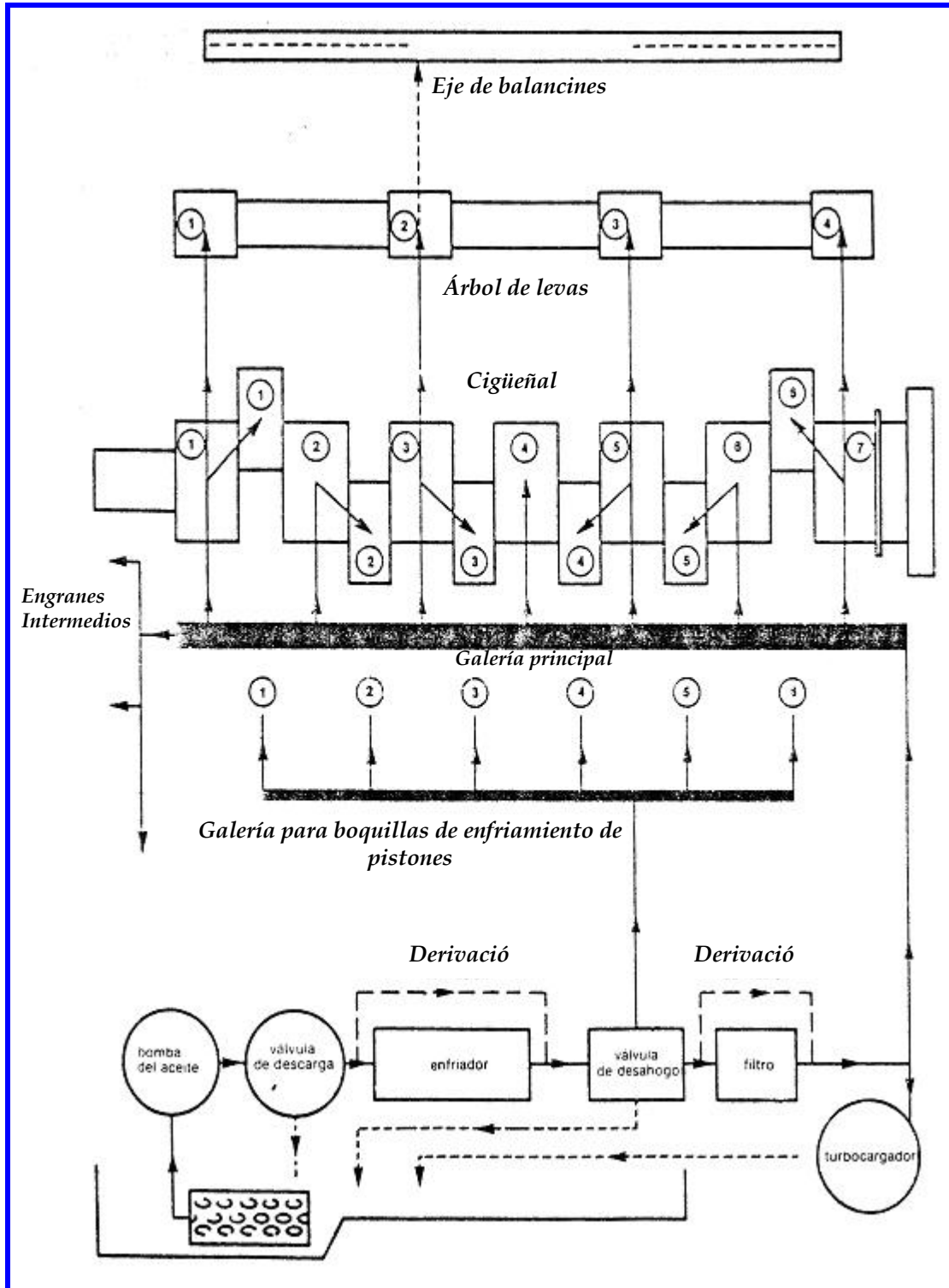
La figura 46 es un diagrama de un sistema de lubricación y se muestra la circulación de aceite en las diversas partes del sistema. Los componentes principales del motor aparecen en el diagrama en la misma posición relativa que tienen en el motor. De arriba hacia abajo en el diagrama son: eje de balancines, árbol de levas, cigüeñal, los conductos en el bloque de cilindros, la galería principal para aceite y la galería para las boquillas de enfriamiento de los pistones; las piezas montadas en diversos lugares del motor (bomba del aceite, enfriador, filtro, etc.) y el depósito. La bomba toma el aceite del depósito, lo hace circular por los diversos componentes ilustrados y regresa al depósito.

Circulación Del Aceite

Con referencia de nuevo a la figura 46, el aceite circula desde el depósito y por las diversas partes del sistema, como sigue:

- *Bomba del aceite:* La bomba del aceite, por lo general, se impulsa desde los engranes de sincronización. Succiona el aceite mediante un tubo de succión que tiene el extremo sumergido en el aceite del depósito. En el extremo del tubo de succión está montado un cedazo de tela metálica para proteger la bomba contra la entrada de cuerpos extraños. El aceite sale de la bomba, pasa por la válvula de descarga y el enfriador de aceite.
- *Válvula de descarga:* El aceite, normalmente, pasa por la válvula de descarga sin hacerla funcionar; pero si la presión en el sistema se vuelve demasiado alta, esta válvula se abre para devolver el aceite al depósito y reducir la presión. Con ello, la válvula de descarga actúa como válvula de seguridad para el enfriador de aceite y el resto del sistema.
- *Enfriador de aceite:* Transfiere el calor del aceite al líquido enfriador del motor. Luego, el aceite enfriado sale del enfriador a la válvula de desahogo (alivio) y al resto del sistema.
- *Engranes de sincronización:* El aceite para lubricar los engranes de sincronización e intermedios llega por el frente de la galería principal para aceite. Los cubos de los engranes intermedios reciben lubricación a presión; los otros engranes se lubrican con una boquilla que rocía aceite directamente en sus dientes.

Fig.46. Diagrama De Flujo De Aceite En El Sistema De Lubricación.⁴⁰



⁴⁰ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

- *Filtro de aceite:* Se ilustra un filtro de flujo pleno. Lo cual significa que se filtra todo el aceite del motor e incluye también una derivación. En caso de que se obstruya el filtro, se abre la válvula de derivación ("bypass") para que el aceite pase al otro lado del filtro y llegue al motor. Sin, la derivación, el filtro obstruido restringiría el paso de aceite. Ocasionaría escasez de aceite y ocurrirían daños en el motor. El aceite que sale del filtro se envía por un conducto en el bloque hasta la galería principal para aceite, desde donde se distribuye a muchas piezas del motor. Antes de que el aceite llegue a la galería principal. Se envía. A la galería para boquillas de enfriamiento de pistones y al turbó cargador.
- *La válvula de desahogo:* la válvula de desahogo de presión, llamada también de alivio, regula la presión en el sistema. Conforme aumenta la velocidad del motor, aumenta también el caudal de la bomba y circula más aceite en el sistema y aumenta la presión en éste. Una vez que se llega a la presión especificada. Se abre la válvula de desahogo para drenar la presión sobrante. El aceite sobrante de la válvula regresa al depósito o cárter, como lo indica la línea discontinua. El aceite que pasa por la válvula de desahogo llega hasta el filtro de aceite.
- *Galería de aceite para enfriamiento de pistones:* En los motores en que se emplea enfriamiento con aceite para los pistones, el aceite que sale de la válvula de desahogo se envía a esta galería, que esta en la parte inferior del bloque. Las boquillas o tubos instalados en la galería rocían aceite hacia arriba hasta el interior de la cabeza del pistón, para disipar el calor del mismo. A la vez, se lubrica el perno del pistón. La válvula de desahogo (alivio) de presión es de dos etapas que demoran el

suministro de aceite a la galería para enfriamiento de pistones hasta que circula libremente hacia las otras partes del motor.

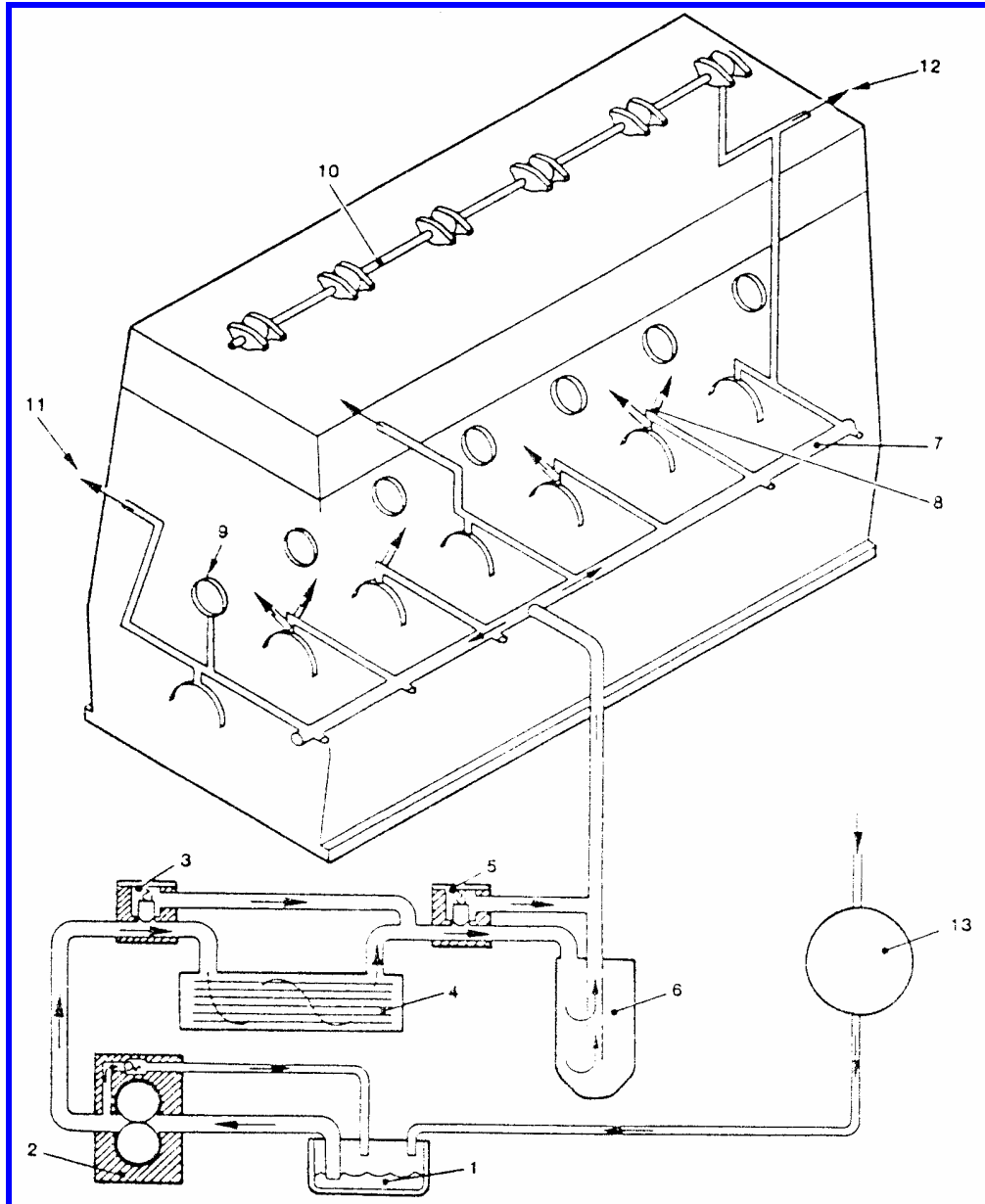
- *Turbocargador*: El aceite enviado al Turbocargador lubrica y enfría los cojinetes y retorna al depósito.
- *Galería principal para aceite*: Esta galería es un conducto que se extiende a toda la longitud del bloque. Hay cierto número de conductos y perforaciones para suministrar aceite a otras partes en el sistema de lubricación, incluso al cigüeñal.
- *Cigüeñal*: Cada uno de los, siete cojinetes principales del cigüeñal ilustrado, reciben aceite de la galería principal de aceite por un conducto taladrado en el soporte (bancada) para cojinetes en el bloque. Las perforaciones o conductos en el cigüeñal, entre los muñones principales y de biela, suministran aceite a estos últimos. Se puede ver que esto se aplica a todos los cojinetes principales, excepto el central (Cojinete No. 4).
- *Árbol de levas*: Los cojinetes del árbol de levas reciben el aceite, por medio de perforaciones en los apoyos en el bloque, desde los cojinetes principales 1, 3, 5 y 7.
- *Eje de balancines*: El cojinete No. 2 del árbol de levas envía un suministro controlado de aceite al eje de balancines. Este eje hueco lubrica los bujes de los balancines mediante una serie de barrenos; un barreno pequeño para descarga en cada balancín deja escapar el aceite para lubricar las válvulas y resortes.

- *Impulsión de auxiliares:* La impulsión de auxiliares recibe el aceite mediante perforaciones, desde la galería principal de aceite. Otras partes Para lubricar las varillas de empuje, seguidores de levas y partes asociadas, se usa el aceite que regresa de los balancines.
- *Filtro de aceite en derivación:* El sistema de lubricación puede incluir también un filtro en derivación o de flujo parcial además del filtro de flujo pleno. El filtro en derivación recibe el aceite sobrante de la válvula de desahogo o un suministro restringido desde la galería principal. El aceite filtrado retorna al depósito.
- *Instrumentos e indicadores:* Se utiliza un indicador o manómetro que señala la presión del aceite en el sistema; en algunos casos se emplea una luz de alarma que se enciende cuando la presión está baja. También se pueden utilizar luces de alarma si hay restricción al flujo en los filtros.
- *Bomba de barrido:* En algunos tipos de equipo para movimiento de tierras se utiliza una bomba adicional, llamada de barrido. Esta bomba transfiere el aceite desde la parte de menos fondo del depósito, hasta el pozo del depósito en donde se encuentra el tubo de succión de la bomba normal para aceite. Esto permite operar el equipo en ángulos que, de otra forma, Ocasionarían que no hubiera aceite en la succión de la bomba normal y habría pérdida de presión en el sistema.

Flujo De Aceite En Un Sistema

En la figura 47 se ilustra el flujo de aceite en un sistema; es similar al ya descrito, pero aquí aparecen delineados los componentes.

Fig. 47. Sistema de lubricación.⁴¹ 1) Depósito, 2) bomba del aceite, 3) válvula de derivación del enfriador, 4) enfriador de aceite, 5) válvula de derivación del filtro de aceite, 6) filtro de aceite. 7) Galería para aceite, 8) boquillas para enfriamiento de pistones, 9) cojinetes del árbol de levas, 10) eje de balancines, 11) suministros de aceite a componentes externos, 12) conexiones para presión, 13) turbo cargador.



⁴¹ Tomado de MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

El motor tiene turbocargador y enfriador de aceite. El aceite fluye desde el depósito 1), a través de la bomba 2), el enfriador 4) y el filtro 6), según se indica con flechas. El enfriador y el filtro tienen válvulas de derivación.

La galería 7) principal de aceite suministra aceite a presión al motor y sus accesorios. Mediante conductos taladrados desde la galería se envía aceite a los cojinetes del cigüeñal y del árbol de levas 9) y a los engranes de sincronización. Las boquillas 8) para enfriamiento de pistones, cerca de los cojinetes principales, envían aceite para enfriar y lubricar los pistones, pasadores de pistón, anillos de pistón y pared de los cilindros.

Se envía aceite al eje 10) de balancines, hueco, mediante conductos en el bloque y la culata de cilindros, para lubricar los balancines y vástagos de válvulas. El aceite sobrante que escurre lubrica las varillas de empuje, seguidores y árbol de levas antes de retornar al depósito.

Los tubos para el Turbocargador 13) y otros componentes externos del motor, llevan el aceite desde la galería principal para lubricarlos.

13. TENDENCIAS FUTURAS PARA MOTORES DIESEL⁴²

13.1. EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA: LA REVOLUCIÓN

Los motores Diesel, están teniendo en estos últimos años un gran protagonismo y actualmente podemos afirmar, sin resultar exagerados, que nos encontramos ante un cambio drástico en el diseño de los motores de combustión interna.

Los motivos para que se esté dando esta situación se encuentran sustancialmente ligados a los siguientes aspectos:

La legislación

Como consecuencia del gran impacto de los motores térmicos sobre el medio ambiente se ha desarrollado una legislación cada vez más rigurosa sobre las emisiones del motor que ha obligado a los investigadores y técnicos a esforzarse en la concepción de motores más limpios y menos ruidosos. En este sentido se han producido avances notables en el control de emisiones tanto en origen como por medio de sistemas de post-tratamiento. No debemos olvidar que en los últimos años los niveles de las principales emisiones contaminantes se han reducido en un factor de diez y la normativa para los próximos años prevé reducir estos niveles otro tanto. En la figura 1 se muestran los valores límites según las distintas normativas europeas, actualmente los nuevos motores que salen al mercado están cumpliendo la Euro III y ya todas las ingenierías de los fabricantes trabajan sobre Euro IV.

⁴² Tomado de la Publicación: Tendencias futuras en el Desarrollo de Motores Diesel. Departamento de Máquinas Térmicas Alternativas. UPV, España: 2000.

Posiblemente a este ritmo los motores podrán llegar a convertirse en los filtros del aire de las grandes ciudades contaminadas.

Consideramos que en estos momentos los esfuerzos deberían dirigirse más hacia la reducción del consumo de combustible y por tanto a la reducción de emisiones de CO₂ y su efecto invernadero sobre la atmósfera. Es posiblemente en este campo donde el motor diesel tiene ventajas sobre otras plantas de propulsión alternativas. Vehículos equipando estos motores con consumos de cuatro litros e incluso de tres litros a los cien kilómetros son prácticamente una realidad.

En los últimos años la evolución tecnológica de los motores diesel ha sido espectacular. Hemos asistido a la práctica desaparición del motor de cámara dividida (IDI), tradicional en las pequeñas cilindradas, que está siendo masivamente sustituido por el motor de inyección directa (DI) incluso en cilindradas unitarias impensables hace algunos años. La razón sustancial de este cambio ha sido el reducido consumo de los motores de inyección directa. En la figura 2 aparece la evolución de los motores ID e IDI así como el porcentaje de motores diesel en el mercado automovilístico, lo que da una idea de los drásticos cambios que se están produciendo.

Los avances técnicos.

La aparición en el mercado de nuevos conceptos en los sistemas de inyección de combustible, el incremento en la presión de inyección, la posibilidad de mecanizar elementos cada vez más pequeños con tolerancias cada vez más estrechas, los programas de cálculo siguen evolucionando a medida que comprendemos mejor los fenómenos físicos involucrados durante los

procesos que se dan en el motor y es previsible que en pocos años sean una herramienta todavía más importante como ayuda al diseño de los motores.

Los requerimientos del usuario.

Otro condicionante importante en la evolución futura de los motores diesel de automoción son los requerimientos cada vez más exigentes del usuario en términos de prestaciones, manejo agradable y confort.

Junto con el incremento de rendimiento y la reducción de emisiones estamos asistiendo a un aumento espectacular de la potencia específica en estos motores y en un plazo breve aparecerán en el mercado motores Diesel con potencias específicas de 60 kw/litro en los que será difícil, desde el punto de vista de la percepción del usuario, saber si su vehículo equipa un motor diesel o gasolina.

13.2. ASPECTOS MÁS NOVEDOSOS EN LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA.

13.2.1. Sistemas de inyección electrónica. El sistema de inyección de combustible en un motor diesel se encarga de suministrar la cantidad de combustible requerida en el momento adecuado, para cada punto de funcionamiento del motor. Además, debe suministrar el combustible con las propiedades macroscópicas y microscópicas adecuadas para su correcta combustión dentro de la cámara.

Dado que los más sofisticados sistemas y dispositivos mecánicos de regulación de los sistemas de inyección diesel no logran satisfacer las normas anticontaminantes futuras, ha sido necesaria la introducción de modernos

dispositivos electrónicos de control que permiten la medición de magnitudes físicas reales, memorización, regulación y control, y procesado de datos para poder llegar a los requerimientos para cumplir las normas. Por otra parte, la introducción en el mercado de los motores diesel de inyección directa para turismos a partir de 1988 ha intensificado la demanda de los sistemas de inyección altamente flexibles, puesto que los requisitos exigidos al sistema se acentúan aún más en este tipo de motores, caracterizados por una disminución en las dimensiones características (cámara de combustión) y un aumento del régimen de giro.

Por su principio de funcionamiento, los motores diesel necesitan un sistema de suministro de combustible lo más flexible posible. Los parámetros que debe gobernar el sistema son:

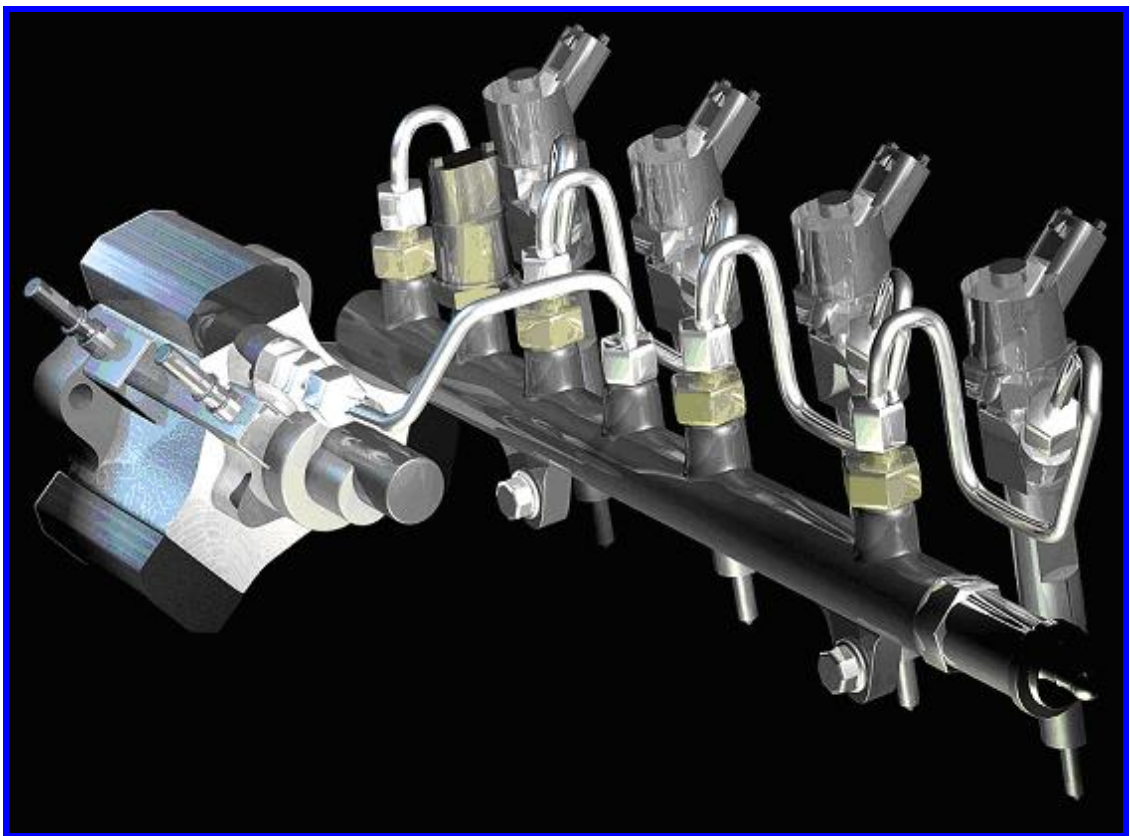
- Inicio de la inyección.
- Cantidad de combustible inyectado.
- Presión de inyección.
- Forma de la tasa de inyección.

El problema de los sistemas mecánicos convencionales es que no son capaces de cubrir simultáneamente todos estos parámetros de la inyección, por lo que ha sido necesaria la incorporación de la electrónica para poder cumplir todos los requisitos.

En este aspecto, la regulación electrónica del motor diesel (ver Fig.48), "EDC" (Electronic Diesel Control) es actualmente un componente imprescindible en un moderno vehículo de automoción. Los primeros prototipos aparecieron a finales de los años 70 (Bosch, 1978), el sistema tenía un acumulador

controlado electrónicamente, y cumplía muchos de los requisitos deseados, sin embargo la relación costo / beneficio era desfavorable, además de otros problemas de seguridad y fiabilidad. En 1991 se presenta un sistema simplificado que opera con una presión de hasta 1200 bar, que utiliza un depósito (Rail) común para todos los inyectores y de ahí nace su nombre Common Rail (CR).

Figura 48. Distribución de combustible en los inyectores.



En 1995 se presenta un sistema aún más sencillo, en este sistema la inyección está controlada por Electroválvulas de 2 vías, en vez de sistemas de 3 vías como los anteriores. Finalmente, la incorporación del CR a la producción en serie en motores de pequeña cilindrada se dio en el año 1998-1999.

Esquema de funcionamiento

La regulación en los motores diesel actuales con inyección electrónica se realiza como sigue:

Dependiendo del régimen y de la posición del acelerador existen valores concretos para la cantidad de combustible a inyectar y el punto de inicio de la inyección necesaria para una combustión óptima del carburante. Los parámetros físicos medidos por los sensores se transforman en magnitudes eléctricas, la ECU (Electronic Control Unity) recibe y evalúa las señales eléctricas de los sensores y en base a ellas calcula la cantidad y el punto de inyección para los diferentes puntos de funcionamiento del motor a partir de los mapas característicos de referencia que están almacenados en la memoria del microprocesador. Los actuadores se encargan de conseguir la cantidad y el punto de inyección calculados por la ECU.

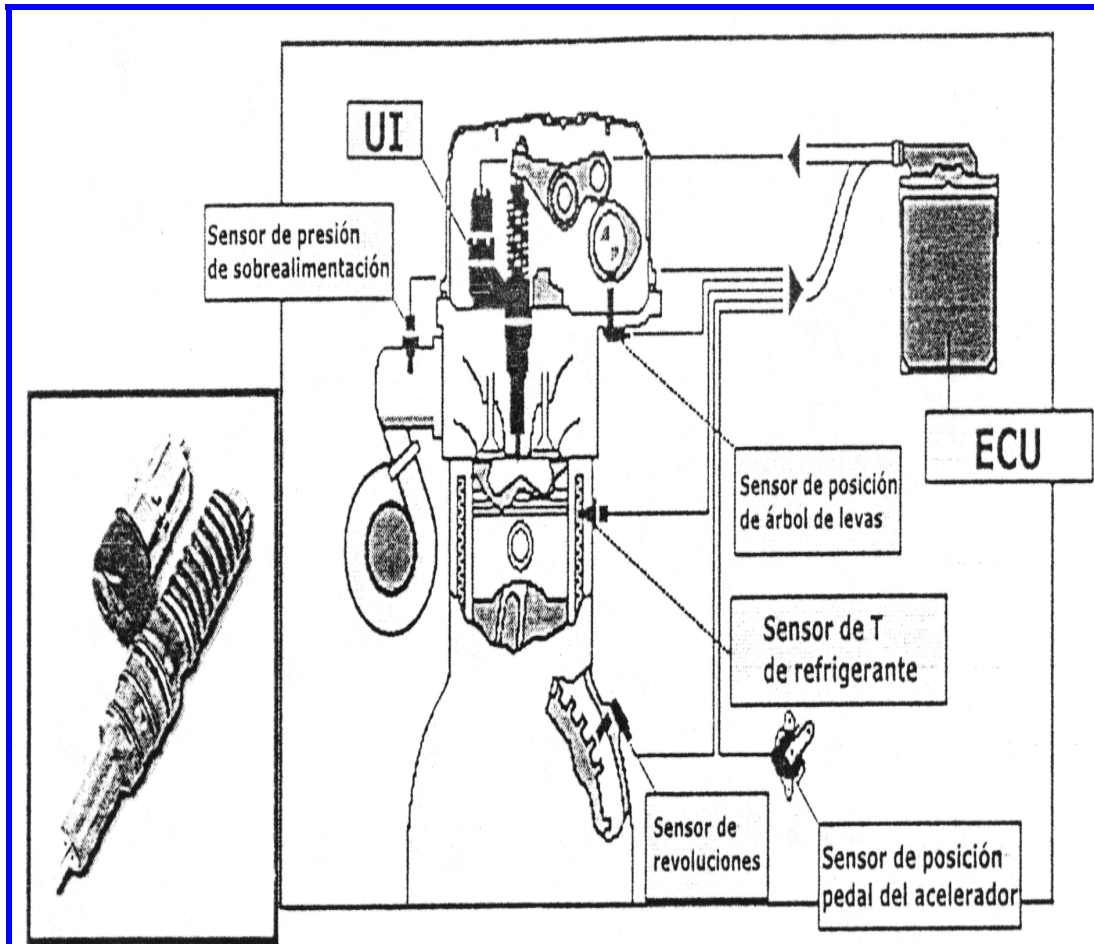
Sistema Common-Rail.

El sistema Common Rail permite obtener un mapa totalmente independiente de los parámetros de regulación comentados con anterioridad. Esto ha sido posible gracias a que la regulación y control de la presión de inyección y de la dosificación de combustible son independientes.

Sistemas de inyector unitario (UI) e inyector bomba (UP).

Se trata de sistemas de construcción modular, con bombas de inyección monocilíndricas y con gestión electrónica. Actualmente se tienen sistemas UI (referirse a la Fig. 49) para vehículos industriales de hasta 1800 bar, mientras que ya existen unidades UP (referirse a la Fig. 50) para turismos de hasta 2200 bar con capacidad de regulación muy flexible.

Figura 49. Esquema sistema de inyección con inyector unitario (UI)



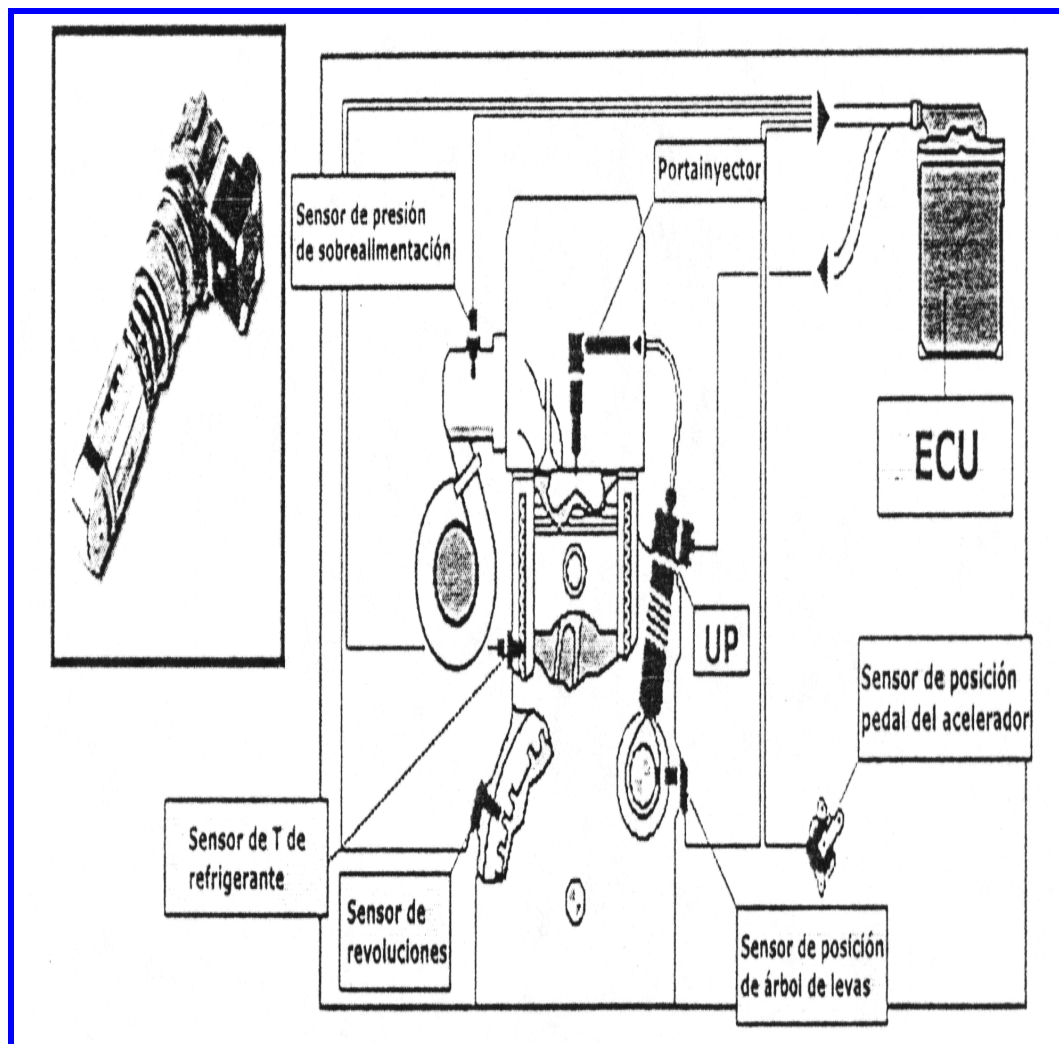
La inyección electrónica ha supuesto como ya he dicho un salto conceptual en los motores. Actualmente empieza a ser de aplicación generalizada, sin embargo los sistemas de inyección actuales todavía no están suficientemente evolucionados y buena prueba son las evoluciones permanentes que están apareciendo.

Las tendencias en los próximos años van dirigidas a:

- Aumento de la presión de inyección (2200 bar).
- Empleo de agujeros de inyección con geometrías no cilíndricas.

- Reducción del tamaño de los agujeros de inyección (diámetros de 0.1 mm).
- Versatilidad en el combustible inyectado, tanto en la forma de entrega de combustible, como en el número de inyecciones en un ciclo del motor.

Figura 50. Esquema sistema de inyección con inyector bomba (UP).



13.2.2. Recirculación de los gases de escape EGR. Uno de los contaminantes más importantes de los motores diesel son los óxidos de nitrógeno,

denominados usualmente como NO_x, que se generan durante un proceso de combustión a elevada temperatura y con exceso de oxígeno. Ambas condiciones se cumplen en la combustión del motor Diesel.

Para reducir los niveles de NO_x durante el proceso de combustión existen básicamente dos alternativas. La primera consiste en modificar el punto de inyección retrasándolo de tal forma que durante el proceso de combustión las presiones se reduzcan y por tanto también las temperaturas, esta alternativa conlleva una pérdida de rendimiento efectivo apreciable en el motor debido a la modificación de la presión en relación al volumen del cilindro.

La segunda alternativa es la de introducir parte de los gases de escape en la admisión, lo que se conoce como EGR (Exhaust Gas Recirculation). Al introducir gases inertes en la admisión la temperatura del proceso de combustión se reduce y consecuentemente la cantidad de NO_x (ver Fig. 51 y 52).

Buena prueba del éxito de esta técnica es que se empezó a experimentar a principio de los años 90, en el año 2000 muy pocos motores la utilizaban y actualmente es una práctica muy extendida que está teniendo numerosas evoluciones.

El principal inconveniente de esta técnica es el aumento de las partículas (humo) en los gases de escape, este aumento es debido a que el proceso de combustión se realiza con menos oxígeno, y en general el empleo del EGR obliga al uso de técnicas complementarias para reducir las partículas. Por otra parte cualquier reducción de la temperatura de los gases reduce la temperatura de combustión de ahí que la tendencia actual sea a utilizar EGR frío.

Figura 51. Efecto del EGR sobre la temperatura máxima de llama.

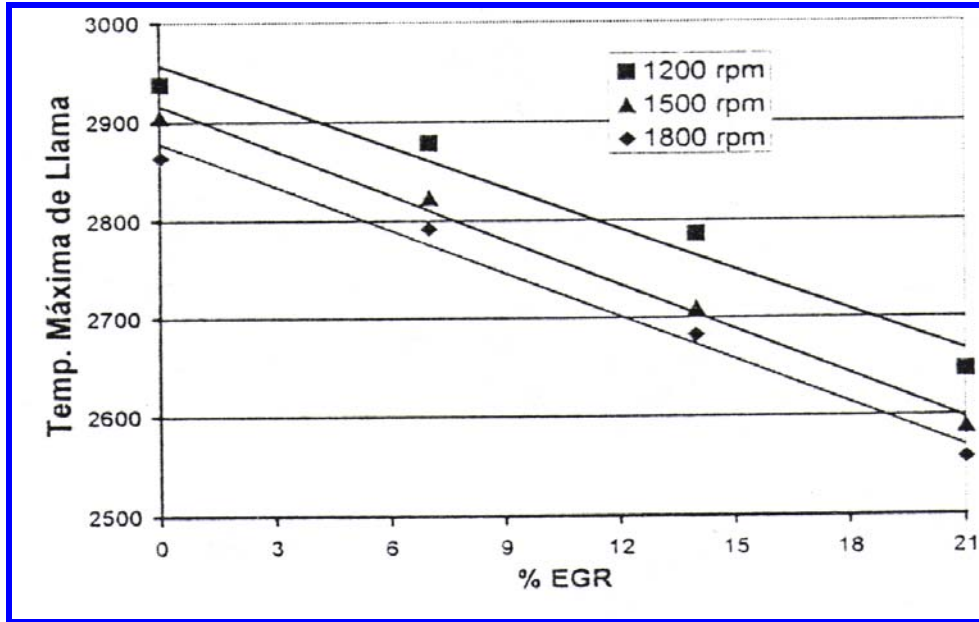
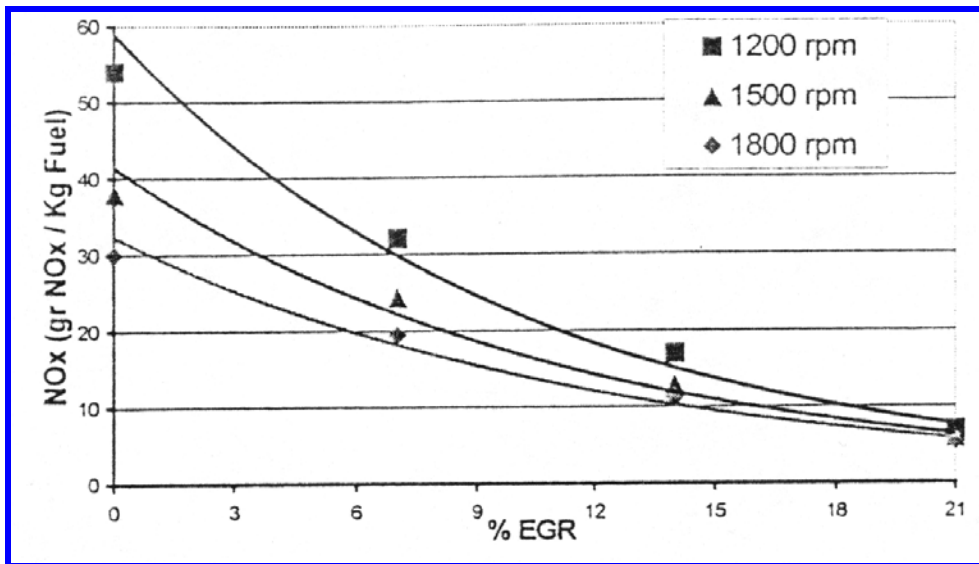


Figura 52. Efecto del EGR sobre las emisiones de NOx.



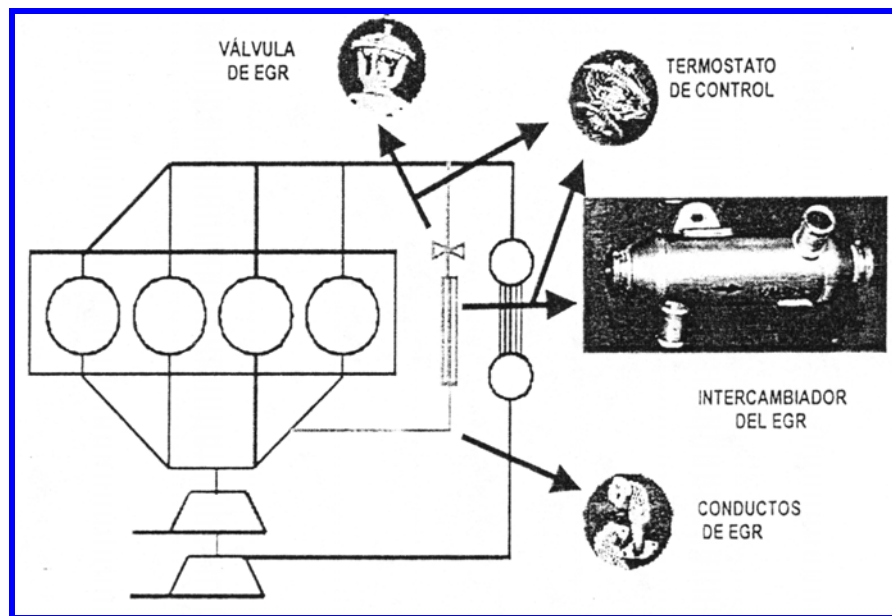
Esquema de funcionamiento

De acuerdo a la Figura 53, la recirculación de los gases de escape se realiza con la simple conexión de los colectores de escape y admisión. El sentido de

flujo de este gas viene impuesto por la diferencia de presiones medias entre la línea de escape y admisión. Como en el caso de motores de pequeña y mediana cilindrada la presión media en el colector de escape es superior a la que existe en el colector de admisión la producción de EGR se realiza fácilmente. Los dispositivos necesarios en el sistema son los siguientes:

- Válvula de EGR. Es la encargada de abrir o cerrar el circuito según los requerimientos del sistema.
- Intercambiador de EGR. Utiliza agua de refrigeración del motor para enfriar los gases de escape antes de introducirlos en la admisión. Se está extendiendo su utilización en los últimos años.
- Conductos de EGR. Suelen fabricarse con forma de muelle para que sean capaces de absorber las vibraciones producidas por el motor.
- Termostato de control. Controla la temperatura del gas recirculado según las temperaturas del gas en la admisión y en el escape.

Figura 53. Esquema sistema de EGR.



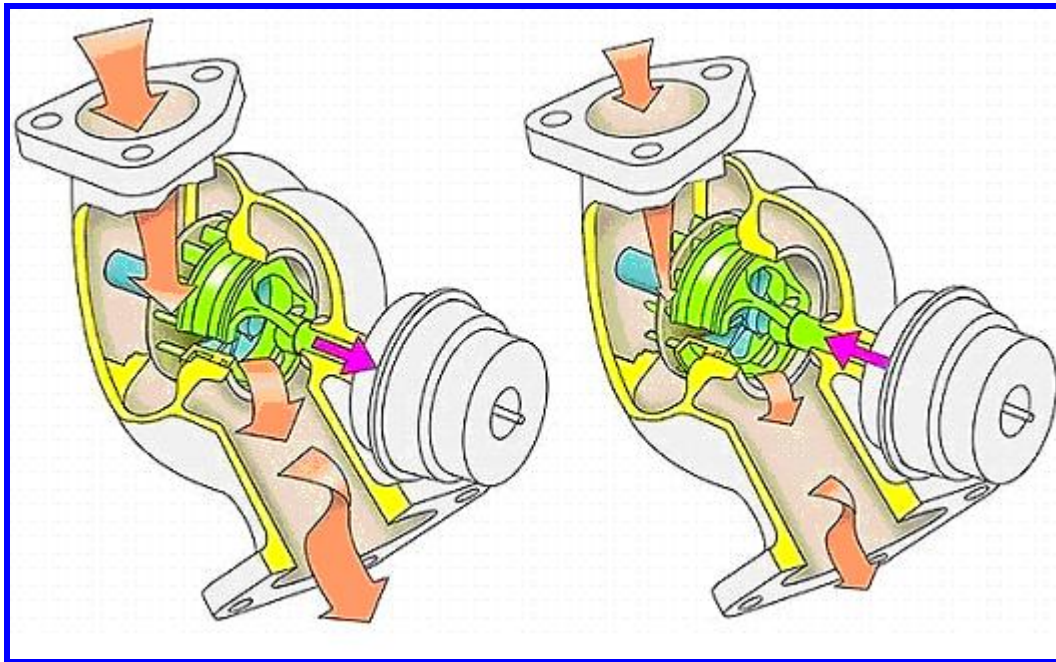
13.2.3. Sobrealimentación por turbina de geometría variable. La sobrealimentación es casi tan antigua como los propios motores de combustión interna alternativos. Daimler en 1885 depositó una patente en la que advierte del beneficio de la compresión previa de la carga, mediante una bomba similar a la bomba de barrido de los motores de dos tiempos. También Diesel consideró ya en 1896 los beneficios de la sobrealimentación en los motores que llevan su nombre. Para ello instaló un compresor alternativo movido por el propio motor descargando a un depósito intermedio, en el que tenía previsto el enfriamiento del aire de sobrealimentación, técnica de uso generalizado actualmente. El motor así sobrealimentado consiguió aumentar la potencia con respecto al motor atmosférico, pero estropeando el rendimiento térmico del motor por un mal acoplamiento entre el motor y el compresor.

El impulsor de la sobrealimentación con turbina de escape fue el ingeniero de la empresa suiza Sulzer, Büchi. En 1905 propuso una patente de un motor sobrealimentado con un turbocompresor axial movido con una turbina movida por los gases de escape. El motor, el compresor y la turbina estaban montados sobre el mismo eje. Más adelante, el propio Büchi patentó el sistema de sobrealimentación con turbocompresor y turbina movida por los gases de escape pero montados en un eje diferente al del motor, método de sobrealimentación utilizado en la actualidad. Un esquema de un grupo de sobrealimentación actual aparece en la figura 54. Las principales ventajas que presenta la sobrealimentación por turbina de escape son:

- La utilización de la sobrealimentación aumenta la potencia del motor para una determinada cilindrada.

- Como la turbina de escape aprovecha la energía, que de otra manera se habría enviado al medio ambiente, se va a producir casi en todos los casos un aumento del rendimiento efectivo del motor.
- El peso y el tamaño del turbó grupo son reducidos.

Figura 54. Esquema del grupo de sobrealimentación.



Sin embargo, la sobrealimentación de los motores presenta algunos inconvenientes, entre los que cabe destacar:

- Aumento de las cargas mecánica y térmica del motor. Al aumentar la presión de admisión se produce un aumento en la presión máxima del ciclo, lo que provoca un aumento de los esfuerzos en la biela, cigüeñal y sus apoyos. El aumento de la potencia que produce la sobrealimentación está relacionado con el aumento del gasto de combustible que se quema en el motor, es decir de la potencia calorífica que se libera en la cámara de

combustión. Como consecuencia la carga térmica (relación entre la potencia mecánica del motor y la superficie del pistón) sobre el motor es mayor.

- La energía disponible de los gases de escape es menor a bajo régimen y a baja carga, por lo que la curva de par es creciente con el régimen de giro, lo cual no es favorable para los vehículos de tracción.
- Durante los transitorios de aceleración o de aumento rápido de la carga del motor, el grupo de sobrealimentación tiene un retraso relacionado con la inercia del grupo de sobrealimentación y con la llegada de la energía necesaria a la turbina.

La aplicación de esta técnica plantea problemas de acoplamiento entre el motor y el turbo grupo ya que son dos máquinas muy diferentes, el motor alternativo opera en una amplia gama de gastos másicos y relación de presiones, en flujo esencialmente discontinuo, mientras que las turbomáquinas están diseñadas para trabajar en condiciones estacionarias de flujo continuo, y no siempre tienen el tamaño óptimo para todas las condiciones de funcionamiento del motor.

A bajo régimen de giro del motor se necesita una turbina que para un gasto másico pequeño tenga una elevada relación de expansión (sección efectiva de paso de los gases de escape pequeña) que de la suficiente potencia para los requerimientos del compresor: en cambio, a alto régimen de giro del motor una turbina con mayor sección efectiva da suficiente potencia al compresor. Por tanto una turbina no se adapta correctamente a todas las condiciones de funcionamiento del motor, para solucionar este problema se pueden utilizar turbinas de geometría variable que pueden variar la sección efectiva de paso del flujo de gases.

Con la utilización de las turbinas de geometría variable es posible mejorar las prestaciones del motor para distintos regímenes de giro. Estas turbinas pueden cambiar el área efectiva de paso de los gases de escape y con ello mejorar el funcionamiento del motor para distintas condiciones de uso. En la figura 13.8 se presenta un grupo de sobrealimentación con turbina de geometría variable actuando sobre los alabes de entrada a la turbina.

A pesar de las ventajas que ofrecen, su uso no está todavía muy extendido por las dificultades en realizar este tipo de turbinas con un buen rendimiento, un coste razonable y una fiabilidad adecuada del mecanismo de actuación de la geometría variable.

En los próximos años los motores utilizarán de forma generalizada la sobrealimentación con refrigeración y las tendencias en este campo son:

- Empleo de altas presiones de sobrealimentación, posiblemente con turbo grupos en dos etapas.
- Mejora en el rendimiento del compresor y turbina.
- Empleo de turbinas de geometría variable.
- Dispositivos para mejorar la respuesta transitoria del grupo de sobrealimentación.

13.2.4. Accionamiento electrónico de las válvulas. El interés por el desarrollo de sistemas de distribución variable es debido en gran parte al intento de aumentar las prestaciones de los motores y para poder dar cumplimiento a las normativas de emisiones cada vez más exigentes, en concreto la Euro IV, que entrará en vigor en el año 2005.

Los sistemas de distribución variable más versátiles de la actualidad, son los que están comandados por válvulas electro-hidráulicas y por medio de un circuito hidráulico más o menos complejo, se actúa sobre las válvulas de admisión o de escape del motor.

Este tipo de sistema presenta configuraciones muy diferentes, lo cual le dota de una mayor versatilidad y diferentes grados de complejidad según el tipo de configuración, que debe ser diseñada para optimizar una correcta relación entre las prestaciones que ofrece el sistema de distribución y la fiabilidad y energía necesaria para su correcto funcionamiento.

En la actualidad, este tipo de sistemas han sido desarrollados en su mayor parte para motores de gasolina, donde se logra una mejora en el rendimiento al reducir la pérdida de carga que representa la mariposa y sustituirla por el sistema de distribución variable. Esta gran ventaja, ha hecho que en la actualidad muchos constructores ya dispongan de sistemas de distribución variable montados en automóviles de gasolina comerciales.

Los sistemas de distribución variable actualmente industrializados, se pueden clasificar en dos grupos, los sistemas de cambio de leva "cam changing" en los que un sistema hidráulico se encarga de cambiar la leva activa de entre un grupo de levas diferentes, optimizadas para distintas condiciones de funcionamiento y los sistemas de cambio de fase "cam phasing" en los que un sistema hidráulico, se encarga de desfasar la leva adelantando o retrasando su apertura y su cierre, sin variar en ningún momento la duración de la apertura.

Como se puede concluir los sistemas de distribución variable totalmente flexibles y con control electrónico, no existen en fase comercial actualmente,

sin embargo se están haciendo grandes esfuerzos por parte de todos los fabricantes para poner a punto e industrializar estos sistemas.

Es muy probable que la distribución variable alcance su madurez en pocos años y en ese momento comenzara en los motores una segunda revolución, dado que a partir de ese momento se controlara por una parte el combustible inyectado y por otra el aire admitido, con lo que se abren nuevas estrategias en el diseño de los motores diesel entre las que cabe destacar:

- Se podrá variar la relación de compresión con el levantamiento de la válvula de admisión, para mejorar el arranque en frío y el bombeo en diferentes grados de carga y regímenes de giro del motor.
- Realización de EGR interno. Es decir, retener parte de los gases quemados en el cilindro.
- Eliminar reflujos. Abrir y cerrar las válvulas en el momento en que las presiones dentro del cilindro y en la admisión o escape sean las adecuadas para que el sentido de circulación de los gases sea el deseado en todos los regímenes de giro y grados de carga.
- Abrir la válvula de escape en el momento adecuado, para que se pueda modificar la energía disponible de los gases en la turbina.
- Cortocircuito del aire, haciendo circular el aire directamente de la admisión al escape, de tal manera que se produzca una refrigeración del sistema de escape y de la turbina.

13.3. ACTUALIDAD EN MOTORES DIESEL

✓ Por Que Diesel y Por Que Ahora.⁴³

La visión de ruidosos y malolientes vehículos Diesel que expelen negruzcos gases de escape siempre ha dejado una impresión negativa entre los consumidores de EEUU. Lo cierto es que esa imagen es de una tecnología perteneciente a otras décadas, afirmó Walter Mc Manus, director ejecutivo responsable de Análisis Global en J.D. Power and Associates, durante la primera reunión gestión ejecutiva de la SAE, que tuvo lugar en mayo del 2003, y que estuvo centrada en el tema “Los Diesel y su futuro en los EEUU”.

En los últimos tres años la Agencia de Protección Medioambiental de los EEUU (Environmental Protection Agency, EPA) ha publicado normativas (TIER 2) de carácter imperativo dirigidas a reducir las emisiones producidas por la circulación de vehículos.

La norma TIER 2 califica los niveles de emisión en una escala de 1 a 10, siendo el 5 el valor medio mínimo. La norma en mención también ha establecido que el contenido máximo de azufre en combustibles Diesel se reduzca a 15 ppm para el año 2006.

El objetivo final de esta normativa es motivar al sector a conseguir una reducción del 97% en niveles de azufre en el combustible Diesel, así como un recorte de entre el 90 y el 95% en partículas, NOx y otras emisiones para el año 2007.

⁴³ Tomado de Revista SAE. Octubre del 2003.

✓ **Una Opción Para El Futuro Cercano.**⁴⁴

Lo que se espera de un Mercedes E-CLASS de seis cilindros y de un BMW serie 7 V8 es que tengan un manejo suave y un motor silencioso, tanto que a veces haya que mirar el tacómetro para verificar que el motor está encendido. Ahora, esto es lo que se espera de un auto Diesel.

Las investigaciones sobre nuevos combustibles eficientes giran en torno a los autos híbridos que combinan electricidad y gasolina, y a los motores de celdas de combustibles. Recientes estudios muestran que el Diesel puede igualar y hasta superar el desempeño y la limpieza de los autos híbridos como el PRIUS de TOYOTA.

Los estudios de consumo total de energía fueron dirigidos por GENERAL MOTORS, el instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) y la universidad de Alberta en Canadá. Los investigadores del MIT aseguran que el Diesel puede superar los autos híbridos y a la mayoría de tecnologías de celdas de combustible a base de hidrógeno.

La clave para el desempeño de un motor Diesel es el sistema de inyección de combustible. VOLKSWAGEN usa un dispositivo mecánico que trabaja a alta presión con dos pulsos por inyección. En el futuro se podrán utilizar controles electrónicos para los pulsos de los inyectores a alta presión. En cuanto al sistema de escape no solo las emisiones de monóxido de carbono son bajas, sino que el exceso de aire en el tubo de escape puede mejorar la operación de un convertidor catalítico que funcione por oxidación.

⁴⁴ Tomado de Popular Mechanics en Español. Enero del 2004.

14. DIAGNOSTICO DE MOTORES DIESEL

14.1. GENERALIDADES

Al igual que cualquier otro tipo de motor, el motor Diesel requiere de mantenimiento a intervalos regulares determinados. Los elementos típicos que requieren mantenimiento son: cambio del aceite y el filtro, filtro de aceite, mantenimiento del sistema de ventilación del carter, comprobación de la velocidad de relentí, comprobación de la regulación de la bomba de inyección de combustible, y comprobación de la tobera de combustible.

El periodo de mantenimiento de estos elementos depende del calendario establecido por el fabricante y de las condiciones de operación o funcionamiento. Los calendarios de mantenimiento del fabricante son variables, y las condiciones de funcionamiento incluyen la fecha en la que el vehículo debe ser revisado.

14.2. DIAGNOSTICO DE FALLAS EN MOTORES DIESEL

En el mantenimiento predictivo de los motores Diesel se debe utilizar una combinación de técnicas que permitan el diagnóstico fiable de las averías antes de que se produzcan.

El mantenimiento de los motores Diesel, evoluciona desde hace años hacia la forma del trabajo predictivo, que consiste en la realización de mediciones de diversos parámetros de funcionamiento, utilizando técnicas de diagnóstico de

fallos y sistemas de medida cada vez más complejos y fiables, para conocer el estado real de los equipos y actuar en función del mismo.

El mantenimiento predictivo utiliza modernas técnicas de tomografía infrarroja y endoscopia, análisis de vibraciones y ultrasonido, que generan imágenes del interior de motor para el reconocimiento de averías incipientes en el mismo.

Otros síntomas del motor se estudian mediante el análisis de su potencia, compresión, inyección, gases de escape, presiones y temperatura, además de estudiar la presión del cilindro y las oscilaciones del bloque. También se puede realizar un análisis químico de los lubricantes, que refleja el estado real de las transmisiones.

