

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FILTRADO DE FLUIDOS EN SISTEMAS MECÁNICOS, UNA
HERRAMIENTA BÁSICA EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO CÉSAR LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. ESDRAS FELICIANO MIRANDA OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JULIO DE 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR:	Ing. José Ismael Véliz Padilla
EXAMINADOR:	Ing. Élviz José Alvarez Valdéz
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de Graduación titulado:

**FILTRADO DE FLUIDOS EN SISTEMAS MECÁNICOS, UNA HERRAMIENTA
BÁSICA EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO,**

tema que me fue aprobado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 13 de octubre de 2006.



JULIO CÉSAR LÓPEZ

Guatemala, 2 de mayo de 2007

Ingeniero
Fredy Mauricio Monrroy Peralta
DIRECTOR DE LA ESCUELA
DE INGENIERÍA MECÁNICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC
Presente

Estimado Ingeniero Monrroy

Por medio de la presente estoy dando mi aprobación al trabajo de graduación presentado por el estudiante **JULIO CÉSAR LÓPEZ**, con título: **"FILTRADO DE FLUIDOS EN SISTEMAS MECÁNICOS, UNA HERAMIENTA BÁSICA EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO"**. Previo a sustentar su examen público en la carrera de Ingeniería Mecánica.

Al respecto me permito informarle, que el trabajo de graduación desarrollado por el estudiante Julio César López, fue desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios, así como sometido por el suscrito, a las revisiones necesarias; por lo que considero que el mismo esta apto para su trámite final en esta unidad académica.

Sin más sobre lo particular, me es grato suscribirme atentamente,

Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco

ASESOR

Ing. Esdras Miranda Orozco
COLEGIADO 4637

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Coordinador del Área de Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado FILTRADO DE FLUIDOS EN SISTEMAS MECÁNICOS, UNA HERRAMIENTA BÁSICA EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO, del estudiante **Julio César López** recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser la del Sr. Pérez Rodríguez, escrita sobre una línea horizontal.

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, mayo de 2007.

/behdei

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria al Trabajo de Graduación titulado FILTRADO DE FLUIDOS EN SISTEMAS MECÁNICOS, UNA HERRAMIENTA BÁSICA EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO del estudiante JULIO CÉSAR LÓPEZ procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
DIRECTOR



Guatemala, julio de 2007.

/behdei

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 243.2007

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **FILTRADO DE FLUIDOS EN SISTEMAS MECÁNICOS, UNA HERRAMIENTA BÁSICA EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**, presentado por el estudiante universitario **Julio César López** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, julio de 2007



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Fuente de toda sabiduría y poder, gloria a su nombre por la eternidad.
- MI MADRE:** Lesbia Argentina López Velásquez, por haberme dado la vida, por sus sacrificios y esfuerzos, por haber hecho de mí un hombre de bien, un buen padre y esposo.
- MI ABUELITA:** Ana María Velásquez Segura (Mamaía), que con amor y ternura supo guiarme por el camino de la vida. (D.E.P.).
- MI ESPOSA:** Carlota Margarita Ortiz Dehesa, por su amor, comprensión y apoyo incondicional.
- MIS HIJOS:** Diego Alfonso y Julio César López Solares, con amor profundo y como un ejemplo para sus vidas, para que aspiren metas altas, y sean hombres de bien.
- LA MADRE DE MIS HIJOS:**
Amabilia Solares Muñoz
Como recuerdo a su memoria (D.E.P.)
- MIS HERMANAS:**
Coralía Alejandrina Rodríguez López, Ana Mariela Puga López, con amor fraterno.
- MIS SOBRINOS:**
Alberto Rafael y Lourdes Elizabeth,
como ejemplo para sus vidas.

MIS TÍOS: En especial a Blanca Rosa López de Palma, a quien me une un cariño muy especial.

MIS PRIMOS: Con mucho aprecio y estima, especialmente a Rosa María Palma, por el cariño sincero que siempre me ha brindado.

CON APRECIO: Luis Alberto Ortiz Baños, por su confianza y estima.

CON CARIÑO: A la familia Ortiz, con aprecio y estima, en especial a Luis Alberto Ortiz Dehesa, que nos apoyó incondicionalmente.

MIS COMPADRES: Julio Estrada, Merwin Ávila, Eddie Blanco, Ivo Luis Romero y Darío López, por su amistad y ejemplo de trabajo profesional.

LOS INGENIEROS: Esdras Feliciano Miranda Orozco, por haber dedicado tiempo en el asesoramiento del presente trabajo de graduación.

Fredy Mauricio Monroy Peralta, por sus enseñanzas y apoyo.

Juan Luis Castillo, por instarme a culminar mi carrera.

LAS FAMILIAS: Solares Muñoz, Romero Zetina, Ávila Santacruz, Contreras Marroquín, Castillo Ovando, con aprecio.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Especialmente a la Facultad de Ingeniería, por la formación académica y profesional.

PETÉN: Con orgullo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. CONCEPTOS BÁSICOS	1
1.1 Definición y función de lubricación.....	7
1.2 Partículas contaminantes y su posible origen.....	10
1.3 Filtro, sus componentes y función.....	14
1.4 Terminología de los componentes de un filtro.....	15
2. SISTEMA DE LUBRICACIÓN	19
2.1 Componentes de un sistema de lubricación.....	19
2.2 Esquema de una bomba de lubricación.....	22
2.2.1 Problemas de baja de presión de aceite.....	26
2.2.2 Diagnóstico de filtros de aceite con tubos centrales colapsados.....	24
2.2.3 Cebado de la bomba de aceite.....	32
2.2.4 Filtros de aceite en el carter.....	34
2.3 Tipos de filtrado en aceite de motor.....	35

2.4	Eficiencias nominal y absoluta.....	41
2.5	Presión diferencial y función de la válvula de alivio.....	41
2.6	Diagnóstico de la condición del aceite mediante la inspección de los medios filtrantes usados.....	46
2.7	Filtros especiales en motores con recirculación de gases de escape.....	47
2.8	Esquema de la recirculación de gases de escape.....	49
3.	SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	55
3.1	Esquema de un sistema de combustible y sus partes.....	55
3.2	Filtros de combustible.....	76
3.3	Filtros convencionales y separadores de agua.....	79
3.4	Contaminantes de los combustibles.....	81
3.5	Consejos para uso de filtros de combustible.....	86
4.	SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE.....	89
4.1	Esquema del sistema de inducción de aire en un mci.....	89
4.2	Importancia de los filtros de aire.....	90
4.3	Tipos de filtros de aire.....	91
4.4	Restricción.....	96
4.5	¿Cuándo cambiar el filtro de aire?.....	100

5. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	107
5.1 Esquema y componentes de un sistema de enfriamiento.....	107
5.2 Contaminantes del fluido del sistema de enfriamiento.....	112
5.3 Efectos de un mal mantenimiento del sistema.....	114
5.3.1 Fuga de refrigerante al aceite de motor.....	114
5.4 Filtros para el sistema de enfriamiento.....	119
6. SISTEMA HIDRÁULICO	121
6.1 Esquema de un sistema hidráulico y sus componentes.....	121
6.2 Aspectos Básicos en la filtración hidráulica.....	125
6.3 Medio Filtrante para filtros Hidráulicos.....	133
6.4 Prueba de paso múltiple y razón beta.....	134
CONCLUSIONES	137
RECOMENDACIONES	139
BIBLIOGRAFÍA	141

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Gráfica de viscosidad/temperatura.....	10
2.	Componentes de un filtro de aceite.....	12
3.	Componentes del sistema de lubricación.....	19
4.	Carter.....	20
5.	Malla de succión.....	20
6.	Bomba de aceite.....	21
7.	Filtro de aceite.....	21
8.	Esquema de una bomba de lubricación.....	22
9.	Válvula reguladora de presión en posición abierta.....	25
10.	Válvula reguladora de presión en posición cerrada.....	25
11.	Diagrama de circuito de lubricación con indicador de baja presión.....	28
12.	Filtro colapsado y normal.....	29
13.	Sistema de lubricación con válvula de desvío y reguladora de presión..	30
14.	Filtro de aceite en el cárter.....	34
15.	Filtros clasificados por su construcción.....	37
16.	Filtros clasificados por su circuito de flujo.....	38
17.	Filtro de elemento por su circuito de flujo.....	38
18.	Esquema de filtro de derivación enroscado.....	39
19.	Esquema filtro de derivación de elemento.....	40
20.	Dirección de flujo en filtros de aceite.....	42
21.	Válvula de alivio.....	45
22.	Válvula antidrenaje.....	45
23.	Esquema de la recirculación de gases de escape.....	49
24.	EGR en un motor atmosférico.....	50

25.	Electroválvula ECU.....	50
26.	Esquema interno de una válvula EGR con muelle.....	52
27.	Convertidor EGR.....	52
28.	Válvula EGR eléctrica.....	54
29.	Esquema completo de recirculación con EGR eléctrica.....	54
30.	Bomba de inyección.....	57
31.	Inyectores.....	58
32.	Sistema de presión.....	59
33.	Sistema de succión o vacío.....	62
34.	Sistema de inducción de aire.....	89
35.	Filtro de aire metálico.....	92
36.	Filtro de aire radial.....	93
37.	Filtro de aire interno.....	95
38.	Medidor de restricción.....	97
39.	Nivel de restricción.....	100
40.	Esquema de un sistema de enfriamiento.....	110
41.	Sarro.....	113
42.	Erosión por cavitación.....	116
43.	Circuito básico de un sistema hidráulico.....	122
44.	Ley básica de Pascal.....	125
45.	Factor de multiplicación.....	126
46.	Analogía mecánica de un sistema hidráulico.....	128
47.	Esquema simplificado de un sistema hidráulico.....	129
48.	Medios filtrantes.....	132
49.	Medio filtrante sintético.....	133

RESUMEN

En los sistemas de filtrado, cada sistema tiene diferente función, especificaciones, fluido de operación, temperatura, presión, en fin, todas las sustancias y propiedades que se involucran en cada uno de los procesos para el que fueron diseñados.

No se puede generalizar, en cuanto a las características físicas, propiedades mecánicas, materia prima, dimensiones y caudal que cada uno de los diferentes filtros tiene. Cada sistema es eficiente en diferente y variada condición de operación, por lo que cambiar un filtro por características similares equivale a alterar las condiciones de operación, lo que tiene como consecuencia posibles fallas en el equipo.

En el presente trabajo, se exponen una serie de conceptos que son necesarios para el dominio del tema, seguidamente, cada uno de los sistemas de filtrado, sus esquemas y partes que lo conforman, así como la función de cada una de ellas, oportunamente se describen las partículas contaminantes de los diferentes sistemas y su posible origen.

En cada capítulo se clasifican los tipos de filtrado y filtros que requiere cada sistema, el tamaño de partículas que son capaces de retener, así como una serie de recomendaciones para las buenas prácticas de mantenimiento preventivo con el filtrado de fluidos en sistemas mecánicos.

OBJETIVOS

General:

Proporcionar al encargado de mantenimiento toda la información relacionada con los diferentes sistemas de filtrado, el mantenimiento que se debe dar a dichos sistemas y sus componentes, los diferentes tipos de partículas que se generan en los sistemas y su posible origen, cómo capturarlas y extraerlas de los mismos.

Específicos:

1. Proporcionar las definiciones de la terminología usada en la descripción y funcionamiento de los diferentes sistemas.
2. Describir las diferentes partículas contaminantes que existen dentro de los sistemas y cómo se originan.
3. Describir e ilustrar cada uno de los diferentes sistemas de filtrado y sistemas de lubricación.
4. Describir e ilustrar los componentes de un filtro y su funcionamiento.
5. Proporcionar un esquema del funcionamiento de la válvula EGR en los motores con recirculación de los gases de escape.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de filtrado están íntimamente relacionados con los sistemas mecánicos de lubricación, enfriamiento, hidráulico, admisión de aire y sistema de combustión, la finalidad de los sistemas de filtrado es capturar por diferentes métodos las partículas contaminantes que provienen del exterior, así como las que se generan internamente.

En el presente trabajo se proporcionará la descripción de cada uno de los sistemas, cómo están constituidos, sus componentes, los diferentes tipos de filtros que existen para cada uno de los sistemas y sus funciones, cómo la mala aplicación de los filtros influye en el desgaste prematuro de las máquinas, se proveerán los parámetros necesarios para la selección de un filtro, y la necesidad de una nueva tecnología en el elemento principal del filtro de aceite en la recirculación de los gases de escape en los motores con tecnología EGR por sus siglas en inglés (*exhaust gas recirculation*).

Un filtrado deficiente produce desgaste de la superficie del cilindro, producido por rayado continuo, normalmente debido a la presencia de material extraño como tierra o partículas metálicas que fluyen libremente en el lubricante. Una de las maneras de extraer las partículas contaminantes del sistema es por medio de los filtros, los cuales están clasificados de acuerdo a las especificaciones del fabricante de equipo original. La falta de una adecuada lubricación puede dar como resultado la abrasión.

1. CONCEPTOS BÁSICOS

Filtración:

Como se sabe, un proceso de combustión arroja una serie de desechos, producto del mismo. En un motor de combustión interna, ello ocurrirá aún cuando las condiciones en las que se realice dicho proceso sean las óptimas, (buen mantenimiento, empleo de productos de calidad, etc.), lo cual difícilmente ocurre en la práctica. Esto constituye entonces un problema adicional a considerar.

Todo motor de combustión interna, o sistema que contenga algún fluido, sea lubricante o refrigerante, requiere de ciertos componentes que capturen las partículas no deseadas dentro de los fluidos, las cuales afectan el rendimiento global del sistema debido al desgaste y contaminación que provocan. Estas partículas pueden tener origen externo o ser resultado del proceso mismo.

Los componentes a los que nos referimos en el párrafo anterior, y que tienen la particularidad de retener o capturar estas partículas contaminantes que circulan dentro de los fluidos del sistema son los filtros y al efecto de realizar esta operación se le conoce como filtración.

Filtro:

Término generalmente utilizado para referirse a un dispositivo que remueve partículas contaminantes sólidas de un líquido o gas.

Actualmente en la industria, el término filtro se aplica a los dispositivos que remueven únicamente partículas sólidas. Aquellos dispositivos que pueden remover partículas contaminantes sólidas y líquidas, son conocidos como separadores.