14.2.1. Metodología PV. La metodología PV consiste en el diagnóstico de la condición actual de una máquina reciprocante a partir de la elaboración de un diagrama Presión vs. Volumen real bajo condiciones normales de operación. Esta metodología es aplicable a máquinas que funcionen con fluido compresible, tales como motores de combustión Interna ya sean diesel o a gasolina, de 2 o 4 tiempos, y a compresores reciprocantes que manejen cualquier tipo de gas o vapor. La diferencia radica en que para motores hay que tener en cuenta que generan potencia en base a la combustión de un combustible determinado, el cual define el comportamiento de las demás variables tales como la temperatura de la mezcla y los reglajes de apertura y cierre de válvulas, mientras que para compresores, el parámetro más importante que define el proceso son las condiciones de estanqueidad dentro

de la cámara y de las válvulas, además que en los compresores, el proceso de es menos complejo que para el caso de los motores.

El diagrama PV se construye gracias al sensado de la presión en tiempo real para cada una de las posiciones del pistón dentro del cilindro, el cual a su vez debido a las condiciones constructivas, define el volumen que ocupa el fluido dentro del mismo.

► *Diagrama PV*

Es un diagrama que representa el comportamiento de la presión de un fluido a medida que cambia su volumen ya sea, absoluto o específico. Normalmente se conoce también con el nombre de Diagrama Indicado.

La máquina reciprocante más sencilla se constituye básicamente de un pistón que se mueve dentro de un cilindro, con el fin de desplazar una cantidad determinada de fluido.

Este diagrama se hizo popular debido a que el área que queda encerrada representa el trabajo utilizado o aportado por la máquina por cada ciclo que realice. Por esta razón (entre otras), este diagrama se convierte en un indicador de desempeño de la máquina; además, el estudio de los diferentes perfiles que se desarrollan o la forma del diagrama respecto al diagrama original o de condiciones normales, revela la existencia de problemas en elementos propios del sistema, que de otro modo no podrían ser detectados en operación. Si el diagrama real se compara con un diagrama ideal de este tipo de máquinas, se puede tener una medida real de la eficiencia absoluta del proceso (comparación de trabajo real contra trabajo ideal).

El propósito del análisis presión-Tiempo es proveer un patrón de los cambios de presión que ocurren dentro de un cilindro motor/ compresor a medida que el cigüeñal esta realizando su rotación. Se muestra cómo varía la presión por cada grado de rotación del cigüeñal.

Este patrón permite evaluar el comportamiento de cada uno de los componentes del cilindro, determinar si hay ciertas fallas y determinar si hay combustión normal.

► *Analizadores*

En general, los equipos de diagnóstico son analizadores de rendimiento mecánico, con el cual se puede diagnosticar la condición mecánica de los motores, el estado de los elementos, componentes y la eficiencia del trabajo que se esta desarrollando.

Estos equipos pueden medir las condiciones del sistema de encendido, pudiendo dictaminar el estado del sistema de ignición y combustión.

Mediante transductores de presión conectados a la cámara de combustión de cada cilindro de potencia y a cada cilindro compresor se pueden determinar la presión interna y graficar esta presión en tiempo real a través del movimiento del pistón en todo su desplazamiento, hasta completar el ciclo.

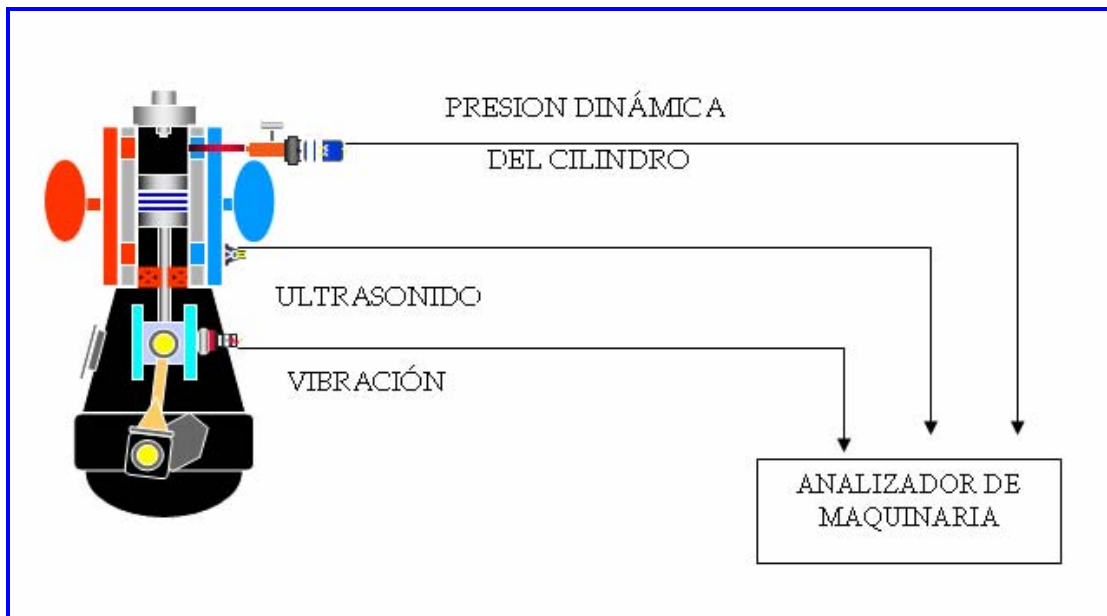
La manera como se muestra la gráfica de presión combinada con una señal de vibraciones, determina la eficiencia de operación del motor o del compresor.

Los analizadores son capaces de calcular la potencia indicada desarrollada en cada cilindro de potencia y la demanda de potencia en cada cilindro de

compresión, con lo cual se tiene un cuadro del trabajo del motor y además permite calcular la cantidad de compresión que se está desarrollando.

En general utilizan unidades centrales de cómputo programable para las diferentes clases de equipos, transductores de presión, de vibraciones, de velocidad para acoplar y sincronizar la velocidad del motor con la unidad de cómputo, medidor de ultrasonido, medidores de alineamiento para medir la desviación de la barra del pistón compresor y otros accesorios que mejoran y ayudan en la calidad del diagnóstico y son unas herramientas excelentes para los programas de mantenimiento predictivo (ver figura 55).

Figura 55. Esquema Analizadores.



CONCLUSIONES

Con la creación del manual de prácticas de laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (MTA) para motores Diesel se dio una organización y un mejor aprovechamiento de los recursos con que cuenta el laboratorio actualmente, de tal forma que el laboratorio esta en capacidad de brindar su asistencia en la comprobación de los conceptos teóricos-prácticos relacionados con los motores de ignición por compresión (Diesel).

La aplicación multimedia de la teoría Diesel desarrollado con el proyecto, da al estudiante una herramienta fundamental que complementa los lineamientos de cada una de las prácticas de laboratorio y le permite profundizar en el conocimiento teórico de los sistemas, subsistemas, partes constitutivas y parámetros de funcionamiento de los motores Diesel.

La clasificación del material bibliográfico existente en el laboratorio de MTA que se hizo, permitió dar un paso fundamental en la creación de una biblioteca satélite de consulta relacionada con la materia de MTA.

Con la recuperación y mejoramiento de los elementos didácticos del laboratorio (láminas, corte de bombas) y la consecución nuevos elementos, se ha logrado dar al laboratorio unas mejores condiciones para el aprendizaje y así ampliar su capacidad para brindar nuevas prácticas de laboratorio que involucre aplicaciones ingenieriles con motores Diesel, acordes con la universidad.

El contar con el laboratorio de MTA para el estudio de los motores Diesel en donde se encuentran las herramientas y los elementos necesarios, podrá permitir el desarrollo de cursos básicos sobre mecánica Diesel, mejorando los ingresos por prestación de servicios de la Escuela de Ingeniería Mecánica, y contar además con recursos económicos para reformas futuras del laboratorio garantizando así una mejor formación del estudiantado.

RECOMENDACIONES

Es de suma importancia para el desarrollo de las prácticas de laboratorio con motores Diesel la consecución de al menos un motor Diesel de última generación con el que se pueda medir parámetros de funcionamiento y la adquisición de instrumentación especializada (analizador de aceite cuantitativo, medidores de flujo, calibradores digitales, una pistola pirométrica) que permitan seguir un proceso ingenieril durante la ejecución de las experiencias de laboratorio, en el estudiante de Ingeniería Mecánica.

Se hace necesario contar con un mayor espacio físico para mejorar la distribución de planta para los equipos, muebles, herramientas y motores con que cuenta en estos momentos el laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (MTA), de tal forma que se cree un ambiente propicio a la hora de aplicar los conceptos teóricos en la práctica por parte del estudiante.

Con la creación del manual de práctica de laboratorio de MTA orientado hacia los motores de ignición por compresión (Diesel), el cual involucra 11 prácticas distribuidas para todo el semestre académico, se hace indispensable planear y organizar una distribución intercalada de las prácticas Diesel con las prácticas a gasolina de tal manera que se cree un plan de rotación de prácticas para cada semestre siempre manteniendo el mejor cubrimiento de los conceptos teóricos tratados en la asignatura de Máquinas Térmicas Alternativas.

El desarrollo de las prácticas diseñadas en el manual de laboratorio de MTA para motores Diesel, deben realizarse siempre bajo la supervisión del auxiliar de laboratorio o del profesor de MTA, para que se cumpla a cabalidad las prácticas correspondientes y se de el mejor uso a los equipos de medición, herramientas especializadas y elementos didácticos.

El laboratorio de MTA cuenta aún con algunas láminas didácticas bastante ilustrativas, que se encuentran sin enmarcar y con un riesgo potencial de deterioro y considerando su valioso aporte hacia el aprendizaje y conocimiento de los sistemas y partes del motor Diesel, se hace urgente terminar de enmarcar las láminas faltantes.

El proyecto de Optimización de los recursos del laboratorio de MTA orientado hacia los motores Diesel, dio una clasificación y organización al material bibliográfico aportado por los estudiantes de Ingeniería Mecánica y del profesor de MTA, así que se debe dar continuidad y actualización del material bibliográfico que se vaya anexando en cada semestre para fortalecer el banco de consulta del laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

HEYWOOD, John B. Internal Combustion Engine Fundamentals. Mexico: Mc Graw Hill, 1989.

MIRALLES DE IMPERIAL, Juan. Motores Diesel Funcionamiento y Estructura. Barcelona: Ceac, 1989.

JOVAJ, M. S. Motores de Automóvil. URSS: Mir, 1982.

RABOLSKY, I. Motores Diesel. México: Paraninfo, 2003.

HOLMAN, Jack. Métodos Experimentales para ingenieros. México: Mc Graw Hill, 1986.

MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.

GIL, Hermógenes. Manual del Automóvil, Motores Diesel. México: Cultural, 2003.

WALSHAW, T.D. Diesel Engine Design. EEUU: George Newnes Limited, 1988.

GREEN , A.B. and ZOELLER, R.A. Diesel Engine Manual. Singapore: Theo Audel y Co Publishers, 1991.

ANDERSON, J.W. Diesel Engines. Singapore: McGraw-Hill Book Company Inc, 1982.

THIESSEN, Frank and DALES, Davis. Manual de Mecánica Diesel. México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. Tomos I, II y III, 1990.

ADAMS, Orville. Motores Diesel. Barcelona: Gustavo Gili S.A. 1964.

ARMSTRONG, L.V AND HARTMAN,J.B. The Diesel Engine. Singapore : Macmillan Company, 1983.

NASH, Frederick C. and BANITZ, Kalman. Tecnología del Automóvil. México: Diana, 1996.

www.howstuffworks.com/howdieselengineswork

www.ecopetrol.com.co

ANEXOS

ANEXO A.

MANUAL DE LABORATORIO PARA MOTORES DIESEL

**MANUAL DE LABORATORIO DE
MAQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS
*MOTORES DIESEL***



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA, SANTANDER**

**MANUAL DE LABORATORIO DE MAQUINAS
TÉRMICAS ALTERNATIVAS (M.T.A)
*MOTORES DIESEL***

**EDWARTH SAMIR BARBOSA DELGADO
ANDRES LIBARDO LOPEZ ROSERO**

Director

JORGE LUIS CHACON VELASCO

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2.004**

ÍNDICE

INTRODUCCION

REGLAMENTO DEL LABORATORIO

PRACTICA N°. 1 MEDIDAS DE SEGURIDAD

PRACTICA N°. 2 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL

PRACTICA N°. 3 PARTES BÁSICAS DEL MOTOR DIESEL

PRACTICA N°. 4 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

PRACTICA N°. 5 SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE

PRACTICA N°. 6 SISTEMA DE COMBUSTIBLE DIESEL

PRACTICA N°. 7 SISTEMA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE

PRACTICA N°. 8 SISTEMA DE ENCENDIDO

PRACTICA N°. 9 SISTEMA DE LUBRICACION

PRACTICA N°. 10 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

PRACTICA N°. 11 CÁLCULO TÉRMICO DEL MOTOR

INTRODUCCIÓN

El presente manual ha sido elaborado con el fin de brindar un soporte para la aplicación de las bases teóricas, sobre motores de ignición por compresión (Diesel), adquiridas en la asignatura de Maquinas Térmicas Alternativas (MTA).

El manual contiene en primera instancia el reglamento del laboratorio y los procedimientos generales para la realización de las diferentes experiencias. Conforman el manual once prácticas en las que se espera que el estudiante adquiera habilidades y destrezas en la aplicación de conceptos básicos de ingeniería (mecánica de fluidos, termodinámica, transferencia de calor y diseño de maquinas), a las Maquinas Térmicas Alternativas y más específicamente a los motores de ignición por compresión (Diesel).

En la primera práctica se tratan las medidas de seguridad que se deben tener en cuenta durante cada experiencia para prevenir posibles accidentes. Las prácticas restantes contienen experiencias acerca de los elementos que constituyen el motor Diesel y su funcionamiento, así como, el estudio individual de cada subsistema y sus aspectos más representativos.

Dada la importancia que tienen los instrumentos y sistemas de medidas en la realización de las experiencias de laboratorio, se expone a continuación este tema.

Sistemas y Herramientas de Medidas

Los dos sistemas de medida que se deben conocer son el sistema inglés y el sistema métrico.

El sistema inglés usado en países como EEUU, Canadá y Reino Unido, utiliza unidades como la pulgada, el pie y la yarda. Durante el siglo XII se decretó que una pulgada sería igual a la longitud de tres granos de cebada colocados uno tras otro. La base de este sistema es, en cierto modo, ridícula, pero éste ha sido utilizado durante tantos años, que a los anglosajones resulta difícil dejarlo atrás.

El sistema internacional de medida (S.I.) se conoce como sistema métrico. La base de este sistema es el metro, que equivale aproximadamente a 39,75 pulgadas. El sistema métrico es más universal y es por tal motivo que los fabricantes de herramientas en EEUU están adoptando este sistema. Los técnicos que trabajan con vehículos emplean cada vez con mayor frecuencia componentes fabricados conforme a este sistema, de manera que lo más apropiado es que adquieran herramientas que permitan medir en ambos sistemas.

En cuanto a las herramientas para tomar medidas aproximadas se utiliza la regla de acero común. Las reglas (figura 1) permiten medir tanto en milímetros como en fracciones de pulgada. Existen varios tipos de reglas. Así, conviene tener una cinta métrica en la caja de herramientas. Cabe utilizar las reglas conjuntamente con compases de puntas, o bien con compases de interiores (figura 1), para efectuar transferencias de valores.

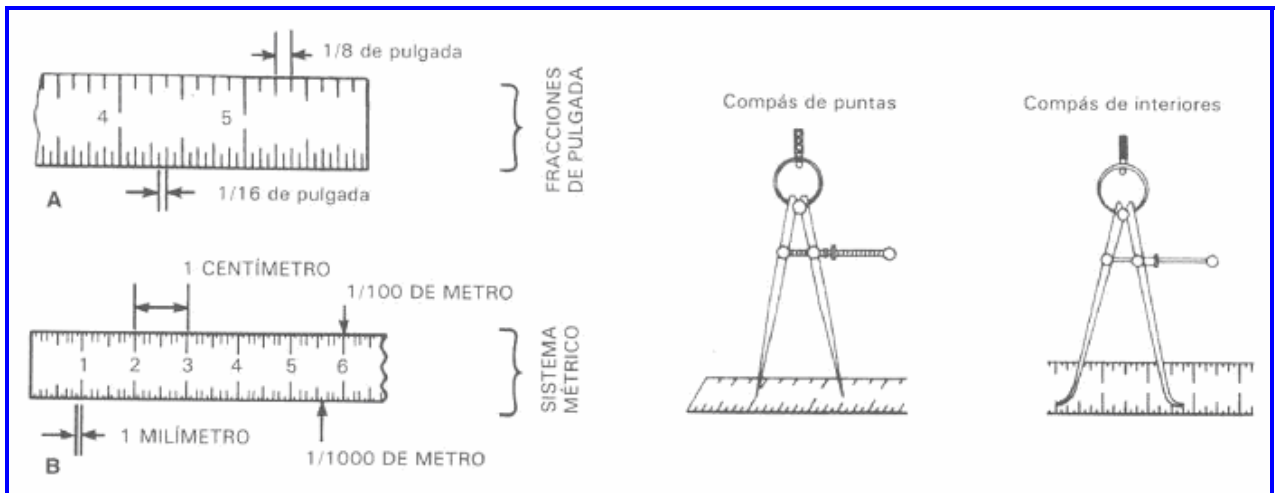


Figura 1. Reglas, compás de puntas y compás de interiores.

Las herramientas de precisión, que se describirán a continuación, están disponibles tanto en el sistema inglés como en el sistema métrico. Las medidas en la industria automotriz suelen darse en milésimas de pulgada o 0.025 milímetros.

Los calibres o galgas de espesor pueden ser planos o de hilo redondo (figura 2). Estos calibres se suelen utilizar para medir la holgura de una válvula, la holgura lateral de los segmentos del pistón, el juego del cigüeñal, los segmentos en la caja o ranura donde se alojan dentro de los pistones.

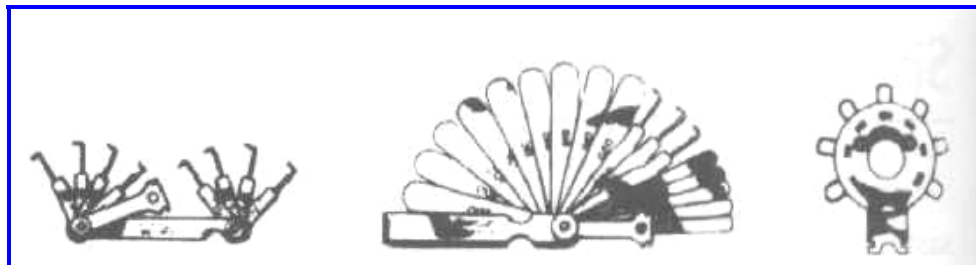


Figura 2. Calibres o Galgas de espesor

Calibrador

El calibre de Vernier o pie de rey (figura 3) fue desarrollado en el siglo XVII y consta de una escala móvil que se desplaza paralelamente a una escala fija. Se trata de una herramienta muy versátil, indispensable en el equipo de todo técnico profesional. Con esta herramienta se pueden medir diámetros externos e internos y profundidades. Si se compara el costo de esta herramienta con el costo de otras herramientas como por ejemplo un juego de micrómetros, su popularidad resulta evidente.

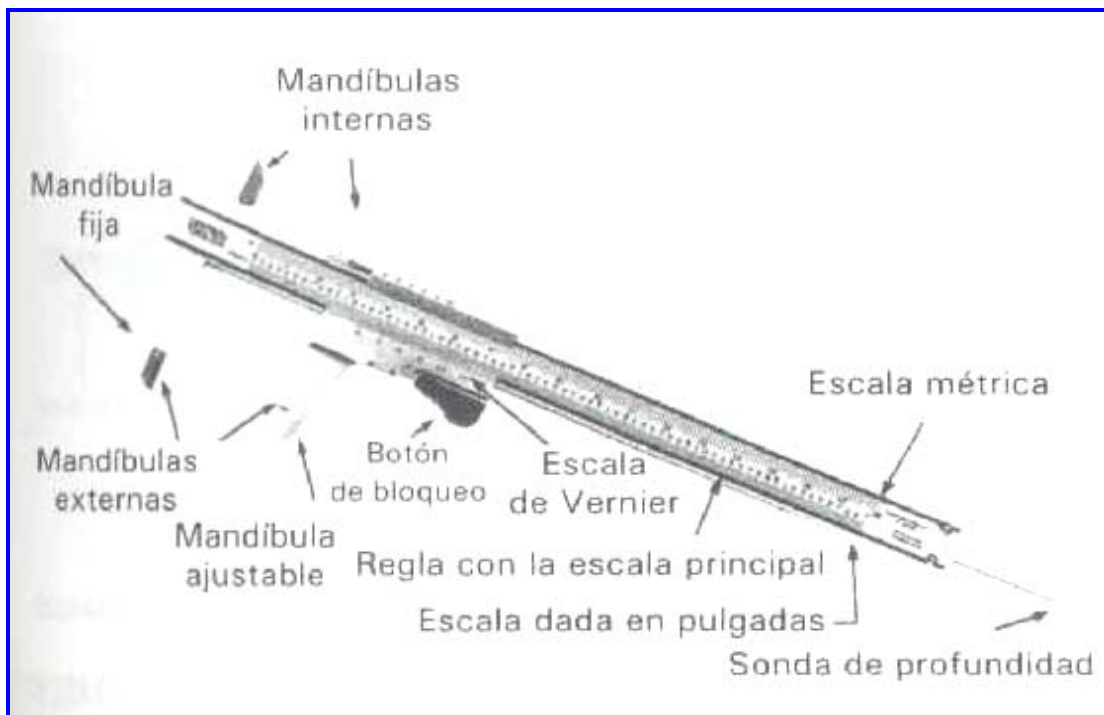


Figura 3. Calibrador y sus partes.

Los mismos principios para su empleo se aplican tanto a calibradores con graduación en pulgadas como a calibradores métricos, cuyas medidas están en décimas de milímetros.

La escala principal del calibre esta graduada en pulgadas, cada pulgada está dividida en diez partes iguales (0.1 pulgada).

Para efectuar medidas de precisión en milésimas de pulgada (0.001 pulgada), cada una de estas décimas de pulgadas constituye una diezmilésima de pulgada en la escala de vernier (parte móvil).

El área situada entre cada incremento de 0.100 pulgadas se divide a su vez en cuartos (1/4) de pulgadas. Cada marca equivale a 0.025 pulgadas (figura 4).

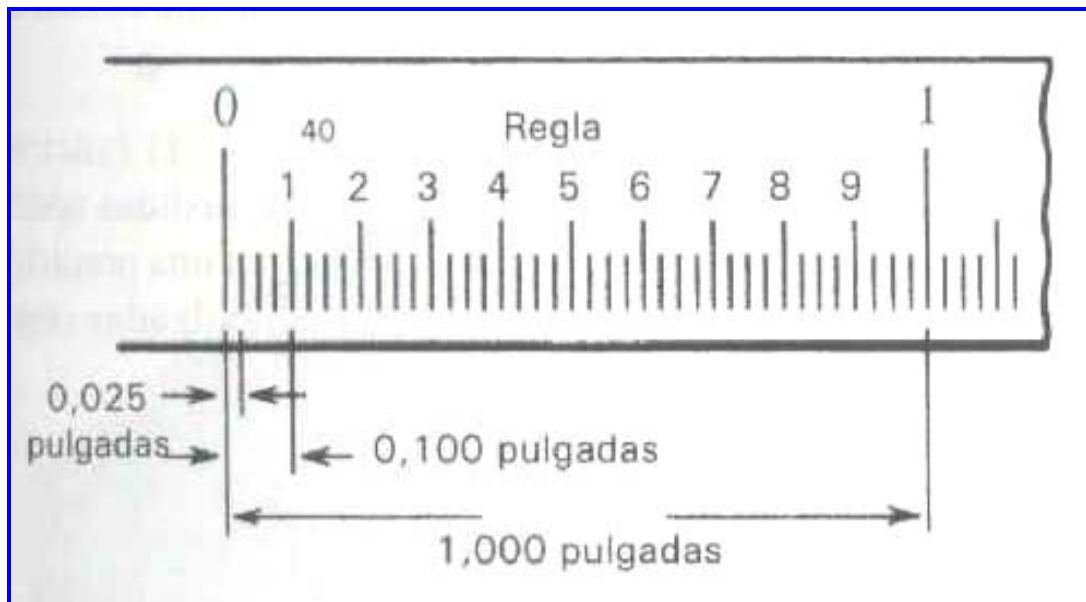


Figura 4. Escala principal del calibrador en pulgadas

La escala de vernier divide cada una de las secciones de 0.025 pulgadas de la escala principal en 25 partes cada una mide 0.001 pulgadas (figura 5). Las medidas se establecen uniendo la lectura obtenida en la escala principal y en la escala móvil de Vernier.

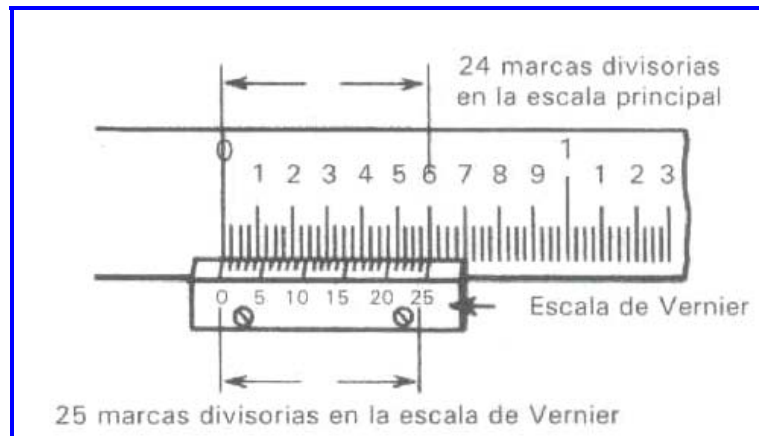


Figura 5. Escala de Vernier del calibrador en pulgadas.

Para determinar la medida se debe localizar la división de la escala principal con la que está alineado el cero en la escala móvil de Vernier, o bien aquella situada más cerca del cero (figura 6). Si el cero está exactamente alineado con la primera línea la medida será entonces 0.025 pulgadas.

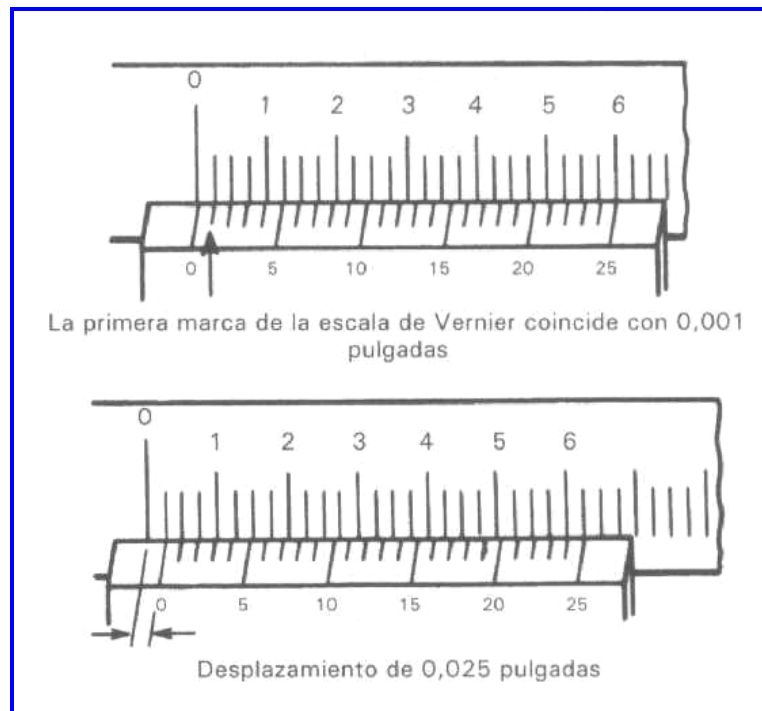


Figura 6. Como medir 0.025 pulgadas en la escala de Vernier.

En la figura 7 se aprecia la forma correcta de tomar los diferentes tipos de medidas con un calibrador computarizado, las medidas aparecen en una pantalla de cristal líquido LCD.

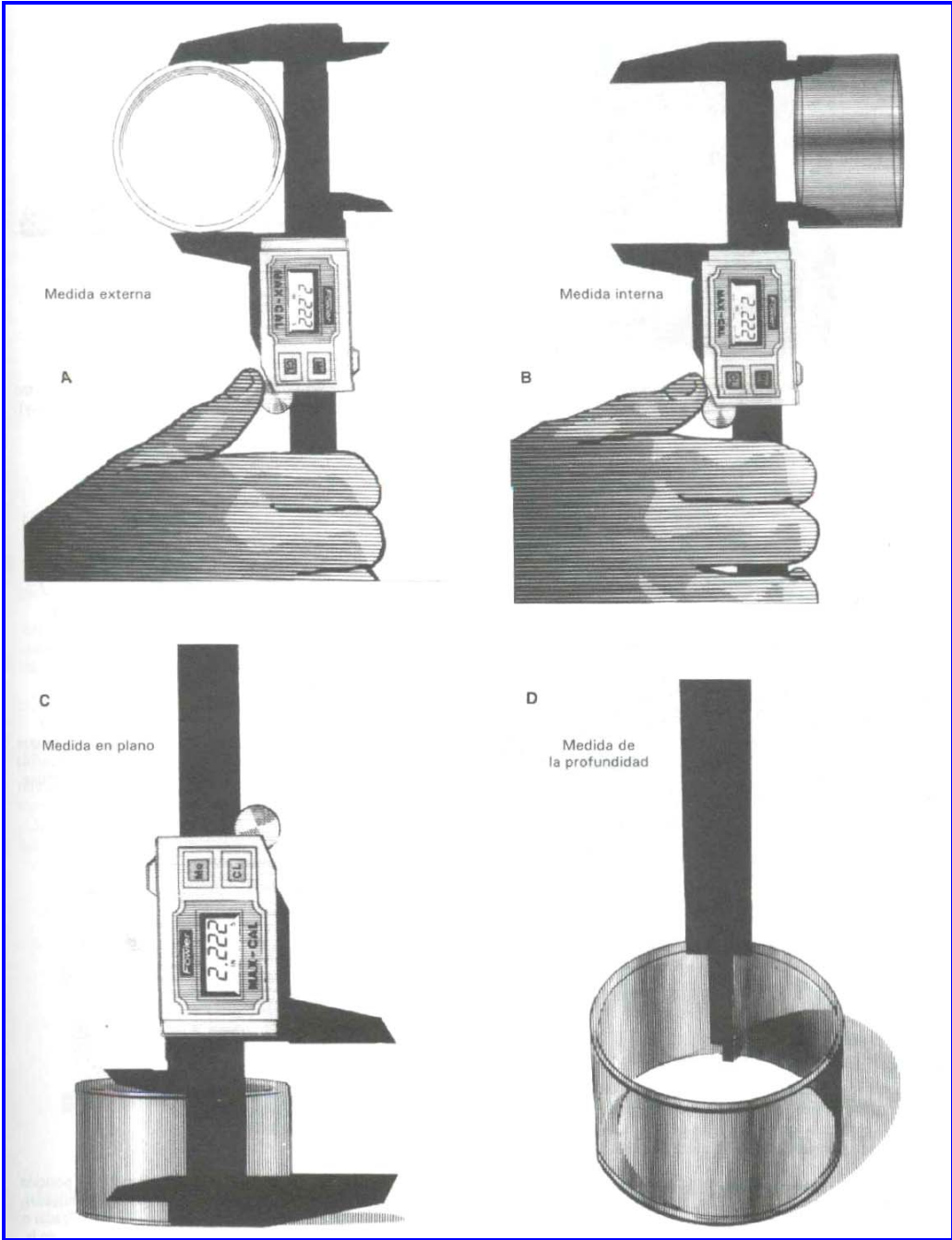


Figura 7. Calibrador computarizado.

Micrómetro

Otra herramienta de precisión es el micrómetro (figura 8). Los micrómetros (pueden ser externos o internos) presentan ventajas sobre otro tipo de instrumentos de medidas. Resultan claros y fáciles de leer. Por otra parte, las lecturas que proporciona son consistentes y precisas, al tiempo que incorpora un calibre de ajuste que sirve para compensar los efectos del desgaste.



Figura 8. Micrómetro externo y sus partes.

El micrómetro funciona en base a un principio simple. La boca móvil tiene 40 hilos de rosca por pulgada, de manera que una vuelta del casquillo extiende o

retrae la boca móvil $1/40$ pulgadas. La camisa o cilindro presenta el mismo diseño que la regla de un calibre de Vernier. Cada marca del cilindro representa 0.025 pulgadas y cada vez que se gira el casquillo 360° se descubre una nueva marca. Cada vez que una línea del casquillo pasa por el cero del eje, el micrómetro se extiende 0.001 pulgada (figura 9).

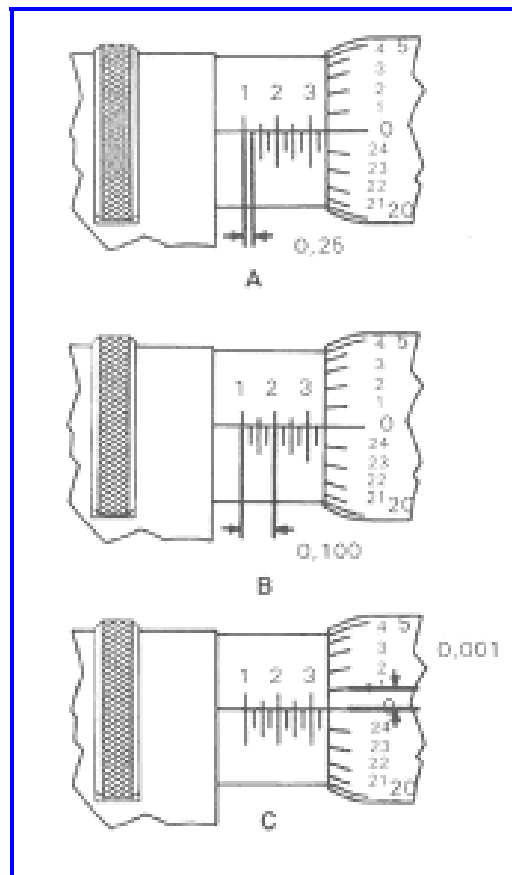


Figura 9. Medidas que se obtienen en un micrómetro.

Para leer la magnitud exacta en milésimas, resulta necesario observar el número que aparece en el casquillo y que se alinea perfectamente con el cero. En la figura 10 esta cantidad es 0.003 pulgadas. Si se suma con 0.35 se obtienen 0.353 pulgadas, constituyendo el total de la lectura.

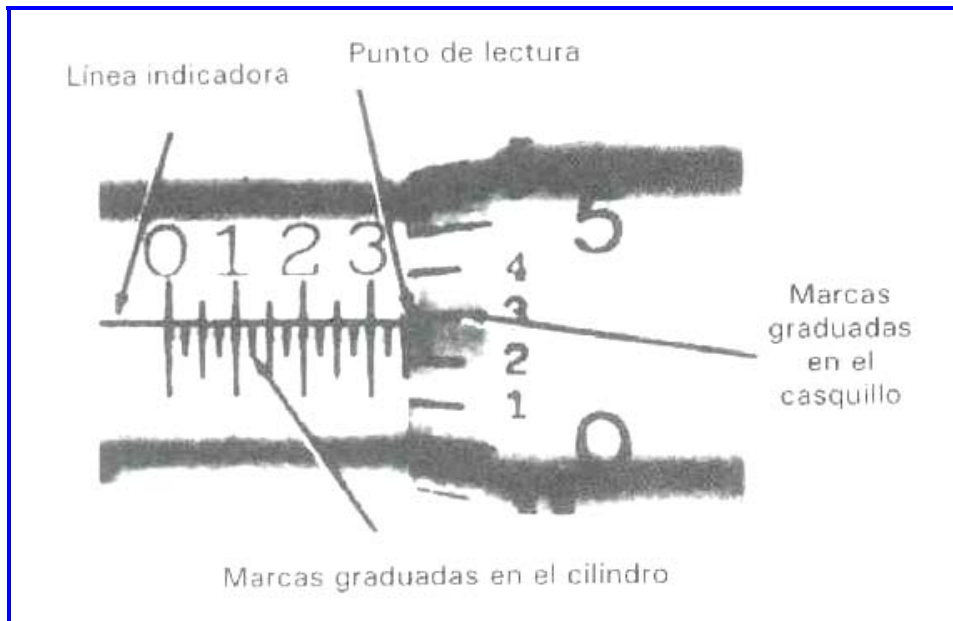


Figura 10. Ejemplo de la lectura tomada con un micrómetro.

Micrómetros internos. Un micrómetro interno (figura 11) se utiliza para medir el diámetro del cilindro, así como, el de los cojinetes de bancada y de cabeza y de pie de biela. El casquillo de un micrómetro interno no se mueve con la misma libertad sobre el cilindro como lo haría el casquillo de un micrómetro externo.

La fricción añadida ayuda a mantener una lectura estable. La precisión de la lectura en un micrómetro interno requiere práctica por parte del usuario.

Los micrómetros internos tienen barras extensoras para ajustar su tamaño adecuadamente.

Estos instrumentos disponen de un mango para introducirlos a fondo en el interior de los cilindros.

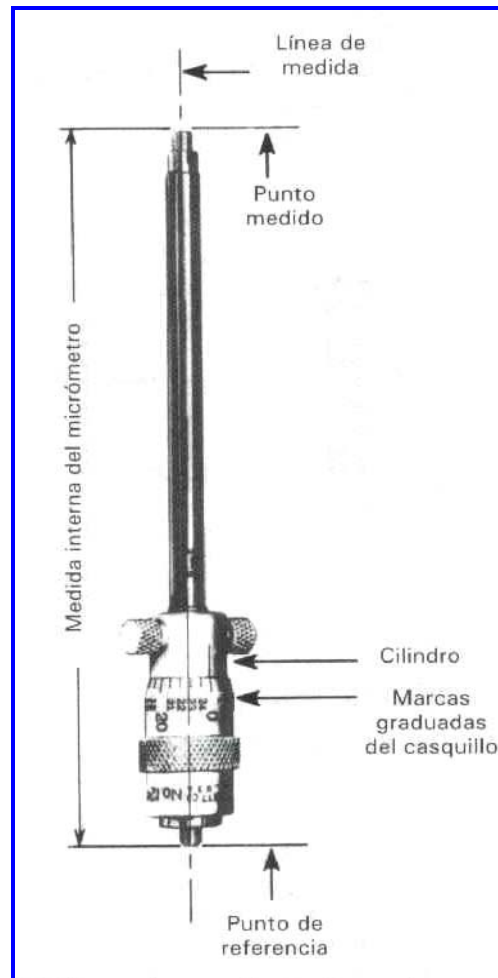


Figura 11. Micrómetro interno.

Comparador de carátula o alexómetro

Un comparador de carátula (figura 12) puede medir movimientos tales como los que produce la holgura del cigüeñal o el desgaste de las guías de válvulas. Asimismo, puede medir la distancia que sobresale la válvula dentro de la culata, entre su punto de apertura y cierre, llamado alzada de válvula, así como, el diámetro interior del cilindro en sus distintas alturas y posiciones para determinar su conicidad y su ovalización respectivamente. El

instrumento consiste en una serie de pequeños engranajes activados por el movimiento de un eje. El movimiento se transmite a la aguja indicadora de un disco graduado.

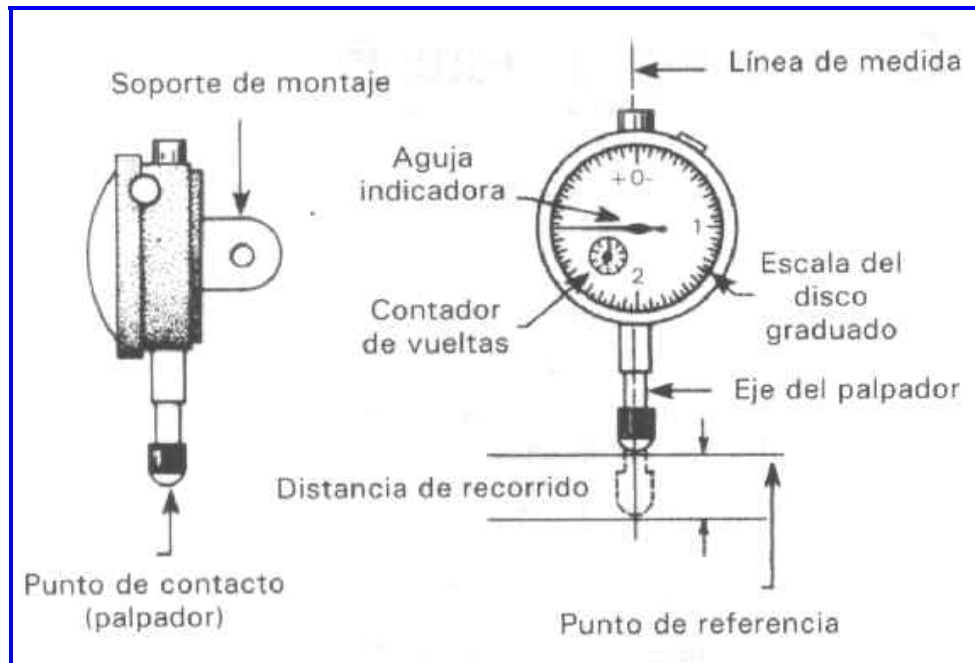


Figura 12. Comparador de carátula

Los alexómetros son instrumentos comparativos, ya que su lectura debe compararse con una medida conocida. Cuando se mide la carrera (movimiento hacia delante y hacia atrás), no resulta necesaria ningún tipo de comparación.

En las figuras 13, 14 Y 15 se muestran las herramientas más representativas con que cuenta el laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas en las que se incluyen las herramientas de precisión ya mencionadas y otras herramientas más convencionales como llaves, destornilladores, torquímetro, pistola neumática, etc.



Figura 13. Herramientas LMTA.



Figura 14. Herramientas LMTA.



Figura 14. Herramientas LMTA.

REGLAMENTO DEL LABORATORIO

1. DEFINICIÓN

Se entenderá por " Práctica de Laboratorio " la realización de pruebas, diagnóstico e identificación de los sistemas, subsistemas y partes relacionadas con los motores de ignición por compresión que buscan como objetivo principal comprobar los conocimientos del estudiante y consolidar el aprendizaje en lo concerniente a motores Diesel.

2. VALORACIÓN

Para la realización de una práctica de laboratorio se tendrá en cuenta las siguientes etapas:

- ✓ Preparación de la práctica
- ✓ Ejecución de la misma
- ✓ Informe
- ✓ Evaluación

2.1 PREPARACIÓN

Para lograr los objetivos propuestos en cada práctica de Laboratorio, el estudiante deberá estar suficientemente informado acerca de las pautas a seguir, del manejo del equipo necesario, la teoría correspondiente y las normas de seguridad.

2.2 EJECUCIÓN DE LA PRÁCTICA

Al comenzar la práctica, el estudiante deberá tener a su disposición el equipo necesario para su realización, seguir lo lineamientos del manual de prácticas de laboratorio y durante la misma deberá tomar los datos suficientes y necesarios para la ejecución del informe respectivo.

Se deberá tomar nota de todos los aspectos que rodean la realización de la práctica de Laboratorio.

2.3 INFORME

El informe constará de las siguientes partes:

- Título y objetivo
- Equipo utilizado y sus características
- Descripción de lo realizado
- Recolección y tratamiento de datos
- Conclusiones y observaciones
- Bibliografía

El informe deberá presentarse individualmente, en un lapso no mayor de ocho (8) días después de realizada la práctica de Laboratorio.

2.4 EVALUACIÓN

Con el propósito de evaluar la preparación del estudiante, el profesor o auxiliar encargado de dirigir la practica, deberá realizar una prueba oral o escrita que le permita determinar si el estudiante comprendió y afianzó lo expuesto durante la práctica correspondiente.

3. ASISTENCIA A LAS PRÁCTICAS

El estudiante deberá presentarse a la práctica de Laboratorio correspondiente, en el horario y día asignado para todo el semestre; para el correcto desarrollo de las experiencias de laboratorio en caso de retardo en la asistencia a la práctica o inasistencia de la misma deberá avisar con anterioridad al instructor o profesor a cargo del laboratorio. Se considerara retardo en la asistencia de la práctica de laboratorio después de transcurridos 10 minutos de iniciada la práctica.

4. CONSERVACIÓN Y BUEN USO DE LOS ELEMENTOS DEL LMTA

Todos los elementos del laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas (LMTA) son para uso exclusivo de los estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica y de la UIS en general, por lo tanto los asistentes a las diferentes prácticas deberán manejar y conservar estos elementos de una manera apropiada y cuidadosa.


“Los elementos de uso común deben ser cuidados y conservados con más esmero que si fueran propios.”

Anónimo.



MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA MOTORES DIESEL

COLOR	SIGNIFICADO
ROJO	Pare Prohibición Prevención y protección contra incendios
AZUL	Acción de mando
AMARILLO	Precaución Peligro
VERDE	Condición de Seguridad

FORMA GEOMETRICA	SIGNIFICADO
	Prohibido Acción de mando
	Prevención
	Información

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica

PRÁCTICA N° 1

OBJETIVOS:

- ✓ Observar las reglas de seguridad cuando trabaje con motores de combustión interna.
- ✓ Manejar y almacenar combustible en forma segura.
- ✓ Describir los tipos básicos de incendios y cómo extinguirlos.
- ✓ Identificar los efectos de la intoxicación con monóxido de carbono y cómo prevenirla.

EQUIPO Y COMPONENTES:

- ✓ Material teórico suministrado.

DESCRIPCIÓN:

1.1. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL LMTA

Aunque rara vez se piensa en ello, la seguridad es sumamente importante en todo lo que se hace. Toda persona debe observar ciertas reglas básicas de seguridad, simplemente para conservar la vida y buena salud.

La seguridad es necesaria en todos los campos de actividad y, como se indicó antes, siempre puede lograrse por el simple expediente de detenerse y reflexionar un minuto o dos sobre la situación a considerar.

Cuando se trabaja con motores pequeños de combustión interna se tendrá que utilizar sustancias químicas volátiles como la gasolina y el combustible (o aceite) Diesel, se estará cerca de ejes y otras partes que tienen rápido movimiento rotatorio, de superficies muy calientes y de sistemas con presiones y vacíos; además, si no hay una ventilación adecuada, se respirará aire que podría estar contaminado con los gases y humos de combustión parcialmente quemado.

1.1.1. Operación de un motor Diesel

Cuando se hace operar un motor Diesel deben observarse ciertas reglas de seguridad para prevenir lesiones personales y daños al motor:

- A)** Siga las reglas de almacenamiento de combustible Diesel.
- B)** No llene el tanque de combustible mientras el motor esté en marcha.
- C)** Limpie todos los derrames de combustible tan pronto ocurran y deposite la tela de limpieza en un recipiente de seguridad apropiado.
- D)** Utilice un embudo para llenar el tanque de combustible y emplee sólo combustible destilado ligero de alto grado y fresco.
- E)** No opere el motor a la velocidad máxima sin carga.
- F)** Póngase una bata de taller u otra indumentaria apropiada para trabajar.
- G)** No toque el cigüeñal cuando el motor está en marcha y si lleva ropa suelta manténgase alejado del eje en rotación.
- H)** No toque el silenciador hasta que el motor se haya enfriado.
- I)** Proporcione suficiente ventilación para el escape del motor.
- J)** Pare el motor solamente con el interruptor de ARRANQUE / PARO.

1.1.2. Combustible Diesel

A) El combustible Diesel es un tipo especial de petróleo crudo cuidadosamente procesado. Su viscosidad. (Capacidad de fluir libremente) y su combustibilidad se controlan con precisión para obtener los resultados deseados en los motores Diesel.



B) Aunque el combustible Diesel es menos volátil y tiene un punto de inflamación más bajo que la gasolina, es una sustancia muy inflamable que debe almacenarse y manejarse con mucho cuidado.

C) Una buena regla a seguir cuando se maneje combustible Diesel es tratarlo como si fuera gasolina. La mayoría de los inspectores de seguridad, insiste en que el combustible Diesel y los aceites lubricantes para motores se deben almacenar y manejar en la misma forma que la gasolina.

D) El combustible Diesel nunca debe "dejarse por ahí" y ciertamente nunca debe almacenarse en el interior de una casa. Debe guardarse en un garaje, cobertizo de herramientas u otro sitio separado de almacenamiento.

E) Algunas reglas básicas para el almacenamiento correcto de A.C.P.M son:



1) Ponga este combustible en un recipiente metálico.

2) Guarde el A.C.P.M en un sitio exterior y no dentro de la casa.

3) No se tenga almacenado durante periodos en que no se va a utilizar regularmente. Es demasiado peligroso el tenerlo en existencia innecesariamente.



4) Guarde tal carburante en sitios bastante apartados de llamas, objetos a alta temperatura y donde no esté expuesto a chispas causadas por electricidad estática, operación de contactos eléctricos o fricción mecánica.

5) Cerciórese de que el A.C.P.M está fuera del alcance de niños y animales domésticos.

6) Tenga un extinguidor de incendios portátil y del tipo apropiado y guárdelo en un sitio de fácil acceso para utilizarlo cuando sea necesario.

F) Cuando emplee A.C.P.M o trabaje cerca del tome las siguientes precauciones:

1) Siempre tenga presente que el A.C.P.M es peligroso.

2) Utilícelo solamente donde realmente se necesita, es decir en motores Diesel, sierras de cadena, estufas de campo, etc.

3) Nunca fume o haga fuego cerca del A.C.P.M.

4) Nunca llene el tanque de un motor que está caliente o en marcha, sobre todo si el tanque se encuentra a poca distancia de dicho motor. Si el A.C.P.M

cae sobre un motor caliente puede encenderse espontáneamente o hacer explosión.

5) Cuando el A.C.P.M se vierta de una vasija metálica al tanque de un motor, compruebe que el pico de la vasija se apoye firmemente sobre el borde metálico de la abertura o boca del tanque. Así, se evita que se produzca una chispa por electricidad estática. Puede ser peligroso utilizar gamuza como filtro, ya que se corre el peligro de crear descargas de electricidad estática.

1.1.3. Incendios

A) Los incendios accidentales no son cosa agradable de mencionar o pensar en ellos, sin embargo; se debe pensar y hablar acerca de los mismos para comprender su naturaleza y saber la mejor manera de combatirlos.

B) La mayoría de los incendios pertenecen a una de las tres categorías siguientes, relativas a los materiales inflamables o causantes de fuego:



- ▶ Clase A - Madera, tela, papel, basura
- ▶ Clase B-Gasolina, A.C.P.M, aceite, grasa, pintura
- ▶ Clase C-Equipo eléctrico.

1) Los incendios de clase A son los menos peligrosos y destructivos y generalmente pueden apagarse con un extinguidor de agua o ácido que enfría el material ardiente para reducir su temperatura por debajo del punto de

inflamación. El extinguidor simplemente se coloca de cabeza y el chorro se dirige hacia atrás y hacia adelante en la parte inferior del fuego.

2) Los incendios de clase B producen mucho más calor y requieren una extinción más severa que la proporcionada por el extinguidor para la clase A. Un incendio de clase B debe ser sofocado cortando el abasto de oxígeno que alimenta el fuego. El extinguidor de dióxido de carbono (CO_2) es muy eficaz para combatir incendios de clase B. El dióxido de carbono no ayuda a la combustión y cuando reemplaza al oxígeno en el aire que rodea al fuego sofocará efectivamente las llamas.

Este extinguidor debe aplicarse con un movimiento lento y de barrido, dirigiéndolo de lado a lado, comenzando desde el frente y avanzando hacia la parte posterior del área en llamas. Deben observarse dos reglas de seguridad cuando se utiliza un extinguidor de CO_2 :

- I. La boquilla de descarga se pone extremadamente fría y no se debe tocar.
- II. En áreas pequeñas y limitadas, el uso del extinguidor puede hacer que escasee el oxígeno, lo cual representaría un serio peligro para quienes combaten el incendio. Ventílese perfectamente tales áreas tan pronto como el fuego esté dominado. Los extinguidores que producen espuma también son efectivos para atacar incendios de clase B. Una capa de espuma con base de agua depositada sobre el material ardiente elimina el oxígeno y sofoca las llamas. Diríjase el chorro más allá de las llamas y deje que la espuma se extienda sola sobre el área del incendio. Así se evita que la espuma caiga directamente sobre un recipiente con gasolina ardiendo y el líquido encendido salpique el área adyacente.

En ninguna circunstancia trate de apagar un incendio de clase B con agua. El oxígeno que es parte de la composición molecular del agua, sólo puede hacer que la intensidad del fuego aumente y éste se propague más rápidamente.

3) Los incendios de clase C se producen en aparatos eléctricos, por lo cual sería peligroso extinguirlos con agua, pues se podría sufrir un choque eléctrico.

Si el equipo está energizado, el fuego debe atacarse con extinguidores de CO₂, productos químicos en polvo o bien con líquido vaporizante.

Si todo el equipo puede desconectarse de la línea de potencia, entonces y sólo entonces, se puede proceder con confianza a combatir el incendio con la sustancia que sea adecuada para el tipo de material en llamas.

C) El Diesel corriente (ACPM) se clasifica como un líquido inflamable clase II de acuerdo con la Norma 321 de la NFPA (National Fire Protection Association).

Cuando se diseñen plantas de almacenamiento, estaciones de servicio, o cualquier otra instalación para el manejo de esta gasolina, deben aplicarse las normas NFPA para lo relacionado con la protección contra el incendio, las Normas API (American Petroleum Institute) y las reglamentaciones expedidas por las autoridades gubernamentales de control tanto nacional como regional y local.

1.1.4. Monóxido de carbono

a) Un veneno ideal sería aquel que fuera inodoro, incoloro e insípido. Si un tóxico posee estas tres propiedades, el hombre no puede detectarlo por medio de los sentidos únicamente. El solo pensar en tal cosa aterroriza y parece diabólico, como algo sacado de un manual de guerra química o de una película de horror. Pero tal veneno existe y es bastante común. Vivimos con él todos los días: se llama monóxido de carbono.

b) El peligro que representa esta sustancia es real. Es un tóxico mortal y, de hecho, es el responsable de más muertes por envenenamiento que cualquiera otra sustancia tóxica mortal.

c) El monóxido de carbono es el producto de la combustión incompleta de combustibles carbonáceos sólidos, líquidos o gaseosos, Se halla en las cercanías de hornos de gas, calentadores de agua ,estufas, hornos de secado y de fundición, minas, fraguas y motores de combustión interna.

d) El monóxido de carbono, o CO, afecta el cuerpo humano con gran rapidez. La hemoglobina, el pigmento y el elemento respiratorio de los glóbulos rojos de la sangre, tienen una gran afinidad por el CO, casi 300 veces más que por el oxígeno.

Cuando el CO se combina con la hemoglobina, se reduce la cantidad de hemoglobina disponible para llevar oxígeno a los tejidos del cuerpo. Si el volumen de CO que se combina con hemoglobina es considerable, el cuerpo literalmente sufre sofocación debido a la falta de oxígeno.

e) En espacios cerrados es esencial eliminar los humos o gases desprendidos de combustibles parcialmente quemados, proporcionando una buena ventilación o conduciendo al exterior los gases de escape por medio de tubos, chimeneas, duelos o ventiladores.

f) El monóxido de carbono puede penetrar al interior de automóviles y si las ventanas, puertas y ventilas se hallan cerradas herméticamente, los ocupantes sufrirán asfixia (o sea incapacidad o muerte por falta de oxígeno).

g) Los síntomas del envenenamiento por monóxido de carbono son: sensación de tirantez en la piel de la frente seguida de palpitaciones en las sienes, debilidad, fatiga, dolor de cabeza, vértigo, náusea, control muscular deficiente y ritmos cardíaco y respiratorio acelerados. Memorice bien la lista de estos síntomas. Sí alguna vez se tiene alguno de ellos, suspenda cualquier actividad y salga sin demora al aire libre.

h) Para prevenir el envenenamiento con monóxido de carbono síganse estas reglas:



► Los motores de combustión interna no deben ponerse en marcha en espacios cerrados o limitados como garajes o cuartos pequeños, a menos que tales zonas cuenten con un sistema de escape o extracción de gases y se haya comprobado que dicho sistema funciona correctamente.

► Todos los motores de combustión interna (y otras máquinas o aparatos que despidan monóxido de carbono) deben mantenerse bien ajustados y afinados, a fin de reducir al mínimo el CO que se produzca en ellos.

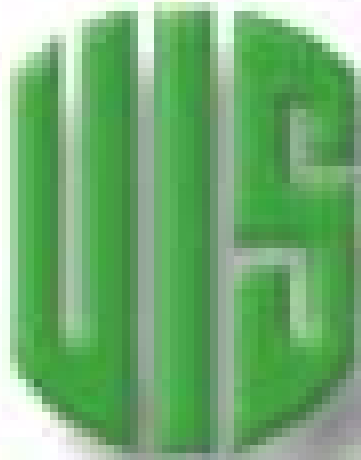
PROCEDIMIENTO:

1. Lea cuidadosamente las recomendaciones y normas de seguridad del manejo del combustible Diesel.
2. Verifique el cumplimiento de las normas de seguridad en el laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas.
3. Diseñe un plan de medidas de seguridad y los elementos de seguridad que sugeriría hagan parte del laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas, de acuerdo a lo observado en el laboratorio.