Carcaza:

Parte externa del filtro, usualmente de metal, que tiene como propósito contener y proteger el elemento filtrante del filtro. (*Shell*)

Tubo central:

Ubicado en la parte interna central del filtro, presenta múltiples perforaciones que permiten el flujo del fluido. (*Center tube*)

Empaque (junta):

Parte del filtro, usualmente de hule, responsable de lograr un sello hermético entre la base de éste y su acople. (*gasket*)

Rosca:

Definida en términos de diámetro y número de hilos, permite establecer la correspondencia entre un filtro y su acople. (*thread*)

Base del filtro:

La conforman el empaque, la salida del tubo central y una serie de agujeros que permiten el ingreso del fluido a purificar (*Backplate*)

Medio filtrante:

Captura aquellas partículas o impurezas que dañan al sistema. El medio filtrante puede estar constituido por papel orgánico tratado químicamente, material sintético o una mezcla de éstos, el tamaño de las partículas del fluido que pasa a través del medio depende de la dimensión del poro del mismo. (*Media*)

Válvula antidrenaje:

Válvula que impide que el fluido, si es líquido, se drene o vacíe cuando se apaga el motor. (*Anti-drain valve*)

Válvula de alivio:

En caso de sobrepresión o de saturación, la válvula se abre permitiendo el paso directo del fluido hacia la salida del filtro, sin atravesar el medio filtrante. Existen dos tipos diferenciados por su posición, relativa a la base del filtro: válvula de alivio frontal (*front end pressure relief valve*) y válvula de alivio trasera (*rear end pressure relief valve*). La primera se encuentra adyacente a la base del filtro, mientras que la segunda se encuentra en el lado opuesto.

Especificaciones de un filtro:

Son datos que brinda el fabricante sobre el filtro y que describen sus principales características de operación. Entre las cuales podemos mencionar: tipo de medio filtrante, presión de colapso, presión de explosión, presión de operación de trabajo.

Filtro de flujo total:

Es aquel que filtra la totalidad del aceite que envía la bomba de aceite al motor. (*Full flow filter*)

Filtro de flujo en derivación:

Filtra parte del aceite que envía la bomba hacia el motor, normalmente entre un 10% a un 15%. El aceite no se devuelve al sistema directamente sino al depósito de aceite. (*Bypass filter*)

Razón beta:

Es la relación entre el número de partículas de un tamaño y mayores, antes de pasar por el filtro y el número de partículas del mismo tamaño y mayores, después de atravesarlo. (*Beta ratio*)

Eficiencia:

La habilidad de un filtro para eliminar contaminantes artificiales, expresada en porcentajes, determina la concentración de contaminantes, bajo condiciones de pruebas específicas.

Eficiencia nominal:

Al hablar de eficiencia nominal de un medio filtrante, nos referimos a la capacidad de éste de remover un 50% de las partículas de un tamaño de micrón determinado. La razón beta para este caso es igual a 2.

Eficiencia absoluta:

Se refiere a la capacidad de un medio de remover un 98.7% de las partículas de un tamaño determinado. En este caso la razón beta corresponde a 75. El micronaje referido en la eficiencia absoluta es mayor al de la eficiencia nominal, cuando se habla de un mismo medio filtrante.

Colapso:

Ocurre cuando la presión de entrada del fluido es considerablemente mayor a la de salida, se reconoce visualmente cuando el tubo central está deformado. Es un fenómeno súbito, (*Colapse*)

Explosión:

Ocurre cuando se presenta una sobrepresión en todo el filtro y se reconoce visualmente cuando el filtro se expande y finalmente estalla, provocando la fuga del fluido. Es un fenómeno paulatino. (*Burst*)

Capacidad:

Se refiere a la cantidad de polvo que sostendrá un filtro. Medido en gramos.

Expectativa de vida:

Tiempo de vida útil, que se espera de un elemento antes de ser reemplazado. Varía de acuerdo a las características de cada elemento, condiciones de operación y condiciones ambientales.

Estallido:

La cantidad de presión requerida para separar la tapa de metal de montaje de la carcasa, prácticamente el bote estalla.

Restricción inicial:

La diferencia de presión de entrada al filtro y la presión de salida en un filtro nuevo (dpsi)

Sólidos en filtración:

Porcentaje de sólidos en el líquido, el cual ha sido pasado por el filtro. Es decir, que cantidad de polvo permanece en el fluido después de que este sale del filtro.

Filtración superficial:

La partícula sólida es retenida sobre la superficie del medio filtrante.

Filtración de profundidad:

La partícula recorre un laberinto dentro del medio filtrante, quedando retenida en alguna parte.

Por absorción:

La Partícula es retenida por contacto superficial contra paredes microscópicas del medio filtrante. Su tamaño es menor que el laberinto.

Por intercepción:

Retención debido al tamaño mayor que el del laberinto.

1.1 Definición y función de la lubricación

El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca desgaste en ellas; se intenta que el proceso de deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible. Para conseguir esto se pretende, siempre que sea posible, que haya una película de lubricante de espesor suficiente entre las dos superficies en contacto para evitar el desgaste.

Lubricación:

Referente a la aplicación de lubricantes (sustancias aplicadas a las superficies de rodadura, deslizamiento o contacto de las máquinas para reducir el rozamiento entre las partes móviles.)

Objetivo de la lubricación:

Reducir el rozamiento, el desgaste y el calentamiento de las superficies en contacto de piezas con movimiento relativo.

La aplicación típica en ingeniería mecánica es el cojinete, constituido por muñón o eje, manguito o cojinete, lubricar la holgura entre tejas y muñón de cigüeñal, o la superficie de los cilindros de un motor y los anillos del pistón.

Campos de aplicación:

- cojinetes del cigüeñal y bielas de un motor (vida de miles de km).
- cojinetes de turbinas de centrales (fiabilidad de 100%).
- cigüeñal, engranes, anillos.

Los factores a considerar en diseño son técnicos y económicos:

- cargas aplicadas y condiciones de servicio.
- condiciones de instalación y posibilidad de mantenimiento.
- tolerancias de fabricación y funcionamiento; vida exigida.
- costo de instalación y mantenimiento.

El estudio de la lubricación está basado en:

- mecánica de fluidos.
- termodinámica y transmisión de calor.
- mecánica de sólidos, materiales.

Tipos de lubricación:

Pueden distinguirse tres formas distintas: lubricación hidrodinámica, límite o de contorno, hidrostática.

Lubricación hidrodinámica

- Las superficies están separadas por una película de lubricante que proporciona estabilidad.
- No se basa en introducir lubricante a presión (puede hacerse), exige un caudal de aceite, la presión se genera por movimiento relativo.

- Se habla también de lubricación de película gruesa, fluida, completa o perfecta.