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

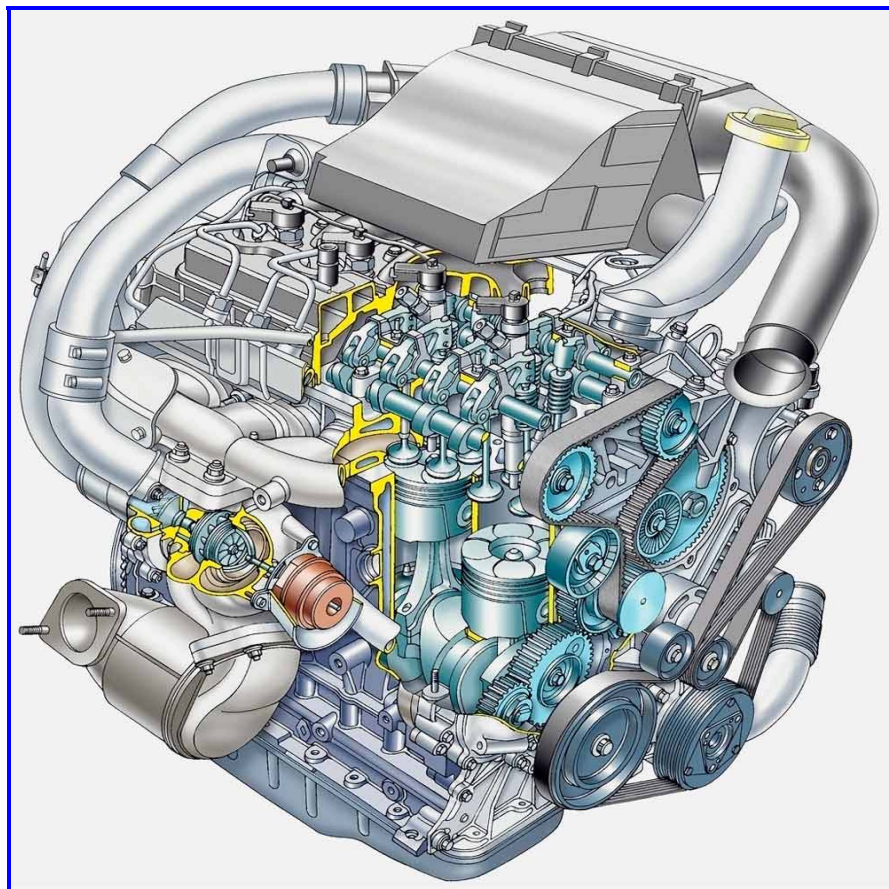
Conteste falso (F) o Verdadero (V) según corresponda:

1. La mayoría de accidentes y lesiones se presentan por agentes externos que no involucran al ser humano.
2. Una ventilación inadecuada en el Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas ocasiona que se respire aire contaminado con los gases y humos de la combustión.
3. Almacenar A.C.P.M por largos periodos de tiempo disminuye los riesgos inherentes del combustible.
4. Cuando el motor esta en marcha y caliente, es el momento ideal para llenar el tanque de combustible.
5. Los motores de combustión interna no deben ponerse en marcha en espacios cerrados porque su funcionamiento no seria el esperado.
6. Las normas NFPA (National Fire Protection Association) deben aplicarse para lo relacionado con la protección contra el incendio, en el manejo de combustibles.



LABORATORIO
MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS

— FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES — DIESEL



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica

PRACTICA N°2

OBJETIVOS:

- ✓ Explicar el funcionamiento de un motor Diesel de 4 y 2 tiempos.
- ✓ Comparar el sistema de ignición del motor Diesel con los sistemas de ignición de otros motores de combustión interna.
- ✓ Calcular el desplazamiento volumétrico del pistón cuando se conocen el diámetro del cilindro y la carrera del pistón.
- ✓ Calcular la relación de compresión.

EQUIPO Y COMPONENTES:

- ✓ Teoría Diesel de la aplicación multimedia.
- ✓ Calibrador, metro.
- ✓ Motor Diesel CUMMINS NTC-855 en sección.
- ✓ Motor DETROIT DIESEL ALLISON V-6, 2T.

DESCRIPCIÓN:

FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL

2.1. CICLO IDEAL DE CUATRO TIEMPOS. El motor Diesel CUMMINS funciona según el principio del ciclo de cuatro tiempos, como se indica en la figura D1:

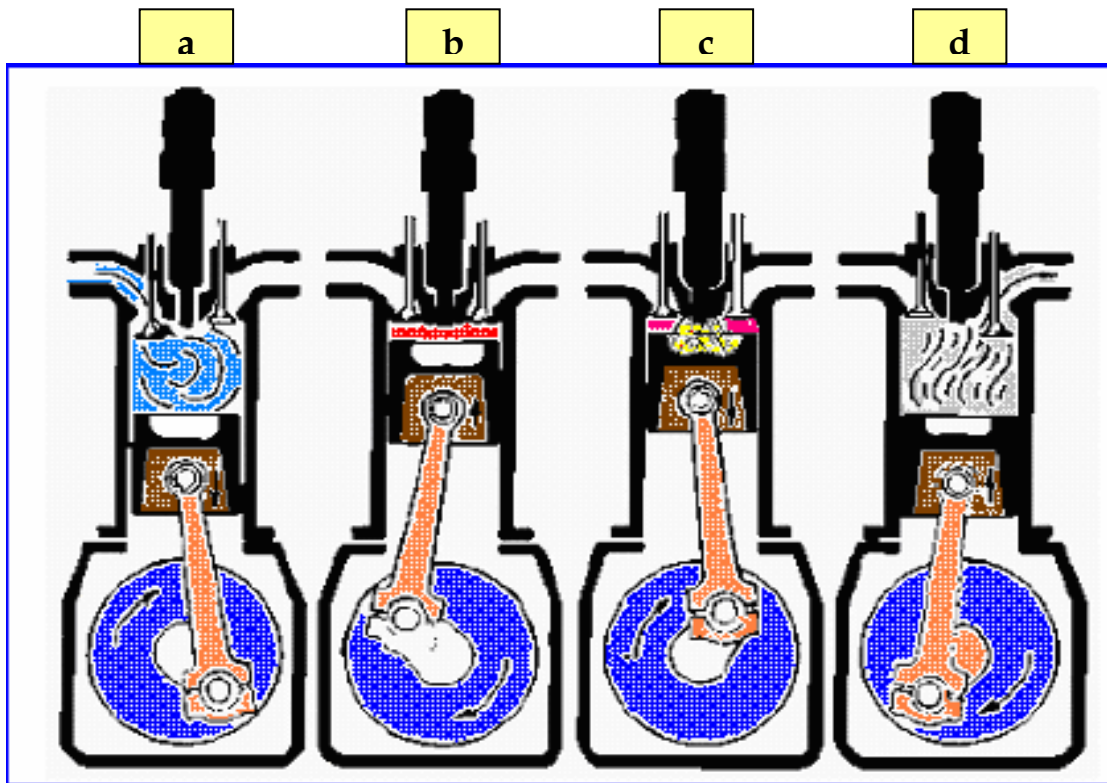


Figura D1. Ciclo Ideal del motor Diesel de Cuatro Tiempos

a) Durante la carrera de admisión, el pistón desciende en el cilindro y la válvula de admisión se abre. El movimiento descendente del émbolo hace aumentar el volumen del espacio interior del cilindro reduciendo su presión. El aire, bajo la presión atmosférica, se introduce al cilindro por el hueco de la válvula de admisión a fin de igualar la presión.

b) Cuando el pistón llega al límite inferior de su carrera (punto muerto inferior o PMI) se detiene y entonces se cierra la válvula de admisión. El pistón cambia luego de sentido y asciende en el cilindro en la carrera de compresión. Durante esta carrera se comprime el aire con una relación de 17 a 1 (o bien, 17:1) aproximadamente. La relación de compresión en motores de Gasolina es de cerca de 8:1. En la máxima compresión, la presión es de 28 a 49

kg/cm² (o sea, 400 a 700 lb/pulg²) y el aire alcanza temperaturas de 425 a 595°C (o sea, de 800 a 1 100°F).

c) Cuando el pistón llega al límite superior de su carrera (punto muerto superior o PMS) se abre la válvula de combustible y se produce la inyección De aceite Diesel a presión, dentro del aire sobrecalentado en la cámara de combustión.

d) Cuando el pistón alcanza su PMI al final de la carrera de fuerza o potencia, se abre la válvula de salida, el pistón se detiene y luego se mueve hacia arriba en la carrera de escape, expulsando los gases de combustión por la abertura de dicha válvula.

2.1.1. Desplazamiento Volumétrico. El desplazamiento volumétrico del pistón es el volumen de aire desplazado por este elemento cuando se mueve desde el PMI hasta el PMS. El tamaño y la potencia relativos de un motor pueden apreciarse por el desplazamiento volumétrico o cilindrada de su pistón.

Dicho desplazamiento se puede calcular cuando se conocen el diámetro del cilindro y la carrera del pistón. El área de la sección transversal del pistón al recorrer la longitud de la carrera describe el volumen de desplazamiento. La fórmula es:

$$\text{Desplazamiento Volumétrico} = (\pi/4) \times (\text{diámetro cilindro})^2 \times \text{Carrera del Pistón.}$$

2.1.2. Relación de Compresión. Indica el grado en que se comprime el aire antes de la inyección e ignición del combustible. En general, cuanto mayor sea la relación de compresión tanto más elevada será la eficiencia del motor.

La relación de compresión es una comparación del volumen del cilindro cuando el pistón está en su PMI y el volumen cuando el émbolo se halla en el PMS (ver figura D2).

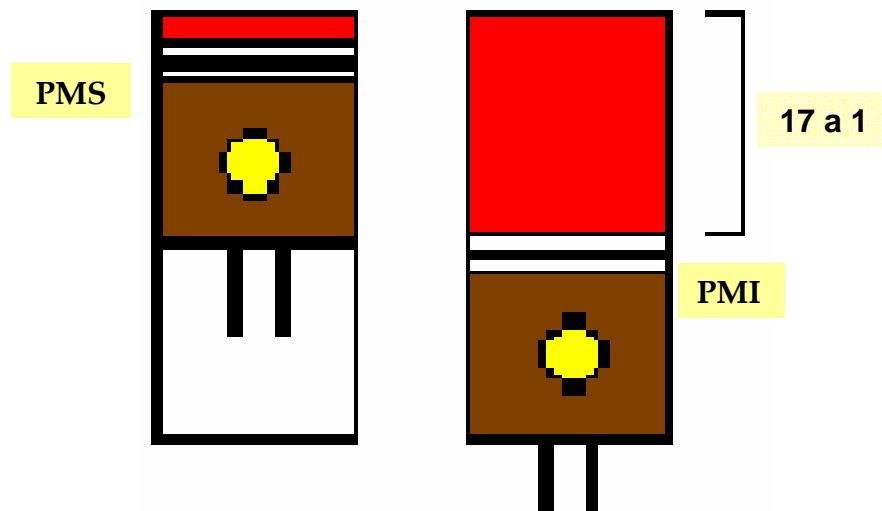


Figura D2. Relación de compresión de un motor Diesel típico

2.2. CICLOS DE DOS TIEMPOS. En el ciclo de dos tiempos, los de admisión y de escape se producen durante los tiempos de compresión y combustión. Contrastando con el motor de cuatro tiempos que precisa cuatro carreras para cumplir su ciclo, el motor de dos tiempos sólo precisa dos carreras para hacerlo. En este tipo de motores existe un “soplador” para que fuerce la entrada de aire en los cilindros aportando aire fresco para la combustión y expeliendo los gases quemados. En las paredes de los cilindros existe una

hilera de lumbreras por encima de la posición del pistón cuando se halla en el PMI.

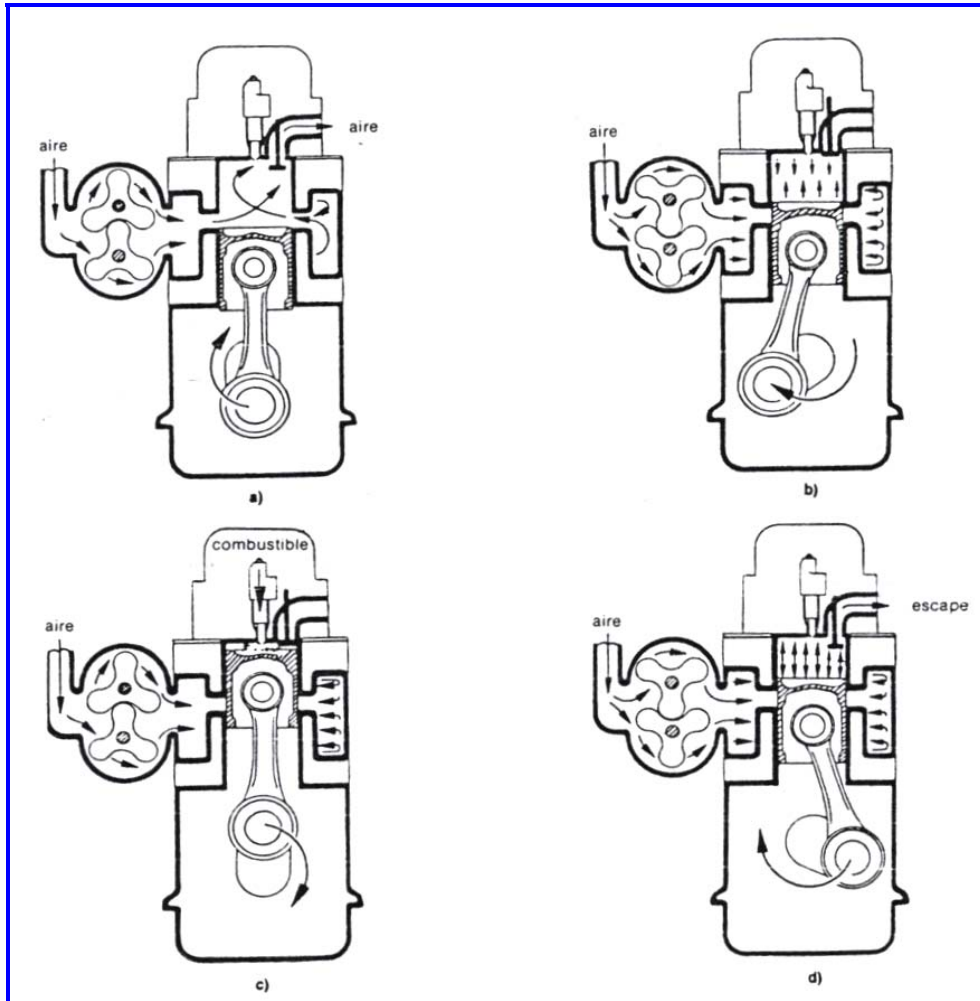


Fig. D3. Ciclo del Diesel de dos tiempos: a) barrido, b) compresión, c) potencia, d) escape.

Estas lumbreras permiten al aire pasar desde el soplador hacia el cilindro tan pronto como el borde superior del pistón las descubre. Las válvulas de escape están situadas en la culata y se abren y se cierran por un sistema regulador de válvulas, comandado por un árbol de levas sincronizado con el cigüeñal. Con el pistón en el PMI, las lumbreras de admisión se abren y se obliga al aire

fresco a penetrar en el cilindro. Las válvulas de escape están abiertas para permitir que el aire fresco “barra” los gases quemados del cilindro, obligándolos a penetrar en las lumbreras de la válvula de escape. Cuando el pistón asciende, cierra las lumbreras de admisión y se cierran las válvulas de escape por parte del árbol de levas, con lo que el cilindro queda cerrado. El pistón continúa ascendiendo en la fase de compresión del tiempo de combustión y cuando alcanza el PMI, se inyecta el combustible finamente pulverizado en el cilindro e inmediatamente empieza a quemar por el aumento de temperatura del aire comprimido. A medida que progresa la combustión, los gases se expanden y obligan al pistón a desplazarse hacia abajo en el tiempo de combustión productor de trabajo. Las válvulas de escape vuelven a abrirse cuando el pistón ha llegado a la mitad de la carrera y permiten que los gases quemados desaparezcan por el colector de escape.

Cuando el pistón se desplaza hacia abajo, se descubren las lumbreras de admisión y el cilindro vuelve a ser barrido por aire fresco. Este ciclo de combustión se completa en cada cilindro y en cada revolución del cigüeñal o. lo que es lo mismo, cada dos tiempos. Un motor de dos tiempos precisa de la asistencia de un soplador para barrer los gases quemados, lo que absorbe potencia. A carga parcial, el soplador continúa bombeando a su máxima capacidad, reduciendo la eficiencia del motor. Además, los motores de dos tiempos precisan generalmente radiadores de aceite a causa de la alta temperatura de combustión y mínimo tiempo de que se dispone para refrigerar los pistones y las cámaras de combustión. La mayoría de los Diesel altamente revolucionados, frecuentes en los automóviles, son de ciclo de cuatro tiempos mientras que los motores industriales pesados que funcionan a pocas rpm utilizan el sistema de dos tiempos.

2.3. SISTEMAS DEL MOTOR DIESEL. Un motor puede considerarse como un conjunto de sistemas, cada uno de los cuales contribuye al funcionamiento. Si se analizan por separado las diferentes operaciones del motor, será más fácil entender su funcionamiento.

a) *El sistema mecánico o conjunto móvil* comprende aquellas partes móviles que controlan el movimiento del pistón. La biela, el cigüeñal, el bloque, el cilindro y el volante son partes del sistema mecánico.

b) *El sistema de lubricación* reduce el roce o fricción entre las partes móviles y ayuda a enfriar el motor. El cárter, el filtro y la bomba de aceite lubricante son partes del sistema de lubricación.

c) *El sistema de enfriamiento* extrae calor de la cabeza del cilindro y del monobloque y mantiene la temperatura de operación dentro de límites de seguridad. La cabeza aletada del cilindro enfría más eficazmente éste al exponer al aire una mayor superficie. El volante también está aletado para que funcione como ventilador y expulse calor del motor a través de los orificios de la cubierta del volante.

d) *El sistema de inyección de combustible* suministra éste en cantidad suficiente, a alta presión y en el momento preciso para satisfacer las demandas variables de velocidad y carga del motor. La bomba de inyección, el inyector o tobera de inyección y la cámara de combustión constituyen este sistema.

e) *El sistema de arranque* proporciona la fuerza motriz necesaria para poner en marcha el motor y llevarlo a la velocidad de operación. El volante, la cuerda de arrancar, la palanca de arranque y paro y el brazo del operador son las

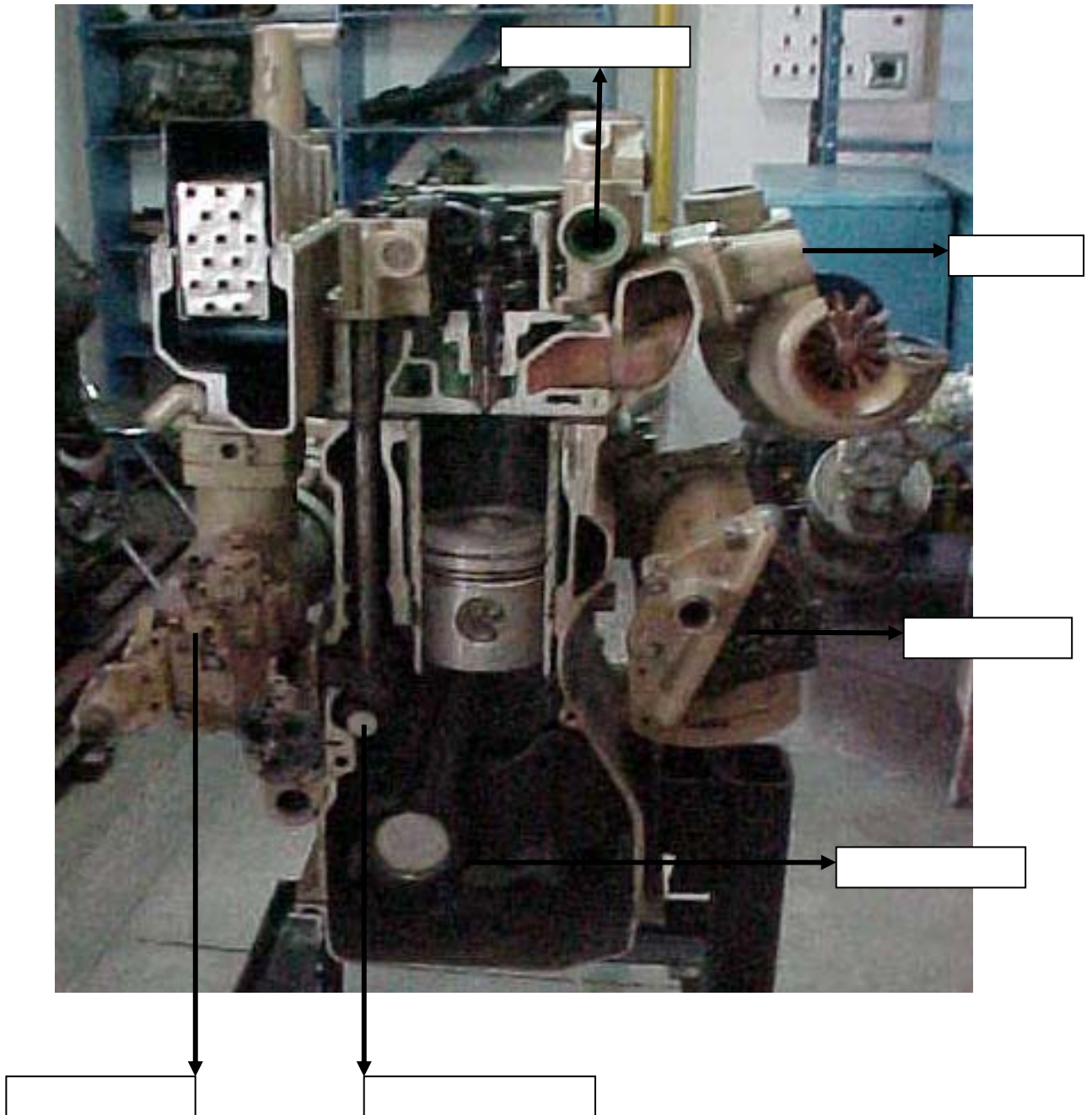
partes principales del sistema de arranque, aunque la palanca de paro por sobrecarga se utiliza frecuentemente para arrancar el motor.

f) *El sistema de escape* es un medio para dar salida a los gases de combustión, así como para reducir el ruido debido a la combustión. La válvula de escape, la lumbrera de escape y el silenciador integran este sistema.

PROCEDIMIENTO:

1. En la figura D4 del motor Diesel CUMMINS NTC 350, se muestra un componente representativo de cada subsistema del motor, identifiquelos.

Figura D4. Motor Cummis en corte frontal



2. En la columna de la izquierda en la tabla D1 se enlista una variedad de componentes de motor de combustión interna. Indique por medio de marcas en las columnas apropiadas, en qué tipo de motor se utiliza cada componente.

COMPONENTES DEL MOTOR	DE 4 TIEMPOS	
	DIESEL	DE GASOLINA
PISTÓN		
VÁLVULA DE ESCAPE		
PALANCA DEL DESCOMPRESOR		
INYECTOR DE COMBUSTIBLE		
VOLANTE		
CELDA DE ENERGÍA		
CONTACTOS DEL RUPTOR		
FILTRO DEL ACEITE		
BUJÍA DE IGNICIÓN		
CARBURADOR		
CADENA DE DISTRIBUCIÓN		
TURBOCARGADOR		

3. Calcule el desplazamiento volumétrico para dos motores que tienen los siguientes diámetros de cilindro y carrera de pistón.

a). Diámetro = 2.75 Pulg; carrera = 2.25 Pulg

b). Diámetro = 4.25 Pulg; carrera = 5.25 Pulg

4. Con ayuda del auxiliar de laboratorio y utilizando las herramientas necesarias, medir con la mayor exactitud posible el diámetro del cilindro y la carrera del pistón del motor Diesel Cummins en sección, para luego calcular el

desplazamiento volumétrico y la relación de compresión del motor; una vez calculado, comparar con el manual del motor Cummins. Mencionar posibles causas en los errores de cálculo.

5. Si se aumentara el diámetro del cilindro, ¿aumentaría o disminuiría el desplazamiento? Justifique la respuesta.

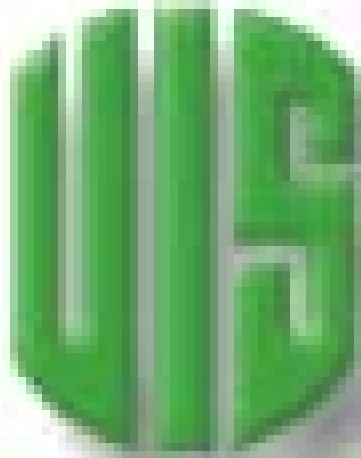
6. Si la carrera del pistón se acortara, ¿aumentaría o disminuiría el desplazamiento? Justifique la respuesta.

7. Utilizando alambre dulce y de acuerdo a las indicaciones del auxiliar de laboratorio realizar el contorno del cigüeñal, especificando los ángulos de las manivelas para un motor de 2, 4, 6, u 8 tiempos según corresponda

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

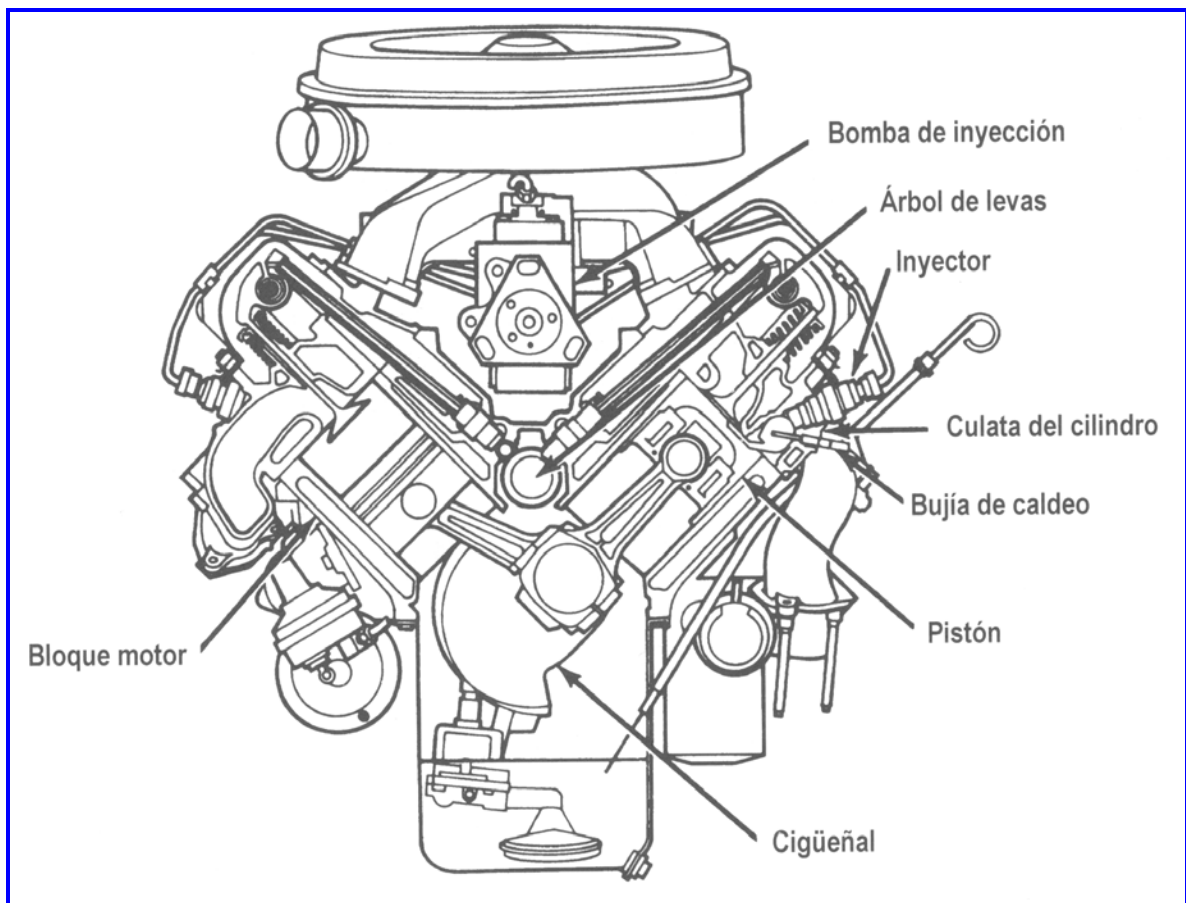
Conteste Falso (F) o Verdadero (V) según corresponda:

1. El motor Diesel es un sistema mecánico que convierte la energía química del combustible en energía mecánica dentro de los cilindros.
2. El cigüeñal da una revolución completa por cada dos carreras del pistón.
3. En la carrera de admisión de aire, la válvula de admisión esta abierta y el pistón se mueve hacia arriba.
4. En la compresión el aire es comprimido a alrededor de 1/16 parte de su volumen original.
5. El aire caliente en la cámara forma la mezcla con la atomización del combustible en el inyector.
6. El traslape de válvulas ayuda a expulsar o barrer los gases quemados del cilindro.
7. Los motores Diesel usan relaciones de compresión pequeñas ya que la ley de los gases se relaciona con ello.
8. En el motor de dos tiempos, el barrido ocurre cuando el aire penetra en el cilindro por las lumbreras de admisión.
9. El soplador se emplea para tener un suministro intermitente de aire exterior para los cilindros.
10. La cilindrada es el volumen de un cilindro del motor expresado en litros.



LABORATORIO
MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS

PARTES BÁSICAS DEL MOTOR DIESEL



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica

PRÁCTICA N° 3

OBJETIVO:

- ✓ Identificar las partes principales de un motor Diesel de 4 tiempos, su función, proceso de fabricación y materiales constitutivos.

EQUIPO A UTILIZAR:

- ✓ Láminas didácticas.
- ✓ Motor Diesel en corte Cummins NTC 350 de 4 tiempos.
- ✓ Material de lectura.
- ✓ Calibrador, Micrómetro, Comparador de carátula y Calibrador de galgas.

DESCRIPCIÓN:

3.1. EL CONJUNTO DEL MOTOR DIESEL

El conjunto del motor Diesel, es decir el motor en sí y los equipos auxiliares y accesorios para su funcionamiento, se puede considerar que consta de lo siguiente:

1. El motor en sí.
2. El sistema de arranqué.
3. El sistema de combustible.
4. El sistema de enfriamiento.
5. El sistema de lubricación.

6. El sistema de admisión de aire.

7. El sistema de escape.

Estos sistemas, en combinación, permiten poner en marcha el motor y que siga funcionando. El sistema de arranque pone en marcha el motor; el sistema de combustible suministra el combustible para el arranque y marcha normal; el sistema de enfriamiento controla la temperatura del motor; el sistema de lubricación circula aceite por todo el motor para reducir la fricción y prevenir el desgaste; el motor forma aire a través del sistema de admisión de aire y los gases quemados se descargan a través del sistema de escape.

Algunas partes de los sistemas antes citados son integrales con el motor. Otras, se instalan en el exterior del motor o en algún lugar en el bastidor o en la carrocería adyacente al compartimiento del motor del vehículo.

Los componentes principales del motor Diesel son:

- Bloque del motor
- Culata
- Camisas o Cilindros
- Pistón
- Anillos o Segmentadura
- Bulón
- Biela
- Cigüeñal
- Cojinetes
- Volante

3.1.1. Bloque de cilindros (monoblock)

El bloque de cilindros (Fig. D1) constituye la pieza más grande del motor, es el soporte de los cilindros en los que se deslizan los pistones. Las otras piezas se instalan o se colocan en el bloque. El bloque de cilindros es una sola pieza de hierro fundido con agujeros cilíndricos o cilindros.

La disposición típica de los motores rápidos es el bastidor y bloque de cilindros en una pieza, y camisas húmedas postizas (enfriadas directamente por el líquido refrigerante). Esta solución permite un buen enfriamiento junto a la cámara de combustión. Permite también el rectificado de camisas y si es preciso su cambio.

La disposición en los grandes motores lentos, depende del tamaño, pero en principio hay siempre una bancada y encima un bloque motor o un bastidor que lleva a su vez un bloque de cilindros superior.

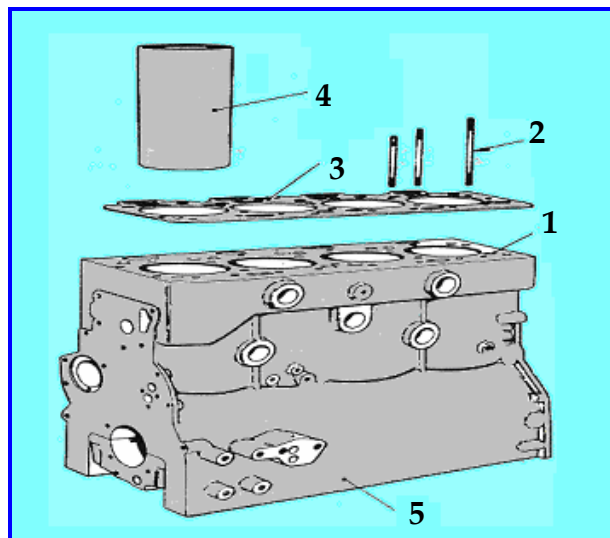


Fig. D1 Bloque de cilindros: 1. parte superior del bloque, 2. espárragos para la culata, 3. junta de la culata, 4. camisa de cilindro, 5. parte inferior del bloque.

3.1.2. Culata

La culata (Fig. D2) se atornilla en la parte superior del bloque de cilindros para cubrir la parte superior de los cilindros y forma parte de las cámaras de combustión que se forman encima de los pistones y en las cuales se quema la mezcla de aire y combustible. Las válvulas en la culata de cilindros dejan entrar aire a los cilindros y permiten la salida de los gases de escape provenientes de la combustión del combustible.

En los motores Diesel la culata tiene clara diferencias si se trata de un motor de dos o cuatro tiempos y también obedece a criterios constructivos diferentes si se trata de un motor lento o de un motor rápido.

Prácticamente, casi todos los motores de dos tiempos son lentos. La culata de estos motores es la más sencilla, por que no tiene válvulas (salvo la de escape en los motores uniflujo). Pero a pesar de que la renovación de aire se haga por lumbreras, es típico en los motores de dos tiempos, tener en la culata la válvula de seguridad, válvula de indicador, inyector, válvula de arranque y grifo de purga del circuito de refrigeración.

En el caso de la culata para motores de cuatro tiempos, en esta se incluyen los elementos ya mencionados para el caso de las culatas de los motores de dos tiempos y además las válvulas de admisión y escape con sus respectivos accionamientos y la cámara de engrase.

A medida que los motores son más rápidos, disminuye el tamaño de las piezas y puede hacerse toda la línea de culatas con una sola pieza.

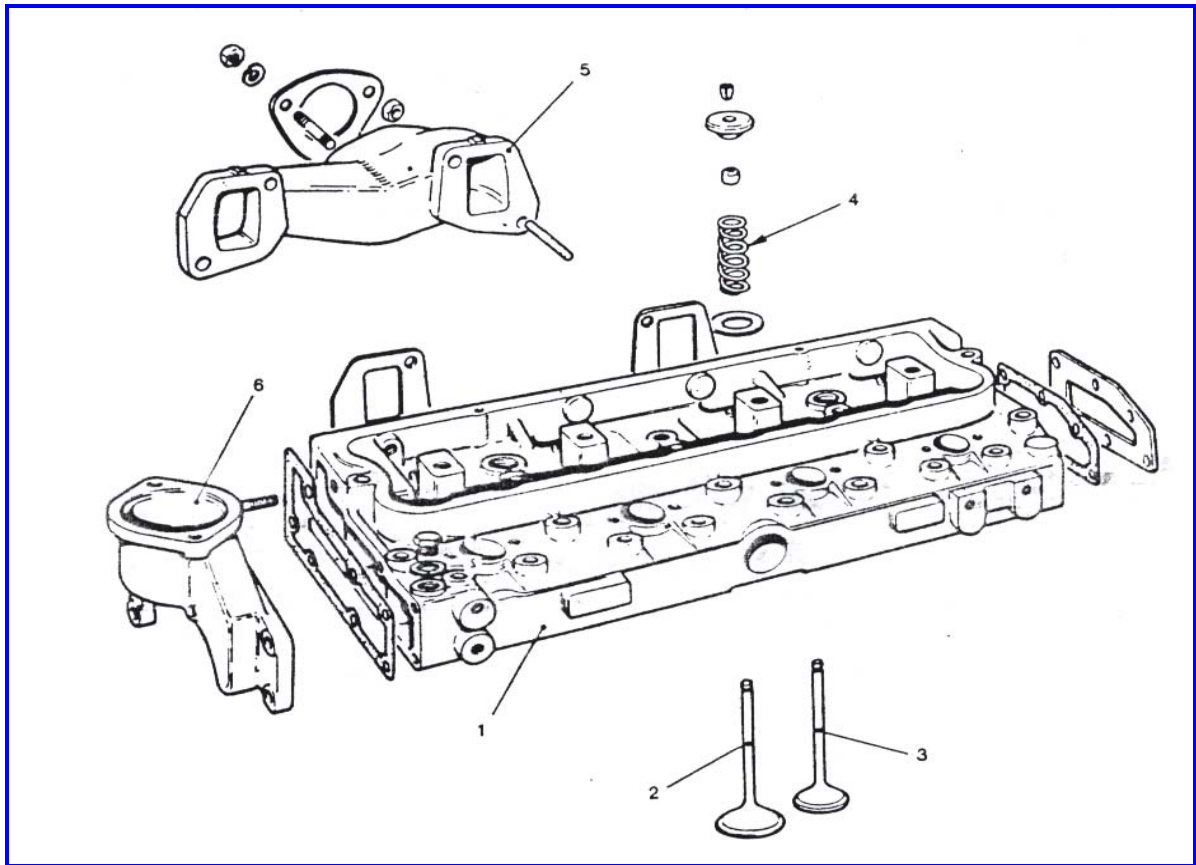


Fig. D2. Culata (cabeza) de cilindros: 1. culata, 2. válvula de admisión, 3. válvula de escape, 4. resorte de válvula, 5. múltiple de escape, 6. salida de agua.

3.1.3. Camisas o Cilindros

El cilindro es una pieza mucho más exigente, por que, tiene que presentar además de una gran resistencia al roce, resistencia a la temperatura. Como mínimo los cilindros han de ser de fundición gris, acerada y con el grafito bien distribuido. El proceso de fabricación utilizado para la elaboración de los cilindros generalmente es el proceso de centrifugación, que es en realidad, un procedimiento de colada especial.

Existen dos tipos de camisas o cilindros que se describen a continuación:

Camisas Húmedas. En este caso la camisa forma por si sola el cuerpo completo, con el agua en contacto por su exterior.

Camisas Secas. Se presenta cuando el cuerpo del cilindro va encamisado por un inserto interior de material resistente a la fricción, la camisa inserta se llama seca por que no va directamente refrigerada por el agua, sino, que lleva un soporte exterior.

En la figura D3 se aprecian claramente los tipos de camisas descritos anteriormente.

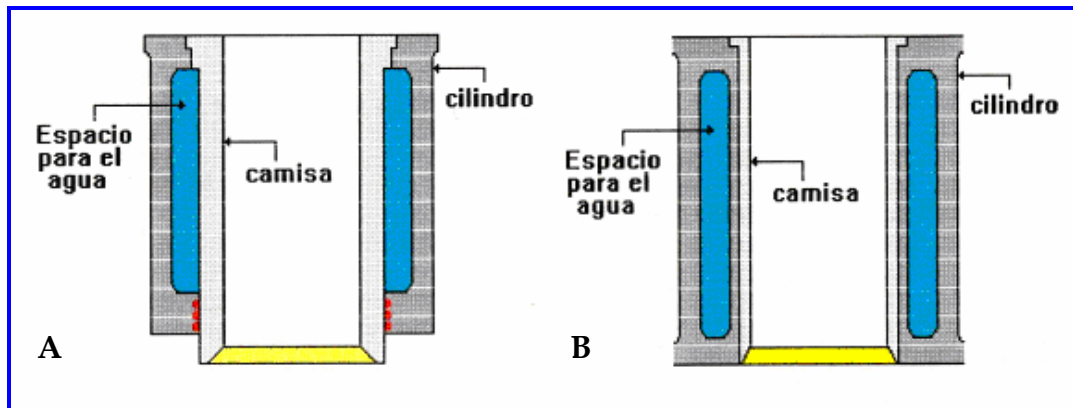


Fig. D3. A) Camisa Húmeda, B) Camisa Seca.

3.1.4. Pistón

Los pistones se instalan y se mueven en los cilindros. Tienen anillos o segmentaduras que actúan como sellos entre el pistón y la pared del cilindro. Los pistones se conectan con el cigüeñal por medio de las bielas.

El pistón transmite la presión del gas que actúa sobre él a través de su eje y de la biela, esta fuerza hace bajar la biela y girar el cigüeñal. Otra función del pistón es cerrar la cámara de combustión, evitando que los gases escapen, gracias al laberinto que forman los aros de cierre.

Los pistones de los motores rápidos son de una aleación ligera de aluminio, con el objeto de reducir las fuerzas de inercia, que crecen mucho más con la velocidad. La mayoría de los émbolos van fundidos sobre un inserto de fundición, que hace de ranura de alojamiento del primer anillo, esto debido a las altas temperaturas que debe soportar el émbolo.

La cabeza del émbolo obedece a los requerimientos de la cámara de combustión, por este motivo la cabeza es cónica, para compensar los efectos de dilatación. La sección a la altura del bulón, es ovalada, para que el esfuerzo de calado del eje no deforme la falda y evitar roces y gripajes.

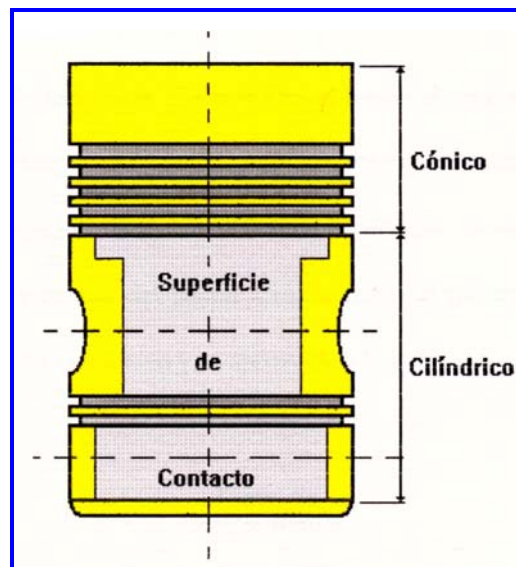


Fig. D4. Forma del Pistón Diesel.

3.1.5. Anillos o Segmentadura

Se denomina así el conjunto de aros que lleva el émbolo en sus ranuras y que tiene por objeto formar un laberinto que hace perder la presión a los gases de combustión, impidiendo su fuga de la cámara (aros de compresión o de cierre). El primer aro recibe toda la presión y toda la temperatura de los gases, pero al segundo solo le llega una parte y el tercero casi no tiene trabajo.

Todos estos aros han de actuar como resortes que tienden a abrirse, haciendo una ligera presión sobre la pared. Cuando los aros están cerrados han de ser perfectamente cilíndricos, lo que se comprueba colocándose una galga y viendo si entre ella y el aro pasa la luz en algún punto.

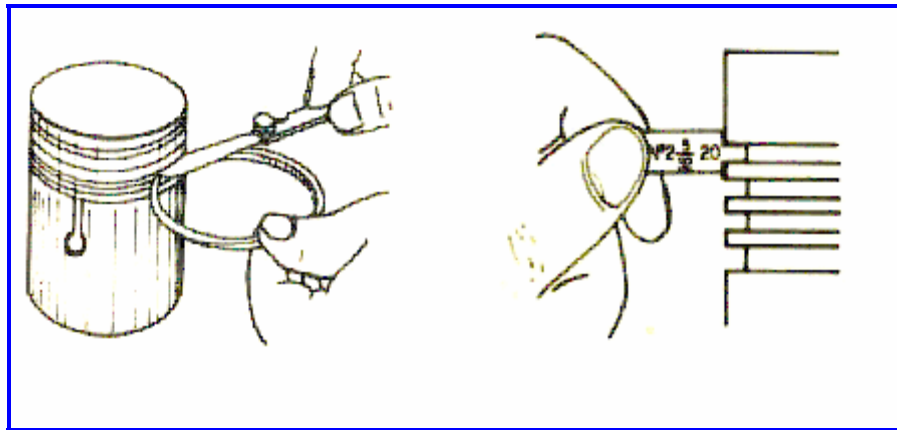


Fig. D5 Medición de tolerancias en los aros pistón.

Los aros rascadores sirven para barrer el aceite. También tienen la finalidad de mantener dentro de los límites admisibles el paso del aceite a la cámara de combustión para la refrigeración de esta zona, y además, en el descenso del émbolo deben devolver el aceite sobrante al interior del mismo.

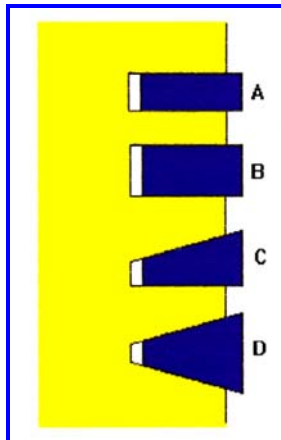


Fig. D6 Diversas formas de Aros de Cierre.

Los aros están hechos de fundición gris, de gran tenacidad. El aro superior o aro de fuego generalmente se recubre con una capa de molibdeno, para resistir la fricción.

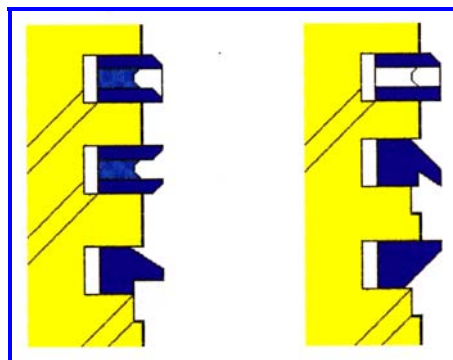


Fig. D7 Tipos de Aros Rascadores de aceite.

3.1.6. Bulón

Esta pieza es siempre muy rígida para evitar la deformación del émbolo en los apoyos. El eje del émbolo es siempre más corto que el diámetro del cilindro por que debe compensar la curvatura de la pared del cilindro y dejar espacio para la fijación.

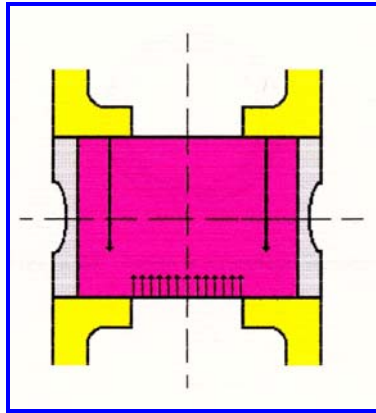


Fig. D8 Bulón.

Generalmente el bulón es hueco, ya que, no pierde rigidez, pero si gana ligereza.

Para la fijación del bulón o eje del émbolo, el sistema más corriente y generalizado, es la colocación de una arandela-muelle, llamada *Seeguer*, en una ranura de alojamiento.

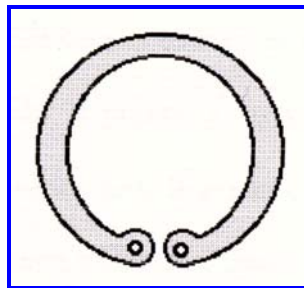


Fig. D9 Anillo o Arandela Seeguer.

3.1.7. Biela

Las partes esenciales de una biela son: cojinete superior o pie de biela, vástago o cuerpo que une los dos extremos y cojinete inferior o cabeza de biela, que se halla partido en dos mitades y abraza el muñón de la manivela del cigüeñal.

El pie de biela debe alojarse en el interior del émbolo por lo cual es necesario hacerlo de una sola pieza, aunque, a veces se usa el pie de biela partido para obtener un mejor apriete en el bulón y mayor facilidad en el montaje.

El vástago de la biela en motores pequeños y medianos es, generalmente, una sección transversal en doble T, forma muy favorable para resistir fácilmente esfuerzos a los que está sometida sin darle mucho peso.

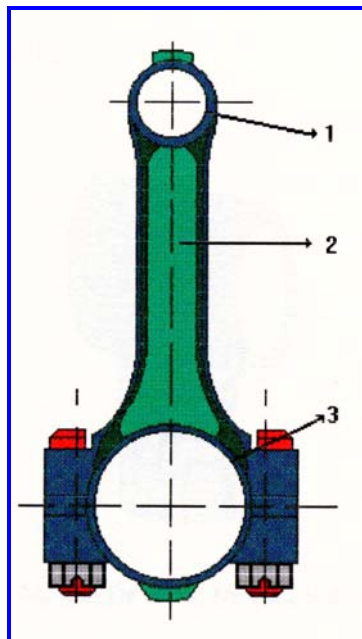


Fig. D10. Biela. 1) Pie de Biela, 2) Vástago, 3) Cabeza de Biela.

La cabeza de la biela en los motores rápidos, esta formada por un ensanchamiento del vástago que abraza medio muñón del cigüeñal, completándose con medio cojinete postizo que se atornilla al citado ensanchamiento.

El cuerpo o vástago de la biela, acostumbra a hacerse de acero forjado. Los cojinetes de cabeza y pie de biela se hacen corrientemente de acero moldeado

para conseguir, mediante nervios salidos de fundición, una sección muy resistente pero sin mucho peso. El cojinete va recubierto de meta blanco.

3.1.8. Cigüeñal

El cigüeñal (Fig. D11) está montado en cojinetes en la parte inferior del bloque de cilindros, llamada a veces caja del cigüeñal. Los pistones, que se instalan en los cilindros en el bloque, se conectan con el cigüeñal por medio de las bielas. El cigüeñal gira por la fuerza que ejercen los pistones cuando el motor está en marcha. Los pistones tienen un movimiento hacia arriba y hacia abajo o recíprocante, que se convierte en movimiento rotatorio en el cigüeñal.

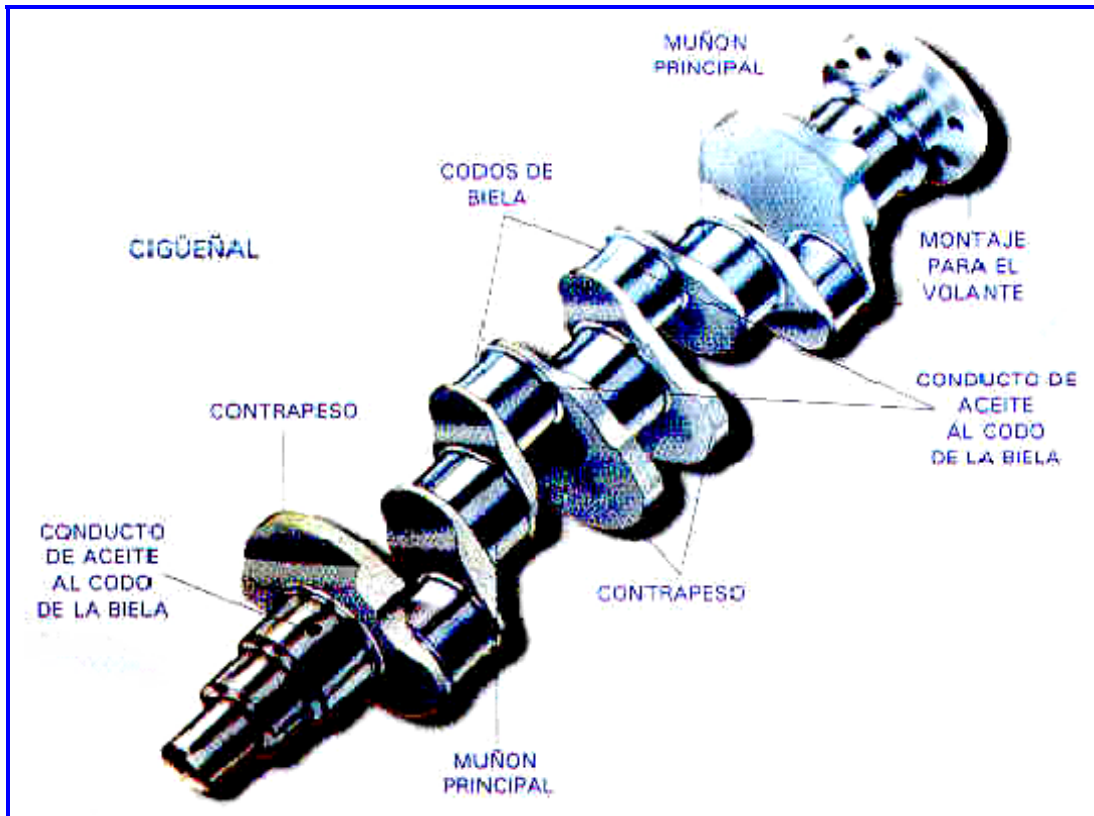


Fig. D11. Cigüeñal.

El depósito de aceite se atornilla a la parte más baja del bloque de cilindros para cubrir esa parte del bloque y el cigüeñal. En casi todos los motores, contiene el aceite lubricante. Como el aceite que llega a los cojinetes de apoyos principales, debe ser conducido a los cojinetes de biela, el camino es a través de taladros hechos en las manivelas del cigüeñal.

Generalmente los cigüeñales se hacen de acero forjado y sus dimensiones dependen casi exclusivamente de los esfuerzos vibratorios. Por lo tanto el material con que se fabrique no influye mucho.

Cigüeñales muy pequeños conviene a veces fabricarlos con estampa, ya que se consigue gran número de piezas en muy poco tiempo y a bajo costo. Modernamente varias constructoras han empleados cigüeñales fundidos. Su ventaja principal consiste en la mayor libertad de formas y su fabricación considerablemente más económica.

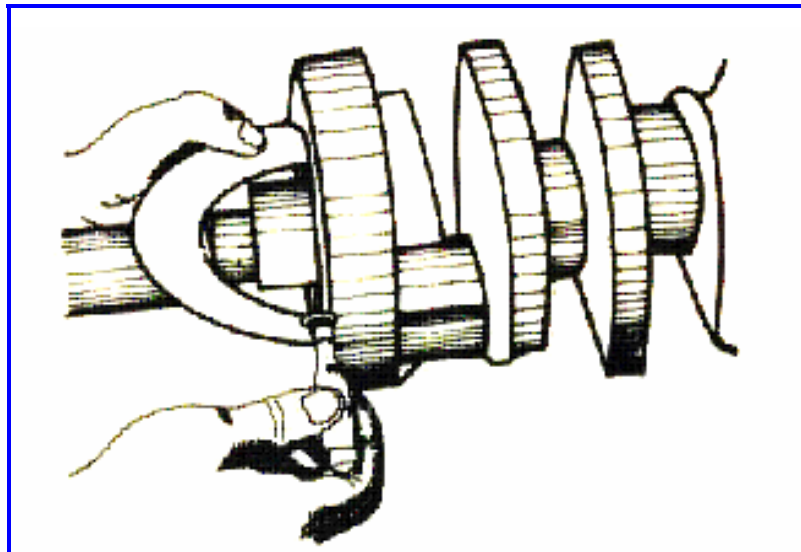


Fig. D12. Medición del diámetro de un cojinete de bancada del Cigüeñal.

3.1.9. Cojinetes

Los cojinetes son los soportes que permiten el movimiento de rotación de un eje, es decir, el soporte en el que se apoyan y que permite que giren más suavemente. Los cojinetes usados en los motores Diesel son los de fricción debido a que resisten mejor los trabajos bruscos a que están sometidos. Además de ser más prácticos y más económicos. Los cojinetes de fricción consisten en esencia en un cilindro, de acero la mayoría de veces, sobre el que se deposita una cierta cantidad de material llamado *antifricción*, que es completamente resistente al desgaste por rozamiento siempre que se disponga de un engrase suficiente.

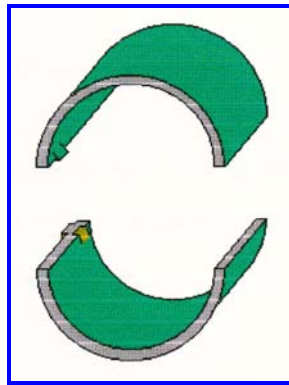


Fig. D13. Cojinetes de Fricción.