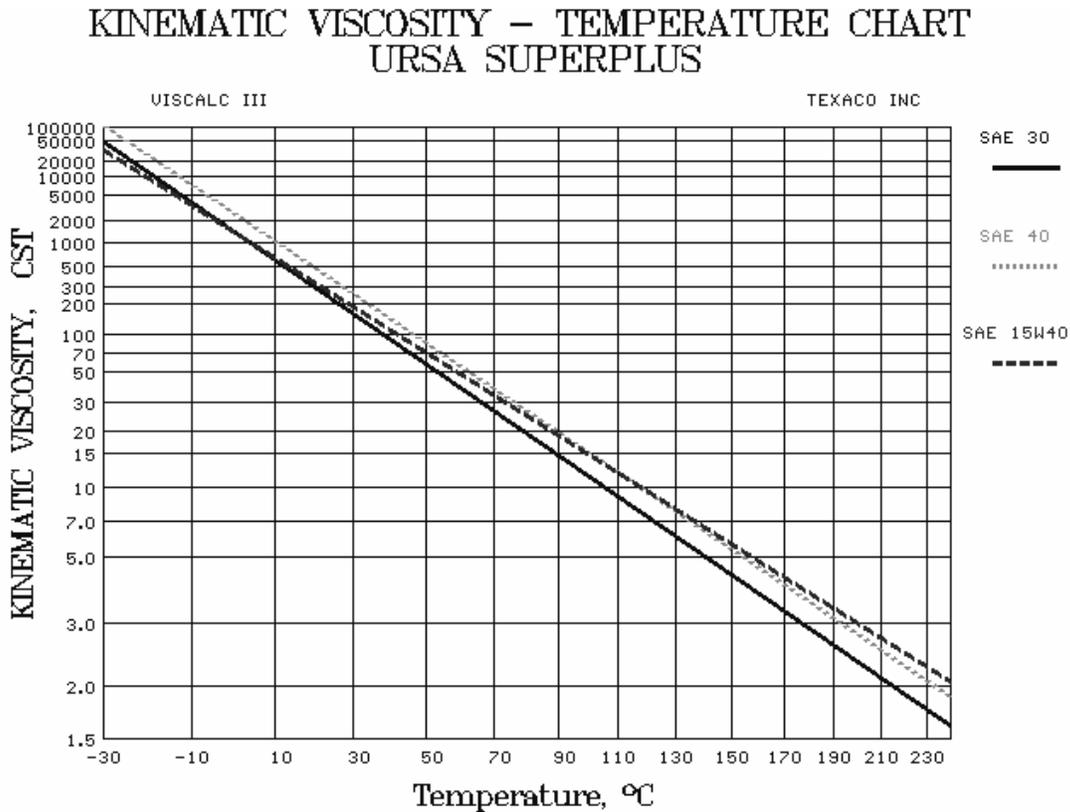
Lubricación límite:

- La película de lubricante es tan fina que existe un contacto parcial metal - metal. La acción resultante no se explica por la hidrodinámica.
- Puede pasarse de lubricación hidrodinámica a límite por caída de la velocidad, aumento de la carga o disminución del caudal de aceite.
- En este tipo de lubricación (de película delgada, imperfecta o parcial) más que la viscosidad del lubricante es más importante la composición química.
- Al proyectar un cojinete hidrodinámico hay que tener en cuenta que en el arranque puede funcionar en condiciones de lubricación límite.

Lubricación hidrostática

- Se obtiene introduciendo a presión el lubricante en la zona de carga para crear una película de lubricante.
- No es necesario el movimiento relativo entre las superficies.
- Se emplea en cojinetes lentos con grandes cargas.
- Puede emplearse aire o agua como lubricante.

Figura 1 Gráfica de viscosidad/temperatura ¹



La viscosidad varía con la temperatura de acuerdo a la tabla mostrada en la figura 1, es evidente que a menor temperatura existe un grado de viscosidad cinemática mayor (en Cst), en esta gráfica de la figura 1 se presentan clasificaciones SAE 30, SAE 40 Y SAE 15W40

1.2. Partículas contaminantes y su posible origen

Debido a las variantes condiciones de los regímenes de lubricación, entre las cuales se mencionan: caída de la velocidad, aumento de la carga o la disminución del caudal de aceite, consecuentemente puede pasarse de una adecuada lubricación hidrodinámica a una lubricación de capa límite donde ya existe rozamiento parcial de las superficies en contacto.

¹ Fuente: Texaco Inc.

Aún siendo parcial este contacto entre las superficies, existe desgaste adhesivo, quedando estas partículas suspendidas en el fluido, de las cuales algunas de estas son atrapadas por los filtros y las mas pesadas son depositadas en el fondo de la aceitera (*carter*).

La cantidad o la masa de las partículas metálicas en suspensión (concentración) en el aceite lubricante determinará si el desgaste en el motor es normal, progresivo o acelerado.

¿Son solamente estas partículas las que provocan desgaste dentro del motor?, No, hay muchos más elementos que debemos analizar.

Del propio proceso de combustión se derivan otros contaminantes que, además de provocar desgaste también vienen a degradar las propiedades fisicoquímicas del aceite, y tal es el caso del carbón, el azufre, agua, óxido de nitrógeno (NOx) y otros derivados de una mala combustión, que de alguna manera terminan en el fluido lubricante.

El oxígeno que contiene el aire, básico en la combustión, elemento que ingresa al sistema desde el exterior por medio del sistema de inducción de aire, también contribuye al desgaste, arrastrando partículas de polvo, mismas que son nocivas tanto para el aceite como para la vida útil del motor.

Los problemas de desgaste relacionados con el tipo de aceite, su degradación por contaminación, por problemas en la condición de la máquina, por ejemplo si está desbalanceada, o sobrecalentada, se pueden resumir de la siguiente manera:

➤ **Desgaste abrasivo**

Es el resultado de partículas pesadas entrando en contacto con los componentes internos, tales partículas incluyen al polvo y diversos metales. Si se logra implementar un proceso de filtrado, es posible reducir la abrasión, que al final cerciorará que los sellos como los respiraderos trabajen bien.

➤ **Desgaste adhesivo**

Ocurre cuando dos superficies metálicas entran en contacto, permitiendo que se desprendan partículas de sus partes. Lubricación insuficiente o contaminada causa normalmente esta condición. Si se logra asegurar que el grado de viscosidad apropiado se mantenga, el desgaste adhesivo se reduce. El reducir contaminación en el aceite también ayuda a eliminarlo.

➤ **Cavitación**

Ocurre cuando aire a presión o burbujas colapsan, esto provoca que las superficies se piquen o se erosione. La cavitación se reduce, si se controla la característica espumosa del aceite con un aditivo especial. (Antiespumante)

➤ **Desgaste corrosivo**

Es causado por una reacción química que mueve material de la superficie de un componente. Y generalmente es un resultado directo de la oxidación. Corrientes eléctricas aleatorias producen corrosión o picaduras en la superficie.

También la presencia de agua o de productos de la combustión fomenta el desgaste corrosivo.

➤ **Desgaste por fatiga**

Se produce cuando se fisura una superficie, lo que permite que se generen partículas de desgaste.

El utilizar una lubricación adecuada, buenos equipos de filtrado y un buen mantenimiento reduce notablemente el desgaste dentro de los equipos. Ciertos problemas potenciales pueden ser identificados con otras técnicas como: vibraciones, termografía y análisis de motores.

En muchos casos, el análisis de aceite logra detectar problemas antes de que otras técnicas lo hagan.

Partículas metálicas de desgaste

Aluminio	<ul style="list-style-type: none">• Desgaste del pistón ó cojinete• Bombas del sistema hidráulico• Componentes de la transmisión
Cromo	<ul style="list-style-type: none">• Anillos de pistones• Rodillos del cojinete en los compartimentos de engranaje• Desgaste del vástago de la válvula
Cobre	<ul style="list-style-type: none">• Desgaste en la tracción del cojinete• "Lixiviación" del sistema de enfriamiento del aceite• Desgaste de la transmisión o disco del volante
Hierro	<ul style="list-style-type: none">• Desgaste del engranaje, eje o recubrimiento del cojinete
Plomo	<ul style="list-style-type: none">• Desgaste del cojinete

1.3 Filtro, sus componentes y función.

Filtro

- Partiendo de su definición:

Término generalmente utilizado para referirse a un dispositivo que remueve partículas contaminantes sólidas de un líquido o gas. Actualmente en la industria, el término filtro se aplica a los dispositivos que remueven únicamente partículas sólidas.

Aquellos dispositivos que pueden remover partículas contaminantes sólidas y líquidas, son conocidos como separadores.

Para cada uno de los sistemas de filtrado (sistema de lubricación de aceite de motor, sistema de enfriamiento, sistema de admisión de aire, sistema hidráulico, sistema de combustible) existe un tipo de filtro con especificaciones y características muy diferentes, las cuales se expondrán en su momento.

Figura 2. Componentes de un filtro de aceite



1.4 Terminología de los componentes de un filtro

➤ **Resorte de fijación tipo hoja**

Es una placa de lámina acerada que hace la función de resorte, y sirve para presionar el elemento filtrante contra la chapa de montaje, ver figura 2.

➤ **Carcasa metálica**

Parte externa del filtro, usualmente de metal, que tiene como propósito contener y proteger el elemento filtrante del filtro

➤ **Elemento filtrante**

Captura aquellas partículas o impurezas que dañan al equipo. El medio filtrante puede estar constituido por papel orgánico tratado químicamente, material sintético o una mezcla de éstos, el tamaño de las partículas del fluido que pasa a través del medio depende de la dimensión del poro del mismo

➤ **Tubo central**

Ubicado en la parte interna central del filtro, presenta múltiples perforaciones que permiten el flujo del fluido.

➤ **Válvula de derivación o alivio**

En caso de sobrepresión o de saturación, la válvula se abre permitiendo el paso directo del fluido hacia la salida del filtro, sin atravesar el medio filtrante. Existen dos tipos diferenciados por su posición, relativa a la base del filtro: válvula de alivio frontal (*front end pressure relief valve*) y válvula de alivio trasera (*rear end pressure relief valve*). La primera se encuentra adyacente a la base del filtro, mientras que la otra se encuentra en el lado opuesto.

➤ **Tapas de ensamble**

Chapas circulares de lámina acerada, que sirven para sujetar y dar soporte al elemento filtrante o media, va unido a dicho elemento por medio de un pegamento llamado plastisol.

➤ **Válvula antidrenaje**

Válvula que impide que el fluido, si es líquido, se drene o vacíe cuando se apaga el motor. (*Anti-drain valve*).

➤ **Tapa de montaje**

Esta compuesta por la rosca, los agujeros de entrada del fluido, la junta o empaque, todos estos componentes dispuestos en una chapa metálica acerada, es la parte que permite realizar el montaje entre el filtro y la base.

2. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

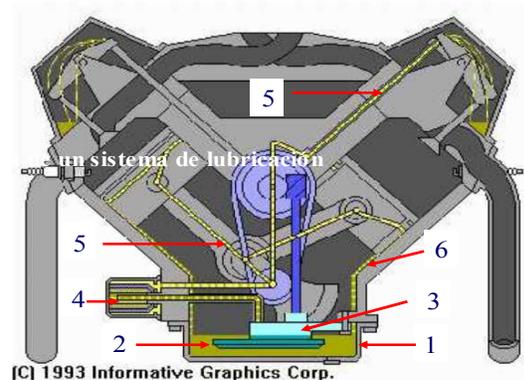
2.1 Sistema de lubricación, Componentes

Conjunto de componentes y conductos internos dentro del motor que mediante la propulsión de aceite, permite la lubricación de las partes críticas de desgaste (cigüeñal, camisas, anillos, tejas, etc.) Ver Figura 3

Figura 3. Esquema de un sistema de lubricación

1. Cárter
2. Malla de succión
3. Bomba de aceite
4. Filtro de aceite
5. Conductos de lubricación
6. Retorno del aceite

Nota:
En el orden que aparecen los componentes, circula el aceite dentro del motor para lubricar todas las partes



➤ Cárter

Depósito que contiene el aceite lubricante ubicado en la parte inferior del motor y expuesto para transferir el calor al medio exterior, ver figura 4.

Figura 4. Carter



➤ **Malla de succión**

Colador metálico que filtra las partículas de un tamaño relativamente grandes, ubicado en el extremo inferior del tubo de succión de la bomba de aceite, figura 5.

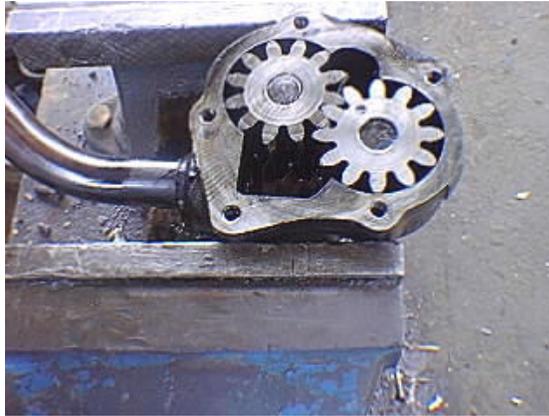
Figura 5. Malla de succión



➤ **Bomba de aceite**

Dispositivo empleado para elevar, transferir o comprimir líquidos y gases, ver figura 6.

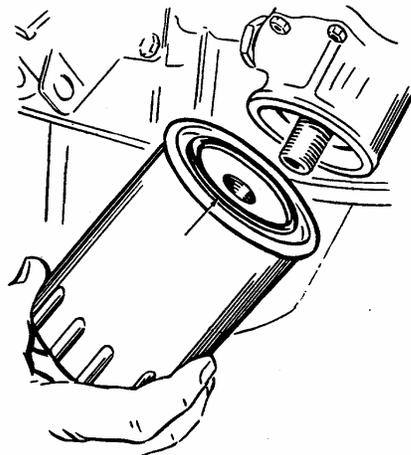
Figura 6. Bomba de aceite



➤ **Filtro de aceite**

Dispositivo que retiene partículas contaminantes que se encuentran en suspensión dentro del fluido, ver figura 7.

Figura 7. Filtro de aceite



➤ **Conductos de lubricación**

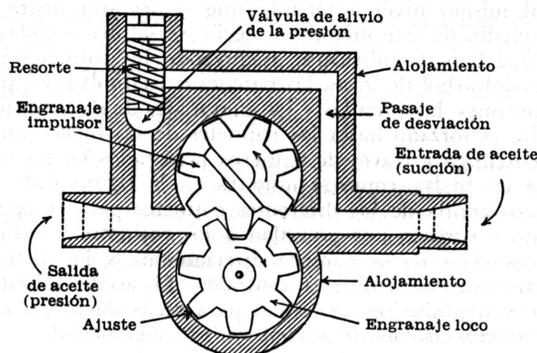
Ductos por donde a presión circula el aceite hacia las partes críticas de desgaste, se encuentran ubicados dentro de las bielas, pistones, cigüeñal, eje de levas. (Ver esquema en figura 3).

➤ **Conductos de retorno**

Después que el aceite cumple con su función, retorna por estos conductos por efecto de gravedad a la aceitera.