Cojinetes de Bancada. Como ya se ha dicho anteriormente, la misión de los cojinetes de bancada es la de servir de apoyos al cigüeñal, permitiéndole girar libremente, y también recibir todos los esfuerzos de la combustión y repartirlos por toda la bancada. En los motores rápidos y pequeños se emplean cojinetes de pared delgada con revestimiento, que puede ser bimetálico y trimetálico pero siempre de alta capacidad de carga.

Cojinetes de Cabeza y Pie de Biela. El cojinete que se emplea en la cabeza de biela generalmente es de pared delgada recubierto con una delgada capa de níquel-aluminio o de cuproplomo, según la carga a soportar. El espesor de esta capa oscila entre 0.8 y 1.5 mm.

El cojinete de pie de biela consiste en un casquillo, la mayoría de las veces de bronce fosforoso, que se cala fuertemente en el ojal de la biela, asegurándose contra el giro mediante tornillos roscados o bien con tornillos de cierre del pie de biela; estos tornillos fijan también el bulón.

3.1.10. Volante del motor

El volante (Fig. D14) es una rueda gruesa y pesada, montada en la parte trasera del cigüeñal. Su función básica es reducir las vibraciones porque suaviza los impulsos de potencia de los pistones. Absorbe energía durante la carrera de potencia y cede esa energía durante las otras carreras del pistón para que el cigüeñal siga girando con suavidad. En el volante se instala una cremallera que acopla con el piñón del impulsor del motor de arranque para poner en marcha el motor Diesel.

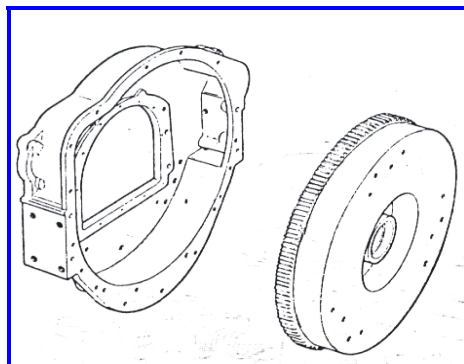


Fig. D14. Volante y cubierta del volante.

PROCEDIMIENTO:

1. Leer el material de lectura apoyándose en la ayuda multimedia de teoría Diesel.
2. Descripción del motor Diesel a evaluar:

Marca		Cilindrada	
Tipo		Diámetro Cilindros	
Serie		Carrera	
Modelo		Relación de compresión	
Combustible utilizado		Orden de inyección	
Numero de tiempos		Localización de válvulas	

3. Identifique físicamente en el motor Diesel en corte Cummins las siguientes partes:

- Filtro del aceite lubricante
- Depósito de aceite(Carter)
- Cigüeñal
- Volante
- Bloque de cilindros
- Pasador de pistón(bulón)
- Biela
- Pistón
- Culata de cilindros
- Inyector de combustible
- Orificio de admisión
- Válvulas
- Bomba de agua
- Impulsor
- Árbol de levas
- Engranajes e sincronización
- Bomba de aceite lubricante
- Filtro de aire
- Turbo-cargador
- Bancada

4. De acuerdo a lo visto en el laboratorio, identificar cada una de las partes señaladas en la figura D15 y D16, correspondiente al motor Diesel Cummis.

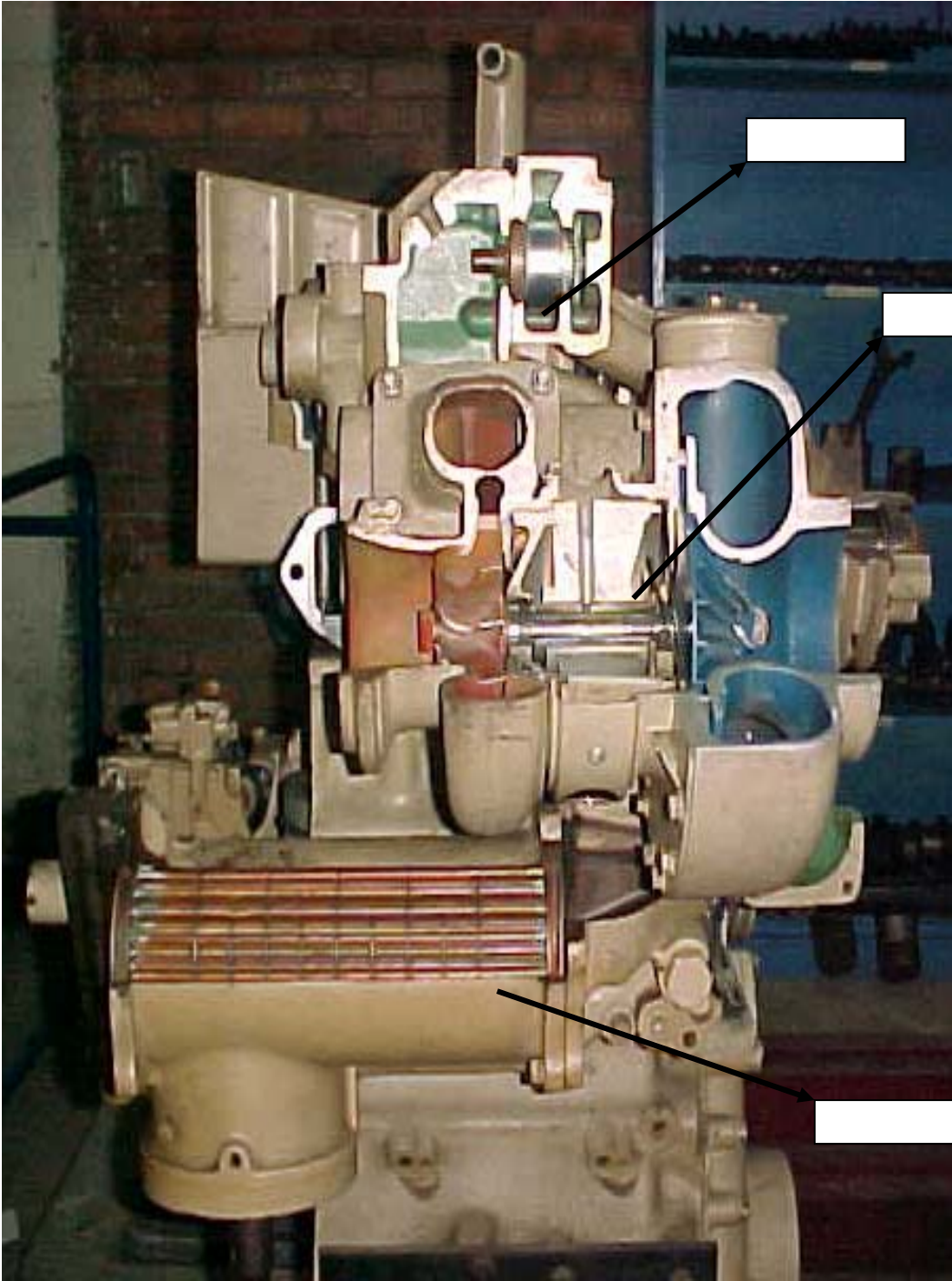
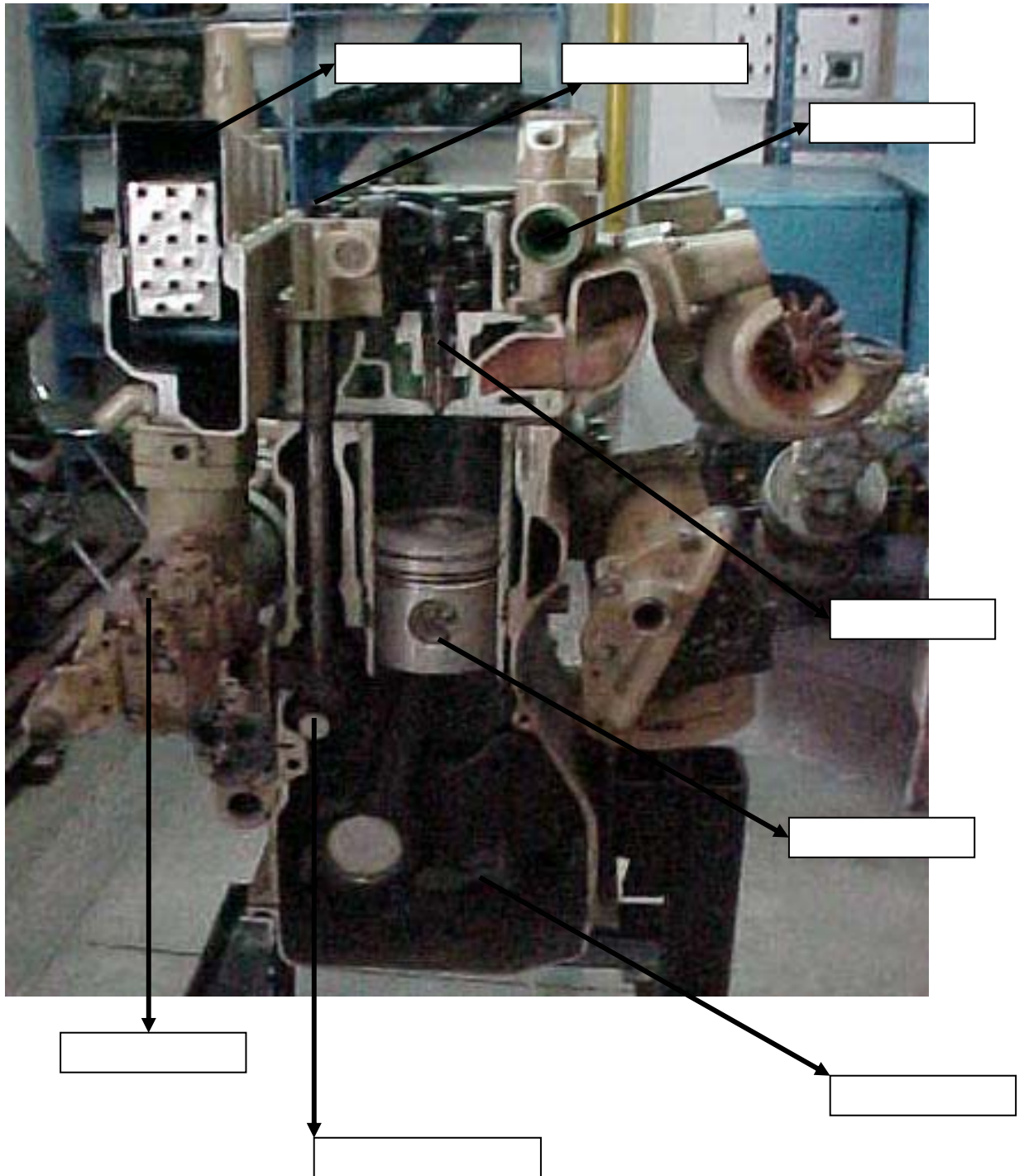


Figura D15. Motor Cummis en corte lateral.

Figura D16. Motor Cummis en corte frontal



5. Utilizando las herramientas de precisión (Calibrador, Micrómetro, Comparador de carátula, etc.), verificar los rangos de tolerancia, para los diferentes ítems, en los componentes del motor CUMMINS NTC 350. registre los datos en las tablas que se presentan a continuación y escriba las observaciones pertinentes.

Tabla 1. Bloque de cilindros.

<i>ITEMS</i>	<i>TOLERANCIA</i>	<i>MEDICIÓN</i>	<i>OBSERVACIÓN</i>
<i>Diámetro Interno Cilindro</i>	<i>Máximo 139.827 mm</i>		
	<i>Mínimo 139.694 mm</i>		
<i>Diámetro Externo Cilindro</i>	<i>Máximo 166.77 mm</i>		
	<i>Mínimo 166.72 mm</i>		

Tabla 2. Pistones y Anillos de Pistón.

<i>ITEMS</i>	<i>TOLERANCIA</i>	<i>MEDICIÓN</i>	<i>OBSERVACIÓN</i>
<i>Diámetro Externo Cilindro</i>	<i>Máximo 139.692 mm</i>		
	<i>Mínimo 139.192 mm</i>		
<i>Juego Máximo Ranura pistón</i>	<i>Anillo 1° (0.43 - 0.68) mm</i>		
	<i>Anillo 2° (0.51 - 0.76) mm</i>		
	<i>Anillo 3° (0.48 - 0.74) mm</i>		
	<i>Anillo 4° (0.25 - 0.64) mm</i>		

Tabla 3.Biela.

ITEMS	TOLERANCIA	MEDICIÓN	OBSERVACIÓN
<i>Diámetro Cabeza de Biela</i>	<i>Máximo 84.244 mm</i>		
	<i>Mínimo 84.219 mm</i>		
<i>Diámetro Pie de Biela</i>	<i>Máximo 50.856 mm</i>		
	<i>Mínimo 50.825 mm</i>		

Tabla 4. Cigüeñal.

ITEMS	TOLERANCIA	MEDICIÓN	OBSERVACIÓN
<i>Luz entre Contrapesos y Cabeza de Biela</i>	<i>Máxima 0.56 mm</i>		
	<i>Mínima 0.18 mm</i>		

Tabla 5. Cojinetes

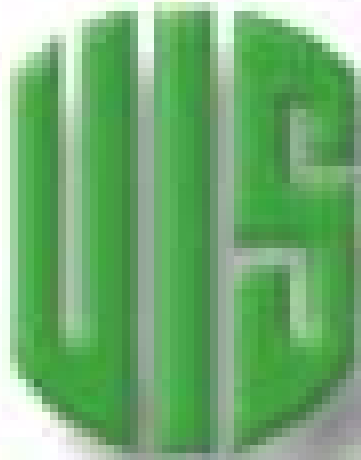
ITEMS	TOLERANCIA	MEDICIÓN	OBSERVACIÓN
<i>Espesor Cojinetes de Bancada</i>	<i>Máximo 6.286 mm</i>		
	<i>Mínimo 6.223 mm</i>		
<i>Espesor cojinetes de Biela</i>	<i>Máximo 2.405 mm</i>		
	<i>Mínimo 2.362 mm</i>		
<i>Espesor cojinetes Principales</i>	<i>Máximo 3.145 mm</i>		
	<i>Mínimo 3.086 mm</i>		

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

Conteste falso (F) o Verdadero (V) según corresponda:

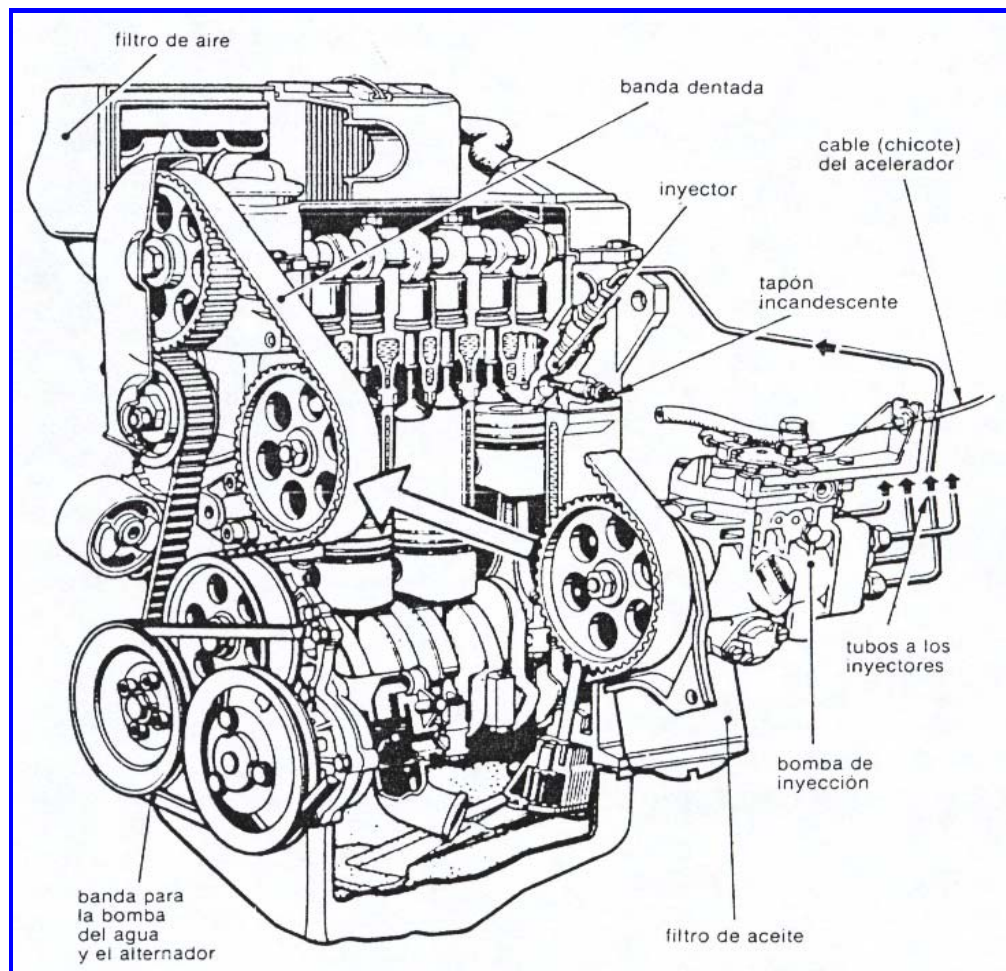
1. En un motor Diesel la compresión ocasiona la ignición.
2. Por lo general el bloque de cilindros es una sola pieza de hierro fundido.
3. La culata hace parte de las cámaras de combustión que se forman encima de los pistones.
4. Los pistones tienen un movimiento rotatorio que se convierte en movimiento reciprocante en el cigüeñal.
5. Los anillos del pistón actúan como sello entre el pistón y la camisa húmeda del cilindro.
6. El árbol de levas acciona el mecanismo de válvulas.
7. En algunos motores de 4 tiempos se emplean lumbreras u orificios en lugar de las válvulas de admisión.
8. Los engranes de sincronización impulsan la bomba de inyección de combustible.
9. El volante reduce las vibraciones porque permite hacer intermitentes los impulsos de potencia de los pistones.

10. El turbocargador utiliza los gases de escape para reintroducirlos nuevamente a mayor presión y temperatura en los cilindros.
11. Los cigüeñales actualmente se fabrican forjándolos con operaciones sucesivas de estampación en caliente.
12. La falda del pistón tiene como función la de recibir el resto del calor del fluido de refrigeración.
13. El muñón conecta la biela con el pistón.
14. Pie, cuerpo y cabeza son las partes de la biela.
15. El cigüeñal y la biela tiene perforaciones y conductos internos, para ayudar a la lubricación y refrigeración de los mismos.



LABORATORIO
MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas térmica alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica

PRÁCTICA N° 4

OBJETIVOS:

- ✓ Identificar las partes y componentes que hacen parte del sistema de distribución.
- ✓ Entender el funcionamiento del sistema de distribución en el motor Diesel.

EQUIPO Y COMPONENTES:

- ✓ Motor KIA
- ✓ Motor CUMMINS en sección.
- ✓ Calibrador de galgas
- ✓ Pie de rey
- ✓ Micrómetro
- ✓ Componentes y partes del sistema de distribución del estante Diesel.
- ✓ Teoría Diesel de la aplicación multimedia

DESCRIPCIÓN:

1.1 Culata de cilindros

La culata de cilindros suele ser de hierro fundido. En los moldes de arena en los que se cuela el metal fundido durante el proceso de fundición, hay espacios para formar las camisas y conductos para el líquido enfriador. También los moldes tienen aberturas para formar los orificios y lumbreras para las válvulas. La configuración de la culata incluye las cámaras de combustión

1.2 Mecanismo de válvulas

Los diversos componentes que se utilizan para abrir y cerrar las válvulas en la culata forman el mecanismo de válvulas y se puede observar en la figura D-1.

El mecanismo de válvulas consta de árbol de levas, seguidores (llamados también levantadores de válvulas o buzos), varillas o tubos de empuje y balancines.

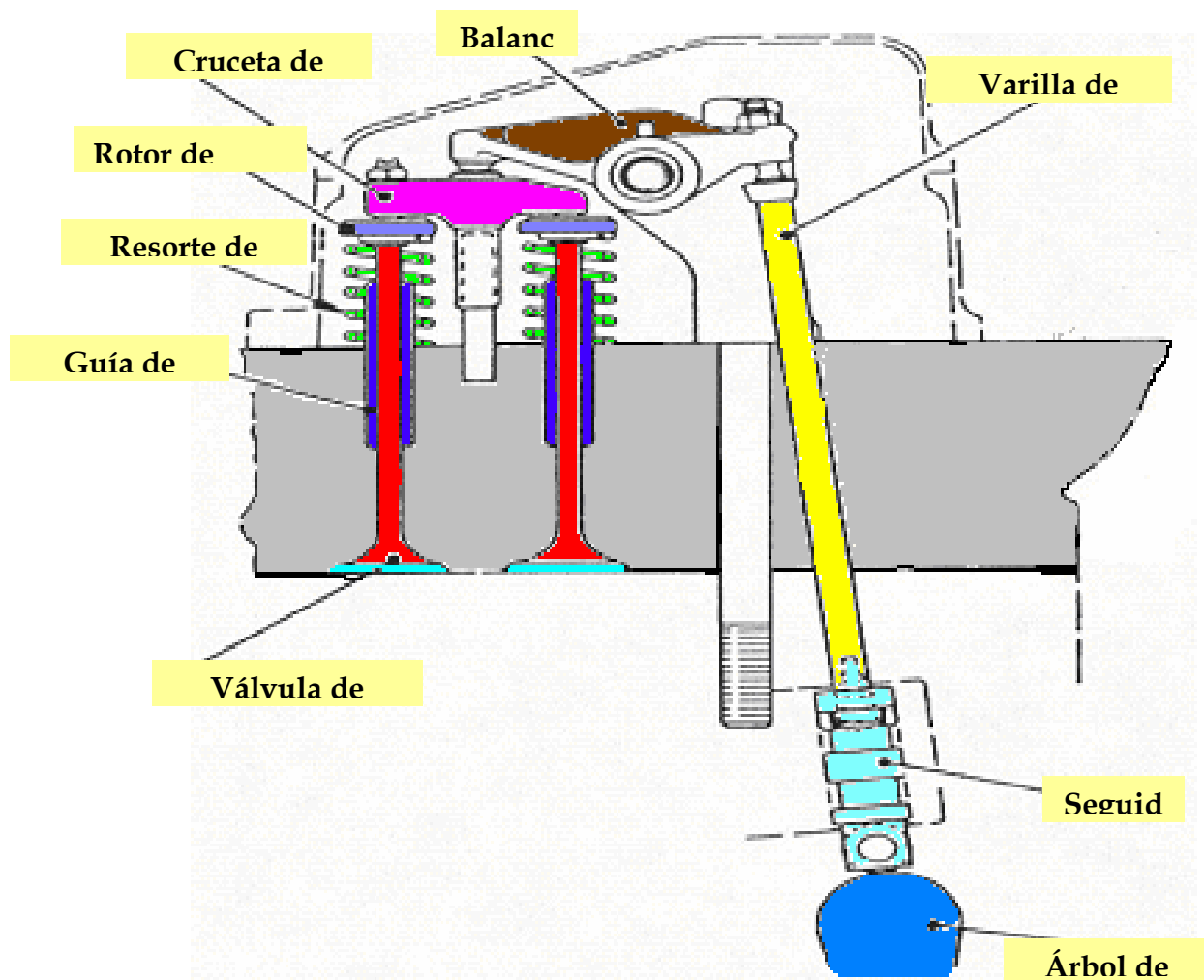


Figura D-1. Componentes del mecanismo de válvulas

1.3 Válvulas

Los motores pequeños de cuatro tiempos tienen dos válvulas por cilindro: una de admisión y una de escape. En los motores grandes de cuatro tiempos se emplean cuatro válvulas por cilindro: dos de admisión y dos de escape.

Los motores de dos tiempos sólo tienen válvulas de escape en la culata; pueden tener una, dos o cuatro válvulas en cada cilindro. La función de las válvulas de admisión en el motor de cuatro tiempos las efectúan las lumbreras (puertos) en las paredes del cilindro del motor de dos tiempos.

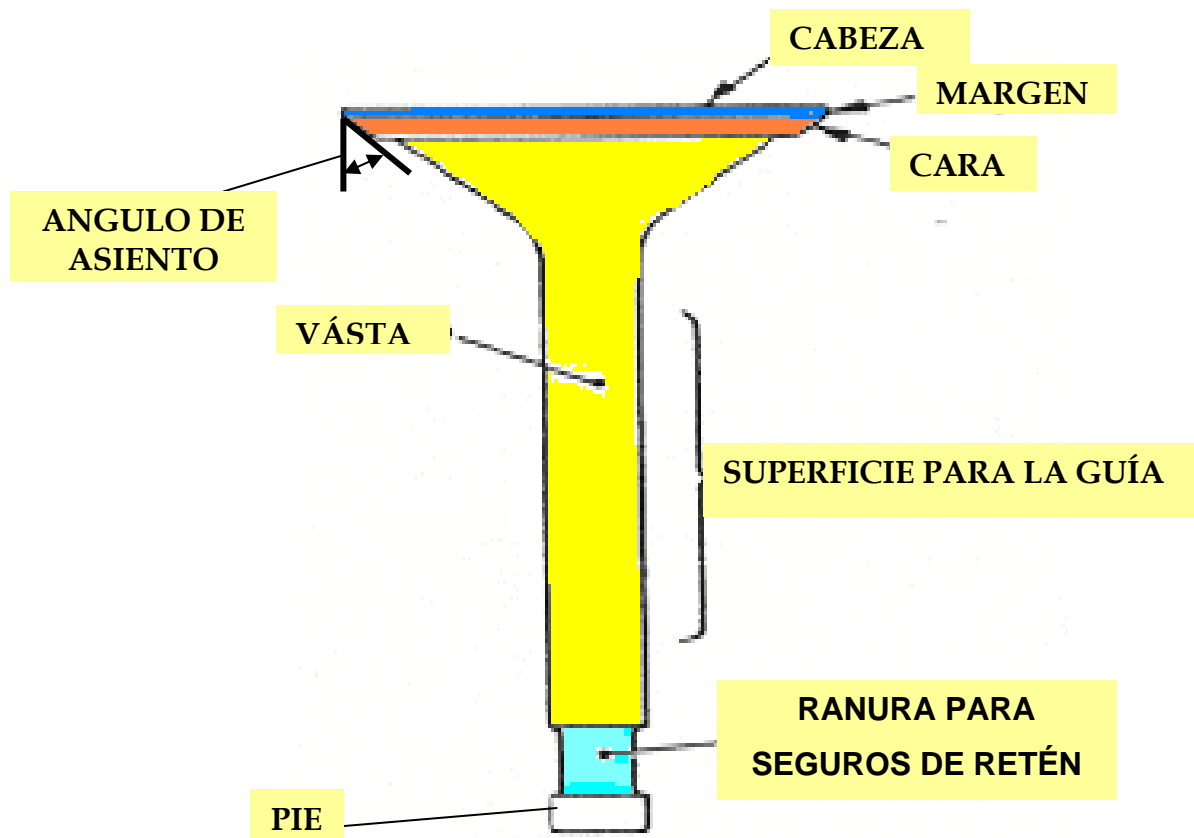


Figura D-2. Partes de una válvula

1.4 Árbol de Levas

El árbol de levas es largo y está montado en cojinetes en el bloque; en los motores con árbol de levas en la culata, está montado en la parte superior de ella. El árbol de levas tiene cierto número de levas: una para cada válvula.

También puede tener una leva para accionar la bomba elevadora de combustible. En ciertos tipos de motores también tiene una leva para accionar la bomba de inyección de combustible.

Cuando se utiliza un gran número de válvulas y en algunos motores V-8 se emplean dos árboles de levas.

1.5 Engranés de sincronización (tiempo)

El árbol de levas se impulsa desde el cigüeñal con engranes. En un motor de cuatro tiempos, el árbol de levas gira a la mitad de las revoluciones del cigüeñal. En un motor de dos tiempos, el cigüeñal y el árbol de levas giran a las mismas revoluciones. Los engranes tienen marcas de sincronización (tiempo) para acoplar los dientes correctos cuando se instalan los engranes. Hay que sincronizar (poner a tiempo) el árbol de levas con el cigüeñal para que las válvulas abran y cierren en el momento correcto en relación con el movimiento de los pistones.

En la mayoría de los motores Diesel, en particular los grandes, tienen un tren con cierto número de engranes. Pueden estar en el frente o, en algunos casos, en la parte trasera del motor.

PROCEDIMIENTO:

1. Identificar las partes constitutivas del sistema de distribución en el motor Diesel Cummins con ayuda de la figura D-3 y compararlas con un motor a gasolina.

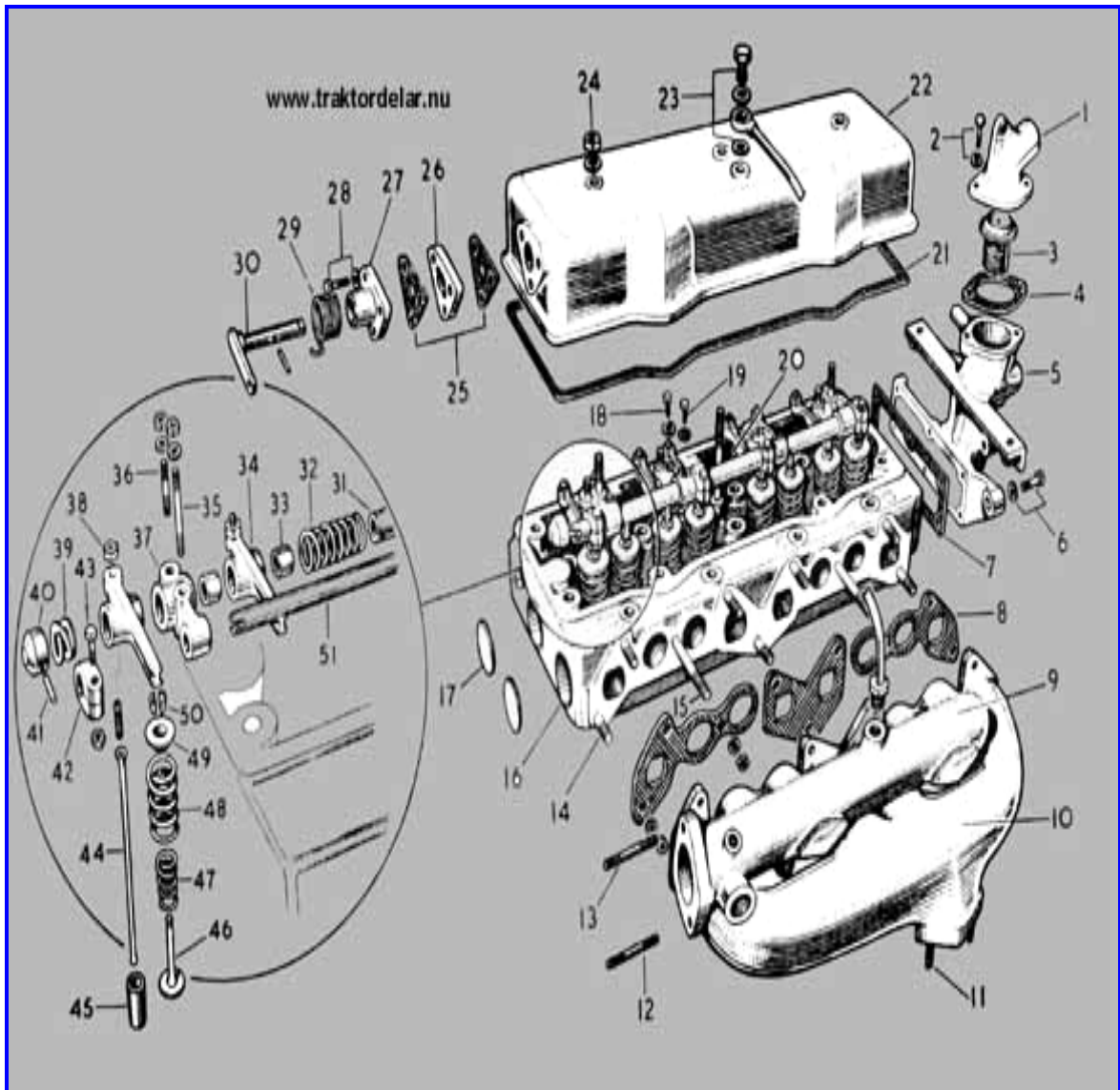


Figura D-3. Sistema de distribución

2. Con ayuda del auxiliar de laboratorio, verificar los rangos de tolerancia para los diferentes ítems de las válvulas en el motor KIA, Cummins o en las válvulas que hallan en el estante Diesel.

Descripción del motor Diesel a evaluar:

Marca		Cilindrada	
Tipo		Diámetro Cilindros	
Serie		Carrera	
Modelo		Relación de compresión	
Combustible utilizado		Orden de inyección	
Numero de tiempos		Localización de válvulas	

Características de la válvula:

ÍTEM*	TOLERANCIA	MEDICIÓN
Penetración en la culata	0,75-1,05 mm	
Contacto con su asiento	1,7-2,3 mm	
Diámetro del vástago	Admisión: 7,970-7,985 mm Escape: 7,965-7,980 mm	
Diferencia diámetro guía y válvulas	0,10 mm	
Longitud del resorte	44,8 mm	
Angulo de las caras	45° o 30°	
Longitud del resorte	44-45 mm	

* Revisar el manual del motor Diesel Cummins, para la correspondiente medición de tolerancias de los diferentes ítems.

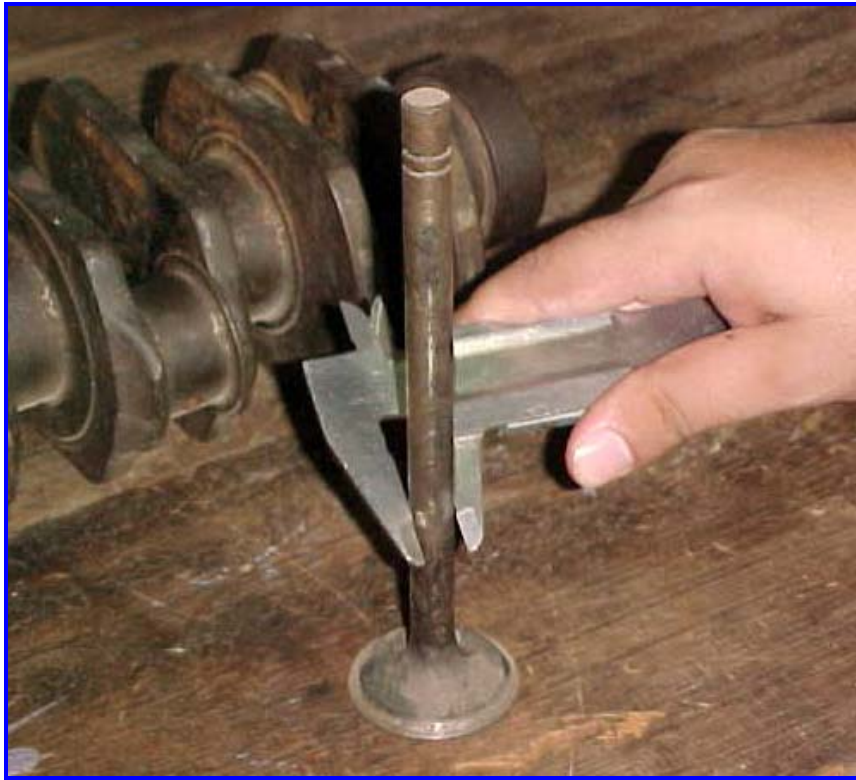


Figura D-3. Medición Diámetro del vástago de una válvula

3. Calcular la relación de velocidades entre el cigüeñal y el árbol de levas del motor Diesel Cummis, contando el número de dientes de los engranajes de sincronización del sistema de distribución y midiendo el diámetro de cada uno de ellos. Justificar el valor de la relación de velocidades obtenido.

4. Identificar en la figura D-4, las partes principales del sistema de distribución del motor Cummis mostrado.

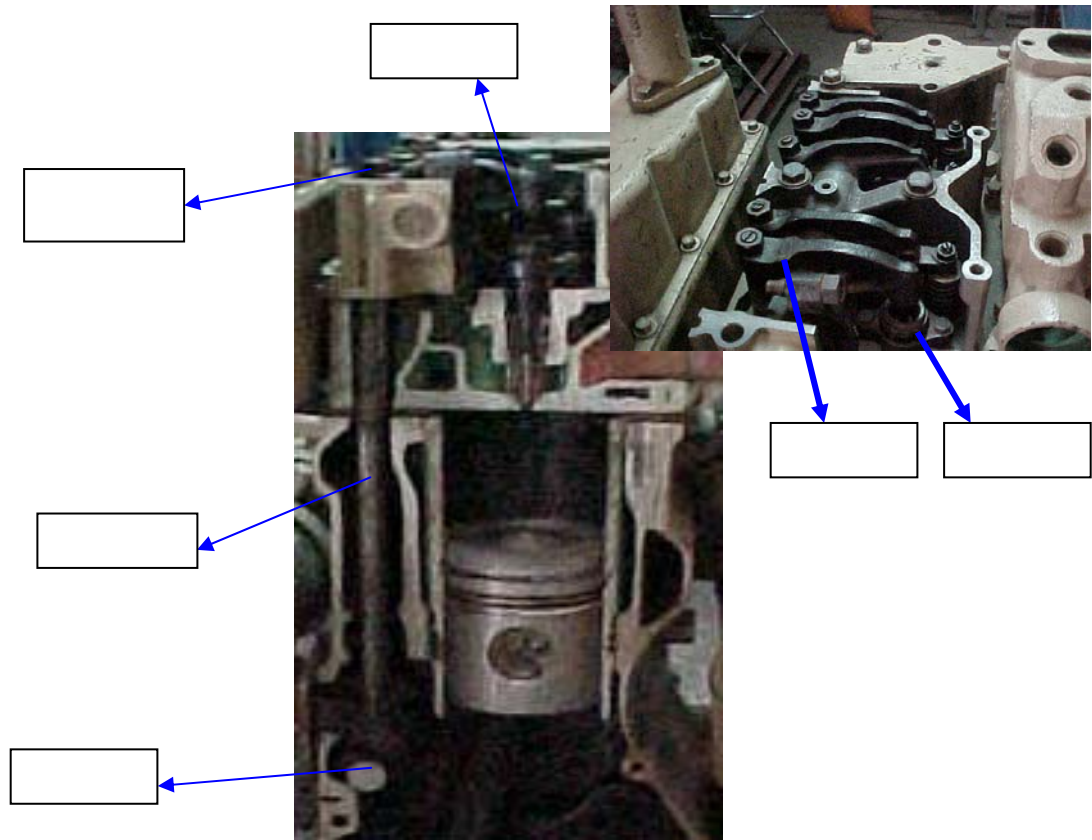


Figura D-4. Sistema de distribución del motor Cummins

5. Construir el diagrama de sincronización de válvulas en forma de espiral para un motor Diesel de cuatro tiempos, tomando como ejemplo el siguiente diagrama de sincronización para un motor de dos tiempos: El diagrama representa 360° de rotación del cigüeñal durante los cuales ha ocurrido el ciclo completo de dos tiempos:

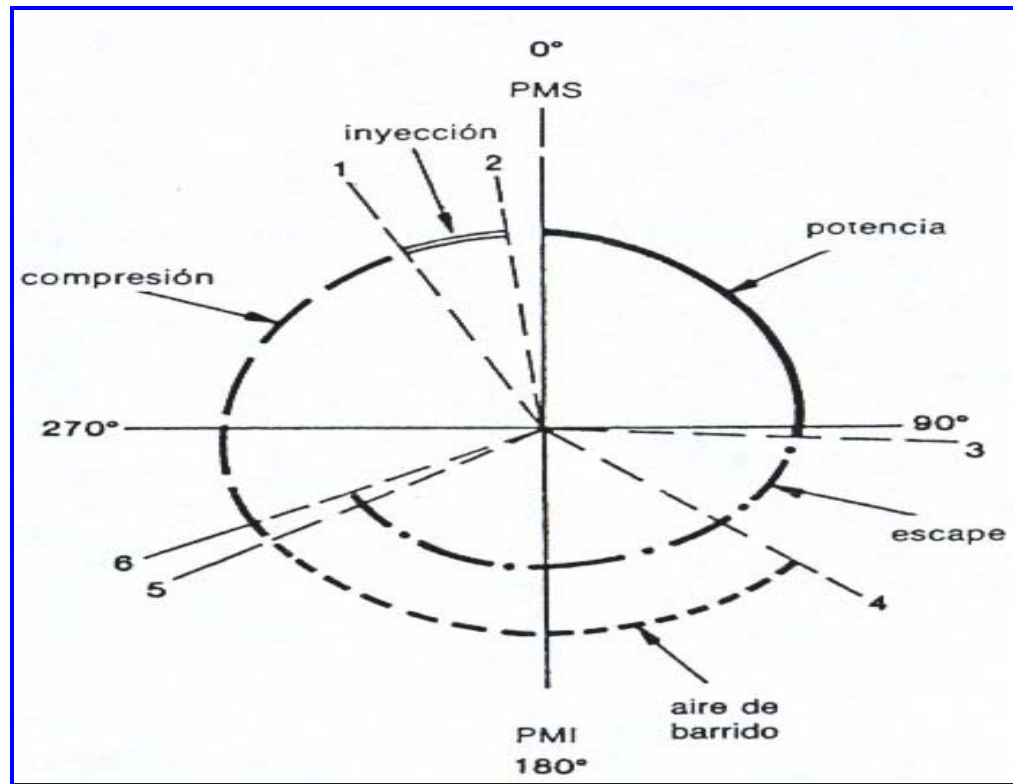


Figura D-5. Diagrama de sincronización de válvulas en motores de 2 tiempos.

Al seguir el diagrama desde cerca de su parte superior en el punto 1 y continuándolo en el sentido de las manecillas del reloj, se verá que ocurre lo siguiente:

1. La inyección empieza a 17° antes del PMS.
2. Cesa la inyección, pero continúa la inyección un periodo corto, durante el cual el cigüeñal ha girado alrededor de 13° . La carrera de potencia empieza en el PMS pero ya se ha inyectado e inflamado el combustible. La combustión continúa más allá del PMS hasta que se ha quemado todo el combustible.

3. La válvula de escape empieza a abrir a alrededor de 95° y permite que los gases de escape empiecen a salir del cilindro.
4. Empiezan a quedar descubiertas las lumbreras de admisión en la pared del cilindro. El aire de barrido penetra al cilindro y expulsa del mismo a los gases de escape.
5. Las lumbreras de admisión quedan cerradas por el movimiento ascendente del pistón, lo cual ocurre a los 230° .
6. La válvula de escape, que había empezado a cerrar, queda cerrada del todo. El pistón se mueve hacia arriba para comprimir la carga de aire exterior en el cilindro y el ciclo vuelve a empezar en el punto 1.

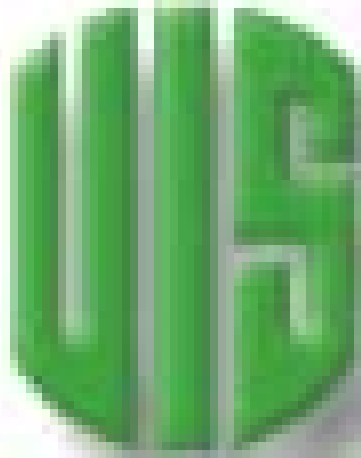
Datos para el diagrama de sincronización de válvulas de un motor de 4 tiempos:

- ✓ *La válvula de escape empieza a abrir a 47° antes del PMI en la carrera de potencia y permanece abierta hasta 21° después del PMS en la carrera de admisión.*
- ✓ *La válvula de admisión se queda abierta durante 40° después del PMI, para la entrada de aire al cilindro adicional.*
- ✓ *La inyección empieza a 17° antes del PMS y termina un grado después del PMS.*
- ✓ *Hay un traslape entre la válvula de admisión y escape de 33° .*

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

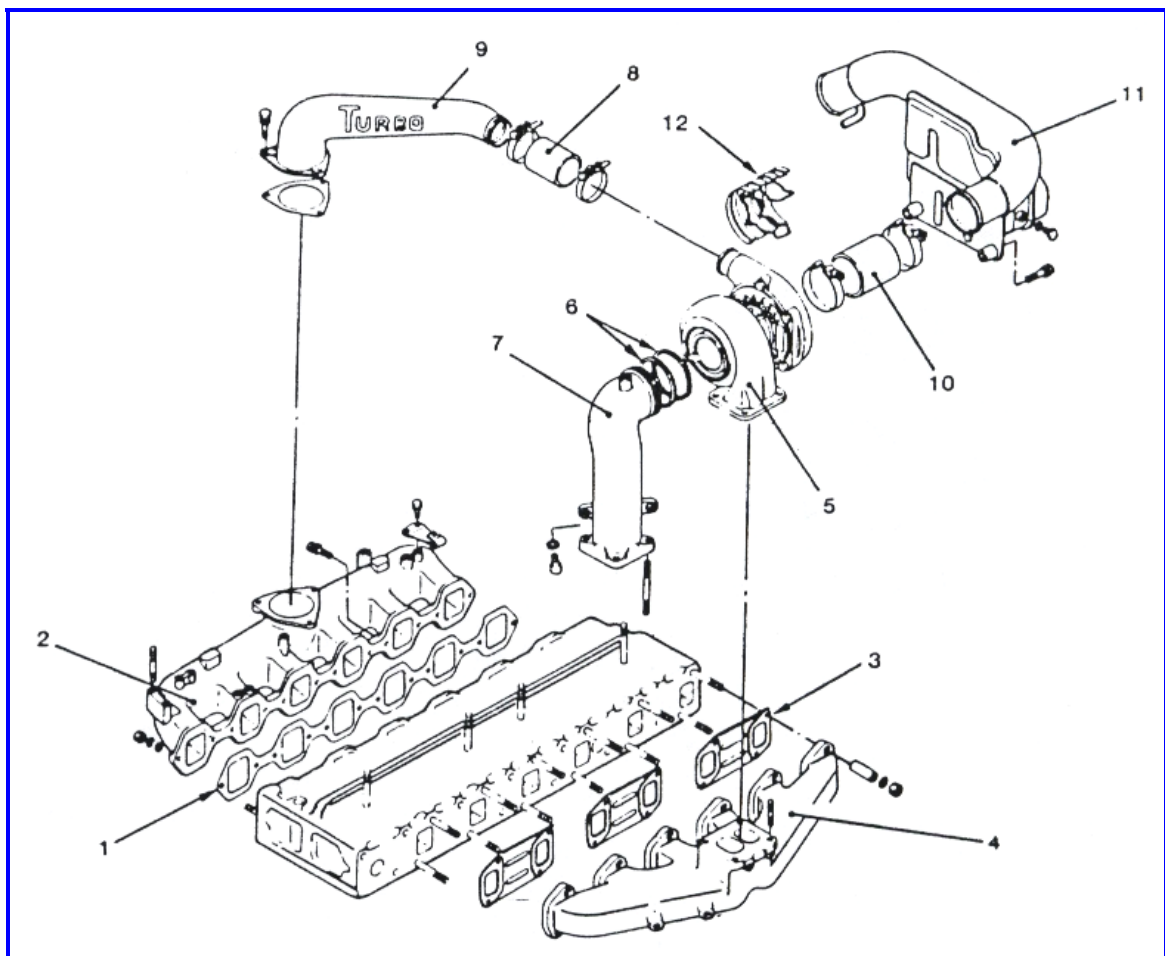
Conteste Falso (F) o Verdadero (V) según corresponda:

1. La culata de cilindros suele ser de hierro fundido
2. El engranaje del cigüeñal tiene el doble de dientes que el del árbol de levas.
3. El árbol de levas acciona la bomba elevadora de combustible.
4. Cuando se utiliza un gran número de válvulas se emplean dos árboles de levas.
5. Las levas convierten el movimiento rectilíneo en movimiento rotatorio.
6. Las válvulas instaladas en la culata de cilindros se llaman válvulas de disco de movimiento vertical.
7. El vástago es la parte de la válvula que esta más caliente.
8. Es deseable un asiento estrecho para tener un buen sellamiento por parte de la válvula.
9. En un motor de dos tiempos, el cigüeñal y el árbol de levas giran a las mismas revoluciones.
10. La válvula de admisión abre antes del PMS y la válvula de escape abre antes del PMI, esto se denomina adelanto.



LABORATORIO
MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS

SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas térmica alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica

PRÁCTICA N°5

OBJETIVOS:

- ✓ Conocer los elementos y funciones del sistema de admisión y escape.
- ✓ Determinar el consumo de aire utilizando el medidor de flujo de aire y el diagrama de intensidades de flujo.

EQUIPO Y COMPONENTES:

- ✓ Material teórico.
- ✓ Dinamómetro, calibrador de galgas y comparador de carátula.
- ✓ Motor Diesel de 4 tiempos.
- ✓ Medidor de flujo de aire
- ✓ Manual de taller Cummins NTC-855
- ✓ CD de teoría Diesel
- ✓ Láminas didácticas del motor Cummins

DESCRIPCIÓN:

Para que el motor Diesel funcione correctamente debe poder tomar tanto aire como sea posible. El propósito del sistema de admisión es facilitar la entrada de aire filtrado y amortiguar el ruido del motor. Para cumplir estas tareas el sistema de admisión Diesel tiene un tamaño un poco mayor que el del motor a gasolina, y suele ser equipado con un silenciador (resonador). La toma de aire de admisión, el filtro de aire y el colector de admisión se fabrican lo más grandes posibles para satisfacer los requerimientos de funcionamiento.

El silenciador de admisión es un dispositivo amortiguador montado normalmente en la admisión del filtro de aire. Actúa de forma muy parecida al silenciador del sistema de escape.

El colector de admisión puede estar fabricado de hierro fundido o aluminio. Este colector es más grande para adaptarse al volumen extra de aire necesario para el Diesel. Algunos motores utilizan un colector de admisión variable que hace uso de las ondas de presión del colector, variando la longitud y volumen del impulsor de admisión para las rpm del motor, para ayudar a empujar más aire en el cilindro.

El sistema de escape de un tractor, automóvil o camión Diesel tiene un diseño convencional con algunas modificaciones. El amortiguador está ajustado con la salida del motor Diesel facilitando la salida de los gases de escape. El colector de escape se fabrica de hierro fundido y suele ser de mayor tamaño para resistir los choques térmicos y las vibraciones.

La velocidad de un motor Diesel se controla variando la cantidad de combustible que se inyecta en la cámara de combustión. El motor Diesel aspira aire directamente a través del filtro de aire y la válvula de admisión haciéndolo entrar en la cámara de combustión. El combustible no se mezcla con el aire a medida que entra en dicha cámara. El aire se comprime luego y su temperatura se eleva hasta el nivel necesario para la ignición. Sólo entonces se inyecta el combustible a la cámara de combustión, donde al mezclarse con el aire sobrecalentado, se enciende y se quema.

Ningún control material se ejerce sobre la admisión de aire, de manera que el volumen de aire admitido al cilindro en cada carrera, permanece esencialmente constante para diversas velocidades y cargas. La única limitación sobre la admisión de aire es el intervalo de tiempo durante el cual la válvula de admisión permanece abierta a velocidades elevadas.

1. Sistema de medición del flujo de aire

1.1 El medidor de flujo de aire permite determinar la cantidad de aire que entra al motor en diversas condiciones de operación. El flujo de aire se mide haciendo que el motor lo aspire a través de una boquilla o tobera de precisión, pasando luego a un tambor de amortiguación de pulsos, y después por una manguera hasta la toma de aire del motor, como se indica en la figura D-1. Puesto que todo el aire que entra al cilindro ha pasado por la tobera, la intensidad de flujo puede determinarse midiendo la presión a uno y otro lado de dicha tobera o boquilla.

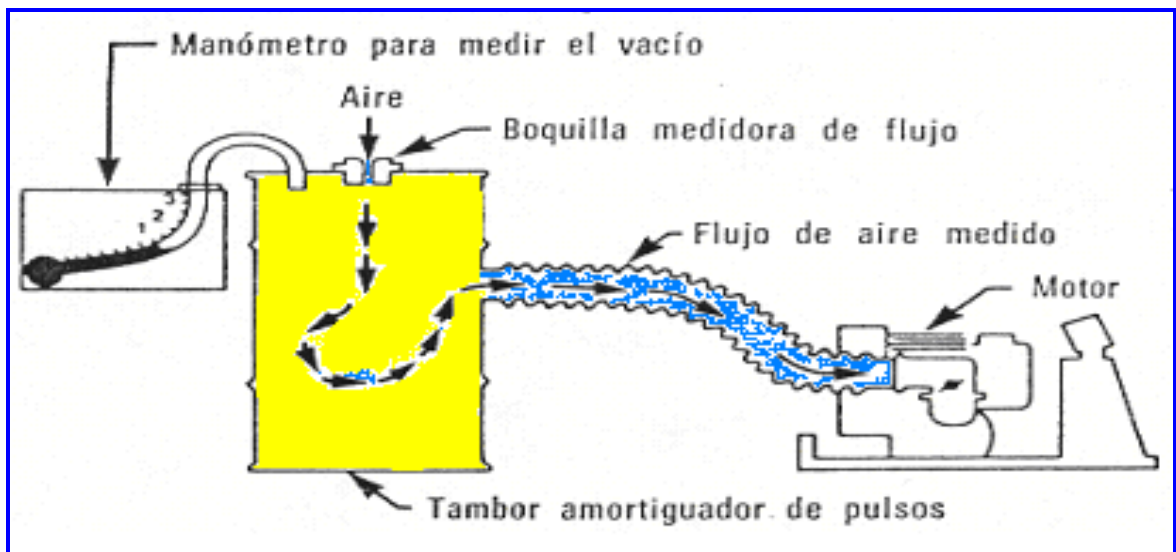


Figura D-1

2. Toberas para la medición del flujo de aire

2.1 a) La diferencia de presión que haya en la tobera se mide en pulgadas de agua por medio de un manómetro de líquido que es un instrumento que se utiliza para medir la presión de gases y vapores.

b) La presión del aire suele expresarse como la altura de columna de agua, en centímetros o pulgadas, que puede soportar. Un centímetro de agua equivale a una presión de 0.001 kg/cm² y una pulgada de agua a 0.036 lb/Pulg. Se tienen las siguientes equivalencias: 1 Pulg agua = 2.54 cm agua = 0.00254 kg/cm².

c) Se recomiendan tres tamaños diferentes de toberas para utilizarse con el medidor de flujo de aire.

Tabla D-1

INTERVALOS DE POTENCIA (HP)	INTERVALOS DE CONSUMO DE AIRE (LB/H)	DIAM. DE BOQUILLA (PULG)
2-6	1-10	0,5
5-14	30-94	0,75
12-35	80-230	1,183

La superficie curva (menisco) del aceite del manómetro se debe a su tensión superficial. Se obtienen valores de precisión más exactos, utilizando para la lectura el centro del menisco en vez de sus bordes.

El manómetro solo es exacto entre lecturas de 0.2 y 0.3 pulgadas de agua.

PROCEDIMIENTO

1. Identifique en el motor KIA, DEUTZ y en el Diesel CUMMINS los elementos constitutivos del sistema de admisión y escape, para luego hacer una tabla comparativa con el motor a gasolina.
2. Utilizando el turbocargador en corte y las láminas didácticas identificar las partes constitutivas y conocer el funcionamiento del turbocargador.
3. Por medio de un comparador de carátula y un calibrador de galgas medir el juego axial y radial y la tolerancia entre las aspas de la turbina y el compresor del turbocargador del motor Cummins, para luego comparar con las medidas del manual del motor Diesel Cummins del laboratorio.

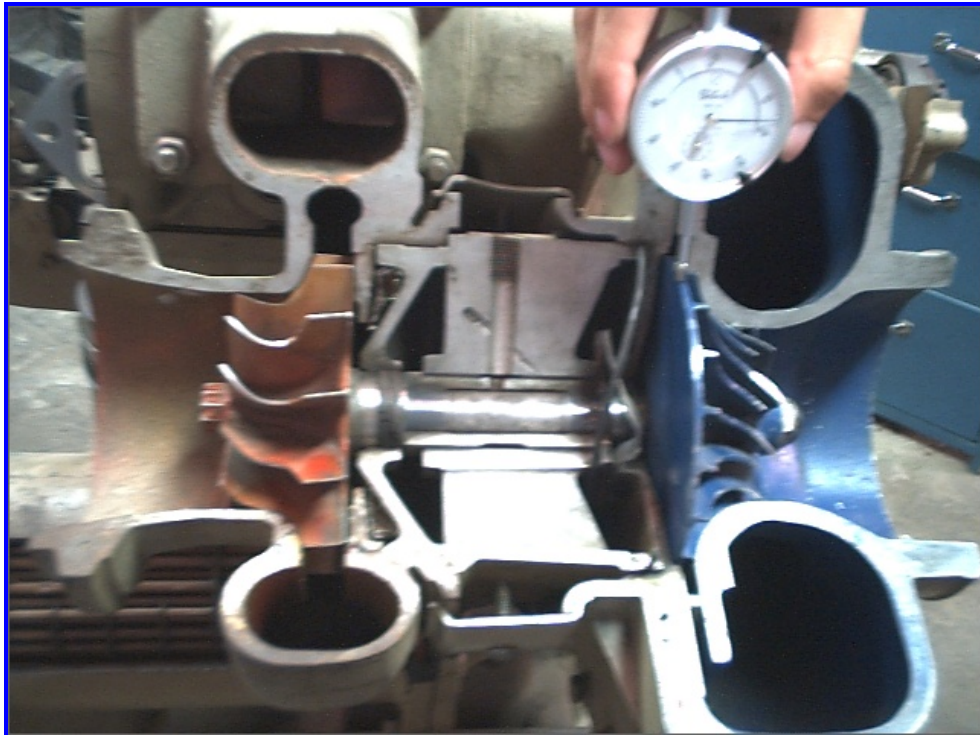


Figura D-2 Medición del juego radial de las aspas compresor.