2.2 Esquema de una bomba de lubricación

Figura 8. Esquema de una bomba de lubricación



Válvula de alivio averiada

Al revisar como funciona el sistema de lubricación, vemos que la presión de aceite es creada por la bomba de aceite. El límite superior de esta presión está controlado por una válvula reguladora de presión, la cual, usualmente es una parte integral de la bomba.

La figura 9 es un diagrama simplificado del sistema de lubricación que muestra la bomba, la válvula reguladora, el filtro y las chumaceras.

La bomba suministra suficiente flujo para lubricar las chumaceras y las demás partes en movimiento del motor. El aceite debe estar bajo presión para separar las partes altamente cargadas del motor y prevenir el desgaste excesivo. El propósito de la válvula es regular esta presión, que en muchos carros de pasajeros está entre 280 kPa (40 psi) y 410 kPa (60 psi).

La válvula reguladora está compuesta por una esfera o un pistón que regula la presión con la ayuda de un resorte. El resorte está calibrado de tal manera que el pistón se levante de su asiento cuando la presión del aceite alcanza el valor deseado.

Una vez que la válvula está abierta, la presión se mantiene prácticamente constante, con pequeñas variaciones debidas a la velocidad de giro del motor.

El filtro y todos los demás componentes del sistema de lubricación están sujetos a la presión establecida por la válvula reguladora. Si la presión es excesiva, puede ocurrir un daño en el filtro.

La figura 10 muestra el sistema operando con la válvula de regulación pegada en la posición cerrada. Bajo esas condiciones la presión se incrementa igualmente en todos los componentes del sistema hasta que algo ocurre que libera la presión. Si la válvula de regulación se despega, la presión regresa a su valor normal. Si permanece pegada algo tendrá que romperse. La presión de operación normal no causa deformaciones permanentes en el cuerpo del filtro.

Cuando debido a la falla de la válvula reguladora, la presión del sistema alcanza 1,000 kPa (150 psi), la mayoría de los filtros se deforman permanentemente. A esta presión, la junta permanece en su carril y el engargolado del bote continúa sin fuga.

Si la válvula reguladora continúa pegada, la presión se incrementará y la junta entre el filtro y la base se puede separar, esto probablemente causará la pérdida de todo el aceite del sistema.

Si el filtro se instaló muy apretado, la junta permanecerá en su lugar y el bote se desprenderá conforme la presión continúe subiendo.

Si el conductor está alerta y apaga el motor a la primera señal del problema (encendido de la luz roja o baja presión de aceite en el indicador), limitará su pérdida a un trabajo de arrastre al taller, cambio de aceite y un filtro nuevo.

Si se continúa la marcha hasta el taller más cercano, probablemente quemará el motor debido a la falta de aceite.

El punto principal es que el filtro deformado no es la causa de la presión excesiva, sino la víctima de una válvula reguladora defectuosa.

En resumen, si un filtro se deforma debido a la sobrepresión en el sistema, la falla está en la válvula reguladora de presión y no en el filtro.

Regularmente debe dársele mantenimiento a la válvula, evacuando la suciedad que guarda la cavidad que la contiene, así como verificar el vencimiento del resorte, si el mismo ya no responde debe reemplazarse o cambiar la unidad completa.

Figura 9. Válvula reguladora de presión en posición abierta.

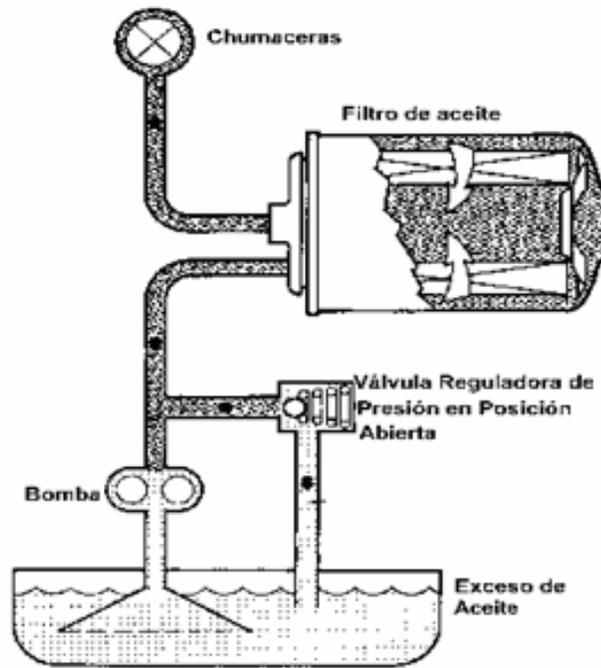
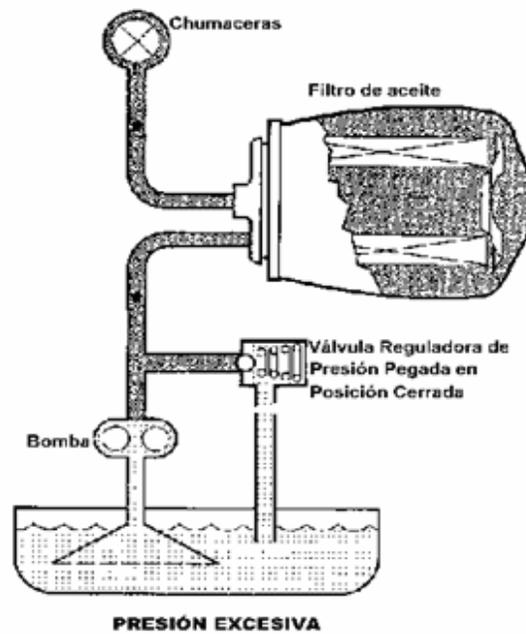


Figura 10. Válvula reguladora de presión en posición cerrada



2.2.1 Problemas de baja presión de aceite.

Muchos vehículos utilizan en el panel de instrumentos un indicador visual que puede ser una luz o un indicador de presión para alertar al conductor en caso de que exista baja presión de aceite en el sistema de lubricación. La baja presión de aceite es un problema serio, ya que para mantener lubricadas las partes en movimiento y evitar el desgaste, es necesario mantener cierta presión en el aceite de lubricación.

El indicador de baja presión de aceite está conectado con un interruptor de presión como se muestra en la figura. El interruptor de presión contiene contactos eléctricos los cuales están en posición "cerrado" cuando la presión de aceite está por debajo de 3.5 kPa 5 psi (5 psi). Esta presión la establece el fabricante del motor con base a las características y requerimientos del mismo.

Cuando el motor no está en marcha y se gira el interruptor de ignición, la luz de alerta de baja presión se enciende. Cuando se arranca el motor, la presión del aceite empuja el diafragma del interruptor de presión abriendo los contactos y provocando que la luz se apague, en el caso del indicador de presión la aguja indicará la presión alcanzada.

Si la luz de alerta por baja presión no se enciende cuando el interruptor de ignición esta en posición de "encendido" y el motor está apagado, entonces se debe revisar inmediatamente el foco, el sensor de presión y el cableado.

En algunos motores el filtro está montado en una posición que permite que el aceite se regrese al cárter cuando el motor esta apagado. Este podría ser el caso del montaje mostrado en la figura 9, en donde el filtro está en posición horizontal y arriba del nivel de aceite del cárter.