4. Calcular aproximadamente el coeficiente de barrido en el motor Diesel Cummins, de tal forma que se pueda determinar la calidad con que se barren los gases quemados del cilindro; para el cálculo seguir las siguientes ecuaciones extraídas del libro de Jovaj (capítulo 2) y registrar los resultados obtenidos en la tabla D-2.

Coeficiente de barrido teórico

$$\eta_t = M_1 / (M_1 + M_r) = 1 / (1 + \gamma_r) \quad (1)$$

Cantidad de gases residuales:

$$M_r = P_r V_c / R_v T_r \quad \text{Kg.} \quad (2)$$

Volumen de la cámara de combustión que ocupan los gases residuales al final de la carrera de escape:

$$V_c = V_s / (\epsilon - 1) \quad \text{m}^3 \quad (3)$$

ϵ = Relación de compresión

Volumen de trabajo del cilindro:

$$V_s = \Pi D^2 S / 4 \quad \text{m}^3 \quad (4)$$

S = carrera del pistón: cm

Presión dentro del cilindro al final de escape:

$P_r = P_o$ en caso de escape a la atmósfera: (Kpa)

$P_r = P_p$ cuando en el escape se instala un silenciador o un colector, habiendo sobrealimentación: (Kpa)

Temperatura dentro del cilindro al final de escape:

$T_r = [700 - 900]$ K

Constante universal de los gases:

$$R_v = 8.314 \text{ KPa}\cdot\text{m}^3$$

Coefficiente de gases residuales:

$$\gamma_r = [0.003-0.06]$$

$$\gamma_r = M_r / M_1$$

Cantidad de carga fresca:

$$M_1 \text{ (Kg)}$$

Si se dispone del sistema de medición de flujo de aire calcular el coeficiente de barrido real η_r y compararlo el valor teórico.

Tabla D-2.

ÍTEM	VALOR	UNIDADES
η_r		
η_t		
M_1		
M_r		
γ_r		
P_r		
V_c		
R_v		
T_r		
V_s		

5. Realizar la prueba de contrapresión con ayuda del motor KIA en el conducto de admisión y escape correspondiente, de acuerdo al esquema de la figura D-3 mostrada.

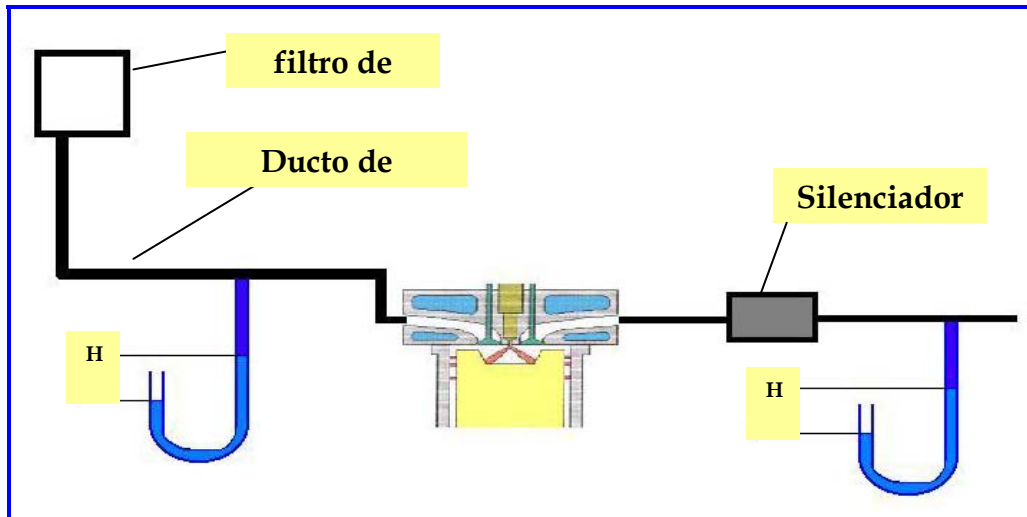


Figura D-3. Esquema de medición de la contrapresión en el ducto de admisión y escape

$$\Delta P = P_{\text{atm}} - P = \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot g \cdot H$$

PRESIÓN	VALOR	UNIDADES
ΔP admisión		
ΔP escape		

6. Para medir el flujo de aire, utilice como guía el siguiente procedimiento y disponga el medidor de flujo de aire para su empleo con el motor Diesel KIA como sigue:

- I. Instale la tobera de tamaño apropiado (19 mm o 0.750 Pulg) en el tambor de amortiguación de pulsos.
- II. Quite el filtro de aire del motor.
- III. Conecte el tambor de amortiguación de pulsos con la toma de aire del motor por medio de la manguera de hule como se indica a continuación:
 - a. Fije el adaptador de la manguera de hule a la toma de aire en el lugar del filtro de aire estándar y asegúrela en su sitio con la tuerca de mariposa proporcionada con el adaptador (figura D-4).
 - b. Ponga la abrazadera de sujeción sobre el extremo de la manguera flexible de 50.8 mm (2 Pulg) que viene del tambor de amortiguación de pulsos.

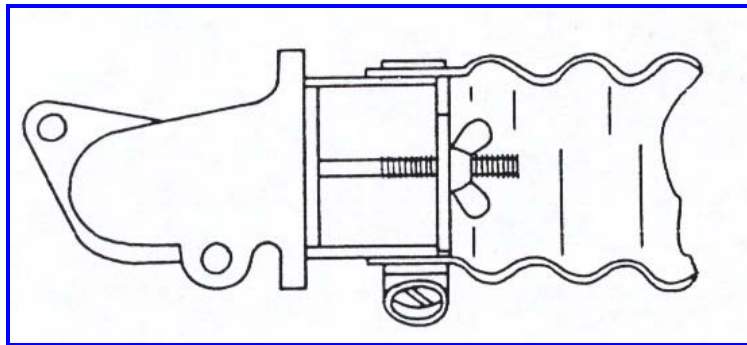


Figura D-4. Abrazadera de sujeción

- c. Haga entrar la manguera sobre el adaptador y sujétela con la abrazadera.
- d. Revise ambos extremos de la manguera y asegúrese de que las conexiones sean herméticas.

IV. Nivele y ponga en cero el manómetro, como sigue (vea la figura D-5):

- a. Afloje el tornillo de montaje de la izquierda.
- b. Nivele el manómetro centrando la burbuja del nivel ínter construido.
- c. Apriete de nuevo el tornillo de montaje de la izquierda.
- d. Ajuste a cero deslizando la escala hacia uno y otro lado hasta que el menisco de aceite rojo esté alineado con el cero de la escala.

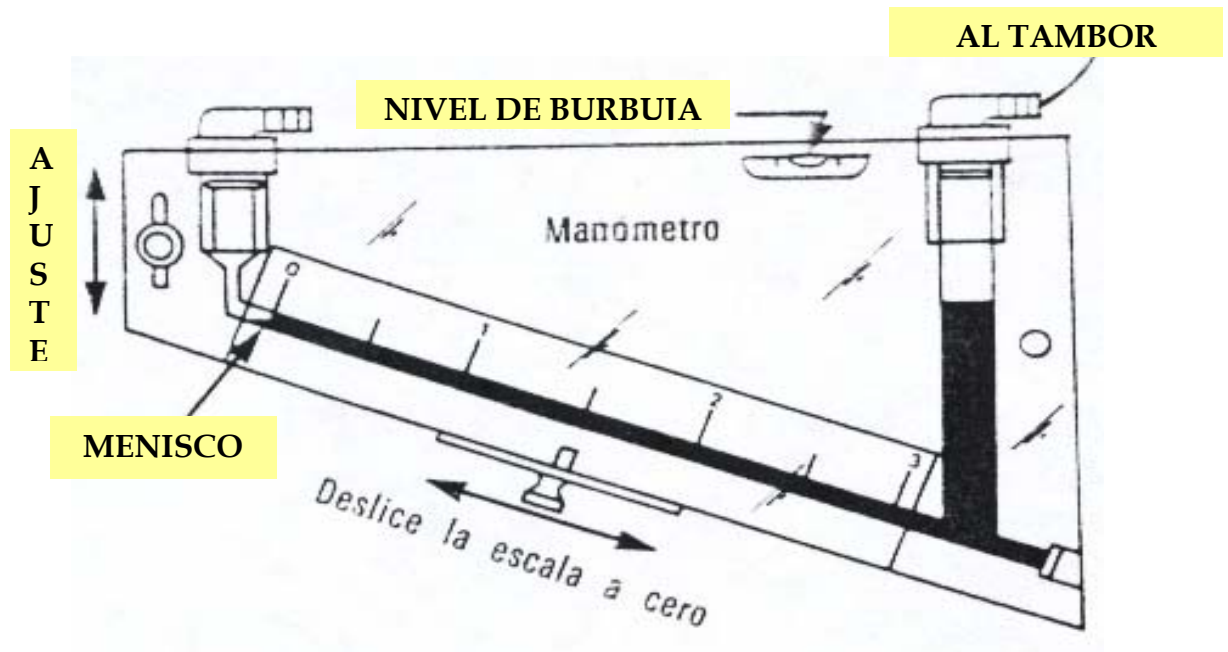


Figura D-5. Manómetro

- V. Ponga el control de carga en posición mínima (girando la perilla hasta el tope en el sentido del reloj) y luego arranque el motor y ajuste el acelerador para 2 500 RPM. Espere unos segundos para que se caliente.
- VI. Con el motor girando a 2 500 RPM y carga mínima, registre la lectura del manómetro. El diagrama de la figura D-6 proporciona los medios para convertir las lecturas de presión (o de vacío) del manómetro en pulgadas de agua, en valores más significativos de flujo de aire expresados en pies cúbicos por minuto (Ft^3/min) y libras por hora (Lb/h) o bien en $\text{lit}/\text{mín}$ y Kg/h multiplicando por los factores correspondientes. Las lecturas del manómetro se hallan en la parte inferior del diagrama, el flujo de aire en Ft^3/min se indica en el lado izquierdo y el flujo en Lb/h está marcado en el lado derecho.
- VII. Utilizando la lectura de manómetro obtenida en a), determine la intensidad del flujo de aire por medio del diagrama (figura D-6).
7. Aumente con lentitud la apertura del acelerador dando carga simultáneamente al motor, hasta que el acelerador esté totalmente abierto y la velocidad del motor sea 3600 RPM.
- a) Registre la lectura del manómetro y con ayuda del diagrama de la figura D-6 registre el valor de flujo de aire.
- b) ¿Fue diferente el consumo de aire a 3600 RPM, del correspondiente a 2500 RPM? ¿A que se debería cualquiera de los cambios en el consumo?

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

Conteste falso (F) o Verdadero (V) según corresponda:

1. Es necesario filtrar el aire antes de que entre al motor, porque el polvo actúa como abrasivo.
2. Hay filtros de tipo de baño de aceite, de aire con elemento seco, de tipo seco recipiente para polvo.
3. En motores grandes, los filtros de aire pueden estar alejados del múltiple de admisión.
4. Una función del sistema de escape es disminuir el ruido de los gases de escape a un valor aceptable.
5. Los sistemas de escape se diseñan, para que los gases tengan una contrapresión máxima.
6. El mofle es un elemento del sistema de admisión de aire que permite disminuir el ruido de la succión de aire.
7. Los turbocargadores se utilizan para obligar a entrar a los cilindros del motor una masa de gases de escape mayor de la que es posible con la sola presión atmosférica.
8. El turbocargador incrementa el flujo de aire a las cámaras de combustión y aumenta la presión.
9. Los tipos de turbocargadores son los de espiral o de voluta, de anillo de tobera y de los de impulsos.
10. Las ventajas del turbocargador son disminución de combustible y aire, mayor potencia, reducción del humo y disminución en el peso del motor.

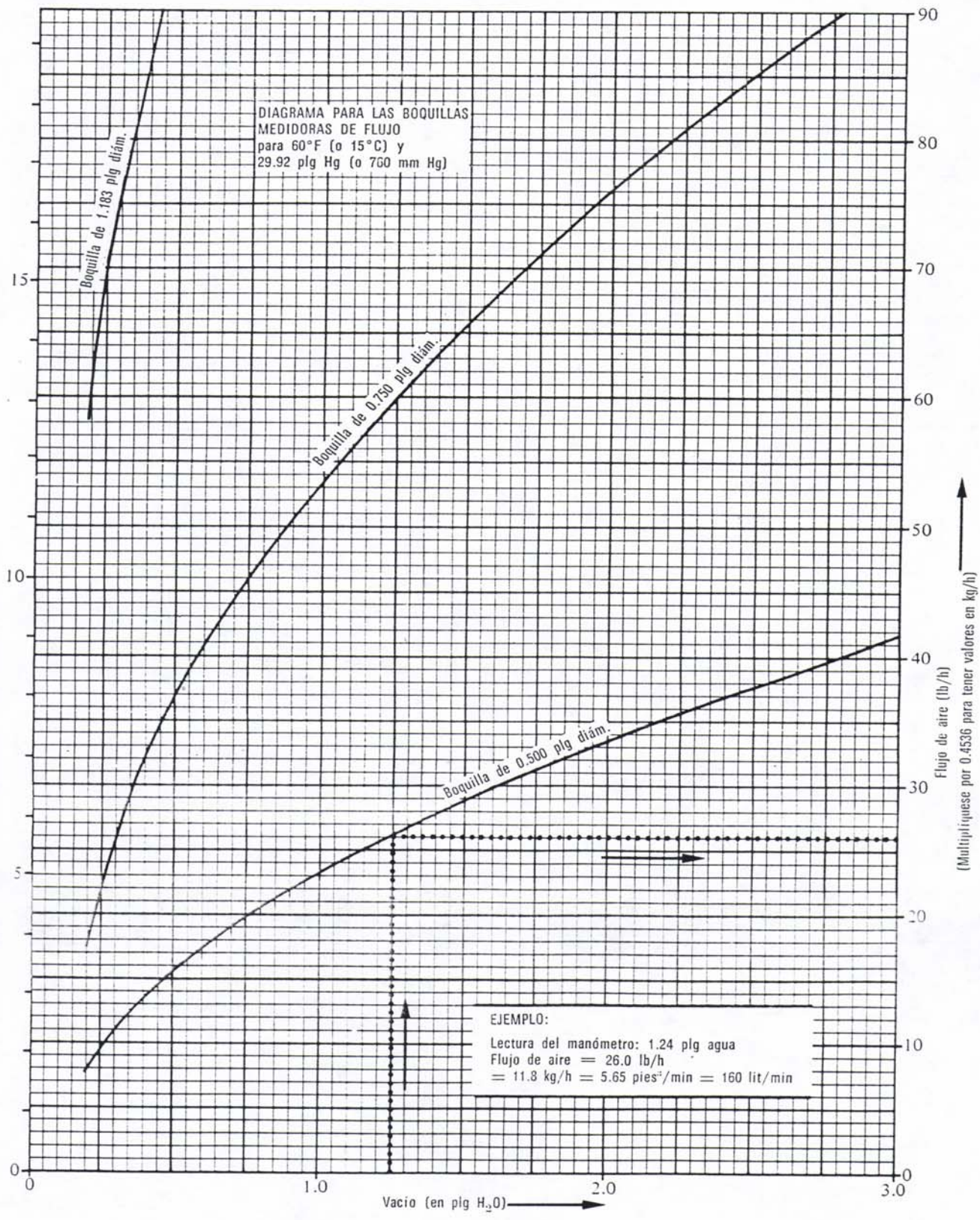
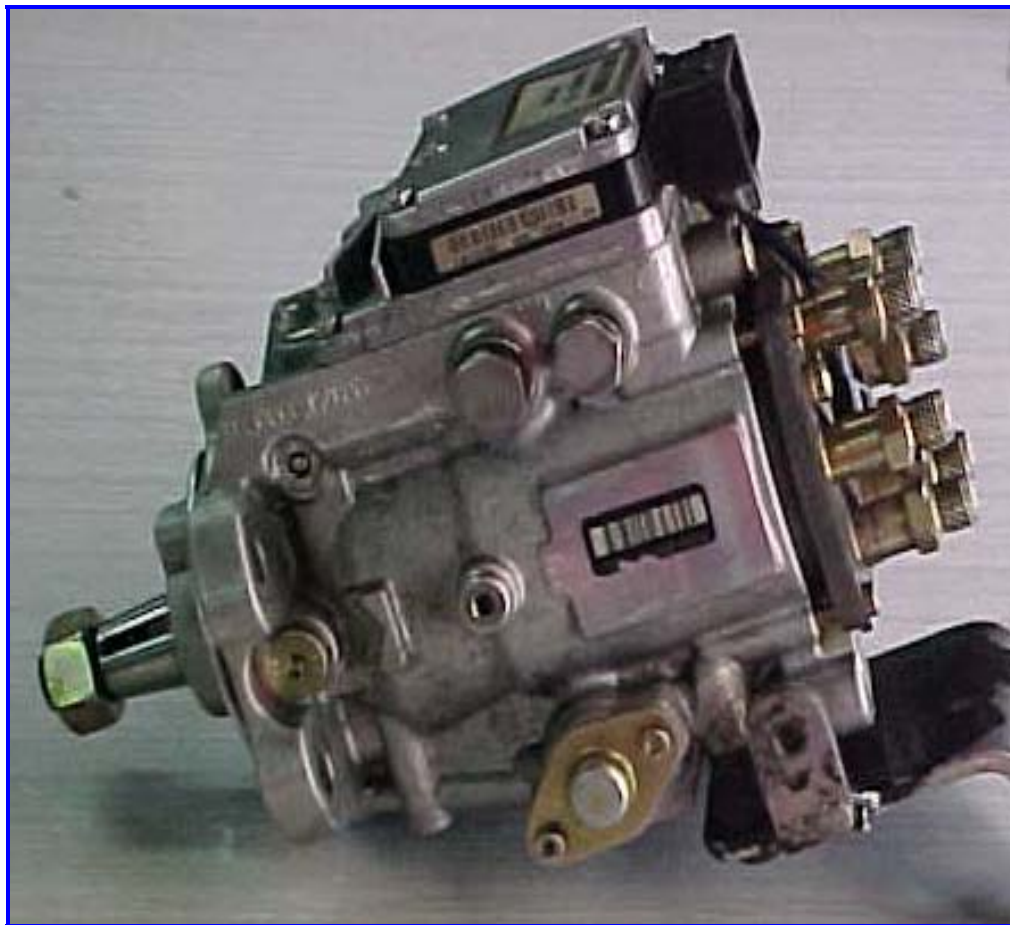


Figura D9-4

Figura D-6. Diagrama para las boquillas medidoras de flujo



SISTEMA DE COMBUSTIBLE DIESEL



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas térmica alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica

PRACTICA N° 6

OBJETIVOS:

- ✓ Conocer el sistema de alimentación de combustible Diesel.
- ✓ Calcular el consumo aplicando el medidor de flujo de combustible y el diagrama respectivo.

EQUIPO Y COMPONENTES:

- ✓ Dinamómetro.
- ✓ Motor Diesel de 4 tiempos.
- ✓ Medidor de flujo de combustible.

DESCRIPCIÓN:

1. SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de combustible Diesel consta de los siguientes componentes y que se pueden ver en la figura D-1:

1. Un tanque para el combustible Diesel.
2. Una bomba elevadora o de suministro de combustible, para abastecer el sistema desde el tanque.
3. Filtros de combustible, que retienen partículas diminutas en el combustible.
4. Bomba de inyección, que entrega una cantidad exacta de combustible a alta presión en cada inyector en el momento preciso.

5. Inyectores, uno para cada cilindro, que atomizan combustible en las cámaras de combustión.
6. Mecanismo automático que permite controlar la cantidad de combustible entregado u los inyectores y de esta manera controlar el motor. El mecanismo, conectado con el gobernador, no aparece en la ilustración.
7. Gobernador (regulador) para controlar la velocidad del motor de acuerdo con las condiciones de carga.
8. Tubos de retorno para el exceso de combustible desde la bomba de inyección y los inyectores al tanque y para ayudar a cebar y purgar el sistema.

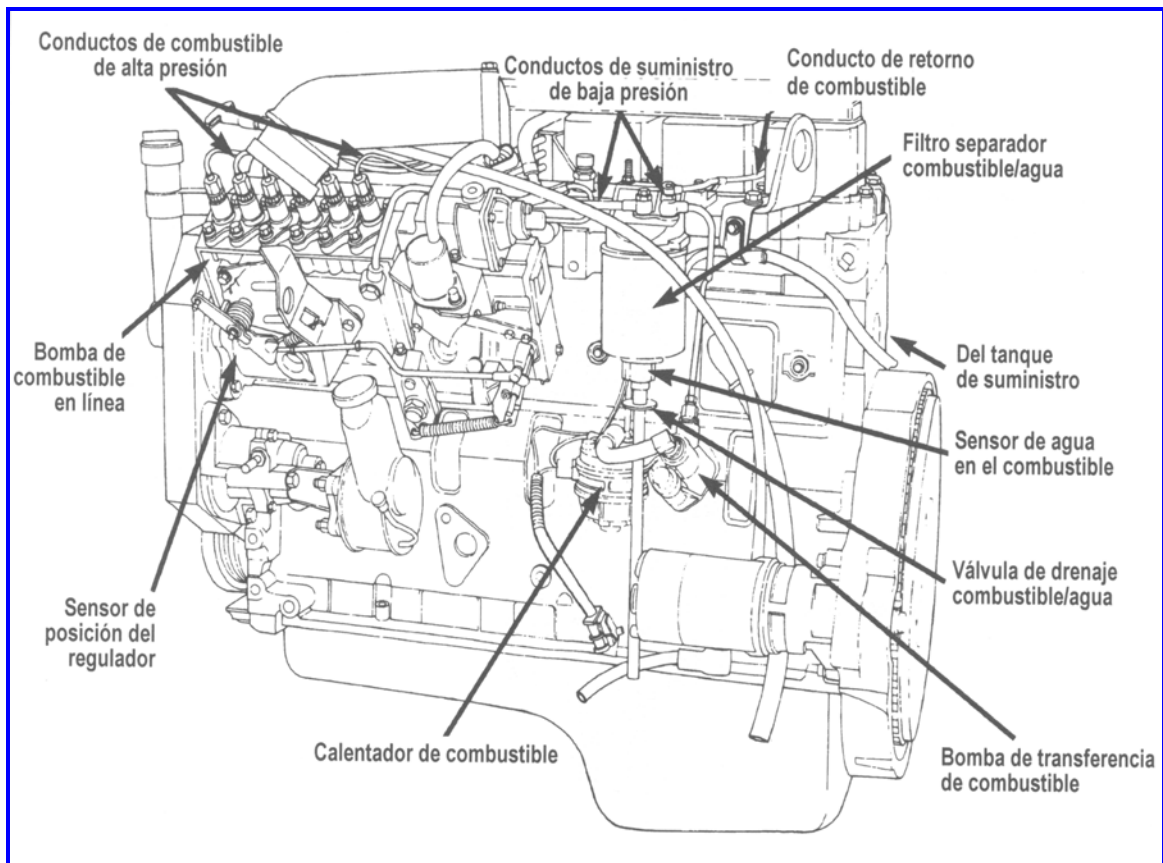


Figura D-1. Sistema de alimentación de combustible

Se utilizan muchos sistemas diferentes para combustible, pero en una forma u otra, todos tienen los componentes citados. Los componentes son de tipo diferente: por ejemplo, se puede utilizar una bomba del tipo de distribuidor en vez de una en línea. También se pueden combinar las funciones de dos componentes, por ejemplo la de bomba e inyector, en la que el bombeo y la inyección se efectúan en un inyector unitario. Cualquiera que sea su diseño, la función del sistema de combustible es rociar finamente con combustible limpio las cámaras de combustión con la cantidad correcta de combustible y de acuerdo a los diferentes regímenes de velocidad y carga.

En este Experimento de laboratorio se familiarizará al estudiante con el medidor de flujo de combustible del sistema de referencia.

2. Sistema de medición de combustible

1. El consumo de combustible, suministrado del depósito o tanque al motor, se mide cuando pasa a través de un medidor de flujo (rotámetro) antes de que llegue a los inyectores o a la bomba de inyección. El rotámetro es un tubo ahusado y graduado con precisión que contiene una pequeña bola.
2. El combustible fluye en el tubo desde abajo hasta su parte superior. Al circular por el tubo el combustible empuja hacia arriba la bola, y la distancia a la que la levanta depende principalmente de la intensidad de flujo del combustible a través del tubo y, en menor grado, de variaciones en la viscosidad y la densidad del líquido.

3. El sistema de medición del flujo de combustible cuenta con tres bolas de rotámetro de diferente peso cada una. La potencia máxima nominal del motor de prueba determina qué bola ha de utilizarse. La tabla D-1 enlista los intervalos de potencias y flujos para cada bola. Observe que la bola roja, modelo BA-4, es para un flujo o gasto de 0 a 3 libras por hora (o a 0.75 lb/h para combustible Diesel) y se emplea en motores con potencia de 0 a 5 HP. La mayor viscosidad del combustible Diesel reduce la intensidad de flujo por un factor de cuatro.

Tabla D-1

INTERVALOS DE POTENCIA (HP)	INTERVALOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE (LB/H)	TIPO DE BOLA	MODELO DE BOLA
0-5	0-3	ROJA	BA-4
1-8	1-5	DE ACERO	BJ-4
3-15	2-9	DE TANTALIO	BD-4

4. El nivel a que está el centro de la bola se utiliza como índice de la intensidad de flujo, según se muestra en la figura D-1. La bola puede fluctuar un poco cuando sigue la acción de la bomba de inyección.

Si la fluctuación es significativa, utilice el promedio de los desplazamientos o variaciones máxima y mínima.

PROCEDIMIENTO:

1. Con ayuda del auxiliar de laboratorio identificar las partes de que se compone el sistema de combustible Diesel en el motor Diesel CUMMINS, en el motor KIA y en el motor DEUTZ.
2. Utilizando las láminas didácticas del laboratorio relacionadas con el sistema de combustible, hacer una breve explicación de los elementos que intervienen en el recorrido de la alimentación de combustible del motor Cummins NTC-855.
3. Esquematice el sistema de combustible del motor KIA.

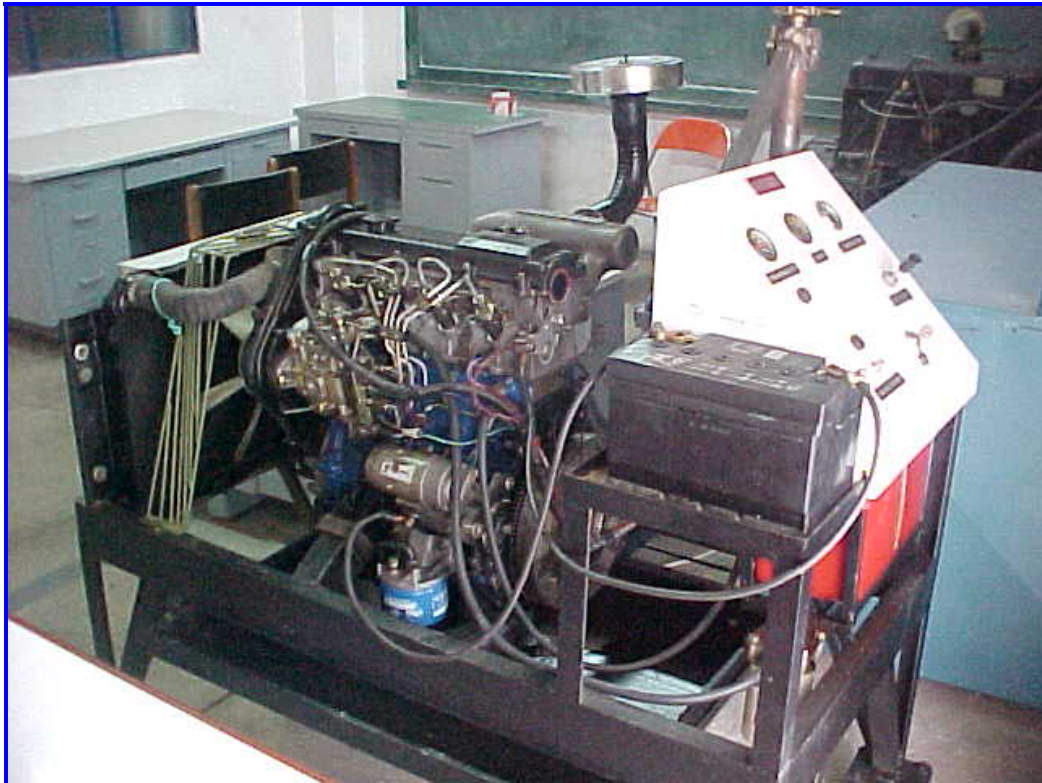


Figura D-2 Motor KIA BESTA 2200.

4. Utilizando el siguiente procedimiento como guía, monte el medidor de flujo de combustible para el motor Diesel y describa la operación del rotámetro.

- a) Cerciórese de que esté limpio el depósito.
- b) Ponga suficiente combustible en él para poder efectuar todas las pruebas sin tener que volver a llenarlo. Compruebe que el combustible es de grado Diesel con un índice de cetano de 45 a 50.
- c) Coloque el depósito de combustible sobre una base firme, al mismo nivel que el tanque de combustible del motor o más alto.

El fijar tal depósito sobre el tambor de amortiguación de pulsos del sistema de aire y combustible, proporciona una altura satisfactoria.

- d) Conecte la línea de combustible que viene del depósito de aceite Diesel a la entrada auxiliar situada debajo del tanque de combustible.

Dé vuelta a la llave del tanque de manera que apunte hacia abajo.

Esto comunica la entrada auxiliar con la bomba de combustible. Asegúrese de que las conexiones de la línea mencionada son herméticas.

- e) Examine el tubo del rotámetro para cerciorarse de que contiene una bola de peso correcto.

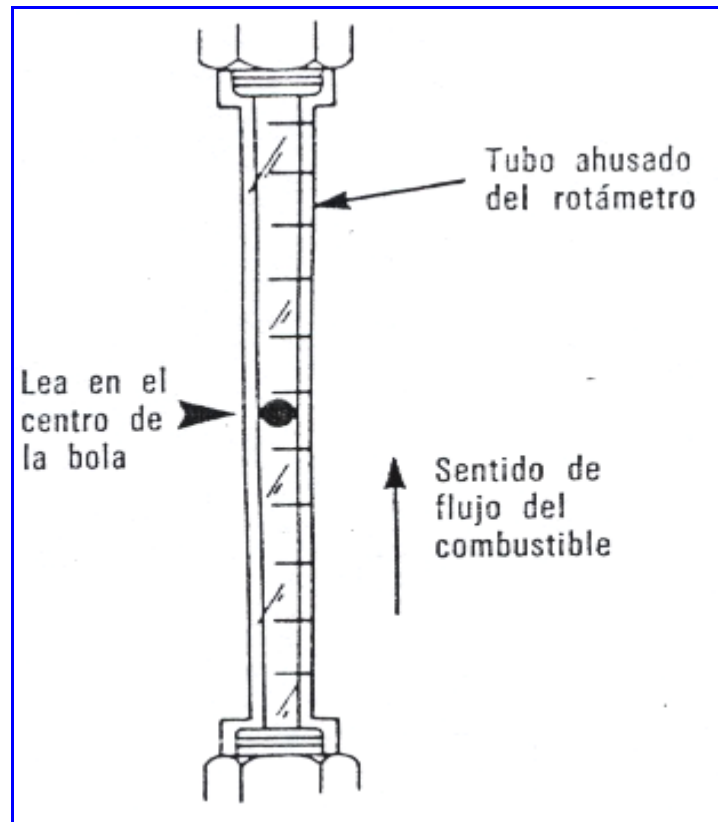


Figura D-3. Rotámetro

5. Ponga en marcha motor siguiendo el siguiente procedimiento:
 - a) Ubique el control de carga en posición mínima haciendo girar la perilla hasta el tope en el sentido del reloj.
 - b) Arranque el motor y ajuste el acelerador para 2000 RPM. Déjelo calentar durante algunos segundos.

6. Determinación del flujo de combustible en el motor con carga mínima.

a) Con el motor funcionando A 2000 RPM sin carga ¿cual es la lectura del rotámetro?

b) Utilizando la lectura de rotámetro del Procedimiento 3 (a), determine por medio de la gráfica D-4 el valor del consumo en gph y en Lb/h para la velocidad de carga mínima del motor.

7. Determinación del flujo de combustible en el motor con carga.

a) Aumente lentamente la apertura del acelerador hasta 100%, mientras da carga al motor para mantener la velocidad en 2 000 RPM.

b) Utilizando el diagrama de la figura. D-4 convierta la lectura a un valor de flujo o consumo.

c) ¿Fue mayor el consumo de combustible cuando el motor estaba con carga? Justifique su respuesta.

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

Conteste falso (F) o Verdadero (V) según corresponda:

1. En el sistema de combustible con bomba en línea se emplea un elemento de bombeo para cada inyector
2. El sistema de combustible con bomba tipo distribuidor, posee inyectores que operan por la presión del mismo inyector accionado por una leva.
3. El sistema PT es conocido como inyección mecánica.
4. En el sistema de inyectores unitarios se combinan las funciones del elemento de la bomba de inyección y del inyector dentro de este.
5. La bomba elevadora de combustible puede ser de diafragma, aspas, engranes y embolo.
6. Los filtros de combustible se consideran como una protección para los componentes de la inyección de combustible.
7. Los filtros de borde son aquellos que producen filtrado profundo.
8. El sedimentador es un filtro para eliminar el agua.
9. El sistema de combustible puede utilizar una bomba del tipo distribuidor o una bomba en línea.

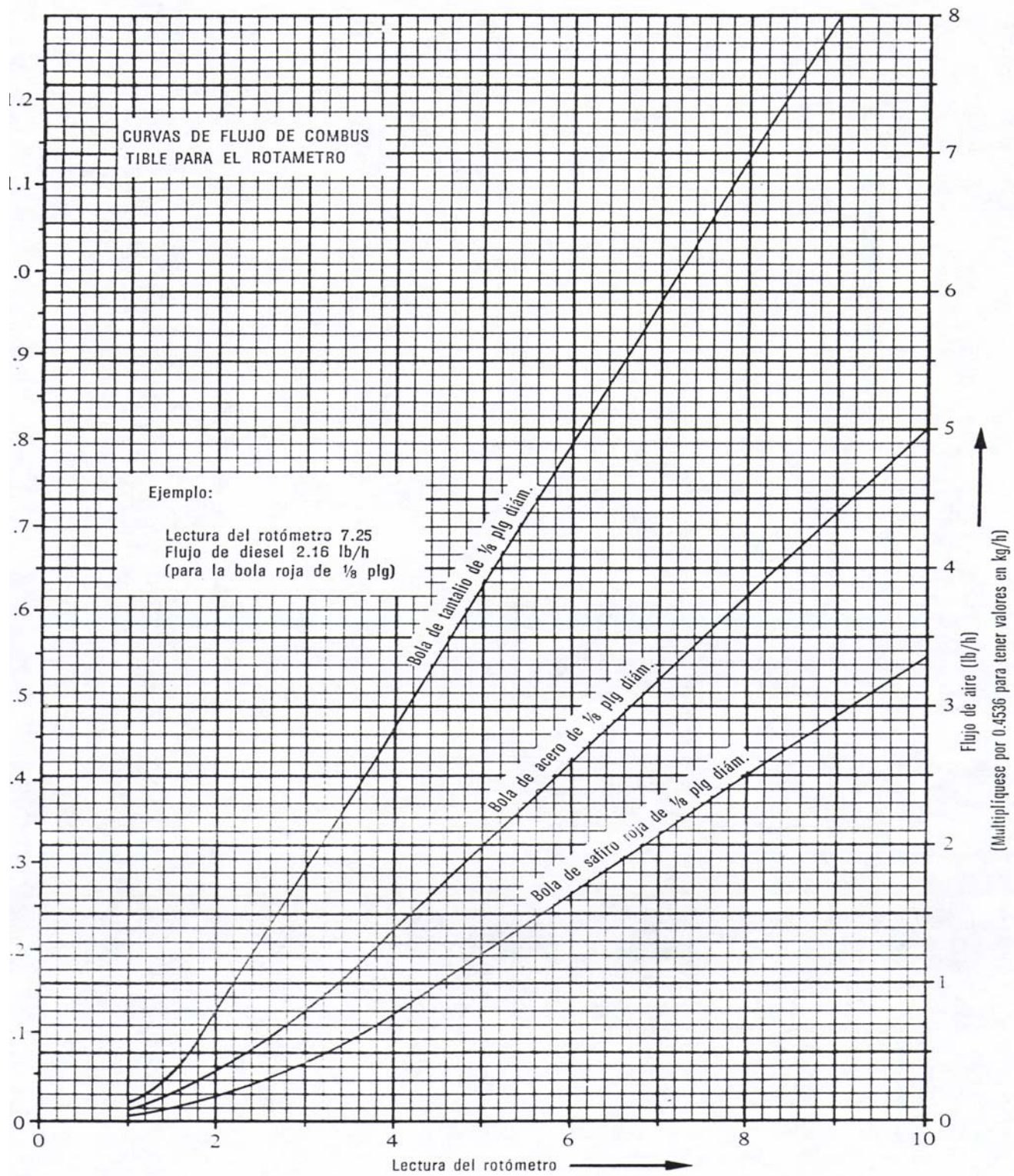
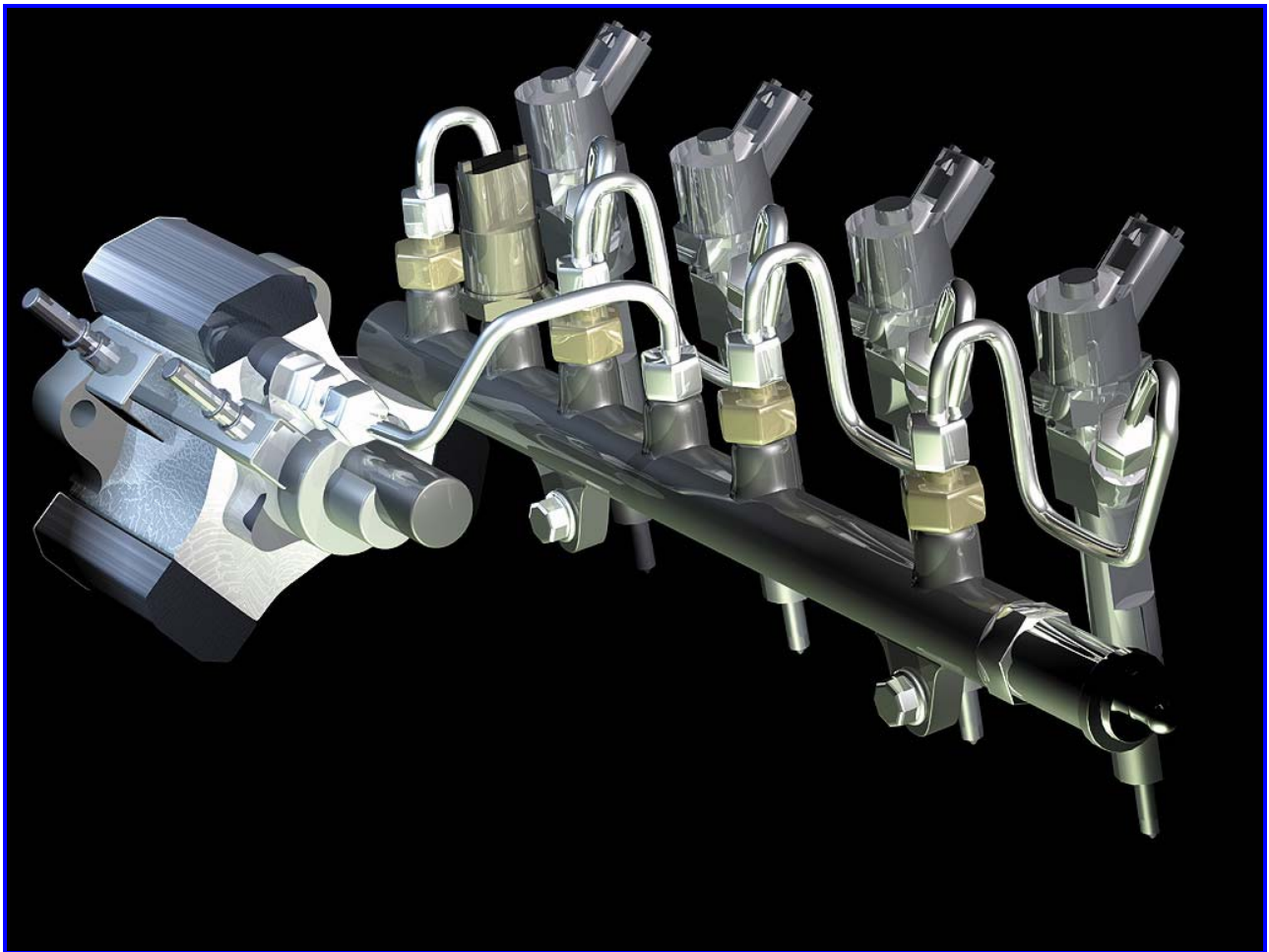


Figura D-4



LABORATORIO
MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS

SISTEMA DE INYECCIÓN DIESEL



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica

PRACTICA N° 7

OBJETIVOS:

- ✓ Identificar los diferentes elementos que constituyen el sistema de inyección de un motor Diesel.
- ✓ Examinar los diferentes tipos de sistemas de inyección como son el sistema con bomba en línea, sistema con bomba tipo distribuidor, sistema CUMMINS PT, entre otros.

EQUIPO A UTILIZAR:

- ✓ Teoría Multimedia.
- ✓ Motor Diesel KIA BESTA 2200 de cuatro tiempos.
- ✓ Motor CUMMINS NTC 350 en corte.
- ✓ Laminas didácticas.
- ✓ Componentes y partes del sistema de inyección del estante Diesel.
- ✓ Manual motor CUMMINS NTC 350.

DESCRIPCIÓN:

7.1. SISTEMAS DE INYECCION

En la figura D1 se ilustran cuatro diferentes sistemas de combustible. En cada diagrama se muestran las partes básicas de cada sistema, con un inyector y un cilindro. Las características principales de estos sistemas son:

7.1.1. Sistema con bomba en línea. En este sistema se emplea una bomba de unidades múltiples con un elemento de bombeo para cada inyector. El

combustible a alta presión que viene de la bomba hace que la aguja del inyector se levante de su asiento para inyectar el combustible.

En el diagrama (Fig. D1a). La bomba elevadora (2) succiona el combustible del tanque y lo envía a través del filtro (1) hasta la bomba de inyección (6). En el momento correcto, el elemento de bombeo envía combustible a alta presión al inyector que lo atomiza en la cámara de combustión en el cilindro del motor.

7.1.2. Sistema con bomba tipo distribuidor. Se ilustra en la figura D1b; es básicamente similar al de la bomba en línea, pero se emplea la bomba del tipo de distribuidor. Tiene un solo elemento de bombeo y un mecanismo para distribuir el combustible a alta presión a los inyectores; éstos, a su vez, atomizan el combustible en las cámaras de combustión. Un pequeño excedente de combustible pasa por los inyectores y retorna al tanque, igual que en el sistema en línea, los inyectores operan por el combustible a alta presión enviado desde la bomba de inyección.

7.1.3. Sistema PT. El sistema de alimentación CUMMINS PT (presión tiempo), utiliza inyectores que miden e inyectan el combustible. La medición se basa en el principio de presión-tiempo. La presión hasta el inyector proporciona una bomba de combustible de baja presión, y el tiempo para la medición se determina por el intervalo en que el orificio de medición del inyector permanece abierto. Este intervalo está establecido por la velocidad de rotación del motor que determina la velocidad de movimiento del émbolo de inyección controlado por el árbol de levas.

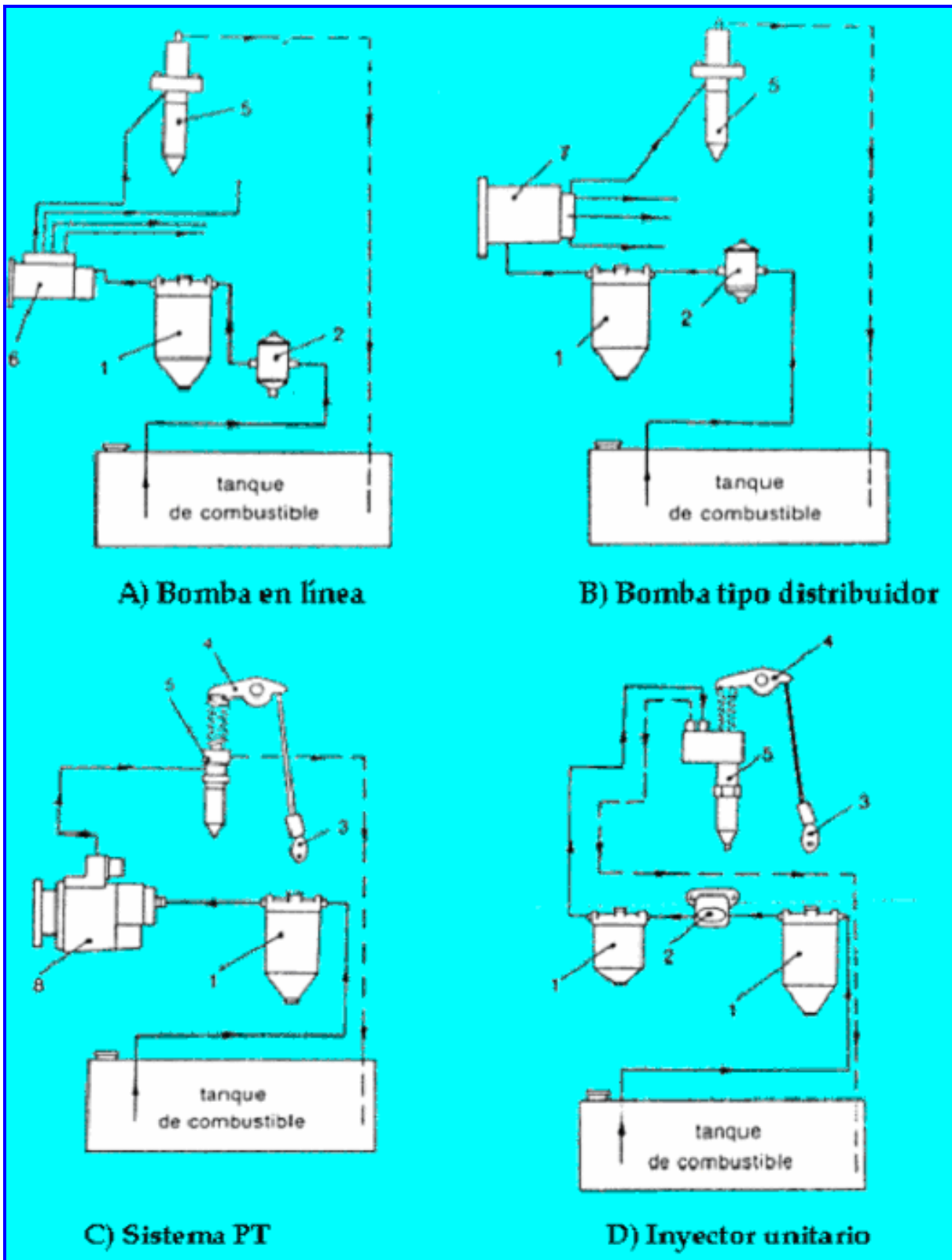


Fig. D1 Sistemas de inyección.

Con referencia a la figura D1c se verá que el árbol de levas acciona el inyector mediante una varilla de empuje y un balancín. Este sistema, a veces, se llama inyección mecánica para diferenciarlo de los sistemas con bomba de inyección en línea y de tipo distribuidor en los que sólo hay inyección a presión. En el sistema PT (que es también una forma de sistema con inyectores unitarios), se acciona un émbolo con un impulsor dentro del inyector para introducir el combustible en la cámara de combustión.

Según el diagrama, una bomba de engranes que es parte de la bomba de combustible PT (8) succiona el combustible del tanque a través del filtro (1); después se entrega al inyector a una presión baja y se inyecta por acción mecánica, del árbol de levas, en la cámara de combustión a una presión mucho más alta. El exceso de combustible en los inyectores retorna al tanque. La bomba de inyección PT se aprecia con más claridad en la figura D2

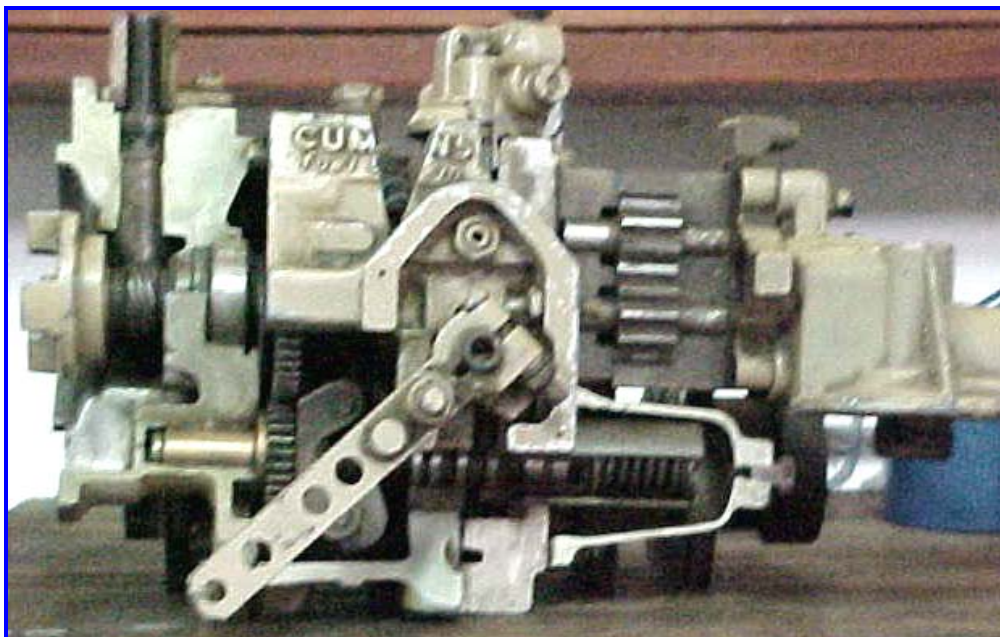


Figura D2. Bomba de inyección CUMMINS PT seccionada.

7.1.4. Sistema con inyectores unitarios. En este sistema, que se emplea en los motores Detroit Diesel se combinan las funciones del elemento de la bomba de inyección y del inyector dentro de éste. El inyector se acciona desde el árbol de levas por medio de una varilla de empuje y un balancín.

Con referencia a la figura D1d la bomba elevadora (2) succiona el combustible del tanque a baja presión. Pasa por el filtro primario, luego por la bomba, el filtro secundario y llega al inyector (5). En el momento preciso se acciona el inyector desde el árbol de levas para aumentar la presión del combustible y entregarlo en la cantidad correcta a las cámaras de combustión.

En ese sistema, el combustible circula en forma continua por los conductos en la culata de cilindros, para llegar a los inyectores y retornar el excedente al tanque.

7.1.5. Sistema de inyección por acumulador y rampa común Common-Rail.

A diferencia de los sistemas convencionales con bombas individuales de accionamiento directo, en este tipo de inyecciones queda separada la generación de la presión y la inyección. La presión de inyección se puede generar independientemente del número de revoluciones del motor y de la cantidad de combustible a inyectar, pudiendo ser elegida libremente dentro de ciertos límites. Durante la inyección, ésta es prácticamente constante delante del inyector, alcanzando un máximo de 1.600 bar. Estas circunstancias permiten y hacen necesarias otras posibilidades en la configuración del proceso de inyección, en la dosificación de la cantidad de inyección y en la pulverización del combustible. El sistema COMMON RAIL, puede ocupar el lugar de las instalaciones de inyección convencionales sin tener que realizar modificaciones importantes en el motor.

En la figura D3 se muestra diagrama de la disposición de los componentes de este sistema de la marca BOSCH, en la que se aprecian las señales de entrada de los sensores y salida de la unidad electrónica hacia las electroválvulas y bomba, presión de inyección la suministra la bomba individual arrastrada por el motor. Esta presión se comunica por medio de una tubería rígida a una rampa o regleta situada en la culata del motor y a la cual van unidos los inyectores. Los inyectores son el núcleo del sistema y están controlados por válvulas electromagnéticas.

El proceso de inyección se inicia por medio de un impulso del modulo de control dirigido a dichas válvulas. La cantidad inyectada depende tanto de tiempo de abertura de la tobera de inyección como también de la presión del sistema que es generada por la bomba.

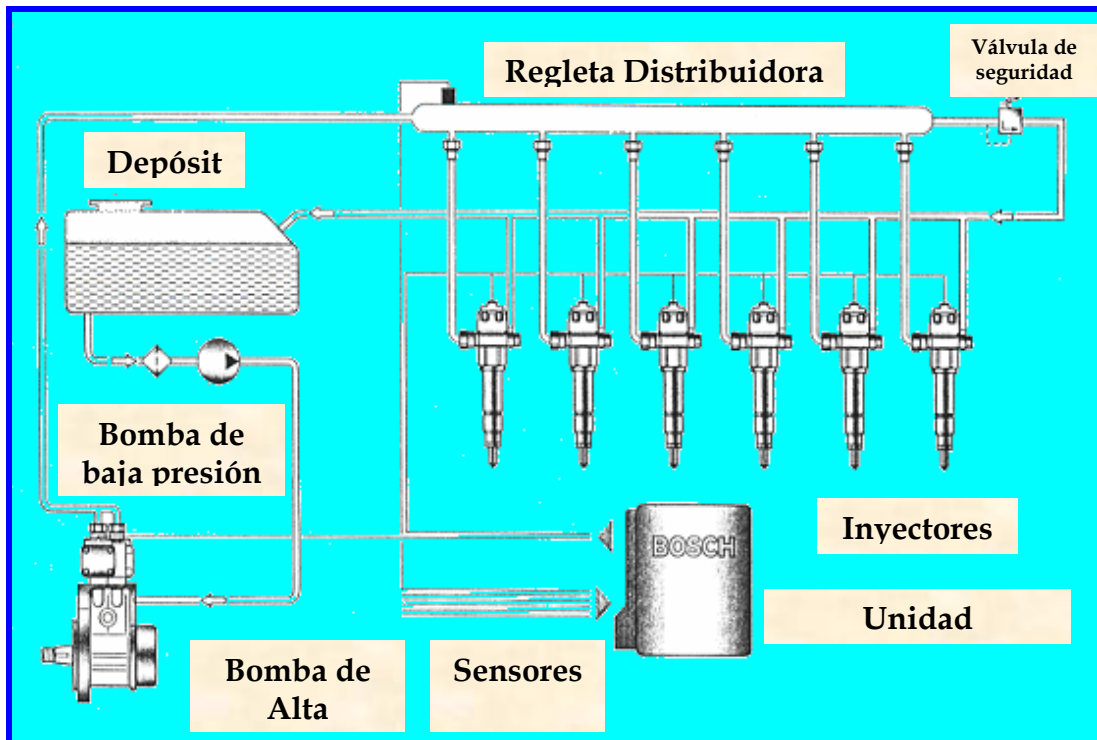


Fig. D3 Sistemas de inyección COMMON RAIL

7.2. BOMBAS DE INYECCIÓN

7.2.1. Bomba de Inyección en Línea. Las bombas de inyección en línea tienen cierto número de elementos de bombeo montados en línea dentro del cuerpo de la bomba. Se utiliza un elemento de bombeo para cada cilindro del motor. A veces, a esta bomba se le llama de descarga.

En la figura D4 se ilustra un esquema del circuito de inyección con bomba en línea, para motores pequeños y medianos, el cual está compuesto por: leva (1), el rodillo (2), el empujador (3), resorte (4), émbolo (5), válvula de descarga (6), resorte (7), tobera (8), aguja del inyector (9), alimentación (10) y cámara de inyección (11).

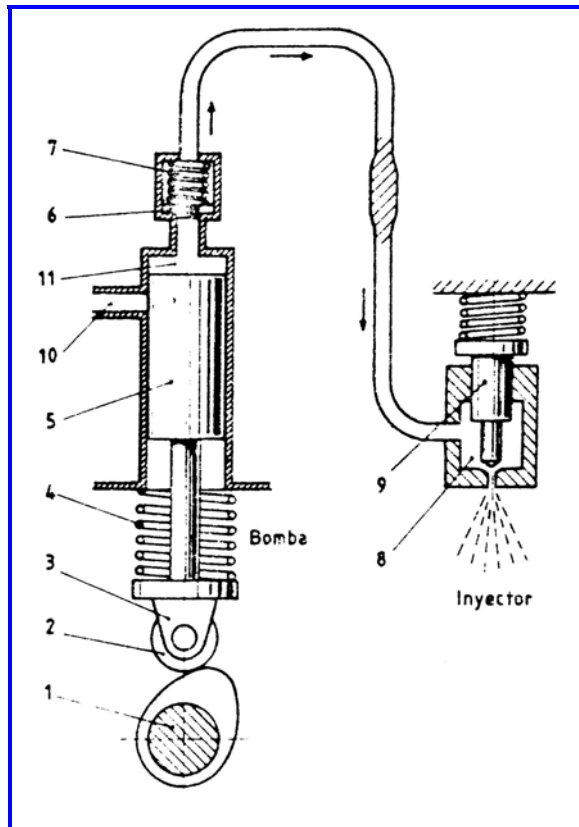


Fig. D4 Esquema del Circuito de Inyección con bomba en Línea.

En la figura D5 se ilustra un ejemplo de una bomba en línea básica. Consta de cuatro elementos de bombeo, uno para cada cilindro, accionados por levas del árbol de levas de la bomba. La bomba envía el combustible a los inyectores con una serie de descargas: por ello a veces se le llama así. Con el motor en marcha, la bomba funciona como sigue:

1. El árbol de levas (4) de la bomba está conectado a un eje que sale de los engranes de sincronización mediante un acoplamiento (A) que permite sincronizar (poner a tiempo) la bomba con el motor. En un motor de cuatro tiempos, la bomba girará a la mitad de la velocidad del motor.
2. Cuando gira el árbol de levas, una de las levas (4) eleva el seguidor de leva (3) que, a su vez, eleva el émbolo (2) en el barril (1) de la bomba.
3. El combustible enviado por la bomba elevadora llega a la galería (5). El émbolo está en la parte inferior de su carrera y ha dejado abierto el orificio (7) de entrada y el combustible de la galería entra a la cámara de bombeo (6) encima del émbolo.
4. La rotación del árbol de levas hace subir el émbolo en su barril. Esto, primero, cierra el orificio de entrada en un lado del barril y luego envía el combustible por la válvula de entrega (8) en la parte superior de la bomba hasta el inyector, que lo atomiza en la cámara de combustión.
5. Según continúa la rotación del árbol de levas, el émbolo termina su carrera ascendente y luego baja por la acción de su resorte que mantiene al seguidor de leva o levantador de rodillo contra la leva.
6. Las piezas de la bomba descritas se relacionan con el cilindro No. 1. Los otros tres elementos funcionan de un modo similar y están "faseados" de modo que un elemento funcione cada 90° de rotación del árbol de levas en una bomba de cuatro elementos.

7. La cantidad de combustible que entrega la bomba se puede variar mediante la varilla de control (3) la cual se puede mover hacia dentro y fuera para tal propósito. Con el control de la cantidad de combustible se regulan la velocidad y potencia del motor. Cuando la varilla esta totalmente hacia dentro, se entrega máximo combustible para producir máxima potencia. Cuando se mueve la varilla del todo hacia fuera, se corta el combustible a los inyectores y se para el motor.

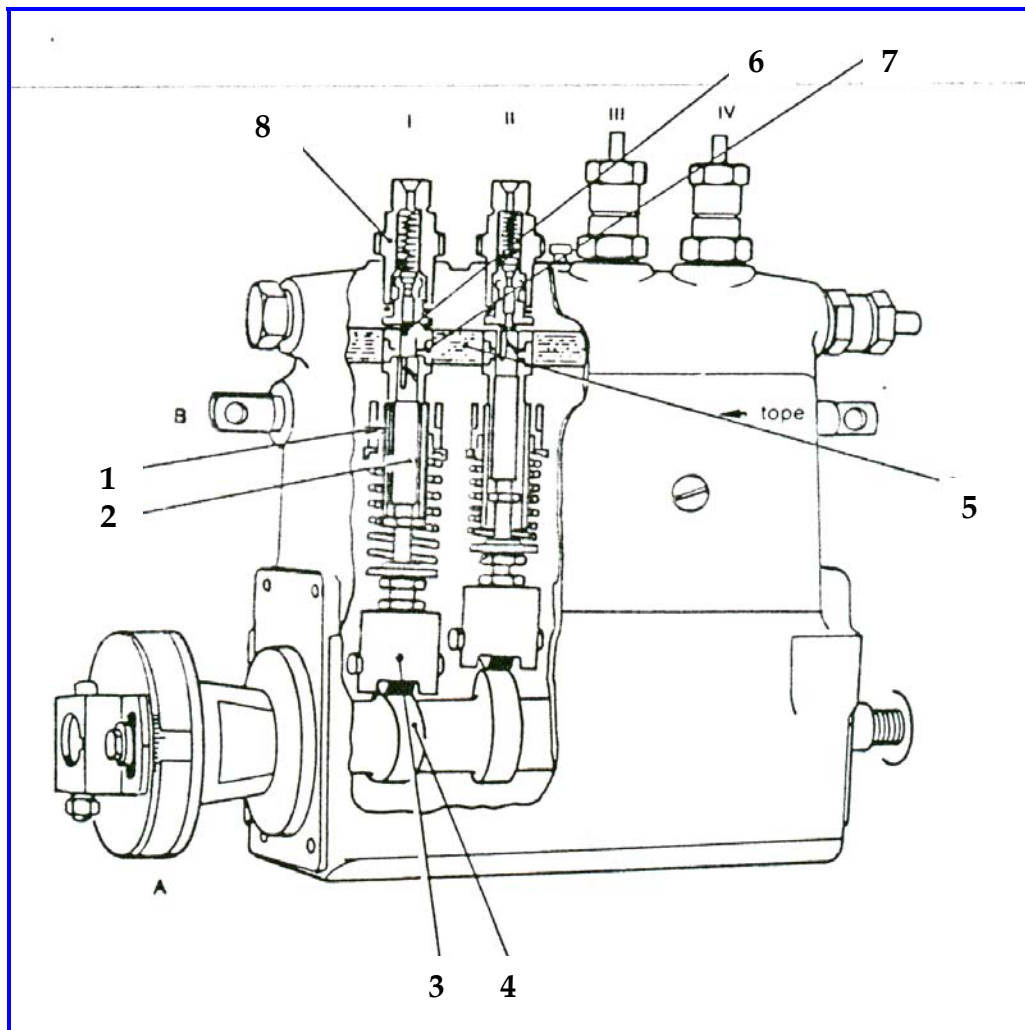


Fig. D5 Bomba básica de inyección en línea.

7.2.2. Bomba de Inyección Tipo Distribuidor. Las bombas de inyección tipo distribuidor reciben su nombre por su método particular para distribuir el combustible a los inyectores. Mientras que en las bombas en línea se utiliza cierto número de elementos de bombeo, en la de distribuidor sólo se emplea un elemento de bombeo para darle alta presión al combustible y luego distribuirlo a los inyectores.

El regulador y el acelerador controlan la magnitud del desplazamiento del émbolo y la cantidad de combustible suministrado en cada embolada. La distribución hacia los cilindros se controla por un disco rotatorio (leva de lóbulos) para sincronizar el suministro de la bomba de medición hacia cada uno de los cilindros.

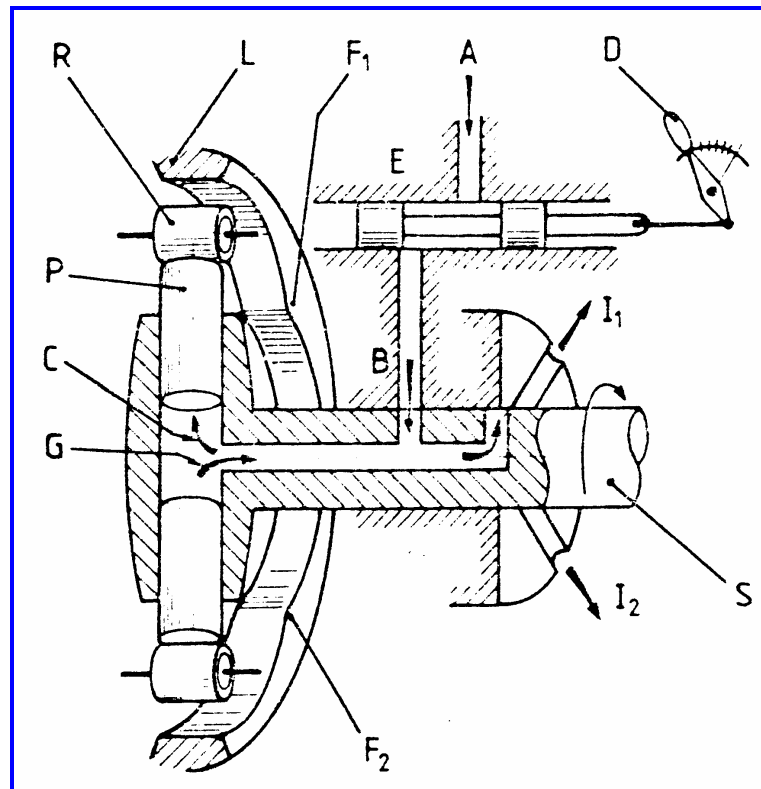


Fig. D6 Esquema Bomba Tipo Distribuidor.

En la figura D6 se muestra el esquema más corriente de bomba tipo distribuidor y consta de: A) alimentación, B) aspiración, C) llenado de la cámara, D) mando de dosificación de combustible, E) estrangulación, F₁ y F₂) lóbulos de la leva, G) impulsión de combustible, P) émbolos inyectores, R) rodillos de accionamiento, S) eje del distribuidor, I₁ y I₂) salidas a los inyectores.

En el caso específico de la bomba tipo distribuidor CAV Lucas, que se encuentra en el LMTA, el eje motor, el rotor de bombeo y distribución y la bomba de tipo de transferencia corrediza forman una unidad integrada. El distribuidor se mueve por el eje motor, que acopla el rotor a un cubo situado al final de la carcasa de la bomba.

El rotor consta de dos partes bombeo y distribución. Esta última es una pieza de acero que gira ajustadamente en un cuerpo cilíndrico estacionario llamado cabezal hidráulico. La parte de bombeo del rotor posee mayor diámetro que la parte de distribución. Posee también un cilindro que contiene dos émbolos opuestos, éstos se mueven por medio de un anillo estacionario, dos rodillos y zapatas que se desplazan por unos abombamientos que hay en la periferia (por fuera) del reborde del rotor. Normalmente el anillo de la leva presenta tantos salientes como cilindros debe inyectar. Cuando el rotor gira, una de sus lumbreras internas se abre hacia la lumbrera de medida en la cabeza, y el combustible a presión de medida entra en el rotor y separa los émbolos. Al continuar girando el rotor, la lumbrera interna se cierra y al seguir girando, la lumbrera de distribución se alinea con una de las salidas de combustible. Ambos rodillos contactan los salientes de las levas opuestas, lo que empuja a los émbolos uno hacia el otro, ésta es la embolada de inyección; el combustible atrapado entre los émbolos se ve forzado por dentro del rotor y

sale hacia el inyector, el desplazamiento del combustible cesa cuando los émbolos alcanzan el límite de la carrera hacia dentro ocasionada por los salientes de las levas. Muy poco después, la lumbrera del distribuidor cierra la conducción hacia el inyector. Como que continúa la rotación del rotor el ciclo se repite. La válvula de regulación de la presión regula la presión de transferencia y mantiene la relación conveniente entre la presión de transferencia y la velocidad de la rotación de la bomba. Además, proporciona el sistema para cortocircuitar la bomba de transferencia, con lo que el combustible que pasa por la cabeza hidráulica puede cebarla cuando la bomba está parada. Cuando la válvula reguladora está en posición estática, no existe presión de combustible en el tambor final y tampoco ningún muelle se halla comprimido. Para el cebado a mano, la presión que ocasiona el cebador a través de la bomba de transferencia fuerza hacia abajo el pistón de la válvula, comprime el muelle y descubre la lumbrera primaria con lo que el combustible pasa más allá de la bomba de transferencia en posición de paro, llenándose la cabeza hidráulica a través de este sistema. Cuando la bomba de inyección funciona, la presión del combustible de la bomba de transferencia fuerza hacia atrás a la válvula del pistón, descubriendo la lumbrera de regulación. La presión del pistón se ve contrarrestada por un muelle regulador con lo que se alcanza una posición de equilibrio. La presión de suministro de la bomba de transferencia se controla por la tensión del muelle utilizado. La bomba de transferencia C.A.V. es de tipo positivo y tiene dos aletas corredizas dentro de una excéntrica en la cabeza hidráulica. El rotor de la bomba de transferencia está situado en el extremo del rotor del distribuidor. La capacidad de esta bomba de transferencia es mucho mayor que las necesidades de la bomba de inyección. Una válvula de medida, situada en la cabeza hidráulica regula el volumen de combustible que entra en el rotor bajo control del regulador o del acelerador de mano. El tipo de

válvula varía de acuerdo con el tipo de regulador con que va equipada. Con un regulador hidráulico, se utiliza una válvula de pistón. La válvula tiene un muelle tarado y controla la cantidad de combustible según su posición axial. Cuando se utiliza un regulador de contrapesos, ésta es de tipo rotativo, con una muesca hendida en la periferia. La válvula se mueve por el regulador y regula la entrada de combustible; la medición se logra al controlar el volumen de combustible que entra en el dispositivo en cada embolada. El volumen de la embolada se regula mediante dos factores principales: la presión del combustible en la lumbrera de admisión y el tiempo de que dispone el combustible para fluir hacia el dispositivo, mientras que la lumbrera de admisión en el rotor y la cabeza hidráulica se hallan enfrentadas. Se logra la medición al controlar la presión en la lumbrera de admisión.

Los sistemas de inyección C.A.V. disponen tanto de los reguladores de contrapesos como de los reguladores hidráulicos. Al margen del método de regulación, ambos tipos son similares en las bases de su funcionamiento. Las piezas principales - cabeza hidráulica, rotor, plato conductor, fleje de ajuste del caudal, carcasa final y válvula reguladora son idénticas en ambas bombas. En el eje de mando, el cubo y el estriado de la bomba de regulador mecánico se hallan reemplazados por un único eje en la bomba de regulador hidráulico. Los inyectores C.A.V. pueden ser de un solo orificio, orificios múltiples y en espiga; son de tipo cerrado, se les denomina de este modo porque el inyector queda cerrado por una válvula después de cada inyección de combustible en la cámara de combustión del motor.

En la figura D7 se aprecian los componentes de la bomba C.A.V LUCAS tipo distribuidor.

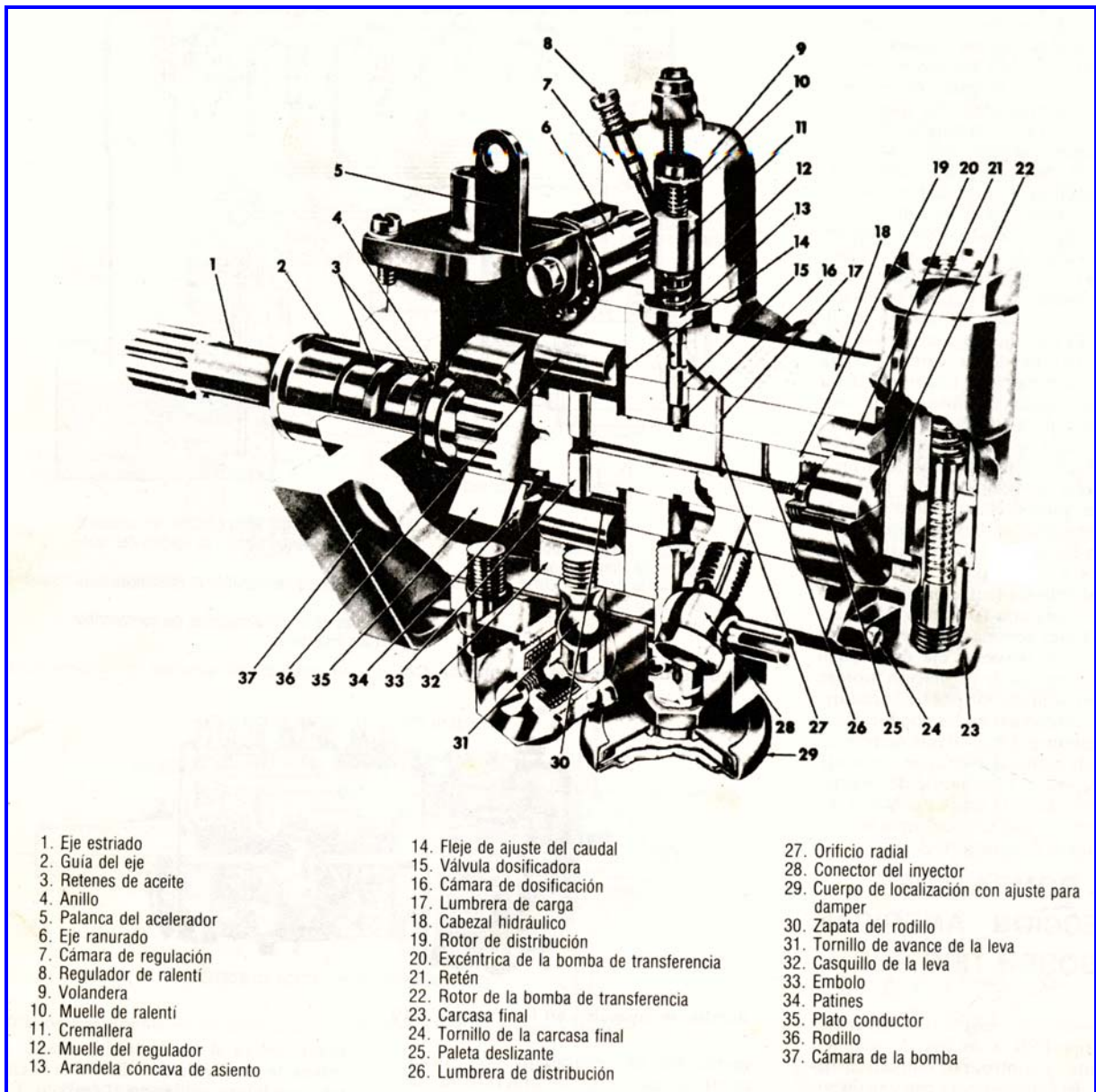


Fig. D7 Bomba C.A.V. LUCAS Tipo Distribuidor.

7.2.3. Bomba de Combustible CUMMINS PT. El sistema de combustible PT completo consiste en una bomba de combustible, conductos de alimentación y drenaje, conexiones e inyectores. Existen dos tipos de sistemas PT de combustible, uno denominado PT tipo G y el otro denominado PT tipo R. El tipo G está controlado por un regulador y el tipo R está regulado por la

presión. La bomba de combustible del tipo PT-G puede identificarse por la ausencia del conducto de retorno en su parte superior. El conjunto de la bomba está montado en tres unidades principales. Una de engranajes que mueve el combustible desde el depósito y lo obliga a pasar a través del filtro de la bomba hasta el regulador, un regulador que controla el flujo de combustible desde la bomba de engranajes, así como las velocidades máximas y de ralentí, y una válvula reguladora que proporciona un control manual del flujo de combustible hacia el inyector bajo cualquier condición de utilización.

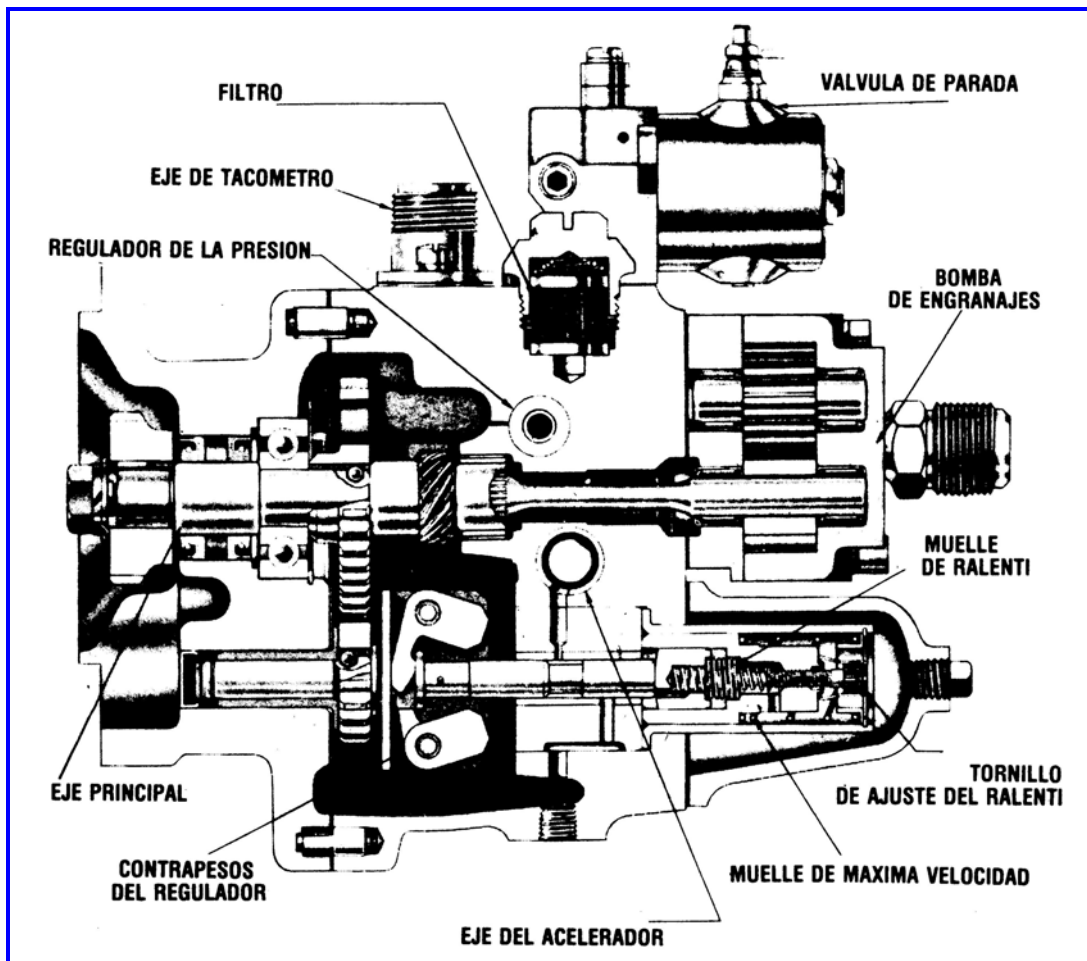


Fig. D8 Bomba de Inyección CUMMINS PT.

La bomba de combustible PT tipo R puede identificarse por la presencia de un conducto de retorno de combustible desde la parte superior de la bomba hasta el depósito de combustible. La bomba de combustible PT tipo R (figura D8) está montada en cuatro unidades principales: una bomba de engranajes que conduce combustible desde el depósito y lo fuerza a través del filtro de la bomba hacia una válvula reguladora de presión, un regulador de presión que limita la presión del combustible en los inyectores, una válvula reguladora que proporciona un control manual del flujo de combustible hacia el inyector bajo cualquier condición de utilización, y un conjunto regulador que controla el flujo de combustible desde el ralentí hasta la máxima velocidad del regulador. La bomba de engranajes y el damper situado detrás de la bomba de combustible ejercen la misma función en todas las bombas de inyección, tanto las de tipo G como las de tipo R.

El volante damper montado en la bomba de engranajes contiene un diafragma de acero que absorbe las pulsaciones y hace uniforme el flujo de combustible a través del sistema de alimentación. Desde la bomba de engranajes, el combustible fluye a través del filtro. El regulador de presión, que se utiliza sólo en las bombas de combustible de tipo R, funciona como una válvula by-pass para regular la presión de combustible en los inyectores. El combustible sobrante vuelve a fluir hacia el punto de succión de la bomba de engranaje.

En ambas bombas la válvula reguladora proporciona la posibilidad de control manual de la velocidad del motor a partir del ralentí al variar las condiciones de velocidad y carga. En la bomba tipo G el combustible fluye hacia la cuba del regulador a través de una lumbrera de ralentí, y pasa por el eje de la válvula reguladora. Para funcionar por encima de la velocidad de ralentí, el

combustible fluye a través de la lumbrera principal de la cuba del regulador hacia el orificio de la válvula reguladora en el eje. En la bomba de tipo R, el combustible fluye a través del regulador de presión hacia el eje de la válvula reguladora.

En las condiciones de ralentí, el combustible pasa alrededor del eje hacia la lumbrera de ralentí en la cuba del regulador. Para la utilización por encima de la velocidad de ralentí, el combustible pasa a través del orificio de la válvula de regulación y entra en la cuba del regulador a través de la lumbrera principal de combustible.

El regulador mecánico es el mismo en ambos tipos de bombas de combustible Cummins (tipo G y tipo R). El regulador, que es de tipo centrífugo, funciona por un sistema de muelles y contrapesos. El regulador mantiene un flujo de combustible suficiente para el ralentí con el control de la válvula reguladora en la posición de ralentí. Además el regulador corta la llegada de combustible a los inyectores por encima de unas rpm predeterminadas.

Durante el funcionamiento entre las velocidades del ralentí y la máxima, el combustible fluye a través del regulador hacia el inyector de acuerdo con las velocidades del motor controladas por la válvula reguladora y limitadas por el tamaño del muelle del émbolo de ralentí en las bombas de combustible tipo G y el regulador de presión en las bombas de tipo R.

Cuando el motor alcanza la velocidad regulada, los pesos del regulador mueven sus émbolos para que los pasos de combustible a los inyectores queden cortados. Al mismo tiempo, se abre otro paso que lleva al combustible otra vez hacia el cuerpo principal de la bomba. De esta manera

se controla la velocidad del motor y se limita la posición de la válvula reguladora.

El combustible que abandona el regulador fluye a través de una válvula de cierre anti-retorno de los conductos de alimentación y hacia los inyectores. En algunos modelos Cummins posteriores se instalan sistemas como de control aneroide. El control aneroide es un sistema de válvula by-pass del combustible que responde a la presión del aire del colector de admisión.

El aneroide limita la presión del combustible cuando la presión en el colector de admisión está por debajo de un determinado valor. Cuando se acelera un motor con turbocompresor a velocidades por debajo de las habituales de utilización hasta aproximadamente 1.400 rpm, la presión de aire en el colector de admisión no es suficiente para la combustión completa del combustible a menos que la cantidad del mismo se reduzca para mantener una relación aire-combustible adecuada. Esto se logra mediante el control aneroide.

PROCEDIMIENTO

1. Examinar el material de lectura de la ayuda multimedia de teoría Diesel para complementar los conceptos vistos en el marco teórico.
2. Con ayuda del auxiliar de laboratorio observar y analizar con mayor detalle los elementos integrantes del *sistema de inyección* del motor Diesel KIA. Observar también el material didáctico, elementos en corte y los motores Diesel ubicados en el laboratorio.
3. Llenar la Tabla 1 para establecer las diferencias, para los ítems propuestos, entre los sistemas de inyección ya estudiados.

Tabla 1

	<i>Sistema con bomba en línea</i>	<i>Sistema tipo distribuidor</i>	<i>Sistema PT</i>	<i>Sistema con inyectores unitarios</i>
<i>Elementos de bombeo</i>				
<i>Accionamiento de los inyectores</i>				
<i>Complejidad del sistema</i>				
<i>Facilidad de mantenimiento</i>				

4. De acuerdo a lo visto en el laboratorio, identificar cada una de las partes señaladas en la figura D7, correspondiente al motor Diesel CUMMINS NTC 350.

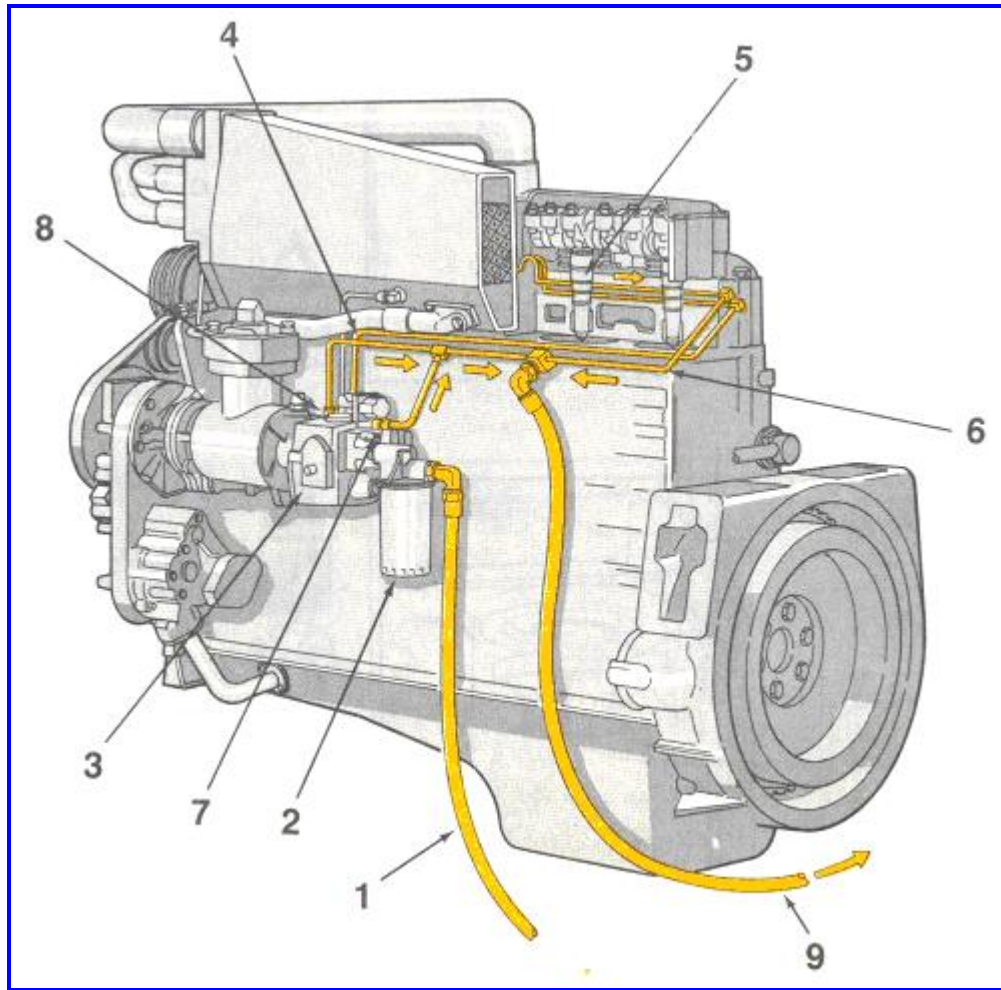


Fig. D6 Sistema de Combustible motor CUMMINS NTC 350

1	2	3	4	5	6	7	8	9

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

Conteste falso (F) o Verdadero (V) según corresponda:

1. La bomba de suministro, es la encargada de entregar una cantidad exacta de combustible a alta presión en cada inyector en el momento preciso.
2. El gobernador (regulador) se utiliza para controlar la velocidad del motor de acuerdo con las condiciones de carga.
3. En el sistema con bomba en línea se emplea una bomba de unidades múltiples con un elemento de bombeo para cada inyector.
4. El sistema con bomba tipo distribuidor tiene un solo elemento de bombeo y un mecanismo para distribuir el combustible a alta presión a los inyectores.
5. En todos los sistemas de inyección el inyector se acciona desde el árbol de levas por medio de una varilla de empuje y un balancín.
6. El filtro primario de combustible esta ubicado entre la bomba de suministro y la bomba de inyección.
7. En los sistemas con inyectores unitarios, el inyector se acciona desde el árbol de levas por medio de una varilla de empuje y un balancín.

8. El filtro secundario de combustible esta ubicado entre la bomba de suministro y el tanque de combustible.
9. Existen dos tipos de sistemas PT de combustible, uno denominado PT tipo G y el otro denominado PT tipo R. El tipo G está controlado por un regulador y el tipo R está regulado por la presión.
10. Los tubos de retorno de inyectores devuelven el exceso de combustible al tanque y también sirven para mantener el sistema libre de aire.



SISTEMA DE ARRANQUE



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica**

PRACTICA N° 8

OBJETIVOS:

- ✓ Identificar las diferentes partes que constituyen el sistema de arranque de un motor Diesel.
- ✓ Reconocer los diferentes tipos de sistemas de arranque y en especial el arranque eléctrico, ya que, es el más utilizado en el campo de la automoción.

EQUIPO A UTILIZAR:

- ✓ Motor Diesel *KIA BESTA 2200* de cuatro tiempos.
- ✓ Manual Técnico del motor *KIA BESTA 2200* de cuatro tiempos.
- ✓ Multímetro.
- ✓ Hidrómetro.

DESCRIPCIÓN

8.1. SISTEMAS DE ARRANQUE

Existen distintos métodos para arrancar un motor Diesel. Los principales son los motores eléctricos, motores de arranque hidráulico y sistemas de aire comprimido. Todos estos tipos funcionan al engranar un piñón con el volante motor.

8.1.1. ARRANQUE ELECTRICO

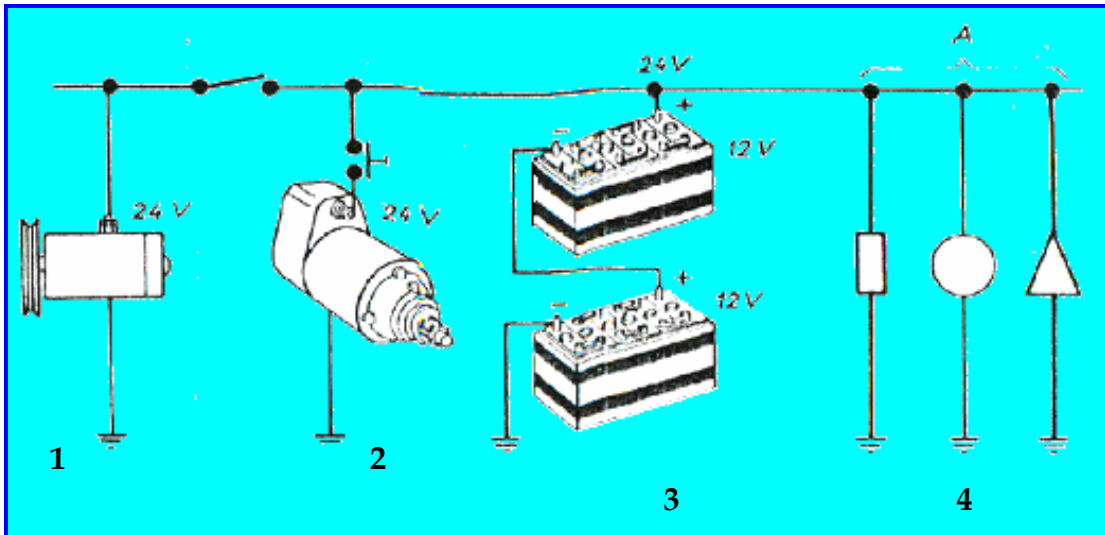


Fig. D1 Diagrama general del Sistema de Arranque Eléctrico.

En la figura D1 se observa un diagrama general del sistema de arranque eléctrico que consta básicamente de:

1. Alternador.
2. Motor de arranque.
3. Baterías.
4. Conexiones de los diversos accesorios

En esta conexión la tensión en el circuito es de 24V gracias a la unión en serie de las dos baterías. Al cerrar el interruptor la corriente de las baterías alimenta el motor de arranque, el cual, al estar engranado con el motor a través del volante, vence la inercia de este y se produce el encendido, obsérvese que los accesorios eléctricos también están sometidos a los 24V de tensión de las baterías.

Los motores de arranque eléctrico se utilizan ampliamente en los motores diesel pequeños y grandes y casi exclusivamente en el campo de la automoción. Son motores de corriente continua o de arrollamiento "compound", y funcionan a 12 o 24 V, según el tamaño del motor diesel. En los motores mayores, los motores de arranque poseen un sistema de reducción por engranajes para proporcionarles un mayor par motor. La energía para el arranque del motor la proporciona una batería eléctrica del tipo plomo-ácido, que se mantiene cargada por la acción de un dínamo o un alternador con un sistema adecuado de regulación. El movimiento procede de un eje accesorio del motor diesel.

En los motores diesel de automoción. La dínamo o el alternador generalmente son de 12 V lo que obliga a que los sistemas de alumbrado y otros accesorios sean también de 12 V, se utilizan dos baterías de 12 V. Se conectan en serie para el arranque y el alumbrado y en paralelo para la carga por medio de un interruptor serie/ paralelo que se acciona de forma manual o magnética. Este sistema 12/24 V se utiliza ampliamente en instalaciones diseñadas para su arranque y encendido automáticos. El diseño de todos los motores de arranque automático es básicamente el mismo.

Existen pequeñas diferencias, como el tamaño, pero la mayoría de piezas que los componen son parecidas tanto en su función como en su aspecto. Una desventaja del motor de arranque eléctrico es que la eficacia de la batería de arranque decae rápidamente a medida que lo hace la temperatura. Por ejemplo, la eficacia de una batería de arranque a 0° F es solamente del 40 % de la que posee a 80°. Pero ocurre que, no sólo decae la eficacia de la batería, sino que el aumento de la viscosidad del aceite eleva la fricción interna del motor; por lo tanto, es necesario un mayor par motor para arrancar. Otra dificultad

que presentan estos motores es el peligro de incendio que pueden producir las chispas. Este es un problema específico de los campos de petróleo, las refinerías, los campos de gas y las minas.

8.1.2. MOTORES DE ARRANQUE HIDRAULICO

Existen distintos tipos de motores de arranque hidráulicos. En muchas instalaciones, el sistema consiste en un motor de arranque hidráulico, un acumulador de pistón, una bomba hidráulica de funcionamiento manual y un depósito reserva de fluido hidráulico (figura D2). En el sistema de la General Motors, la presión hidráulica se obtiene en el acumulador mediante una bomba manual o una bomba accionada por el motor mientras éste se halla en funcionamiento. Después de accionar la palanca de arranque, la válvula de control permite que el fluido hidráulico que está bajo presión en el acumulador, pase a través del motor de arranque hidráulico, con lo que se arranca el motor principal.

Cuando se suelta la palanca de arranque, la acción de un muelle desengrana el piñón de arrastre y cierra la válvula de control. Este hecho detiene el flujo de líquido hidráulico proveniente del acumulador. Este arranque está protegido de los sobre regímenes del motor diesel por un embrague adecuado. El accionamiento de la bomba manual puede cargar el acumulador hasta un máximo de 2900 a 3300 psi. La presión recomendada se mantiene mediante la bomba accionada por el motor. Cuando la temperatura ambiente se halla por encima de los 40° F, es suficiente una presión de 1500 psi para arrancar el motor.

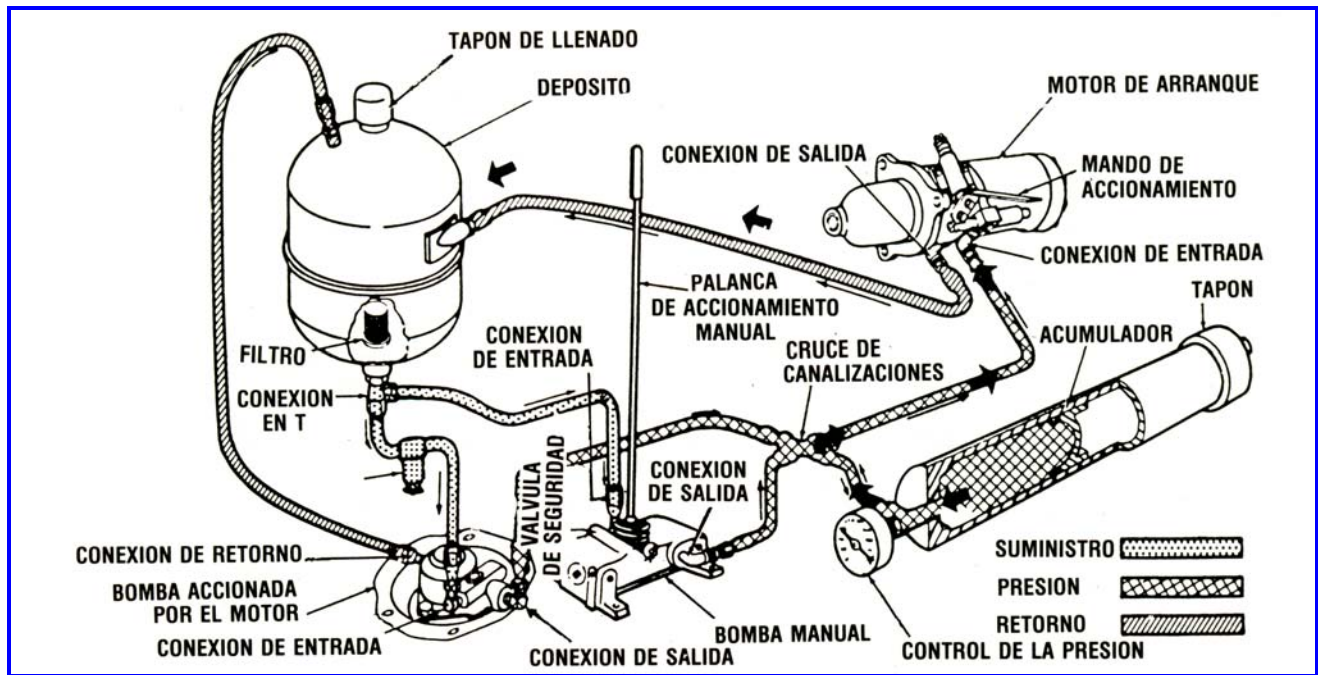


Fig. D2. Esquema de un Sistema de Arranque Hidráulico.

El acumulador consta de un cilindro y un pistón reforzados, diseñados para soportar la presión de carga durante un cierto tiempo. El acumulador se carga de nitrógeno a través de una pequeña válvula y se precinta por parte del fabricante. El aceite entra en el acumulador bajo la presión producida por la bomba accionada por el motor o bien por la bomba manual. Esta entrada obliga al pistón a descender comprimiendo el nitrógeno y almacenando la energía que hace funcionar dos o más acumuladores en paralelo.

Existen algunos parecidos entre el sistema de la General Motors y el sistema de arranque Hydrotor de la American Bosch. Este sistema se puede instalar de forma completamente independiente para arrancar un motor sin necesidad de ninguna potencia auxiliar, como la electricidad o el aire comprimido. Consiste en un motor de arranque y un acumulador, una bomba

o bombas, un depósito de reserva de aceite y una válvula de accionamiento. Estos diversos componentes se hallan conectados mediante una manguera flexible y conexiones de acero roseadas. El líquido hidráulico almacenado en el depósito de reserva se bombea hacia el acumulador, contra una precarga de nitrógeno y se mantiene bajo una presión de aproximadamente 3000 psi hasta su utilización. Cuando debe arrancarse el motor, se abre la válvula de control que permite fluir hacia el motor de arranque hidráulico el aceite que se halla bajo presión. La presión del sistema puede restablecerse de forma manual en caso de necesidad.

El motor de arranque es un motor del tipo de pistón de desplazamiento positivo y de aproximadamente el mismo tamaño que otros motores de arranque. Está constituido por un cilindro rotatorio que desplaza pistones a lo largo del eje de arrastre, estos pistones, sometidos a un flujo de alta presión del aceite, se desplazan contra unos cojines de contacto angulado que les permiten deslizarse alrededor del eje de arrastre lo que produce la rotación del cigüeñal. Cuando el cilindro rota, los pistones del otro lado se ven obligados a moverse hacia atrás lo que drena el aceite a baja presión hacia el depósito de reserva. La bomba manual es de pistón de doble acción que puede conseguir presiones de hasta 3000 psi. Inicialmente se utiliza para llenar el acumulador después de su instalación, pero también se puede emplear en casos de emergencia cuando una avería en el arranque descarga el acumulador. La bomba movida por el motor también es de pistón y funciona para mantener la presión del acumulador constante mientras el motor está en marcha. Sin embargo, funciona bajo carga sólo cuando llena el acumulador. Cuando se ha alcanzado la presión de funcionamiento, una válvula de descarga envía el aceite, a presión reducida, hacia el depósito reserva.

8.1.3. ARRANQUE POR AIRE COMPRIMIDO

Los motores diesel de gran tamaño a menudo van provistos de sistemas de arranque por aire comprimido. Uno de los métodos consiste en dirigir aire comprimido hacia los cilindros a una presión capaz de hacer arrancar el motor: el proceso continúa hasta que los pistones logran una presión suficiente para iniciar la combustión. La presión empleada en la mayoría de sistemas de arranque varía entre 270 y 600 psi (figura D3).

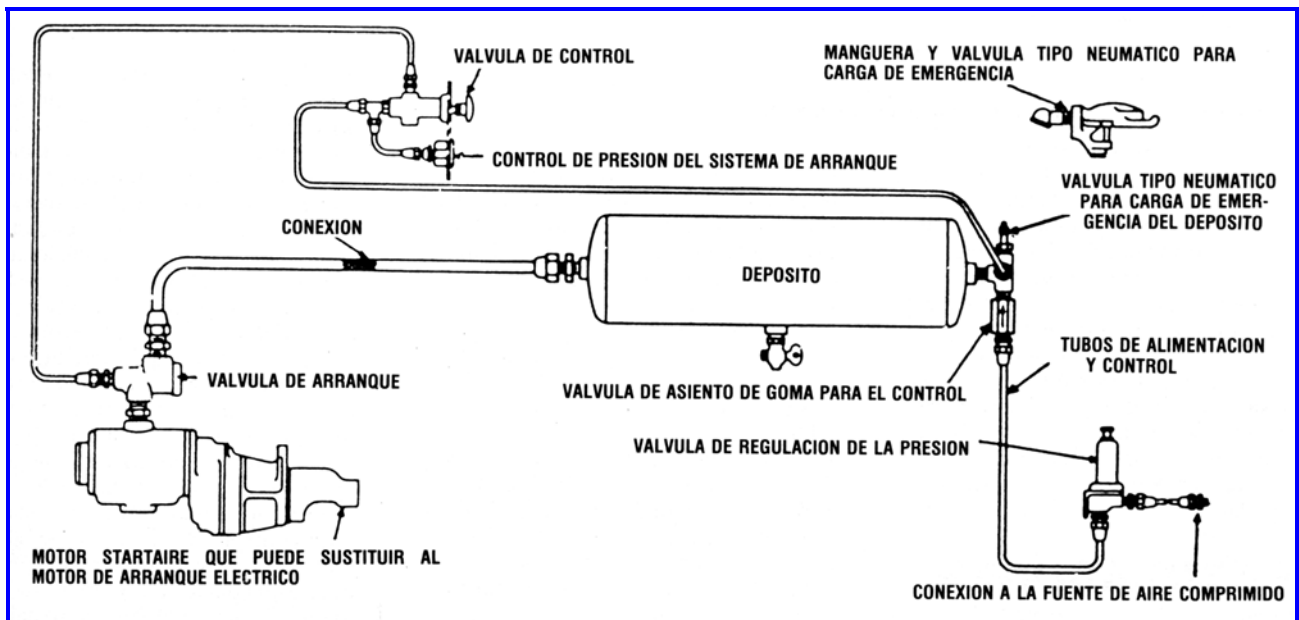


Fig. D2. Esquema de un Sistema de Arranque Hidráulico.

El mecanismo de arranque Fairbanks Morse utiliza este sistema que también va provisto de una válvula de control, un distribuidor del aire de arranque, una cámara de circulación, las tuberías del aire piloto y las válvulas de control del aire en cada uno de los cilindros. Otro método es utilizar motores que se muevan por aire comprimido para arrancar el motor diesel. Existen dos grandes tipos de motores movidos por aire, diseñados para arrancar

motores diesel: uno es de pistón y el otro es de paletas. Existen motores movidos por aire, de tamaño similar al de los motores de arranque eléctricos, que son utilizados en los motores diesel relativamente pequeños. Estos motores que se mueven por aire reciben el aire comprimido de un depósito de almacenamiento. En el motor de paletas Ingersoll-Rand, unas paletas fenólicas son arrastradas por un rotor de acero montado en un eje excéntrico. La fuerza centrífuga mantiene a las paletas en contacto con la cavidad excéntrica de la carcasa. En el motor de Gardener-Denver, el aire se distribuye en los cilindros mediante una válvula rotatoria que se halla conectada directamente al cigüeñal del motor. En algunas instalaciones se utilizan dos o más depósitos de aire, ya que su número depende del tamaño del motor y del tiempo que se necesita para el arranque. Este método permite emplear el aire en circunstancias de emergencia.

PROCEDIMIENTO

1. Leer el material de lectura apoyándose en la ayuda multimedia de teoría Diesel.
2. Con ayuda del auxiliar de laboratorio observar y analizar con mayor detalle los elementos integrantes del *sistema de arranque* del motor Diesel KIA BESTA 2200, observe además el material didáctico del laboratorio.
3. Trazar el diagrama del sistema de arranque eléctrico del motor KIA BESTA 2200, identificando cada uno de los elementos que lo componen.
4. Determinar el estado de carga de la batería. Utilice el hidrómetro para medir la gravedad específica del líquido de cada celda de la batería; registre los datos obtenidos con el hidrómetro en la tabla 2 y compárelos con los datos de la tabla 1 para realizar el diagnóstico.

Tabla 1. Rangos de Gravedad específica

<i>Estado de Carga de la Batería</i>	<i>Gravedad Específica @ 27°C</i>
100%	1.260 – 1.280
75%	1.230 – 1.250
50%	1.200 – 1.220
25%	1.170 – 1.190
<i>Descargada</i>	1.110 – 1.130

Tabla 2. Prueba del Estado de la batería

<i>Celda</i>	<i>Gravedad Específica</i>	<i>Estado</i>
1		
2		
3		
4		
5		
6		

5. Con ayuda del auxiliar del laboratorio y utilizando el multímetro, determine el voltaje y la intensidad de corriente de la batería, alternador y motor de arranque, para el motor KIA BESTA 2200. Registre los resultados en la tabla 3, compárelos con los datos del inciso anterior y con los datos del fabricante (ver Manual KIA) y emita conclusiones.

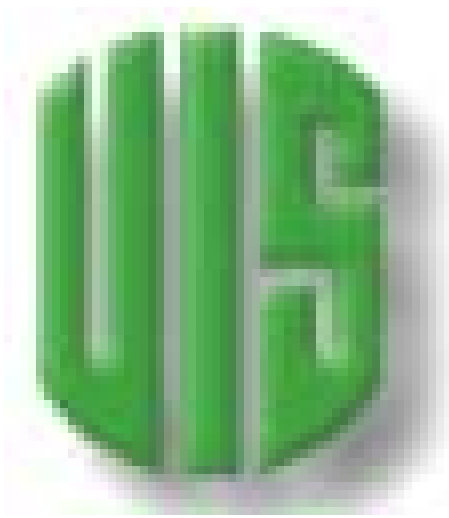
Tabla 3. Elementos Principales del Sistema de Arranque.

<i>ITEMS</i>	<i>VALORES FABRICANTE</i>	<i>MEDICIÓN</i>	<i>OBSERVACIÓN</i>
<i>Motor de Arranque</i>	120 Amp.		
	11.5 V		
	4000rpm Aprox.		
<i>Voltaje Batería</i>	12 V		
<i>Alternador</i>	5 Amp. O menos		
	14.2-15.2 V		

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

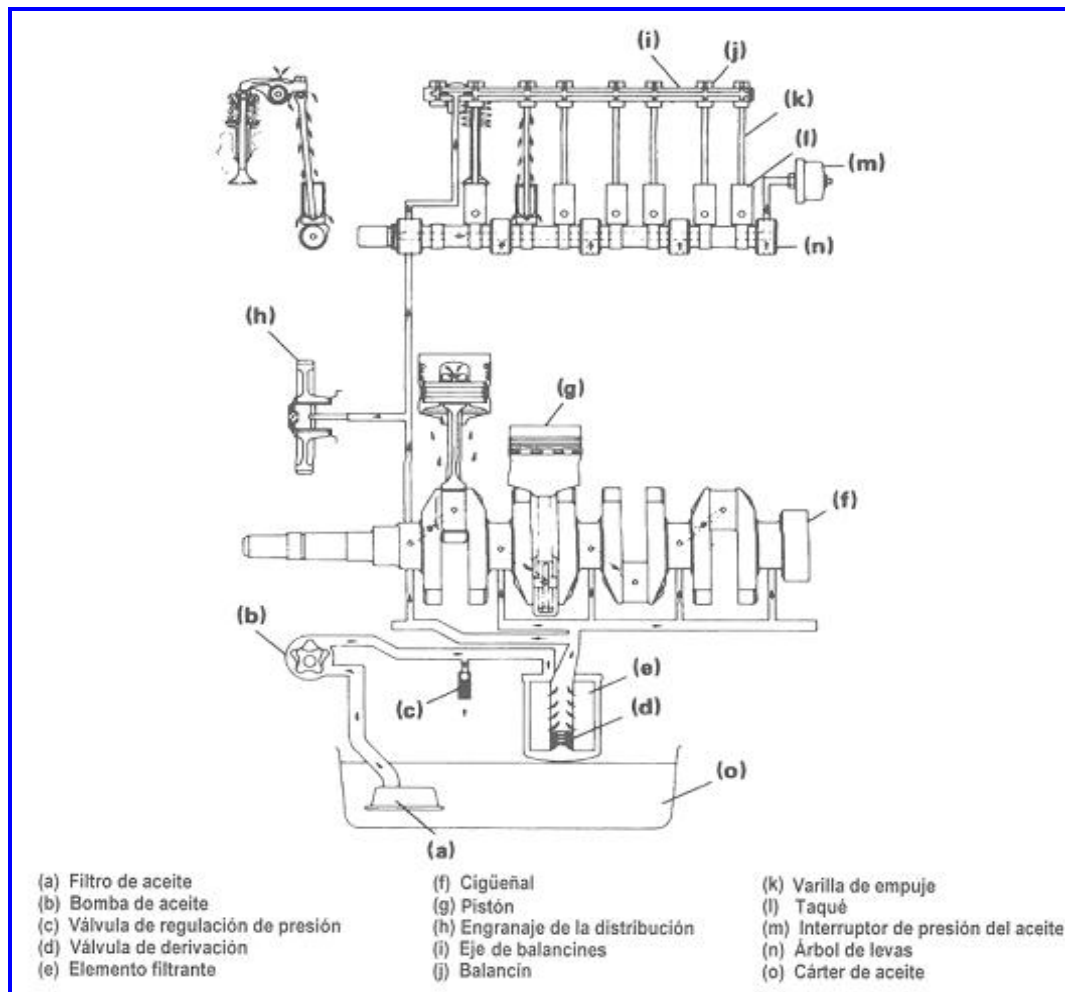
Conteste falso (F) o Verdadero (V) según corresponda:

1. Los motores eléctricos son los más utilizados para el arranque de los motores Diesel en el campo automotriz.
2. Un motor pequeño a gasolina se puede utilizar para arrancar un motor Diesel.
3. La energía para el arranque eléctrico la proporciona generalmente una batería de 10 V.
4. El alternador es el dispositivo que mantiene cargada la batería.
5. El sistema de arranque por aire comprimido se utiliza para el arranque de motores Diesel de gran tamaño.
6. El sistema de arranque por motor eléctrico tiene como desventaja el peligro de incendio que pueden producir las chispas.
7. En los motores Diesel grandes generalmente el motor de arranque eléctrico va acoplado directamente al volante del motor.
8. De todos los sistemas de arranque conocidos el único que utiliza un piñón engranado al volante motor es el sistema de arranque eléctrico.



LABORATORIO
MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS

SISTEMA DE LUBRICACIÓN



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica

PRACTICA N° 9

OBJETIVOS:

- ✓ Identificar los diferentes elementos que constituyen el sistema de lubricación de un motor Diesel.
- ✓ Reconocer la importancia que tiene el sistema de lubricación en un motor Diesel.
- ✓ Ilustrar el funcionamiento del sistema de lubricación.
- ✓ Introducir conceptos básicos en el diseño de los elementos del sistema de lubricación.