Normalmente la bomba tarda alrededor de 5 segundos en llenar el filtro después de que el motor ha arrancado, durante este tiempo la luz de alarma de baja presión indicará que no hay presión de aceite.

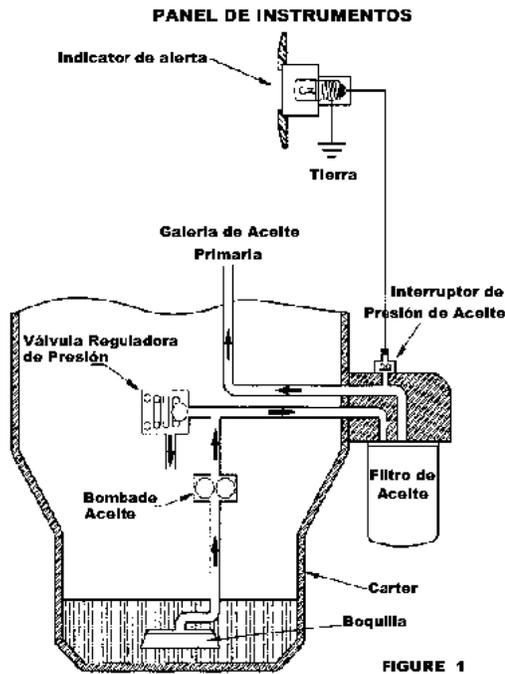
Para evitar que el motor funcione sin presión de aceite de lubricación durante ese período de tiempo después del arranque, los filtros diseñados para estas aplicaciones tienen integrada una válvula antidrenaje.

Ésta válvula consiste usualmente de un diafragma de hule que permite el paso libre del aceite a través del filtro en la dirección normal y, cuando el motor está apagado, evita que el aceite del filtro fluya de regreso hacia el cárter. Se recomienda reemplazar el filtro si la luz de alarma de baja presión de aceite permanece encendida por períodos largos de tiempo.

Bajo algunas condiciones la luz de alarma de baja presión pudiera parpadear cuando el motor esta en marcha. Esto ocurre usualmente cuando el vehículo da una vuelta cerrada o cuando esta en una pendiente inclinada. Si la fluctuación de presión ocurre bajo esas condiciones, se debe a que el nivel de aceite en el cárter esta abajo de lo normal y por lo tanto la succión de la bomba no queda sumergida en el aceite. Se recomienda adicionar el aceite necesario para normalizar el nivel.

Resumiendo, la luz de alarma de baja presión proporciona información vital al conductor. Si esta luz se enciende cuando el motor está en marcha debe apagar el motor e investigar la causa.

Figura 11. Diagrama de circuito de lubricación con indicador de baja presión



2.2.2 Diagnóstico de filtros de aceite con tubos centrales colapsados

Cuando se encuentra un tubo central o un elemento colapsado, la tendencia natural es suponer que algo estuvo mal con el filtro (Fig. 10). Este no es el caso, es más bien un síntoma de problemas en otros componentes internos del motor.

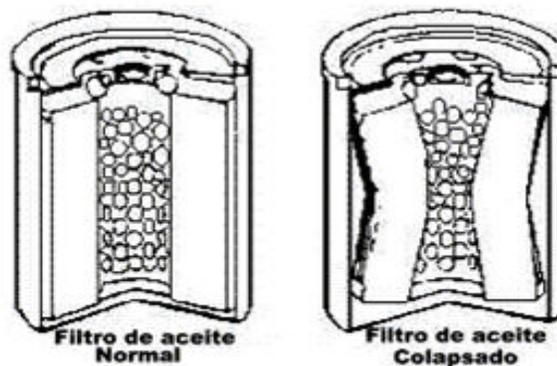
Muchos motores tienen incorporada en el sistema de lubricación una válvula de desvío (también conocida como válvula de by-pass) entre la entrada y la salida del filtro de aceite.

La válvula está diseñada para abrirse y desviar el flujo de aceite que llega al filtro cuando la restricción alcanza su presión de apertura (Fig. 10).

El circuito de by-pass asegura el flujo de aceite al motor cuando existe una restricción significativa a través del filtro debido al taponamiento del mismo o a condiciones de arranque en frío. Normalmente, los fabricantes de los motores diseñan las válvulas de by-pass para que abran a una presión diferencial desde 10 hasta 30 psi, con algunos a valores tan bajos como 28 kPa (4 psi) y valores tan altos como 500 kPa (75 psi).

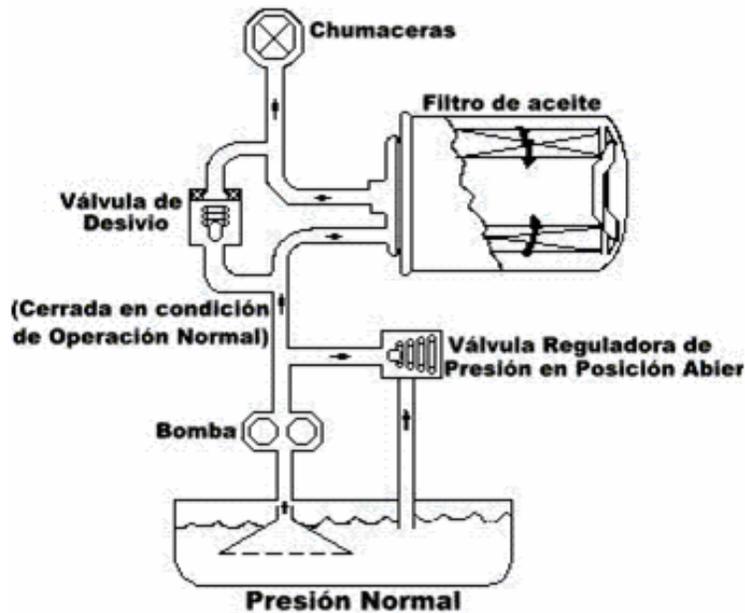
Algunos fabricantes de motores localizan la válvula de by-pass en la base de montaje del filtro, integrada en el monoblock, otros, localizan la válvula en el filtro mismo. De cualquier forma, en ambas localizaciones la válvula sirve para el mismo propósito.

Figura 12. Filtro normal y colapsado



En muchas ocasiones, esta obstrucción de flujo e incremento de presión se debe al calentamiento de la culata, al dejar pasar el refrigerante al aceite de motor este queda atrapado en el filtro, produciendo que se tape.

Figura 13. Diagrama de circuito de lubricación con indicador de baja presión



Los filtros de aceite están diseñados para resistir presiones diferenciales significativamente más grandes que aquellas que se tienen en condiciones normales de operación, sin colapsarse. Por lo tanto, cuando un tubo central o un elemento se colapsan, normalmente se debe a una válvula de by-pass “pegada” o a algún mal funcionamiento de la válvula.

En algunos casos, una válvula de by-pass del filtro “pegada” no es suficiente para colapsar el tubo central o el elemento por sí sola. La válvula reguladora de presión de la bomba de aceite también pudiera quedarse pegada en posición cerrada, lo cual resulta en una mayor presión y flujo de aceite a través del filtro. Aunque esta condición pudiera ser solo momentánea, puede rápidamente colapsar el tubo central si la válvula de by-pass falla o es incapaz de aliviar la presión diferencial excesiva.