EQUIPO A UTILIZAR:

- ✓ Motor Diesel *KIA BESTA 2200*.
- ✓ Motor CUMMINS NTC 350 en corte.
- ✓ Manuales de taller de los motores CUMMINS NTC 350 y *KIA*.
- ✓ Laminas didácticas.
- ✓ Componentes y partes del sistema de lubricación del estante Diesel.
- ✓ Calibrador o Pie de Rey.

DESCRIPCIÓN:

9.1. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Las diversas partes del motor se lubrican con aceite a presión que envía la bomba. El aceite llega a esas partes mediante tubos, conductos, agujeros y

ranuras que, junto con la bomba, filtros y válvulas para el aceite, forman el sistema de lubricación. En la figura D1 se aprecia el flujo típico de aceite lubricante en el motor y se detallan los elementos del sistema de lubricación.

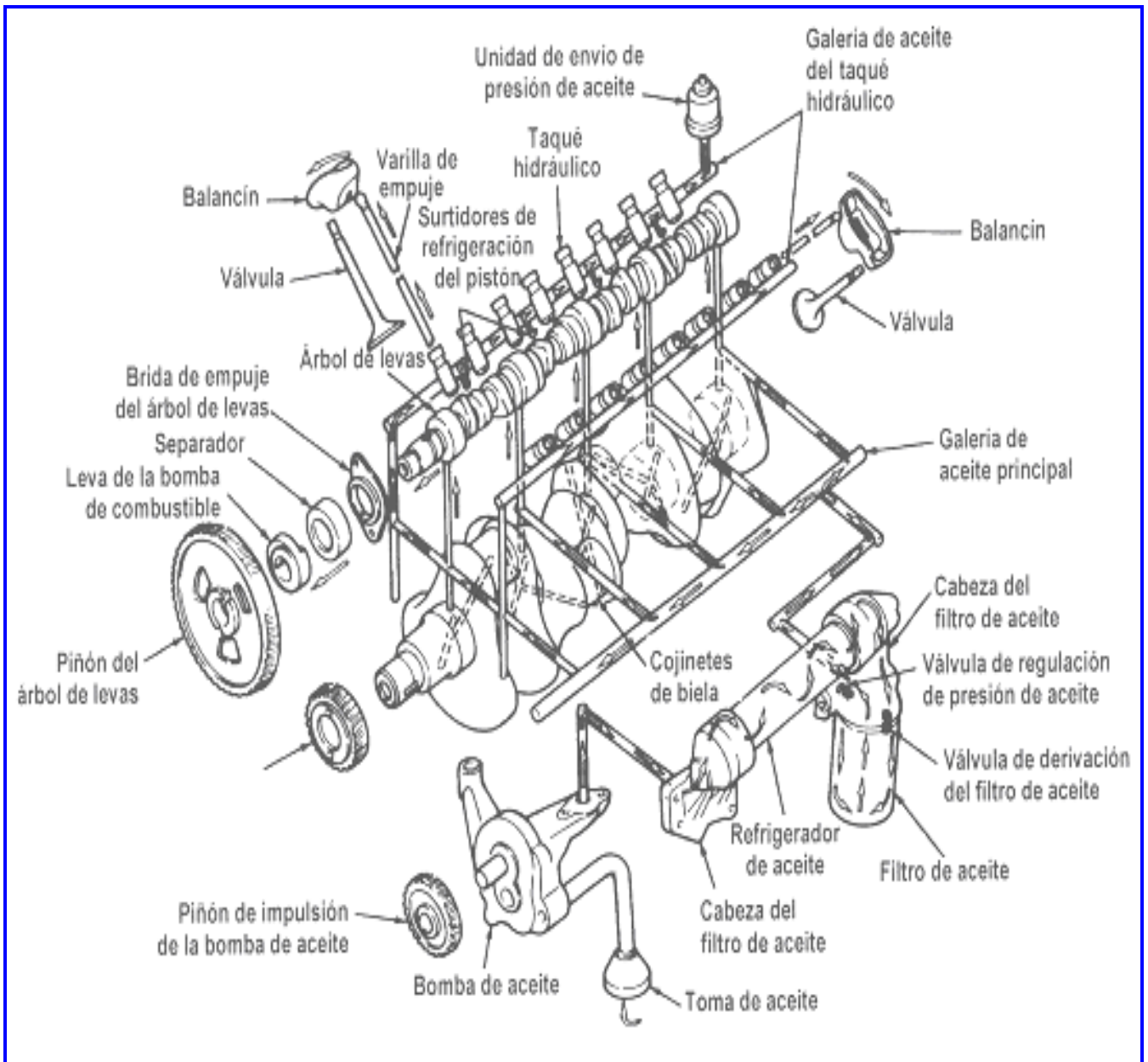


Fig. D1. Flujo típico del aceite lubricante en un motor Diesel

Las partes principales del motor, como los cojinetes del cigüeñal, tienen lubricación positiva y reciben directamente el aceite a presión: también se dice que tienen lubricación a presión. Otras piezas lubrican por salpicado: en este caso. Se lanza el aceite en forma de chorro mediante un barreno, una boquilla o tubo. Los engranes de sincronización de muchos motores se lubrican en esta forma.

Algunas partes del motor no necesitan lubricación a presión, sino que la reciben con el aceite que retorna desde otras piezas al depósito o dependen del aceite nebulizado que hay en la parte inferior del bloque y en el depósito cuando funciona el motor. El aceite expulsado desde otras piezas, por ejemplo los cojinetes de biela, producen un salpicado o neblina de aceite en toda la parte inferior del bloque.

9.1.1. Funciones del sistema de Lubricación.

El sistema de lubricación cumple con ciertas funciones descritas a continuación:

1. Lubricar las piezas móviles para reducir el desgaste.
2. Lubricar las piezas móviles para lograr que las pérdidas de potencia por fricción sean mínimas.
3. Actuar como enfriador para disipar el calor de las piezas del motor.
4. Absorber los choques entre los cojinetes y otras piezas, con lo cual se disminuye el ruido y se aumenta la duración del motor.
5. formar un buen sello entre los anillos de pistón y la pared de los cilindros.
6. Actuar como agente limpiador.

9.2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION

9.2.1. Bombas de Aceite. Se utilizan dos tipos de bombas en el sistema de lubricación del motor: bomba de engranes y bomba de rotor. Se impulsan desde el tren de engranes de sincronización, desde los engranes de impulsión de auxiliares y, en algunos casos, por medio de engranes desde el árbol de levas.

El caudal requerido de la bomba se determina por la cantidad de aceite:

1. Suministrada a los cojinetes del cigüeñal, esta constituye entre el 50 y 70 % del aceite total.
2. Descargada a través de la válvula de reducción de la bomba y del filtro de depuración fina del carter.
3. Suministrada al árbol de levas, a los mecanismos de accionamiento de las válvulas y a las unidades auxiliares.
4. Gastada para refrigerar la cara del pistón y lubricar los cilindros.

Siguiendo el capítulo 15 del libro de Jovaj, el caudal de aceite suministrado a los cojinetes (Q_{coj}) está dado según la ecuación:

$$Q_{coj} = CN_{NOM} D^2 I_c \quad (1)$$

En donde C es un coeficiente experimental que oscila entre 0.008 y 0.012; N_{nom} es la frecuencia de rotación del cigüeñal en RPM; d es el diámetro de los muñones del árbol en metros; i_c es el número total de cojinetes de biela y de bancada; Q_{coj} se expresa en m^3/hr .

El caudal de la bomba (Q_b) en función del caudal requerido por los cojinetes es:

$$Q_B = (1.7 \dots 2.5) Q_{COJ} \quad (2)$$

El caudal mayor se utiliza para aquellos motores en los que el aceite se utiliza para refrigera los pistones.

El suministro de la bomba de aceite también puede ser calculado, bajo la suposición de que el volumen del diente es igual al volumen de la cavidad entre los dientes, se determina de las expresiones que vinculan las principales dimensiones de los engranajes dentados.

$$Q_B = 47\eta_{Bomba} (d_e^2 - d_i^2) b N_b \quad (3)$$

Donde η_{bomba} es la eficiencia de la bomba la cual generalmente está entre 0.75 y 0.85; d_e y d_i son los diámetro externo e interno respectivamente de los engranajes en m; b es la longitud de los dientes en m; N_b es la velocidad de rotación del eje de la bomba en rpm y Q_b está dado en m^3/h .

9.2.1.1. Bomba de engranes. Esta bomba tiene un cuerpo en donde se alojan dos engranes endentados. Uno es el engrane de mando (impulsor) y el otro es el engrane mandado (impulsado). El aceite penetra a la bomba por el tubo de succión; no pasa entre los dientes sino que se lo conduce alrededor del exterior de los engranes, entre los dientes y el cuerpo de la bomba.

En la figura D2 se ilustran los componentes de una bomba particular que se muestra recibe impulsión desde el árbol de levas mediante un eje de mando vertical: 1) eje de mando. 2) cuerpo de la bomba, 3) engrane conducido. 4) eje. 5) engrane Conductor, 6) tapa, 7) cedazo.

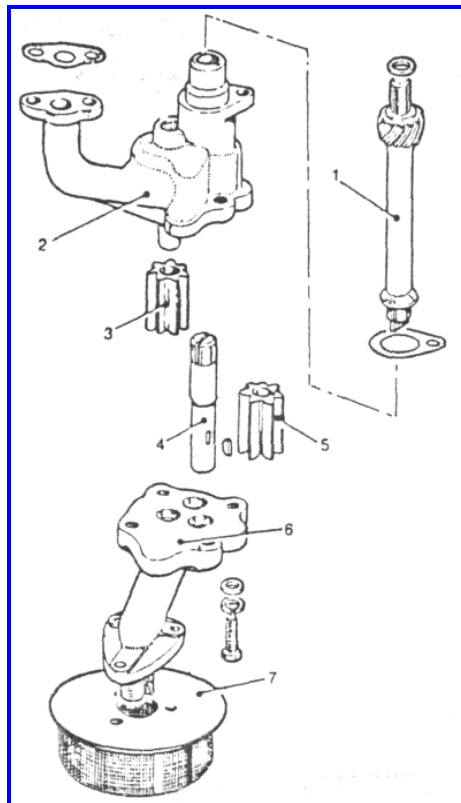


Fig. D2 Piezas de una bomba del tipo de engranes.

En la figura D3 se ilustra una bomba impulsada desde el tren de engranes de sincronización: 1) engrane intermedio, 2) cuerpo para engrane intermedio, 3) engrane de mando, 4) engranes de la bomba, 5) tapa. Se utiliza un engrane intermedio para impulsar, desde el cigüeñal, un engrane en el eje de la bomba.

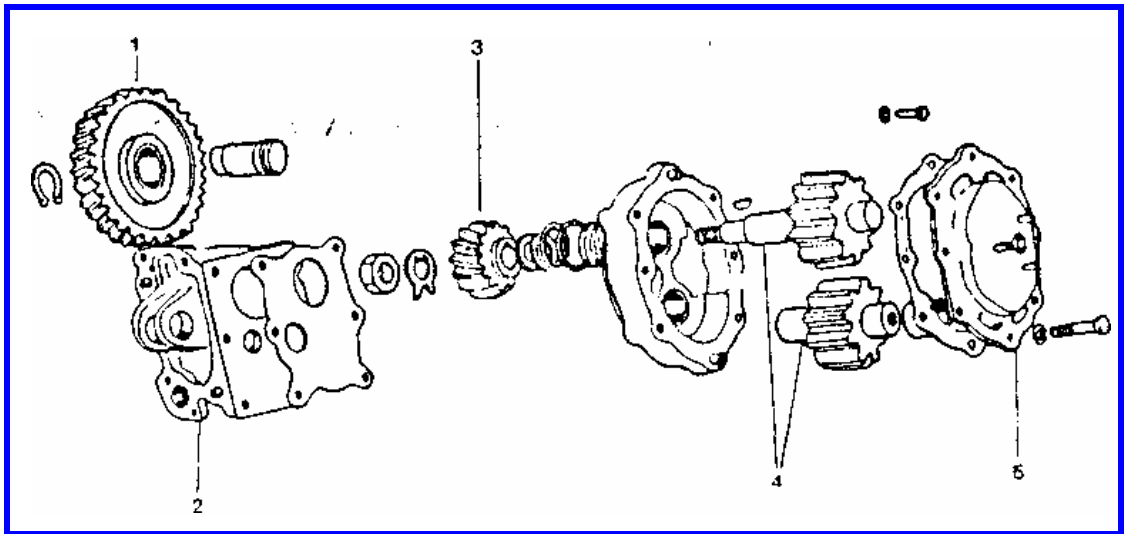


Fig. D3 Piezas de una bomba de aceite impulsada por engranes.

9.2.1.2. Bomba de rotor. La característica de esta bomba es que tiene un rotor interno con lóbulos externos que actúan en un rotor externo con lóbulos internos. El rotor externo tiene cuerpo cilíndrico por fuera y se instala en el cuerpo de la bomba, para que gire. En la figura D4 se ilustra la disposición de los rotores: 1) cuerpo de la bomba, 2) rotor externo, 3) rotor interno, 4) marcas. El rotor interno está montado en un eje y tiene impulsión desde el motor. Esto a su vez impulsa al rotor externo que gira dentro del cuerpo. El rotor externo tiene un lóbulo más que el interno para tener espacio entre los lóbulos. El aceite atrapado entre los lóbulos de los rotores se mueve desde la entrada hasta la salida de la bomba y descarga en el sistema de lubricación.

En la figura D5 se ilustra una bomba del tipo rotor, en corte, para mostrar las piezas internas: 1) Entrada, 2) válvula de desahogo. 3) engrane intermedio, 4) engrane del cigüeñal. 5) engrane de mando. 6) rotores, 7) salida. La bomba recibe la impulsión desde el engrane (4) del cigüeñal mediante un engrane intermedio (3) que acopla con el engrane (5) de la bomba en el eje del rotor interno. En el cuerpo de la bomba está instalada una válvula de desahogo de presión accionada por resorte.

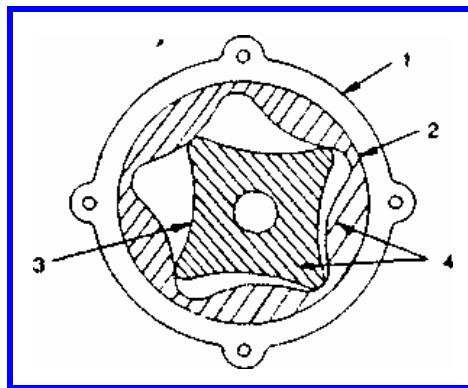


Fig. D4 Rotores de una bomba de aceite.

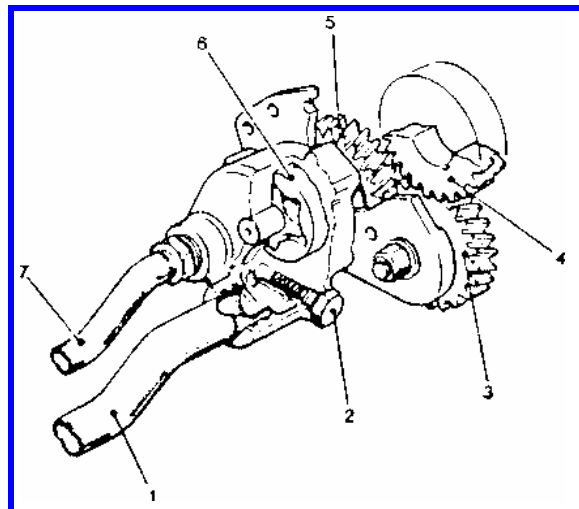


Fig. D5 Bomba de aceite tipo de rotor.

9.2.2. Filtros de aceite. En los motores Diesel se utilizan uno o más filtros de aceite (figura D6). Por ejemplo, en un motor puede haber un filtro de flujo pleno y uno de derivación; en otros, puede haber dos o más filtros de flujo pleno conectados en serie. Durante el funcionamiento del motor se mezclan con el aceite partículas de carbón, polvo y metal. Los filtros mantienen limpio el aceite porque retienen las impurezas que podrían pasar por los conductos para aceite hasta las superficies de apoyo y dañar los cojinetes, muñones y otras superficies.



Fig. D6. Filtros de aceites.

9.2.2.1. Filtros en derivación. Sólo filtran una parte del aceite que envía la bomba hacia los conductos en el motor. Se instala a rosca un tubo para aceite en la galería, el que deja pasar una cantidad reducida de aceite al filtro y de retorno al depósito. Este aceite no se envía a los conductos para aceite, sino que se deriva del motor y, ya limpio, vuelve al depósito para volver a entrar a la bomba. En esta forma, siempre se filtra una parte del aceite, aunque no vaya en camino a las piezas del motor. Conforme se acumulan impurezas en el filtro, pierde su eficiencia y hay que limpiarlo o reemplazar el elemento. En la figura D7 se aprecia el principio de funcionamiento del filtro en derivación anteriormente explicado.

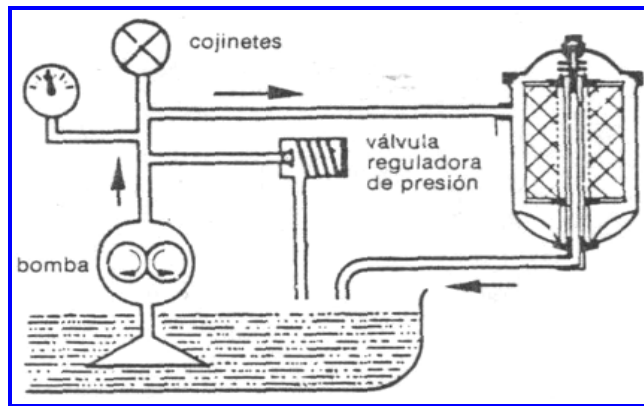


Fig. D7 Principio del filtro en derivación.

9.2.2.2. Filtros de flujo pleno. Todo el aceite que sale de la bomba pasa por el filtro en camino a los cojinetes y otras piezas del motor; por tanto, la lubricación es con aceite filtrado, siempre y cuando los filtros estén en buenas condiciones. El filtro tiene una válvula de desahogo, de modo que, si se obstruye el filtro, se abrirá y continuará el suministro de aceite al sistema. Los filtros de flujo pleno funcionan con una presión más alta que los de derivación. Por ello, durante el servicio hay que reemplazar los sellos y apretar el tornillo de la tapa o la caja del filtro a la torsión especificada, para que no ocurran fugas (ver figura D8).

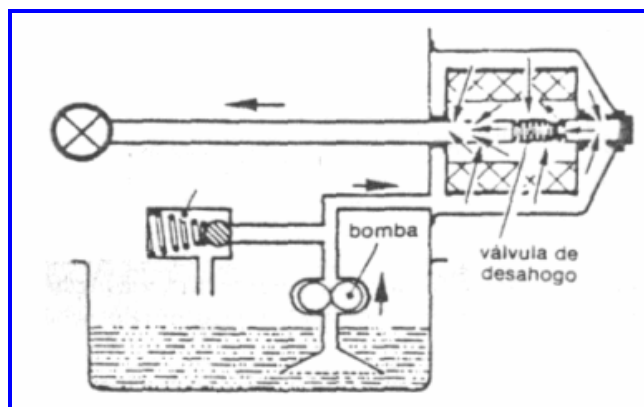


Fig. D8 Principio del filtro de aceite de flujo pleno.

9.2.3. Enfriador de aceite. En algunos motores, el enfriador se monta en un lado del bloque, tiene el elemento o núcleo dentro de las camisas de agua y es parte del sistema de enfriamiento. En otros motores, como el que se ilustra, el enfriador es un componente separado.

El enfriador se sujeta con tornillos en una superficie maquinada en un lado del bloque; esa superficie se utiliza para la caja del filtro de aceite en motores que no tienen enfriador. Cuando lo tienen, hay una superficie para montaje del filtro en el cuerpo del enfriador. Hay perforaciones en el bloque, el cuerpo del enfriador y la caja del filtro, que permiten que el aceite enviado por la bomba pase por el enfriador, por el filtro y, luego, por la galería principal de aceite en el bloque.

Los tubos y mangueras que conectan el enfriador con el sistema de enfriamiento del motor se instalan en el frente del enfriador. El líquido enfriador entra al enfriador, pasa por los tubos del mismo y retorna al sistema de enfriamiento después de absorber el calor del aceite.

En la figura D9 se ilustra un enfriador de aceite en sección parcial; es del tipo de tubos y aletas: 1) tapa de extremo, 2) tubos para líquido enfriador, 3) aletas, 4) tapa de extremo, 5) y 6) conexiones para mangueras de líquido enfriador, 7) válvulas de desahogo. El aceite rodea los tubos y aletas; el líquido enfriador está confinado en los extremos y en el interior de los tubos del enfriador. Una válvula de derivación está instalada en la parte superior de la caja del enfriador.

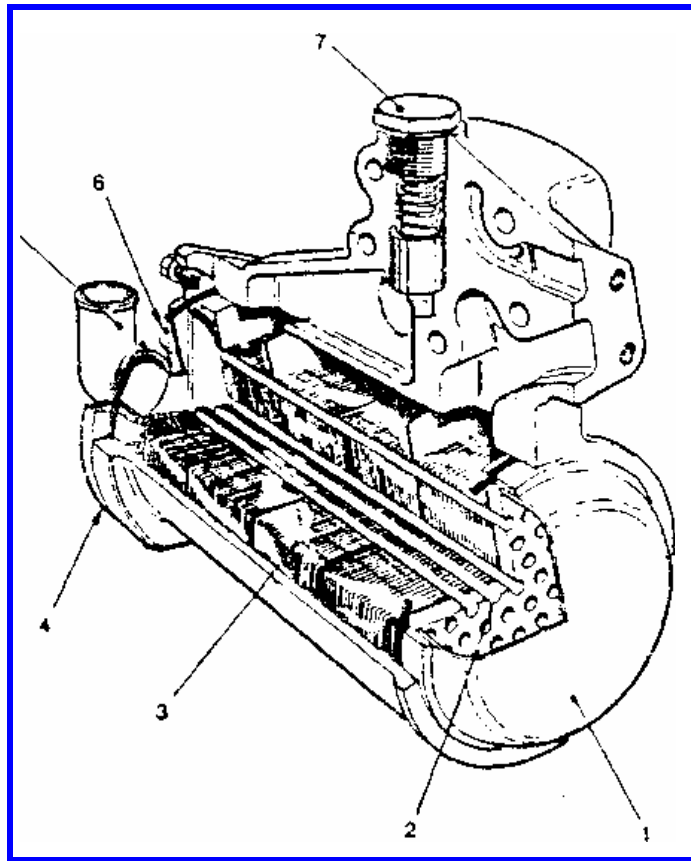


Fig. D9 Enfriador de aceite.

9.2.4. Boquillas para enfriamiento de pistones. En la parte inferior del bloque de cilindros está instalada una boquilla para enfriamiento de cada pistón y se ilustra una en la figura D9.

El tornillo hueco tipo banjo se instala en un barrenado taladrado en el bloque en la galería de aceite para boquilla de enfriamiento. El tornillo sujeta el cuerpo de la boquilla en el bloque y tiene perforaciones para el paso del aceite que viene de la galería.

El tubo o boquilla está apuntada de modo que el aceite lubricante que ya pasó por el enfriador se rocíe contra la parte inferior de la cabeza del pistón, en donde absorbe el calor de la zona de combustión antes de volver al depósito. Este tipo de enfriamiento es aplicable en particular a los motores con inyección directa, que tienen el espacio para combustión en la cabeza del pistón.

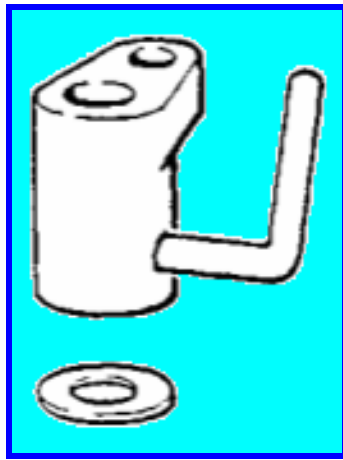


Fig. D10 Boquilla para enfriamiento de pistones.

PROCEDIMIENTO

1. Examinar el material de lectura sustentándose en la herramienta multimedia de teoría Diesel.
2. Con la asistencia del auxiliar de laboratorio observar y examinar con mayor detalle los elementos integrantes del *sistema de lubricación* de un motor Diesel, por medio del material didáctico, elementos en corte y los motores Diesel ubicados en el laboratorio.
3. De acuerdo a lo visto en el laboratorio, identificar cada una de las partes señaladas en las figuras D10 y D11, correspondiente al motor Diesel CUMMIS NTC 350.
4. Registrar en el informe de laboratorio, tanto para el motor KIA BESTA 2200, como para el motor CUMMINS NTC 350, el tipo de aceite lubricante que utilizan cada uno y sus características más importantes. Sustentarse en los manuales técnicos de cada motor.

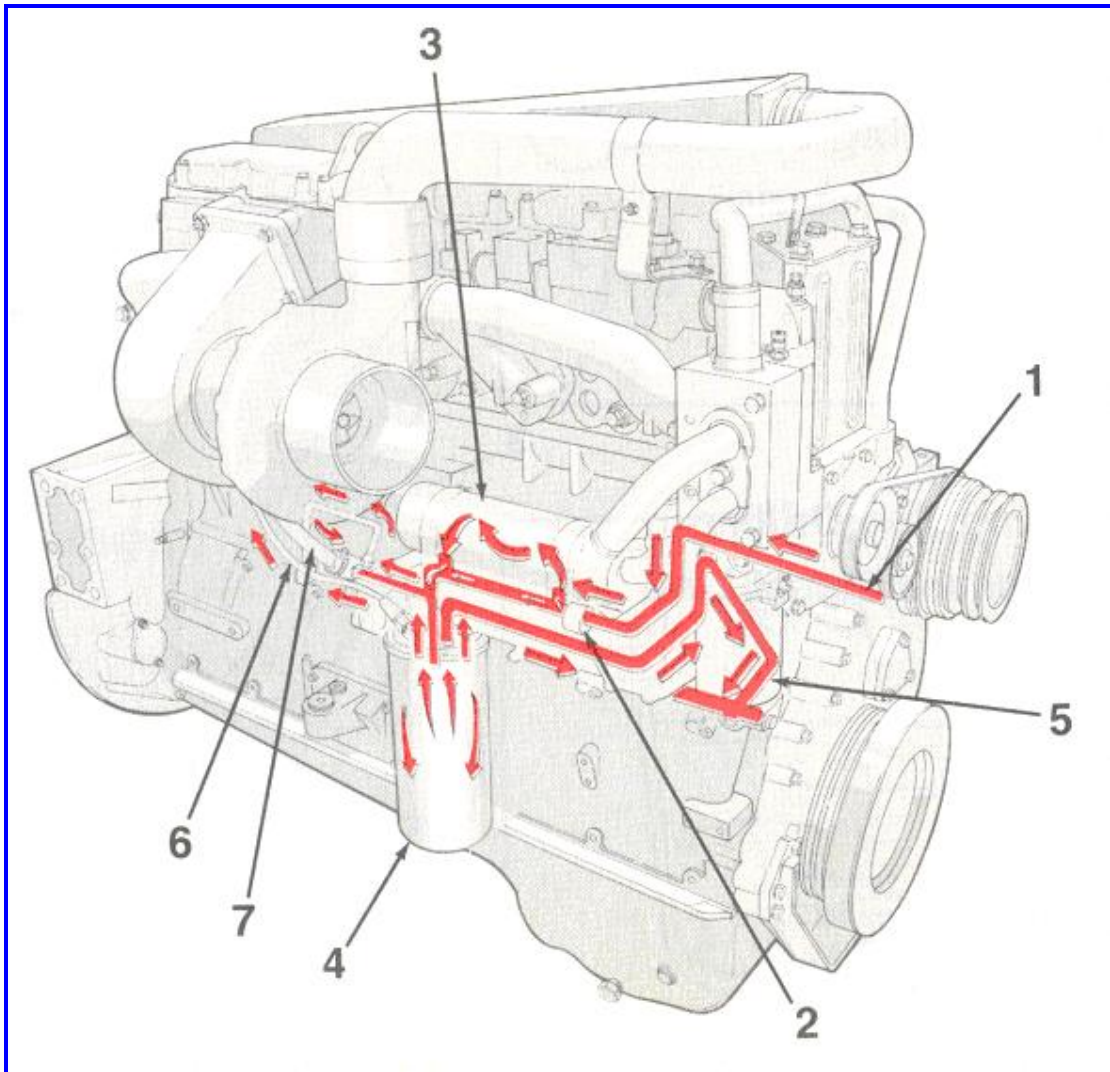


Fig. D10 Sistema de Lubricación motor CUMMINS NTC 350

1	2	3	4	5	6	7

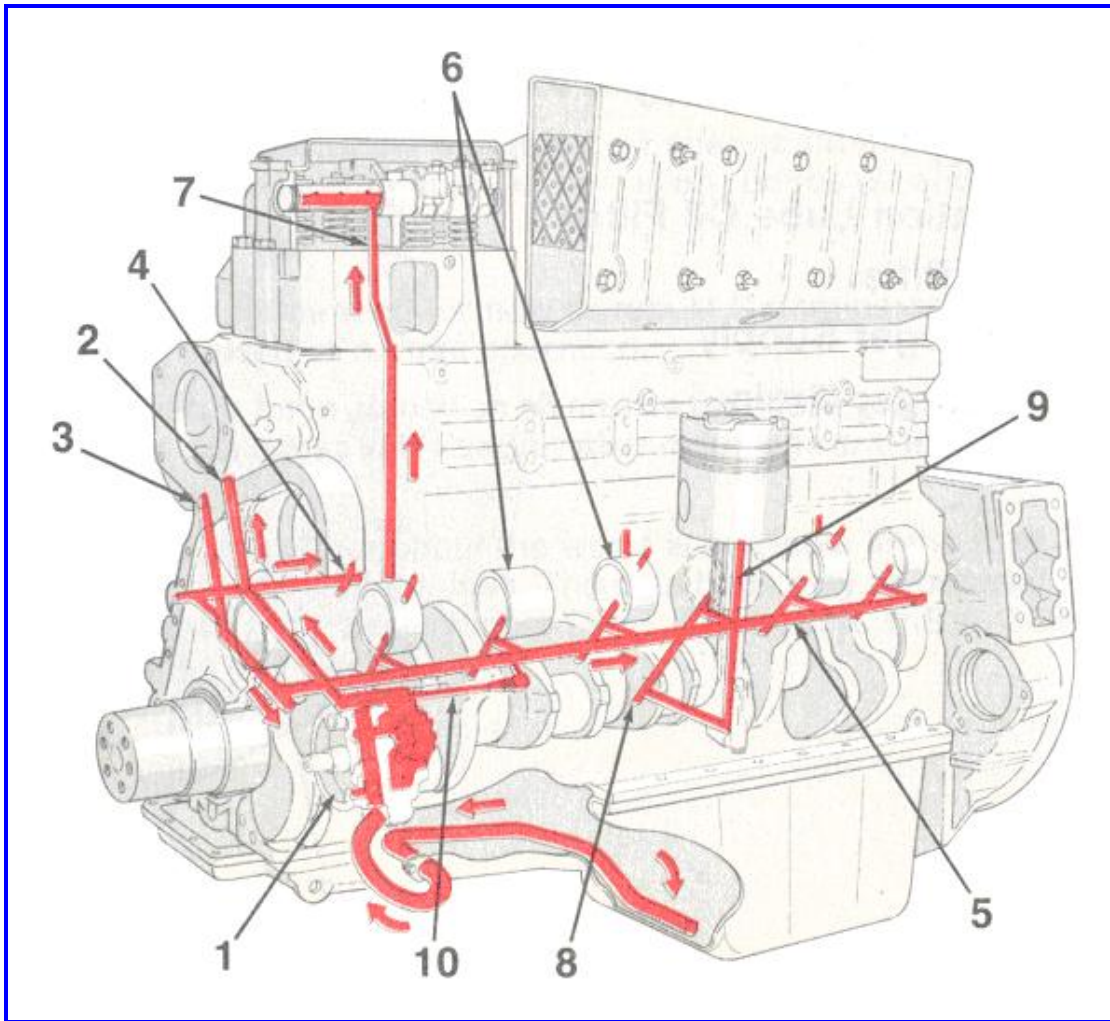


Fig. D11 Sistema de Lubricación motor CUMMINS NTC 350

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Con ayuda del auxiliar de laboratorio, tomar las respectivas mediciones para los diferentes elementos del sistema de lubricación en el motor CUMMINS NTC 350 y llenar la tabla 1. en las figuras D10 y D11 se aprecia la forma correcta de tomar las mediciones para los elementos descritos en la Tabla 1, obsérvese que para el diámetro de los muñones del cigüeñal la medición es aproximada.

Tabla 1.

<i>ÍTEM</i>	<i>MEDICIÓN</i>
<i>Diámetro muñones del cigüeñal</i>	
<i>Diámetro externo engranajes bomba</i>	
<i>Diámetro interno engranajes bomba</i>	
<i>Longitud dientes de engranajes bomba</i>	

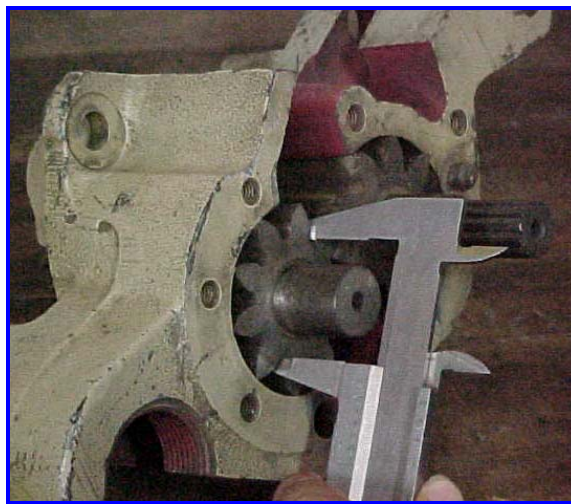


Fig. D12. Medición del diámetro interno engranajes bomba de aceite.



Fig. D13. Medición del diámetro de los muñones del cigüeñal.

Con los datos obtenidos de la Tabla 1, calcular el caudal de la bomba de aceite utilizando, tanto el criterio del caudal de aceite suministrado a los cojinetes (Ecuaciones 1 y 2), como el criterio que involucra los datos geométricos de los engranajes de la bomba (Ecuación 3), comparar los resultados obtenidos y concluir sobre las posibles discrepancias que llegaran a existir, asuma N_b 1800rpm.

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

Conteste falso (F) o Verdadero (V) según corresponda:

1. La bomba utilizada normalmente en los sistemas de lubricación son del tipo de pistones, ya que, son las que se desempeñan mejor a presiones elevadas.
2. Las partes principales del motor, como los cojinetes del cigüeñal, tienen lubricación positiva y reciben directamente el aceite a presión.
3. Los engranes de sincronización de muchos motores se lubrican por salpicado.
4. No es función del sistema de lubricación absorber los choques entre los cojinetes y otras piezas, con lo cual se disminuye el ruido y se aumenta la duración del motor.
5. El sistema de lubricación no contribuye con la refrigeración del motor.
6. Formar un buen sello entre los anillos de pistón y la pared de los cilindros es una función bien definida del sistema de lubricación
7. Para permitir que el aceite pase por los pasajes perforados en el bloque del motor y lubrique al cigüeñal, los cojinetes principales deben tener agujeros de alimentación de aceite, de modo que a cada rotación de éste permitan el paso del aceite.

8. Las paredes de los cilindros son lubricadas por el aceite que escurre de los pernos de las bielas y de sus cojinetes.

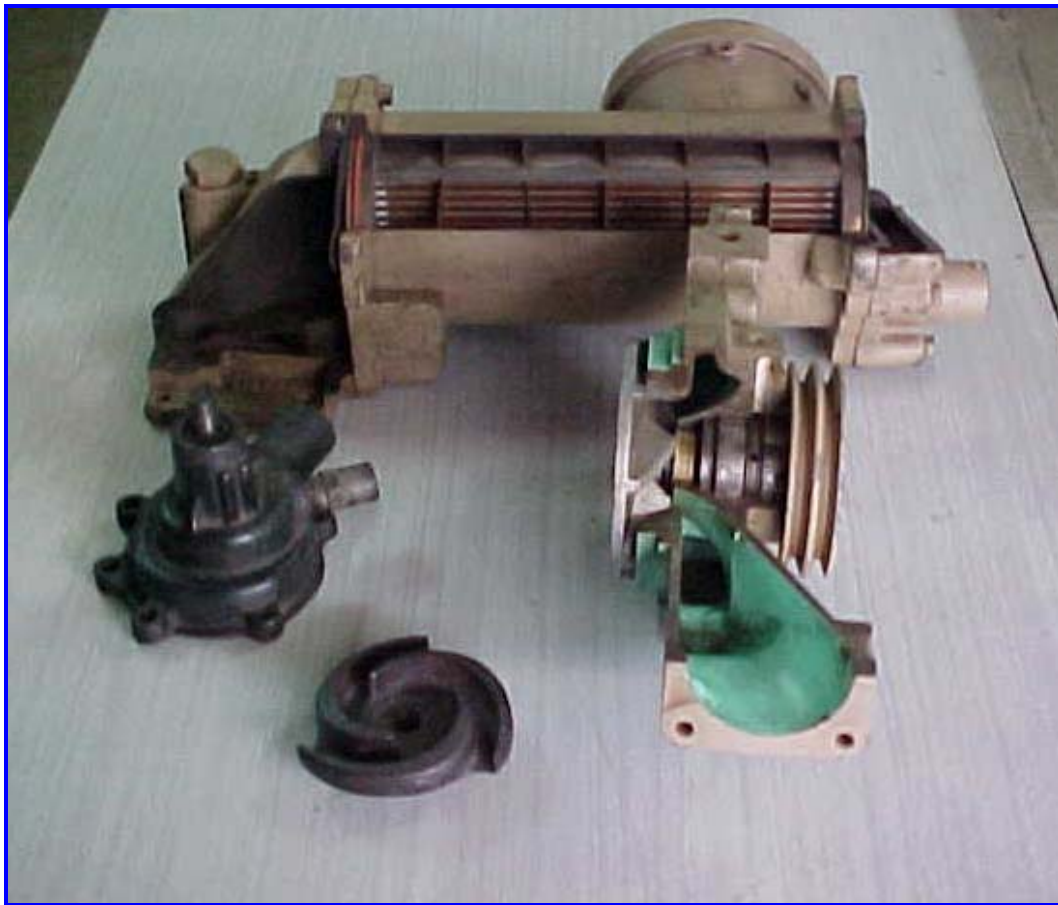
9. No es necesario enfriar el aceite antes que retorne a la galería principal en motores de gran tamaño.

10. Las bombas más utilizadas en los sistemas de lubricación son las bombas de engranajes y las de georotor.



LABORATORIO
MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica

PRACTICA N° 10

OBJETIVOS:

- ✓ Reconocer la importancia que tiene el sistema de enfriamiento en un motor Diesel.
- ✓ Identificar los diferentes elementos que constituyen el sistema de enfriamiento de un motor Diesel.
- ✓ Ilustrar el funcionamiento del sistema de enfriamiento.
- ✓ Introducir algunos conceptos de diseño básico, de los elementos de sistema de enfriamiento.

EQUIPO A UTILIZAR:

- ✓ Motor Diesel *KIA BESTA 2200*.
- ✓ Motor CUMMINS NTC 350 en corte.
- ✓ Manuales de taller de los motores CUMMINS NTC 350 y *KIA*.
- ✓ Laminas didácticas.
- ✓ Componentes y partes del sistema de enfriamiento del estante Diesel.

DESCRIPCIÓN:

10.1. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

La finalidad del sistema de enfriamiento es mantener el motor a su temperatura de funcionamiento más eficiente a todas las velocidades y en todas las condiciones. Durante la combustión, las temperaturas son altas y se genera una gran cantidad de calor. Alrededor del 25% del calor se utiliza para

efectuar trabajo útil, 31% se disipa con los gases de escape y 33% se absorbe en el sistema de enfriamiento. El resto del calor se utiliza para vencer la fricción del motor. Esos porcentajes son sólo aproximados y pueden variar en tipos particulares de motores, pero muestran la necesidad de un eficiente sistema de enfriamiento. También permiten apreciar el trabajo que debe ejecutar el sistema de enfriamiento, cuando se tiene en cuenta que alrededor de una tercera parte de la energía térmica del combustible que entra al motor, sale por el sistema de enfriamiento.

En la figura D1 se ilustra un sistema de enfriamiento básico y sus componentes.

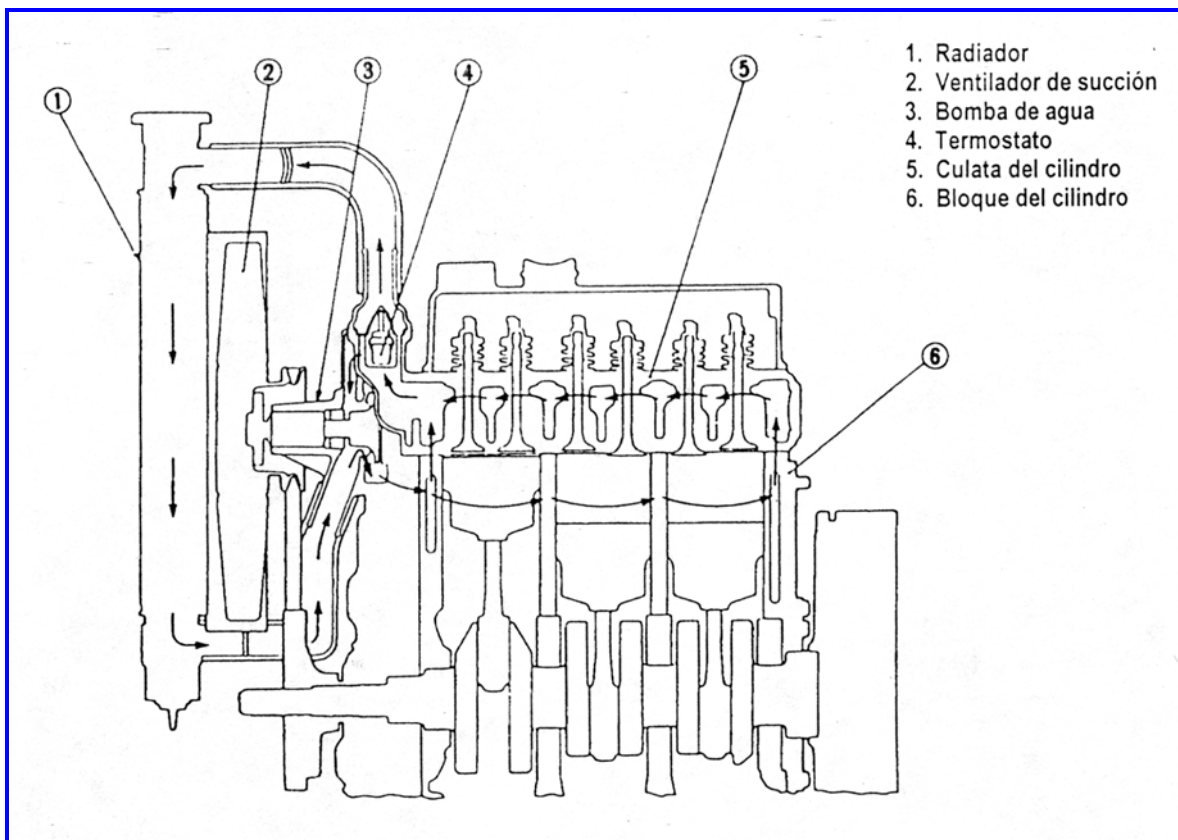


Figura D1. Sistema de enfriamiento y sus componentes.

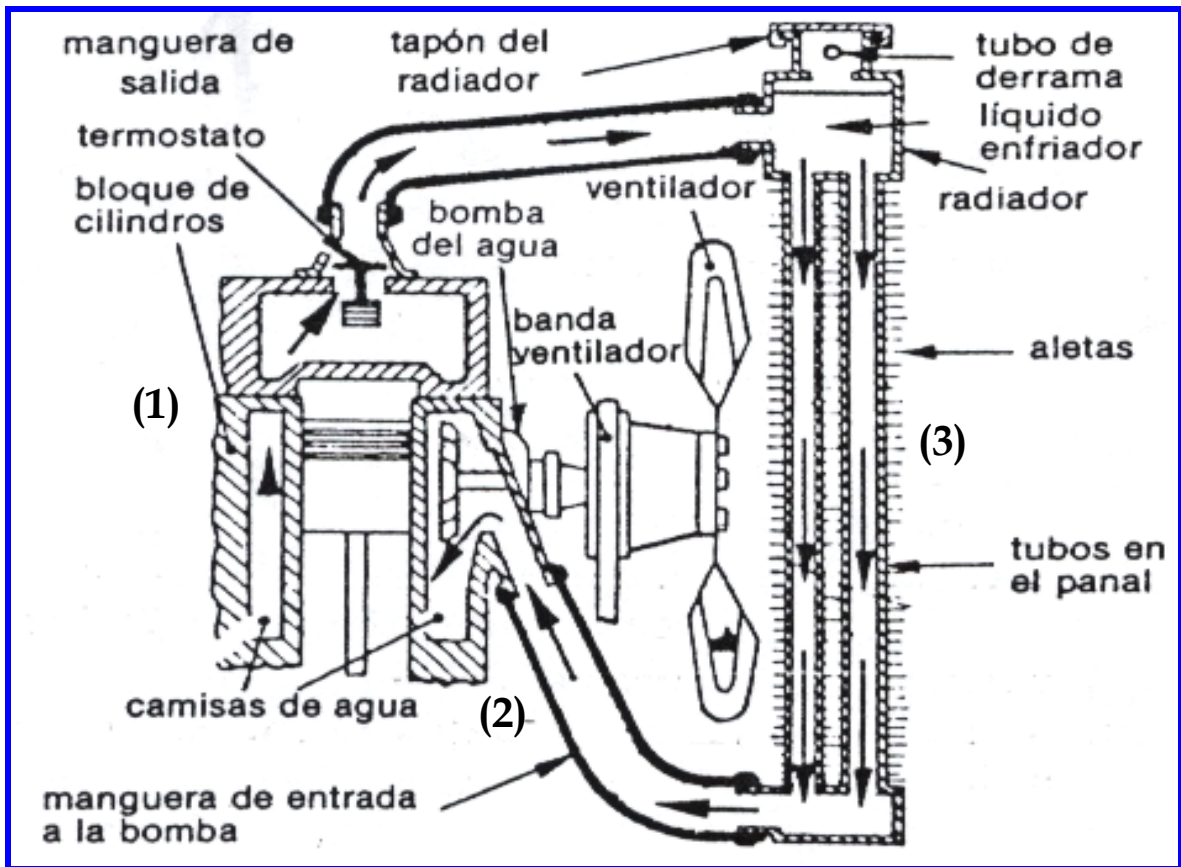


Figura D2. Funcionamiento de un Sistema de Enfriamiento simplificado.

En la figura D2 se ilustra un sistema de enfriamiento simplificado y su funcionamiento. El bloque y la culata de cilindros (1) tienen camisas o conductos para agua integrales de fundición, las cuales son espacios que rodean los cilindros y las cámaras de combustión y que se llenan con agua o con un líquido enfriador llamado también solución enfriadora.

El calor del metal del bloque y la culata de cilindros se transfiere al líquido enfriador en la camisa de agua en donde circula mediante la bomba del agua (2).

El líquido enfriador caliente se envía a la parte superior del radiador (3), baja por el panel del radiador hasta el tanque inferior y retorna a la bomba y las camisas para agua.

El radiador tiene dos grupos de conductos. El líquido enfriador que viene desde la culata baja por los tubos para agua en el panel del radiador; mientras, el aire pasa por el radiador a través de aletas fijas en los tubos.

Cuando el líquido enfriador pasa por el panel, su calor se transfiere al aire, con lo cual el líquido que vuelve a entrar al motor está bastante más frío que cuando salió de la culata de cilindros.

10.1.1. Motor enfriado por líquido. En la figura D3 se ilustra la ubicación de las diversas partes del sistema de enfriamiento de un motor en V, que incluye un enfriador de aceite.

La bomba (5) del agua en la parte delantera del motor se impulsa con la banda (correa) del ventilador. La bomba succiona el líquido del tanque inferior y entra en olla por el tubo (4) de entrada. Luego, se bombea el líquido por el enfriador (7) de aceite, en donde el calor del aceite lubricante se transmite al líquido enfriador; luego, al banco izquierdo de cilindros y, directamente desde la bomba hasta el banco derecho de cilindros.

Como la disposición del sistema es la misma para ambos bancos de cilindros, con la adición del enfriador de aceite en el banco izquierdo, sólo se describirá el flujo del líquido enfriador en el banco izquierdo. Sin embargo, también se aplica para el banco derecho.

Dentro del motor, el líquido enfriador circula alrededor de los cilindros (8) y sube a la culata (9) de cilindros. El líquido pasa por la culata alrededor de las válvulas y conductos de escape antes de llegar al frente de la culata. En el frente de la culata, el termostato (10) controla la dirección de flujo del líquido enfriador. Cuando la temperatura de funcionamiento es menor que la normal se envía al líquido por el conducto de derivación (11) hasta el lado de entrada de la bomba del agua para que recircule en todo el motor.

Cuando el líquido enfriador llega a la temperatura de funcionamiento, se abre el termostato. Entonces, la mayor parte del líquido pasa por la manguera (16) hasta el tanque superior del radiador, en donde se enfría.

El resto continúa circulando por el conducto (11) de derivación hasta la bomba del agua. La cantidad de líquido que fluye en cada dirección se controla con el termostato.

El líquido enfriador que va por la derivación, además de desviarse del radiador durante el periodo de calentamiento del motor, también impide la cavitación (burbujas de aire) en el líquido en el lado de entrada a la bomba de agua. La derivación permanece abierta con el motor a temperatura normal y suministra líquido a la bomba.

Esto reduce la posibilidad de que ocurra una presión muy baja en el lado de entrada de la bomba y produzca cavitación. El conducto de derivación también tiene una función cuando se llena el sistema de enfriamiento:

El líquido puede pasar del bloque a la culata de cilindros sin pasar por la bomba del agua. El líquido enfriador es una mezcla de agua con aditivos

químicos para reducir la corrosión. En vehículos que trabajan en lugares muy fríos se agrega anticongelante al agua durante el invierno.

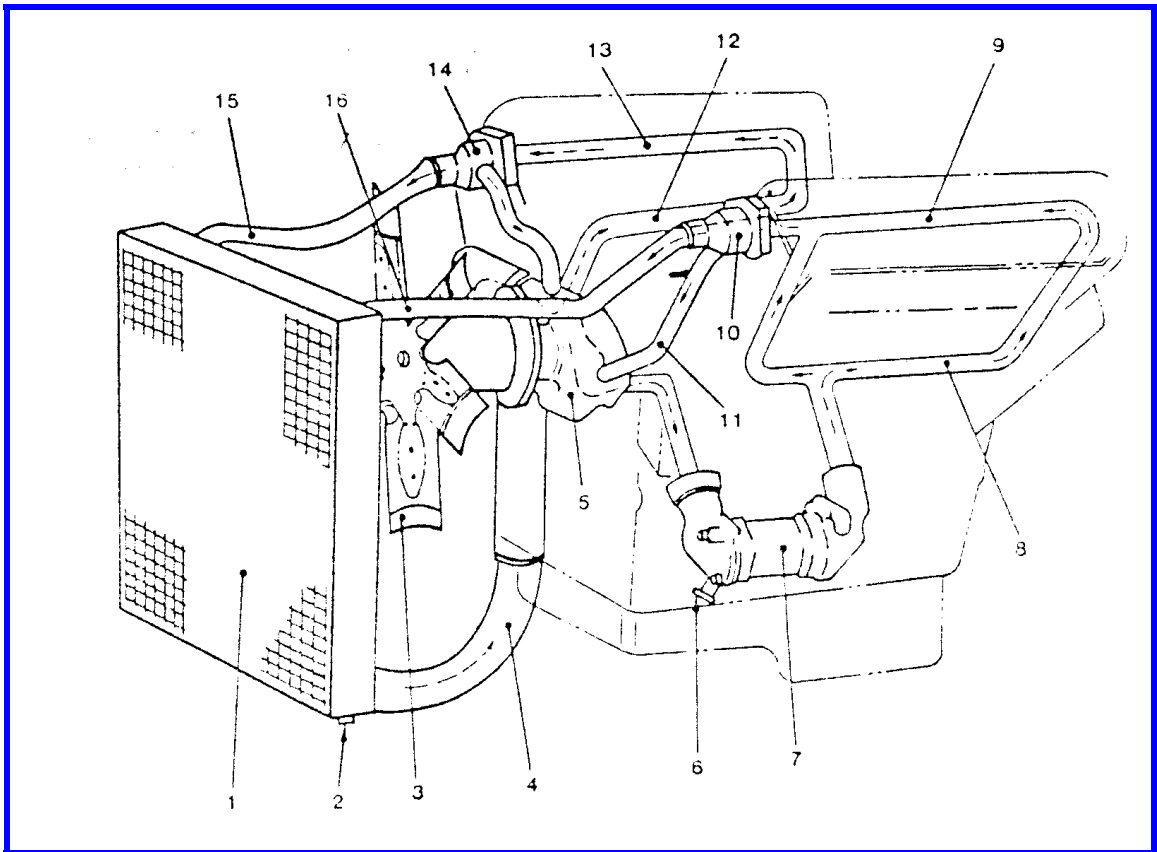


Fig. D3 Diagrama del sistema de enfriamiento. 1) radiador. 2) tapón de vaciar, 3) ventilador, 4) tubo de entrada. 5) Bomba del agua, 6) drenaje del enfriador de aceite. 7) enfriador de aceite. 8) circulación cor bancada izquierda del Motor 9) circulación en culata izquierda. 10) termostato lado izquierdo. 11) derivación. 12) Circulación en la culata derecha, 13) circulación en bancada derecha del bloque, 14) termostato lado derecho 15) manguera superior del radiador lado derecho. 16) Manguera superior del radiador lado izquierdo.

10.1.2. Motores enfriados por aire. Los motores enfriados por aire están equipados con aletas metálicas en el exterior de los cilindros y la culata para

irradiar el calor del motor al aire circundante. Los cilindros suelen estar separados entre sí para permitir la libre circulación del aire alrededor de ellos. Se utiliza un ventilador para producir un flujo forzado y ductos para llevar el aire a los cilindros; éstos se encuentran rodeados por (tolvas) bóvedas metálicas para dirigir el aire a través de las aletas en los cilindros y culatas.

En la figura D4 se puede observar el motor DEUTZ refrigerado por aire ubicado en el LMTA. Este motor posee aletas metálicas en el exterior de la camisa y culata para mejorar la transferencia de calor con el exterior.

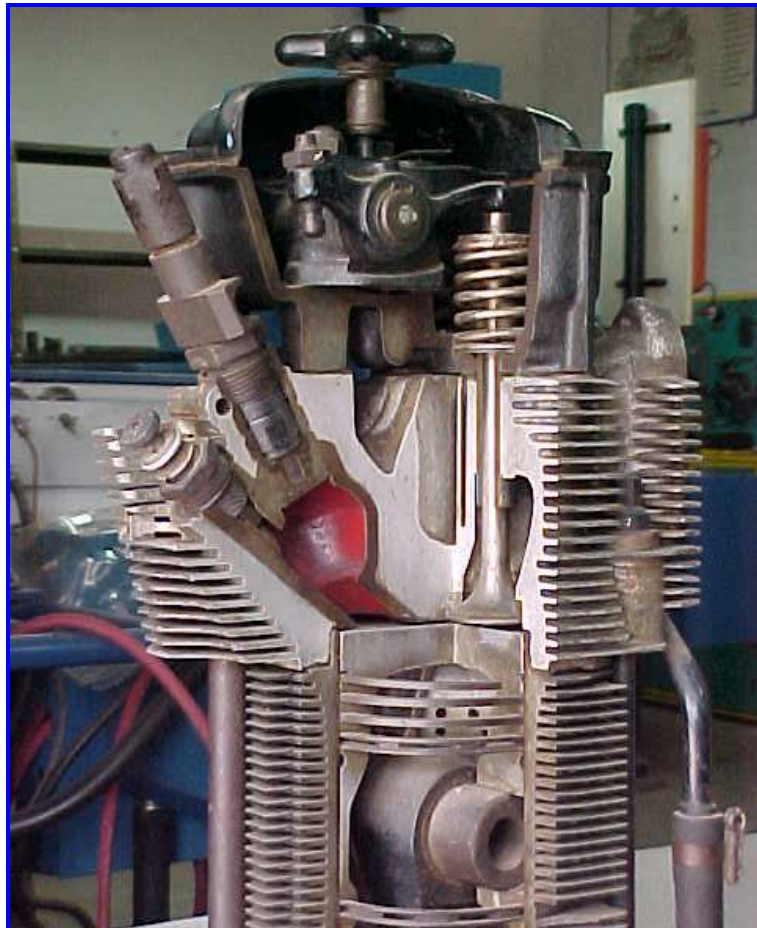


Fig. D4. Motor DEUTZ Refrigerado por Aire.

PROCEDIMIENTO

1. Examinar el material de lectura sustentándose en la herramienta multimedia de teoría Diesel.
2. Con la asistencia del auxiliar de laboratorio observar y examinar con mayor detalle los elementos integrantes del *sistema de enfriamiento* de los motores CUMMINS NTC 350 y KIA. Observar también el material didáctico (láminas y elementos en corte).
3. De acuerdo a lo visto en el laboratorio, identificar cada una de las partes señaladas en la figura D5, correspondiente al motor Diesel CUMMIS NTC 350. Llene la tabla adjunta de acuerdo a la numeración señalada en la figura D5.
4. Registrar en el informe de laboratorio, tanto para el motor KIA BESTA 2200, como para el motor CUMMINS NTC 350, el tipo de líquido refrigerante que utilizan cada uno y sus características más importantes. Sustentarse en los manuales técnicos de cada motor.

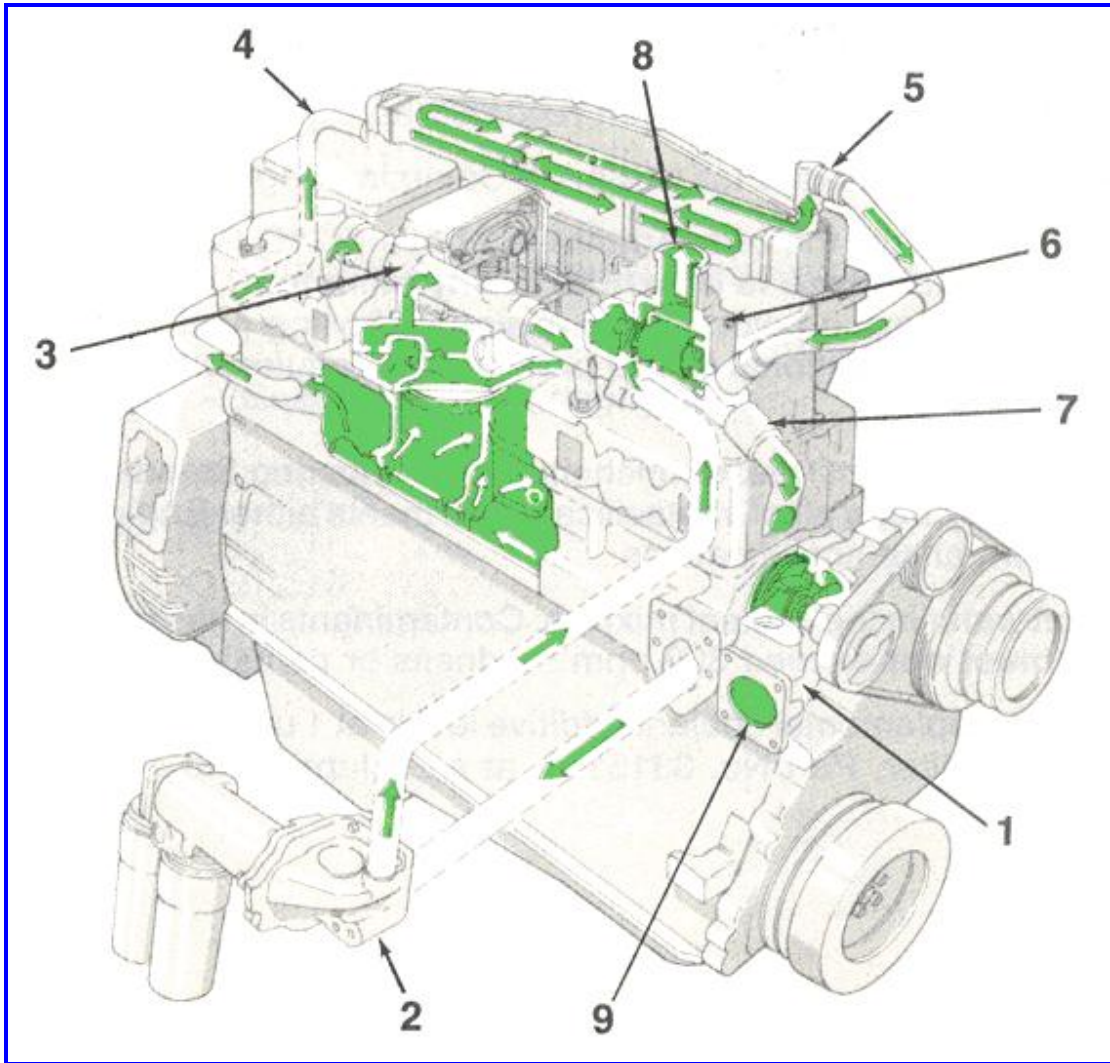


Fig. D5 Sistema de Enfriamiento motor CUMMINS NTC 350

1	2	3	4	5	6	7	8	9

5. Realizar el balance térmico del motor CUMMINS NTC 350, teniendo en cuenta los datos técnicos suministrados por el fabricante y los valores de pérdidas de calor registrados en la tabla 1. Termine de llenar la tabla.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MOTOR CUMMINS NTC 350

<i>POTENCIA NOMINAL</i>	<i>350 Bhp</i>
<i>VELOCIDAD DE RATEO</i>	<i>2100 RPM</i>
<i>TORQUE MAXIMO</i>	<i>1175 Lb - Pie</i>
<i>NÚMERO DE CILINDROS</i>	<i>6</i>
<i>DIAMETRO Y CARRERA</i>	<i>5 ½ Y 6 Pulg</i>
<i>DESPLAZAMIENTO</i>	<i>855 Pulg³</i>
<i>RELACIÓN DE COMPRESIÓN</i>	<i>14.5</i>
<i>CICLOS DE OPERACIÓN</i>	<i>4</i>
<i>CAPACIDAD SISTEMA DE LUBRICACIÓN</i>	<i>11 US Gls.</i>
<i>CAPACIDAD SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</i>	<i>5.5 US Gls.</i>
<i>PESO NETO CON ACCESORIOS</i>	<i>2520 Lb.</i>
<i>PODER CALORIFICO SUPERIOR ACPM</i>	<i>19700 Btu/Lb.</i>

CURVAS DE DESEMPEÑO



NTC 350 BC III

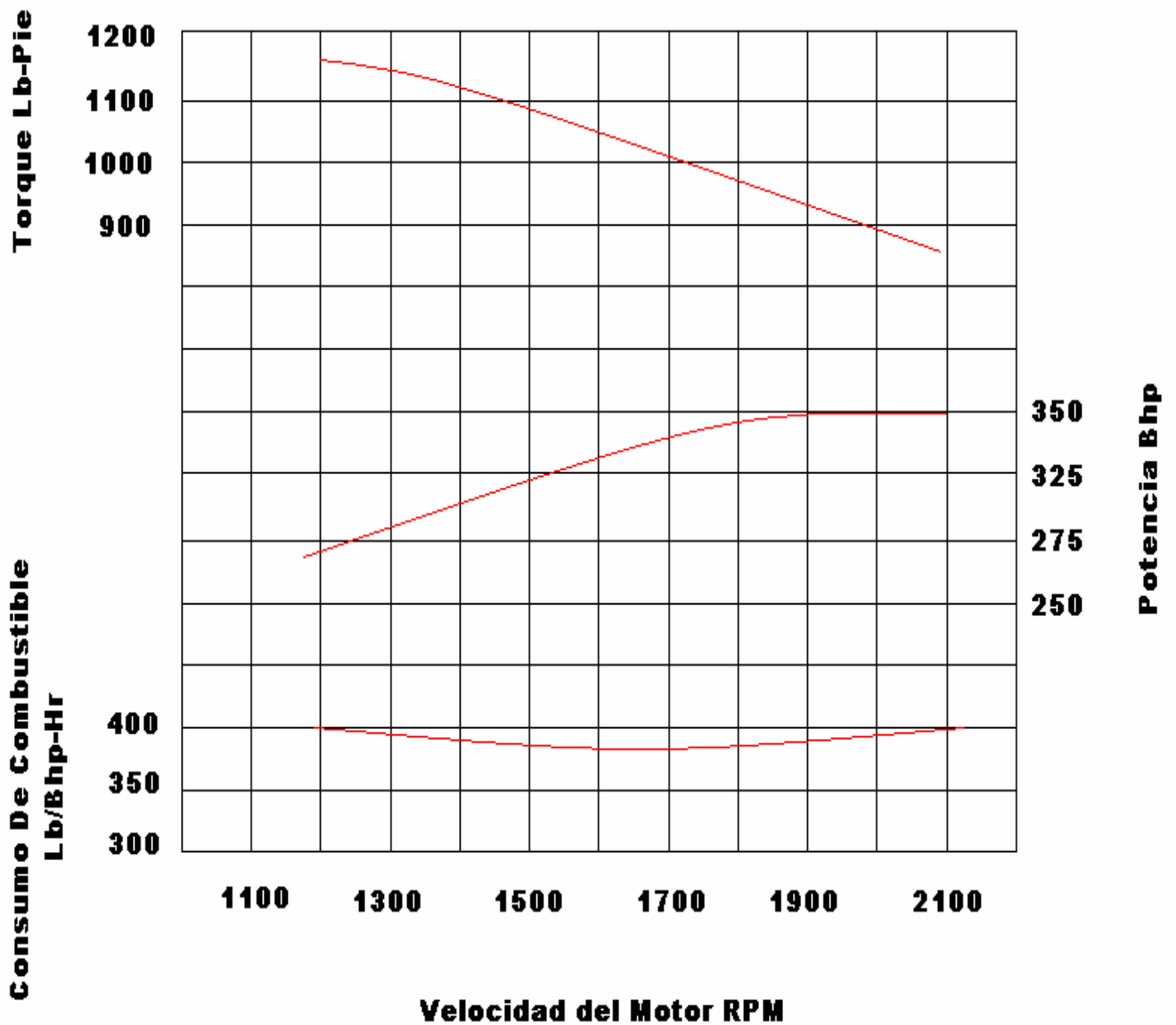


TABLA 1. PERDIDAS DE CALOR

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>%</i>	<i>CALOR PERDIDO MJ/h</i>
<i>Agua De La Camisa</i>	<i>11.5</i>	
<i>Turbocargador</i>	<i>2.0</i>	
<i>Aceite Lubricante</i>	<i>3.8</i>	
<i>Post-Enfriador</i>	<i>4.0</i>	
<i>Escape</i>	<i>34.7</i>	
<i>Radiación</i>	<i>7.5</i>	
<i>TOTAL</i>	<i>63.5</i>	

6. Calcular el flujo volumétrico de la bomba de agua y la potencia necesaria para su funcionamiento aplicando los conocimientos de transferencia de calor y mecánica de fluidos adquiridos en semestres anteriores. Utilizar también los datos calculados y consignados en la tabla1, y las referencias dadas a continuación:

- ✓ **$\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$.**
- ✓ **$\Delta T_{\text{motor}} = 15^\circ\text{C}$.**
- ✓ **$Cp_{\text{agua}} = 4186 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$.**
- ✓ **$H_{\text{bomba}} = 30 \text{ m de H}_2\text{O}$.**
- ✓ **$\eta_{\text{total bomba}} = 70 \%$.**

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

Conteste falso (F) o Verdadero (V) según corresponda:

1. La finalidad del sistema de enfriamiento es mantener el motor a su temperatura de funcionamiento más eficiente a todas las velocidades y en todas las condiciones.
2. El sistema de enfriamiento se encarga de absorber por lo menos el 50% del calor generado en la combustión.
3. El líquido enfriador es una mezcla de agua con aditivos químicos para reducir la corrosión.
4. La cantidad de líquido que fluye en cada dirección se controla con el radiador.
5. El sistema de lubricación contribuye con la refrigeración del motor.
6. El radiador es un intercambiador de calor que permite transferir el calor del líquido enfriador del motor al aire.
7. La finalidad del ventiladores producir una fuerte succión y corriente de aire a través del núcleo (panel) del radiador.
8. Las paredes de los cilindros son lubricadas por el aceite que escurre de los pernos de las bielas y de sus cojinetes.

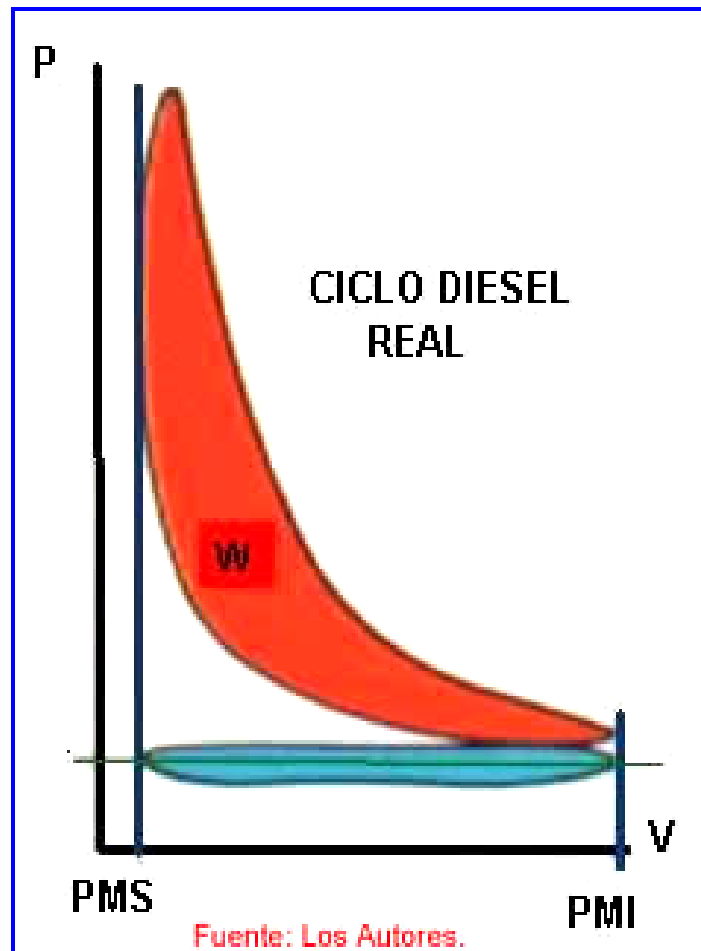
9. No es función del sistema de enfriamiento retirar el calor que posee el aceite que retorna a la galería principal.

10. La finalidad del termostato es cerrar la salida hacia el tanque superior del radiador cuando el motor está frío, para que el líquido no pase por el radiador.



LABORATORIO
MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS

CALCULO DEL CICLO DE TRABAJO DEL MOTOR DIESEL



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas
Escuela de Ingeniería Mecánica

PRACTICA N° 11

OBJETIVOS:

- ✓ Identificar las características más importantes del ciclo termodinámico Diesel.
- ✓ Reconocer las diferencias más representativas entre los ciclos termodinámicos Otto y Diesel.
- ✓ Analizar y calcular cada uno de los procesos realizados durante la operación de los motores Diesel para determinar los parámetros de diseño del ciclo.

TEMAS DE CONSULTA:

- ✓ Ciclos termodinámicos de los motores de combustión interna.
- ✓ Ciclos reales de los motores de combustión interna.
- ✓ Parámetros de diseño y operación de los motores Diesel.
- ✓ Procesos de admisión, compresión, combustión y escape en motores Diesel.

BIBLIOGRAFÍA:

- ✓ HEYWOOD, John B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Mexico: Mc Graw Hill, 1989.
- ✓ MIRALLES DE IMPERIAL, Juan. *Motores Diesel Funcionamiento y Estructura*. Barcelona: CEAC, 1989.
- ✓ JOVAJ, M. S. *Motores de Automóvil*. URSS: MIR, 1982.

DESCRIPCIÓN:

11.1. CARACTERISTICAS TERMODINAMICAS DEL CICLO DIESEL

11.1.1. Ciclo teórico Diesel. Este se le conoce como ciclo de encendido por compresión y se realiza a presión constante.

El método utilizado aquí consiste en elevar la temperatura de la mezcla de combustible y aire por encima de su temperatura de ignición utilizando relaciones de compresión en el intervalo 14:1 a 24:1 y presiones de compresión de 400 a 700 psi (2.76 - 4.83 Mpa).

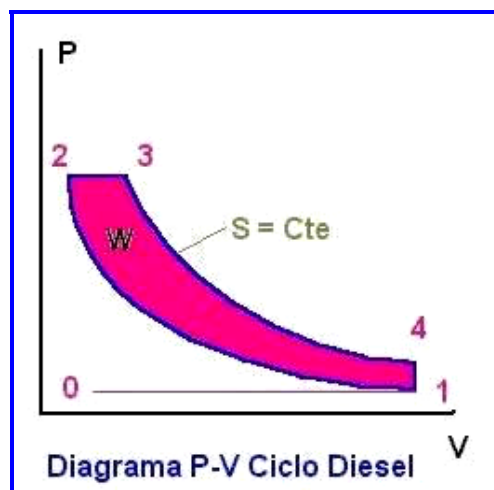


Fig. D1. Diagrama P-V Ciclo Diesel.

El ciclo que describe el comportamiento de este proceso es el ciclo Diesel, como el ciclo teórico es limitado solo se describirán sus características básicas. Este ciclo se compone de 4 procesos (figura D1) internamente reversibles, este solo difiere del ciclo de Otto en la fase de suministro de calor (2-3), prevista a presión constante. Mediante un ciclo de aire estándar basado en capacidades

térmicas específicas constantes se puede hacer un análisis útil del ciclo Diesel. En esas condiciones, los calores de entrada y salida del ciclo están dados por:

$$\boxed{Q_{ent} = C_p(T_3 - T_2) \quad Q_{sal} = C_v(T_4 - T_1)} \quad (1)$$

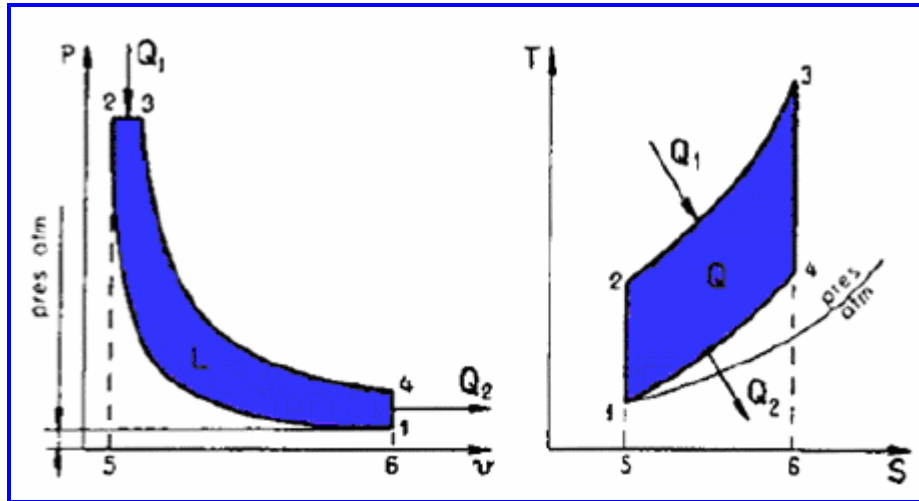


Fig. D2. Diagramas P-V y T-S del Ciclo Diesel ideal.

Como se ve en la figura D2, el ciclo Diesel ideal está formado por cuatro líneas térmicas que representa: la compresión adiabática (1-2); la introducción del calor a presión constante (2-3); la expansión adiabática (3-4); la expulsión del calor a volumen constante (4-1). Durante la transformación 2-3 de introducción del calor Q_1 a presión constante, el pistón entra en funcionamiento, y por tanto, el fluido produce el trabajo:

$$\boxed{Q_1 = (U_3 - U_2) + A(P_3V_3 - P_2V_2) = H_3 - H_2} \quad (2)$$

Por ser el fluido de trabajo un gas perfecto, podemos emplear, para su variación de entalpía a presión constante, la expresión:

$$\boxed{Q_1 = H_3 - H_2 = Cp(T_3 - T_2)} \quad (3)$$

Hay que hacer resaltar que en una transformación con introducción de calor a presión constante varía el valor de la entalpía del fluido activo, mientras que en caso de la transformación a volumen constante varía el de la energía interna del fluido. Como la sustracción del calor Q_2 se realiza como en el ciclo Otto, podemos escribir:

$$\boxed{Q_2 = U_4 - U_1 = Cv(T_4 - T_1)} \quad (4)$$

Para la transformación 2-3 de combustión a presión constante tenemos:

$$\boxed{\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2}} \quad (5)$$

Para las transformaciones adiabáticas 1-2 de compresión y 3-4 de expansión se tiene, respectivamente:

$$\boxed{\begin{aligned} T_1 &= T_2 \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1} \\ T_4 &= T_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} \end{aligned}} \quad (6)$$

Si tratamos de efectuar en una máquina real un ciclo ideal de los que hemos estudiado, el resultado será considerablemente menor al teórico. El rendimiento reducido está determinado por las pérdidas inherentes a la transición de ciclos ideales a procesos reales y por otras pérdidas debidas a los medios físicos de que nos valemos para lograr la aptitud deseada.

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

1. Por rozamientos del aire en los conductos de admisión y al paso por la válvula, la aspiración se realiza a presión inferior de la atmosférica, resultando que el cilindro no se llene por completo.
2. Como el cilindro contiene el aire a presión inferior a la atmosférica, no se consigue compresión hasta que el pistón ha recorrido cierta parte de su carrera ascendente, por lo tanto partimos de un volumen menor al supuesto. A esto hay que sumarle las pérdidas de calor a través de las paredes y las fugas por los anillos y asientos de válvulas.
3. La combustión no es enteramente a presión constante, pues imposible regular la inyección de forma que la progresiva combustión del combustible pulverizado compense la caída de presión originada por el aumento de volumen en la cámara de combustión.
4. El escape, debido a la contrapresión que existe en los conductos, se realiza a mayor presión que la atmosférica.

En la figura D3 se aprecian claramente las diferencias anteriormente citadas para los ciclos reales y teóricos, tanto para los motores de dos tiempos como para los motores de cuatro tiempos.

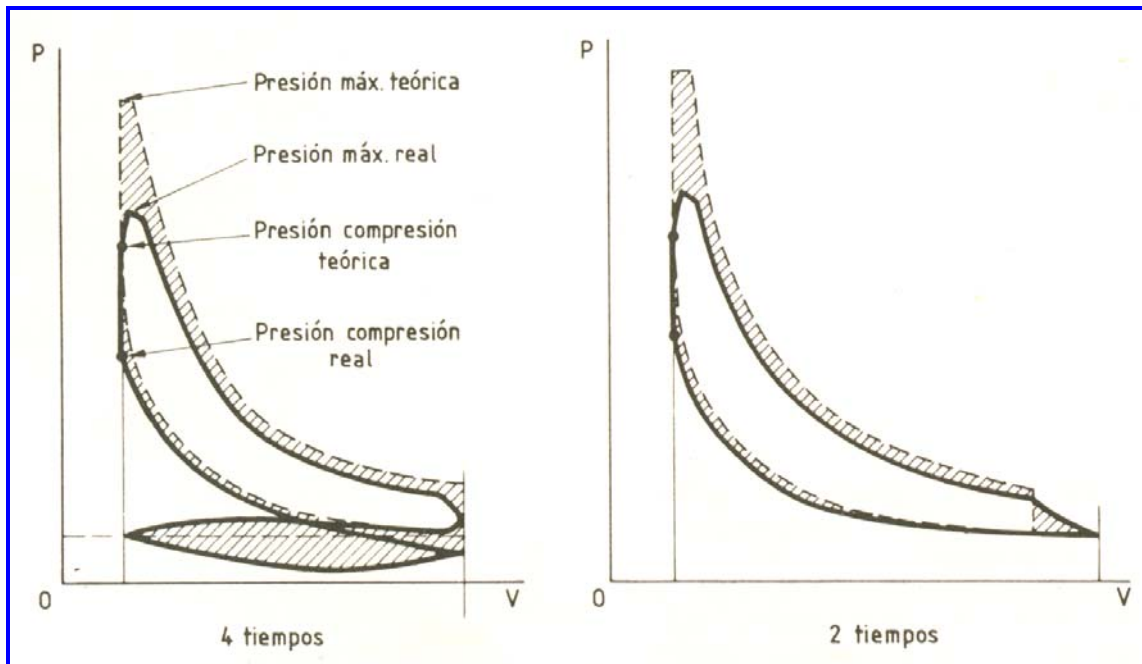


Fig. D3. Diagramas P-V reales del Ciclo Diesel. El rayado indica las pérdidas respecto al diagrama teórico dibujado de trazos.

El análisis de cada uno de los procesos y el cálculo de estos permiten determinar los parámetros de diseño del ciclo. Basándose en los resultados del cálculo se pueden determinar las principales dimensiones del motor y efectuar un cálculo comprobatorio de sus piezas más importantes.

Los métodos de simulación del ciclo operacional se basan en resolver, recurriendo a ordenadores que utilizan software, las ecuaciones diferenciales para los balances de masa y energía.

La simulación matemática realizada, introduciendo algunas suposiciones debidamente fundamentadas y utilizando coeficientes experimentales,

permite determinar las variaciones de presión y temperatura para todas las etapas del ciclo.

Sobre la base de los datos obtenidos, al estudiar la teoría de motores, y con una elección fundamentada de los coeficientes experimentales se puede calcular, con la suficiente precisión, el ciclo de trabajo de un motor Diesel.

A continuación se expone un ejemplo del cálculo térmico de un motor Diesel que está destinado a instalarse en un vehículo automotriz.

✓ *Ejemplo del cálculo térmico para un motor Diesel.*

Calcular el ciclo de trabajo del motor Diesel sin sobrealimentación, con una potencia nominal de 350 Hp, a 2100 Rpm, la relación de compresión es de 14.5, el motor tiene 6 cilindros, el diámetro del pistón es de 165 mm y su carrera es de 173.5 mm.

Datos adicionales:

$$\alpha = 1.4$$

$$\lambda = 1.8$$

$$T_z = 2200\text{k}$$

Combustible:

ACPM (C: 0.87, H: 0.126, Oc: 0.004)

Masa molecular = 28.97 Kg/Kmol.

Poder calorífico = 42 Mj/Kg.

a) Aire teórico para 1 Kg De combustible.

Ecuación 44

$$l_o = \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_c \right)$$

Reemplazando los valores tenemos:

$$l_o = \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3} \times 0.87 + 8 \times 0.126 - 0.004 \right)$$

$$l_o = 14.45 \text{ Kg.}$$

$$L_o = \frac{l_o}{M_{ACPM}}$$

$$L_o = \frac{14.45}{28.97} = 0.499 \text{ Kmol.}$$

✓ Cantidad total de aire.

$$M_1 = \alpha L_o \quad M_1 = \alpha L_o = 1.4 \times 0.499 = 0.699 \text{ Kmol / Kg.}$$

b) Productos de la combustión.

Ecuación 67

Para $\alpha=1$

$$M_2 = \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{12} + 0.79L_v \right) \quad M_2 = 0.5297 \text{ Kmoll / Kg.}$$

- ✓ Cantidad excedente de aire fresco.

$$(\alpha - 1)L_0 = (1.4 - 1)0.499 = 0.1996 \text{ Kmoll / Kg.}$$

- ✓ Cantidad total productos de la combustión.

$$M_{2t} = 0.5297 + 0.1996 = 0.7293 \text{ Kmoll / Kg.}$$

- ✓ Coeficiente teórico de variación molecular μ_0 .

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0.7293}{0.699} = 1.044$$

c) Parámetros proceso de admisión.

Asumiendo:	$P_0 = 0.100 \text{ Mpa.}$	$T_0 = 298^\circ\text{K.}$
	$P_a = 0.089 \text{ Mpa.}$	$\Delta T = 30$
	$P_r = 0.120 \text{ Mpa.}$	$T_r = 850^\circ\text{K.}$

- ✓ Densidad de la carga de aire.

$$\rho_0 = \frac{P_0}{RT_0} \quad \rho_0 = \frac{0.1}{(0.287 \times 298)} = 1.17 \text{ Kg / m}^3$$

- ✓ Coeficiente de gases residuales γ_r .

Ecuación 160 Jovaj.

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{R_c P_a - P_r}$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$\gamma_r = 0.0395$$

Ecuación 140

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{298 + 30 + 0.0395 \times 850}{1 + 0.0395} = 348K.$$

✓ Rendimiento volumétrico.

Ecuación 152

$$\eta_v = \frac{R_c}{R_c - 1} \times \frac{P_a}{P_0} \times \frac{T_0}{T_a(1 + \gamma_r)} \quad \eta_v = \frac{14.5}{14.5 - 1} \times \frac{0.089}{0.1} \times \frac{298}{348(1 + 0.0395)} = 0.787$$

d) Parámetros del proceso de compresión.

Asumiendo el coeficiente politrópico $n_1 = 1.38$

Ecuaciones 162 y 163 Jovaj.

$$P_c = P_a R_c^{n_1} = 0.089 \times 14.5^{1.38} = 3.57 \text{ Mpa.}$$

$$T_c = T_a R_c^{n_1 - 1} = 348 \times 14.5^{1.38 - 1} = 961 \text{ K.}$$

e) Parámetros del proceso de combustión.

$$T_z = 2200^\circ \text{K.}$$

$$P_z = \lambda P_c = 1.8 \times 3.57 = 6.43 \text{ Mpa.}$$

- ✓ Coeficiente real de variación molecular μ_r

$$\mu_r = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{1.044 + 0.0395}{1 + 0.0395} = 1.042$$

- ✓ Coeficiente de expansión preeliminar.

$$\rho = \frac{\mu_r}{\lambda} \times \frac{T_z}{T_c} = \frac{1.042}{1.8} \times \frac{2200}{961} = 1.325$$

f) Parámetros del proceso de expansión.

- ✓ Grado de expansión posterior.

$$\delta = \frac{R_c}{\rho} = \frac{14.5}{1.325} = 10.943$$

Asumiendo $n_2 = 1.23$

Ecuaciones 185 y 186 Iovaj.

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}} = \frac{2200}{10.943^{1.23-1}} = 1269 \text{ K.}$$

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \frac{6.43}{10.943^{1.23}} = 0.339 \text{ Mpa.}$$

g) Presión media indicada.

Ecuación 196 Iovaj.

$$P_{mi} = P_a \frac{R_c^{n_1}}{R_c - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{R_c^{n_1-1}} \right) \right]$$

Reemplazando los valores correspondientes se obtiene:

$$P_{mi} = 0.867 \text{ Mpa.}$$

h) Parámetros principales del ciclo.

- ✓ Consumo específico de combustible.

Ecuación 211 Iovaj.

$$g_i = 3600 \frac{\eta_v \rho_0}{\alpha P_{mi} l_0}$$

Reemplazando valores:

$$g_i = 189 \text{ g / Kw-h}$$

- ✓ Rendimiento indicado del ciclo.

Ecuación 212 Iovaj.

$$\eta_i = \frac{3600}{g_i H_u}$$

$$\eta_i = 0.45$$

- ✓ Presión media efectiva

Ecuación 2.19b Heywood.

$$P_{me} = \frac{Pot(Kw)n_r 10^3}{V_d(dm^3)N(rev/s)}$$

$$V_d = \left(\frac{\pi}{4} D_p^2 L \right) N_{cilindros}$$

$$P_{me} = 0.67 Mpa.$$

- ✓ Eficiencia mecánica.

$$\eta_m = \frac{P_{me}}{P_{mi}} = 0.77$$

- ✓ Rendimiento efectivo del ciclo.

Ecuación 222 Iovaj.

$$\eta_e = \eta_i \eta_m = 0.3465$$

PROCEDIMIENTO

- Motor Diesel sin sobrealimentación, de cuatro tiempos, con un Torque de 637 N-m a 2400 Rpm, el motor tiene 8 cilindros y una relación de compresión de 16.5, el coeficiente de exceso de aire es de 1.4, durante el proceso de combustión a presión constante la presión máxima (P_z) es 7.67 Mpa.

Datos adicionales

$$\begin{aligned} P_o &= 0.10 \text{ Mpa} & T_o &= 288^\circ\text{K} \\ P_a &= 0.0892 \text{ Mpa} & \gamma_r &= 0.033 \\ P_r &= 0.120 \text{ Mpa} & T_r &= 850^\circ\text{K} \\ n_1 &= 1.38 & n_2 &= 1.23 \\ T_z &= 2271^\circ\text{K} \end{aligned}$$

Datos del combustible

ACPM (C: 0.87, H: 0.126, Oc: 0.004)

Masa molecular = 28.97 Kg/Kmol.

Poder calorífico = 42 Mj/Kg.

1. Utilizando el software *SICICLOTER* calcule el ciclo ideal y los parámetros de operación más representativos para el motor Diesel del enunciado anterior.
2. Teniendo como base el ejercicio explicado en el marco teórico, calcule el ciclo térmico real y los parámetros de operación más representativos para el motor Diesel del enunciado anterior.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ HEYWOOD, John B. Internal Combustion Engine Fundamentals. Mexico: Mc Graw Hill, 1989.
- ✓ MIRALLES DE IMPERIAL, Juan. Motores Diesel Funcionamiento y Estructura. Barcelona: Ceac, 1989.
- ✓ JOVAJ, M. S. Motores de Automóvil. URSS: Mir, 1982.
- ✓ RABOLSKY, I. Motores Diesel. México: Paraninfo, 2003.
- ✓ HOLMAN, Jack. Métodos Experimentales para ingenieros. México: Mc Graw Hill, 1986.
- ✓ MAY, Ed. Mecánica para Motores Diesel. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.
- ✓ GIL, Hermógenes. Manual del Automóvil, Motores Diesel. México: Cultural, 2003.

ANEXO B.

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

Debido a la gran cantidad de material bibliográfico con que cuenta el laboratorio de maquinas térmicas alternativas en el área de motores Diesel, se advirtió la imperiosa necesidad de organizar, seleccionar, clasificar y ordenar este material con el fin de proporcionar una herramienta de fácil acceso a los estudiantes para un mejor y completo aprendizaje en el área Diesel.

El material bibliográfico se ordeno en uno de los estantes del laboratorio, el cual, fue previamente adecuado para tal fin. También se codifico con el propósito de ejercer un control y facilitar la búsqueda de los diferentes temas de interés.

Todo el material bibliográfico fue clasificado por temas como se muestra a continuación:

<i>NOMENCLATURA</i>	
B	Bibliografía
BD	Bancos Didácticos
C	Combustibles
I	Instrumentación
M	Mantenimiento
MD	Material Didáctico
NT	Nuevas Tecnologías
P	Polución
T	Teoría

FORMATO PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA DIESEL

A continuación se presenta el formato para el registro del material bibliográfico, que halla en el laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas:



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

<i>CÓDIGO</i>	<i>TÍTULO</i>	<i>AUTOR</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>

ANEXO C.
ESTADO ANTERIOR DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS
ALTERNATIVAS



Sala de control del LMTA.



Láminas didácticas de motores Diesel



Mueble de elementos y partes del motor Diesel

ESTADO ACTUAL DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS

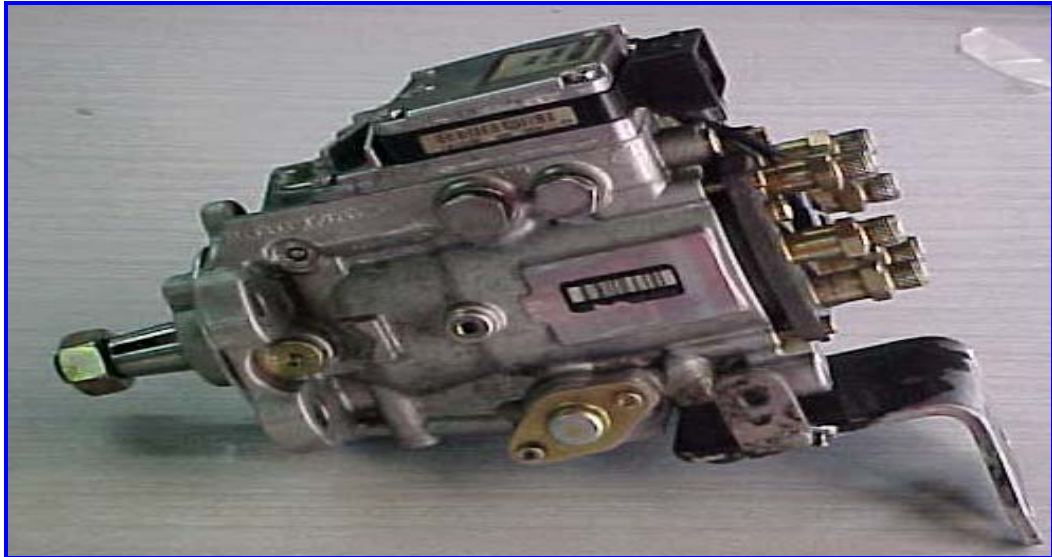


Mueble de elementos y partes del motor Diesel

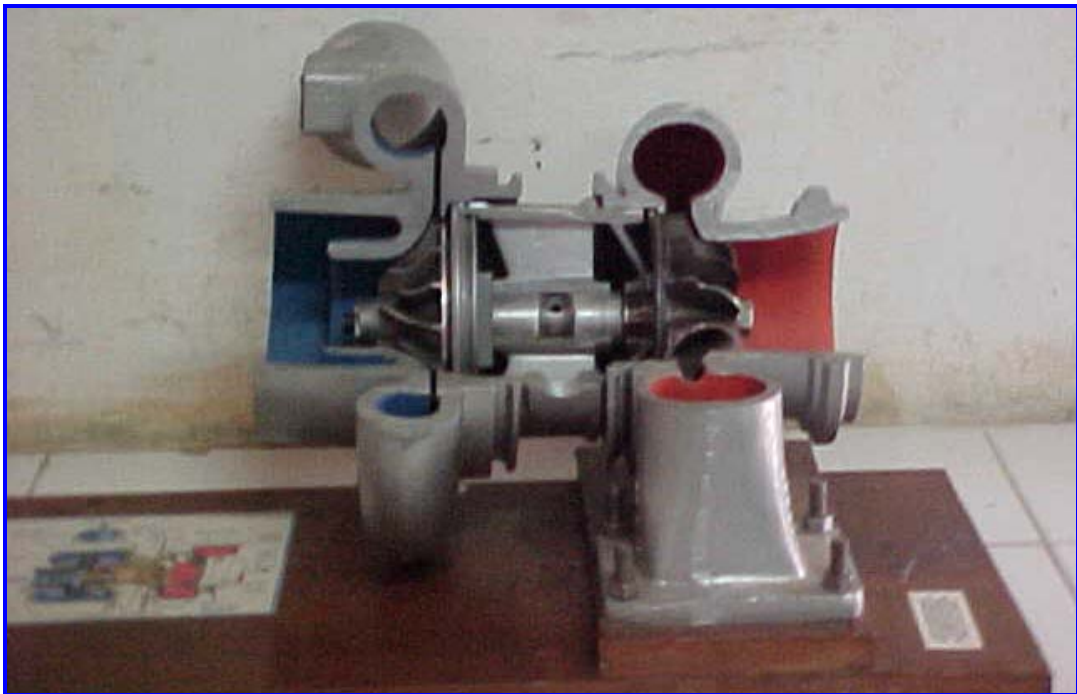
ANEXO D.

ADQUISICIÓN Y MEJORAMIENTO DE ELEMENTOS DIDÁCTICOS EN

EL LMTA



Bomba de combustible electrónica BOSCH, adquirida.



Turbocargador en sección, donado.

Carta de Donación de Equipos e Instrumentos para LMTA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Bucaramanga, 31 de agosto de 2004

Señores
ECOPETROL S.A.
Gerencia Complejo Barrancabermeja
BARRANCABERMEJA

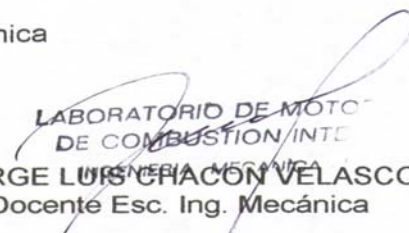
Reciban un cordial saludo.

La Universidad Industrial de Santander (UIS) a través de la Escuela de Ingeniería Mecánica solicita a ECOPETROL S.A. la donación de instrumentación de laboratorio para calibración y medición de características de los combustibles y emisiones de gases, de tal forma que dicha instrumentación permita un mejor desarrollo y complemento de las prácticas de laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas, materia a cargo del docente Jorge Luis Chacón.

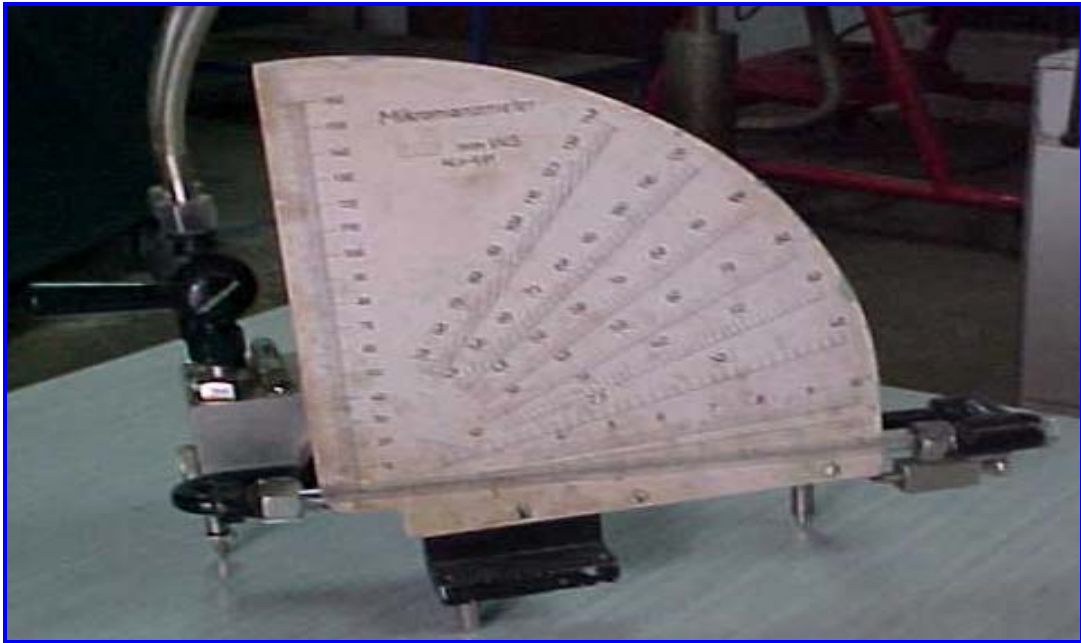
En espera de óptimos beneficios en pro de la formación ingenieril del estudiante, y que esto redunde a favor de la empresa y de nuestra relación interinstitucional.

Cordialmente,


EXPEDITO LOZANO GOMEZ
Director Escuela de Ingeniería Mecánica

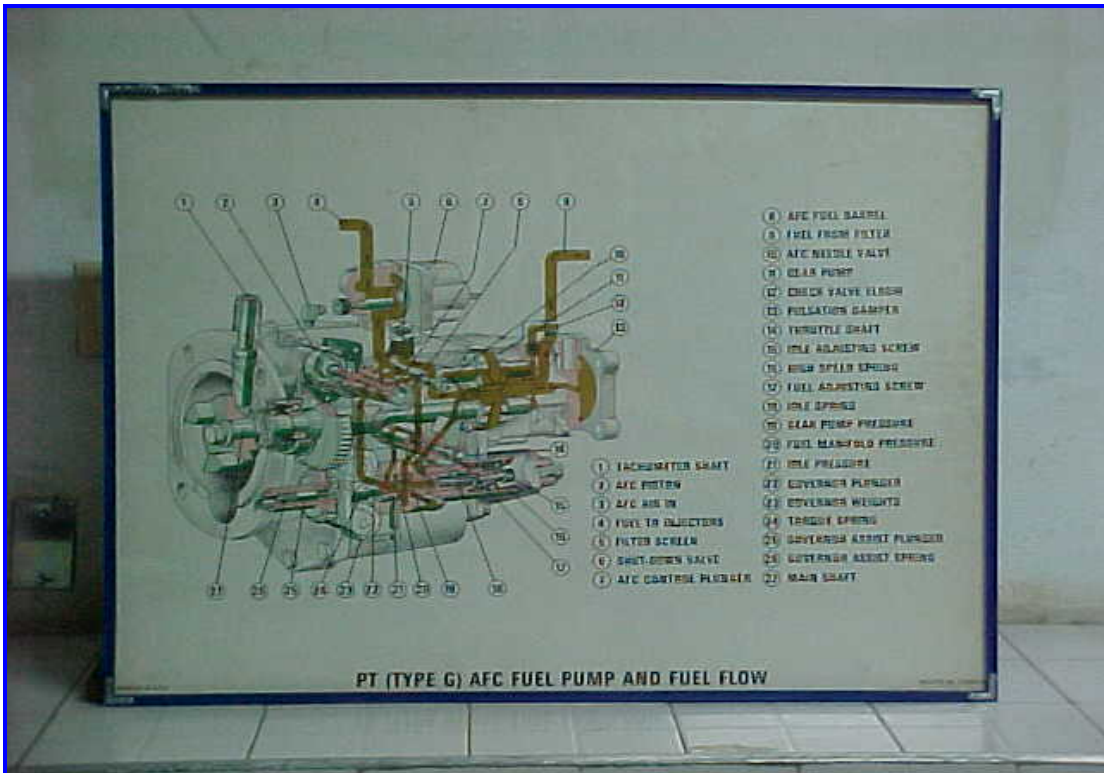

LABORATORIO DE MOTOCICLETAS
DE COMBUSTION/INTE
INGENIERIA MECANICA
JORGE LUIS CHACÓN VELASCO -
Docente Esc. Ing. Mecánica

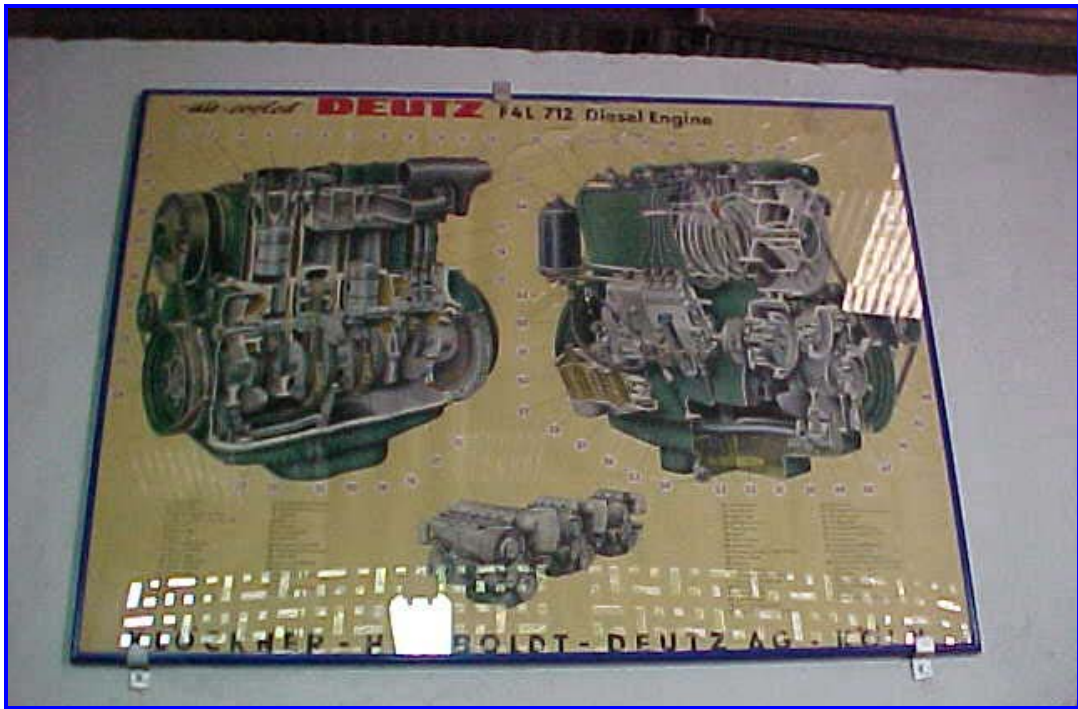
Sonia A.



Micro manómetro, en donación.

Láminas Didácticas Recuperadas y Enmarcadas (7 láminas):





ANEXO E.

DIAGNOSTICO PARA EL MANTENIMIENTO DE MOTORES DIESEL

Cuando se diagnostica un sistema, deben seguirse determinadas pautas, que conduzcan al técnico al problema con seguridad, lógica y celeridad. Lo que sigue a continuación es un método de acometer un diagnóstico.

El diagnóstico del motor Diesel comienza escuchando al propietario. Primero, el propietario debe describir el problema y cuando y donde se producen los síntomas.

Segundo, se debe confirmar que existe el problema y se anota cualquier otro síntoma, puede que se necesite poner en marcha el motor para simular las condiciones que causen el problema. El problema puede que sea por un mal manejo del propietario.

Tercero, se deben listar las causas más probables, para esto se debe conocer el funcionamiento de todos los sistemas. Normalmente es muy útil consultar la guía de localización de averías.

Cuarto, el problema debe ser aislado. Se deben revisar y comprobar los sistemas que probablemente causen el problema, se deben tener en cuenta los elementos más obvios o simples.

Quinto, solucionar el problema. Una vez rectificado el problema es necesario comprobar si el problema se ha corregido el problema.

ANEXO F.

GLOSARIO

ACEITE LUBRICANTE (LUBOIL) Aceite lubricante usado para facilitar el trabajo de las uniones mecánicas y partes móviles.

ACEITE MULTIGRADO Es un aceite que alcanza los requisitos de más de una clasificación del grado de viscosidad del SAE, y puede por lo tanto ser usado en un mayor rango de temperaturas.

ADITIVO (ADDITIVE) Una sustancia química agregada a un producto para mejorar sus propiedades.

ÁNGULO DE LA LEVA (CAM ANGLE): Ángulo de giro, en grados, de la leva del ruptor, desde el momento en que cierran los contactos hasta el instante en que abren de nuevo.

ASIEN TO DE VÁLVULA (VALVE SEAT): Superficie maquinada en la cabeza de un cilindro y contra la cual se apoya la cara de una válvula. Los asientos de válvula suelen formarse a ángulos de 45° o de 30°.

BABBITT Un metal antifricción, suave, blanco no ferroso, para cojinetes lisos. Generalmente consiste de una aleación principalmente de cobre, antimonio, estaño y plomo.

BUTANO (BUTANE) Un hidrocarburo que consiste de cuatro átomos de carbono y diez átomos de hidrógeno. Normalmente se encuentra en estado gaseoso pero se licua fácilmente para transportarlo y almacenarlo; se utiliza en gasolinas, y también para cocinar y para calentar. Véase también LPG.

CELDA DE COMBUSTIBLE (FUEL CELL) Una celda eléctrica utilizada para generar energía eléctrica a partir de la reacción de un número de sustancias químicas, sin necesidad de combustión y sin producir ruido o contaminación. Puede utilizarse gas natural como carga de alimentación.

COJINETE ANTIFRICCIÓN (ANTI-FRICTION BEARING): Cojinete de bolas o rodillos que permite que haya efecto de rodamiento en vez de deslizamiento.

CÁMARA DE COMBUSTIÓN (COMBUSTIÓN CHAMBER): Espacio o volumen que hay en el interior del cilindro y que está limitado por la cabeza o corona del pistón, la superficie interna del cilindro y la culata o cabeza, cuando el émbolo se encuentra en su punto muerto superior.

COMBUSTIBLE DIESEL (ACEITE DIESEL FUEL (OIL)) Un término general que cubre aceite combustible ligero proveniente del gasóleo, utilizado en motores diesel.

CONTRAPRESIÓN (BACK-PRESSURE): Presión que se opone al movimiento de un fluido, como en el caso de la salida de los gases de escape por el sistema respectivo.

CAPACIDAD DE SUCIEDAD RESIDUAL La capacidad de suciedad de un filtro en servicio después de usado pero antes de limpiarlo medido en las mismas condiciones que la capacidad de suciedad de un filtro nuevo.

COALESCENTE Separador que divide una mezcla o una emulsión de dos líquidos inmiscibles usando la tensión interfacial entre los dos líquidos y la diferencia en la adherencia de los dos líquidos en un medio poroso particular.

DEPÓSITOS DEL MOTOR : Duros o acumulación persistente del lodo, del barniz y de los residuos carbonosos debido al escape de gases del cilindro del combustible no quemado y parcialmente quemado, o de la interrupción parcial del lubricante del cárter del motor. El agua de la condensación de los productos de la combustión, del carbón, de los residuos del combustible o del aditivo del aceite lubricante, del polvo y de las partículas del metal también contribuye.

DIÁMETRO DEL CILINDRO (BORE): Diámetro interior del cilindro, corresponde al "calibre del pistón". Su medida designa a veces al propio cilindro.

FILTRO DE AIRE (AIR CLEANER): Dispositivo para separar partículas sólidas de una corriente de aire, como la entrada a un carburador, a una cámara de combustión o a un compresor.

HOLGURA (CLEARANCE): Espacio libre específico entre dos piezas que embonan o casan una dentro de otra. Por ejemplo, entre un pistón y su cilindro o entre un cojinete o chumacera y su eje.

ÍNDICE DE CETANO (CETANE NUMBER): Número que indica la temperatura a la que se enciende el combustible Diesel. Cuanto mayor sea el índice o número de cetano, menor será la temperatura de encendido.

ÍNDICE DIESEL Una expresión para la inflamabilidad de un combustible relacionado a su punto de la anilina: Índice diesel = Punto de anilina (°F) X Gravedad API .

JUEGO (BACKLASH): Movimiento libre excesivo entre dos piezas que están conectadas. Cuando se aplica a un engranaje se refiere al ángulo en que se desliza un engrane (el impulso) sin transmitir movimiento al otro (el impulsado).

LUBRICACIÓN POR CIRCULACIÓN Sistema de la lubricación en el cual el lubricante, después de pasar a través de un cojinete o de un grupo de cojinetes, se recircula por medio de una bomba.

LUBRICACIÓN POR SALPIQUE Sistema de lubricación en el cual parte de un mecanismo se sumerge y salpica el lubricante a ella misma y/o a otras partes del mecanismo.

LLUVIA ÁCIDA (ACID RAIN)_Se produce cuando los óxidos de azufre (SO_x) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), son liberados en la combustión de combustibles fósiles (particularmente carbón), y se combinan con la humedad de la atmósfera para formar ácidos sulfuroso, sulfúrico, nitroso y nítrico. Los SO_x y los NO_x son gases que dan lugar a la formación de lluvia ácida, y los daños que ocasiona esta lluvia, a menudo ocurren lejos de la fuente del problema.

MOTOR DE DOBLE COMBUSTIBLE Un motor Diesel que puede funcionar con un combustible diesel, ó gas o una combinación de ambos, y está equipado con controles ó partes para permitir la operación con uno u otro.

MOTOR Un dispositivo que convierte la energía del combustible en fuerza mecánica y movimiento. Proporciona generalmente el movimiento mecánico rotatorio

NÚMERO DE CETANO (CALCULADO) El número de cetano de combustibles destilados estimado a partir de la gravedad API y del punto mediado de ebullición por la fórmula dada en el apéndice II del método ASTM D 975. Se utiliza esta estimación si un motor estándar para la prueba no está disponible, o si la muestra es demasiado pequeña para una prueba del motor.

PMEF = PRESIÓN MEDIA EFECTIVA AL FRENO (BMEP = BRAKE MEAN EFFECTIVE PRESSURE): Valor de la presión media efectiva (PME) determinado a

partir de la potencia al freno. La PME es la presión ficticia que si actuara sobre el émbolo durante la carrera de impulso, produciría el trabajo neto del ciclo de operación (el total menea las pérdidas por fricción).

SOBREALIMENTADOR (SUPERCHARGER): Soplador que introduce aire a la cámara de combustión a una presión mayor que la atmosférica a fin de aumentar la eficiencia volumétrica de un motor.

SINCRONIZAR (SYNCHRO\IZE): Hacer que dos eventos ocurran simultáneamente. Por ejemplo, hacer que la chispa se produzca en el preciso instante en que el pistón llega al punto muerto superior.

TACÓMETRO (TACHOMETER): Dispositivo para medir la velocidad angular de un eje rotatorio (generalmente en RPM).

TOLERANCIA (TOLERANCE): Variación permisible en más o en menos de un valor especificado.

PAR DE ROTACIÓN (TORQUE): Efecto de rotación, volteo o torsión, de una fuerza aplicada a una cierta distancia de un punto y perpendicularmente o no a dicha distancia. Por ejemplo, el de la fuerza aplicada en el mango de una llave al apretar una tuerca, o el producido por un pistón sobre el cigüeñal de un motor durante la carrera de fuerza. Se mide en metros-kilogramo (m-kg), o bien, en libras-pie. Suele llamarse "par", a secas.