Un tubo central o elemento colapsado puede conducir a la pérdida de filtración y de flujo de aceite al motor. Existe la posibilidad de que las partes interiores del filtro o el medio filtrante puedan ser físicamente desplazadas y emigrar hacia el sistema de lubricación interfiriendo con el flujo de aceite.

El mal funcionamiento de las válvulas de by-pass del filtro y la reguladora de presión de la bomba de aceite y el subsecuente colapso del tubo central o del elemento pudieran no causar un daño aparentemente. Sin embargo, a veces puede resultar en un daño catastrófico al motor causado por el rayado de un pistón, del árbol de levas y las chumaceras entre otros.

El mal funcionamiento de las válvulas de by-pass del filtro y de la reguladora de presión puede ser causado por:

- superficies pegajosas causadas por aceite frío altamente viscoso;
- aceite contaminado por condensación excesiva, por una fuga de refrigerante.
- intervalos largos de cambio de aceite y filtro por negligencia;
- hollín de carbón que ocasionalmente obstruye las válvulas;
- una aceleración brusca del motor combinada con cualquiera de las causas anteriores.

El descubrimiento de un tubo central o elemento colapsado demanda la inspección de la válvula de by-pass si no está integrada al filtro y de la válvula reguladora de presión de la bomba de aceite además de una revisión del funcionamiento del motor y su historial.

2.2.3 Cebado de la bomba de aceite

Inmediatamente después de un cambio de aceite, una de las cosas que más confunden y a la que se enfrentan muchos mecánicos profesionales o personas que hacen sus propios cambios de aceite, es la falta de presión de aceite al arrancar el motor.

Aunque no ocurre comúnmente, es muy posible que la bomba haya atrapado aire en el lado de la succión (lo que en términos de mecánica de fluidos se conoce como pérdida de cebado) durante el cambio de aceite.

Cuando se drena el aceite usado del motor, el aceite pudiera drenarse también de la tubería de succión y posiblemente de la bomba misma.

Cuando se adiciona el aceite nuevo, la tubería de succión que normalmente esta sumergida, queda llena de aire. El aire atrapado causa cavitación y evita que se establezca el flujo de aceite y la presión requerida. La luz indicadora de baja presión de aceite permanecerá encendida o el indicador de presión indicará muy poca presión cuando se enciende el motor.

Muchos instaladores tienden a culpar de esta situación al filtro y suponen que el filtro está bloqueando el flujo de aceite. Debido a que sospecha del filtro, el instalador instalará un segundo filtro. Algunas veces esto resuelve el problema debido a que el aire atrapado fue liberado cuando se removió el primer filtro.

Por supuesto, la sospecha del instalador de que el primer filtro estaba tapado se incrementa.

El punto es que el filtro no era el problema y, en muchos casos, la solución es simple.

Si la luz indicadora de baja presión permanece encendida, o el indicador de presión indica muy poca o nada de presión después de 30 segundos de encendido el motor, apagarlo. Aflojar el filtro de aceite hasta que la junta toque apenas la base de montaje. Desactivar el sistema de ignición para que el motor no arranque.

Accionar la marcha para hacer girar el motor hasta que aparezca aceite por la junta.

No accionar la marcha por más de 30 segundos

Después de que aparezca aceite por la junta, apretar el filtro y limpiar el exceso de aceite.

Al poner en marcha el motor. La presión de aceite debe regresar al nivel normal en diez segundos. Si el procedimiento anterior falla, será necesario remover el filtro y utilizar una aceitera para adicionar aceite de motor dentro del agujero de la base de montaje que esta adyacente a la espiga roscada donde se enrosca el filtro. Esto cebará la bomba.

Posteriormente, se debe llenar el filtro con aceite, reinstálese y apretar, la presión de aceite debe regresar a lo normal dentro de los diez segundos después de arrancar el motor.

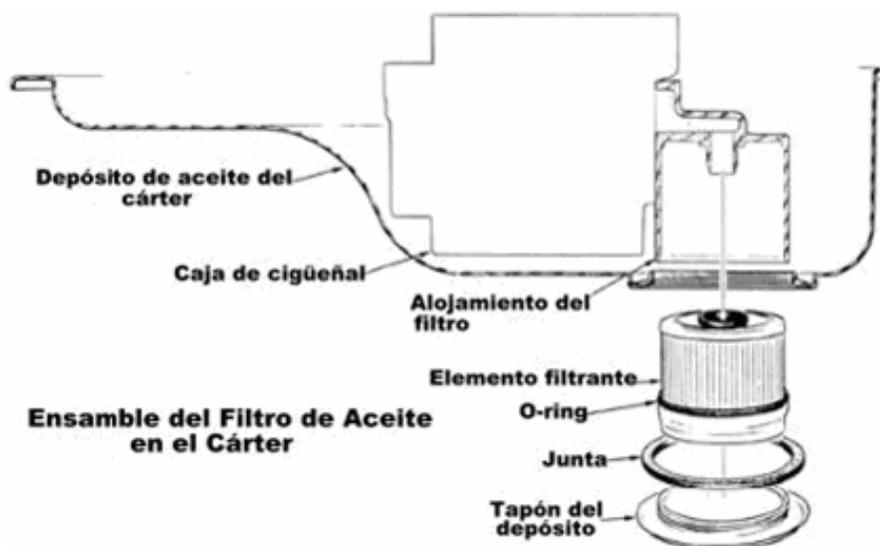
El llenar el cárter con aceite inmediatamente después de drenar el aceite usado evitará que la bomba atrape aire en la tubería de succión.

También, debe asegurarse que el filtro se instale correctamente. Las instrucciones de instalación se encontrarán en el filtro mismo o en la caja de empaque.

2.2.4 Filtros de aceite en el cárter

Los filtros de aceite en el cárter reemplazan a los filtros roscados tradicionales en aplicaciones en donde el espacio está limitado. Los compartimientos del motor más pequeños o estrechos requieren enfoques alternativos para la instalación de los filtros de aceite.

Figura 14. Filtro de aceite en el cárter



Aunque el filtro en el cárter reside dentro del motor no es un filtro para toda la vida. De hecho, funciona igual que un filtro roscado. Las condiciones de operación y requerimientos de filtración son los mismos que en los estándares tradicionales.

Por lo tanto, el mantenimiento periódico es necesario conforme el filtro se tapa.

Un ejemplo de una aplicación de un filtro de aceite en el cárter es el motor General Motors de 2.5 litros y cuatro cilindros en línea.

La figura detalla el alojamiento del filtro acompañado con una vista ampliada del filtro y de los componentes de la tapa del cárter. El tapón de drenaje (localizado en la tapa del cárter) permite al instalador drenar el aceite a través de una pequeña abertura.

La remoción de la tapa del cárter (después de drenar el aceite) permite el acceso al filtro de aceite. Una pequeña lengüeta en la tapa inferior del filtro permite la remoción rápida del mismo sujetándolo con unas pinzas.

Debe darse especial atención a las juntas en el filtro y en ensamble de la tapa del cárter. Primero revise que tenga todas las juntas necesarias en el filtro y en el juego de reemplazo.

Segundo, remover todas las juntas y residuos de las superficies de sellado. Finalmente, lubrique adecuadamente todas las juntas y grommets con aceite de motor limpio antes de la instalación. El seguir éste procedimiento asegura el reemplazo adecuado del filtro de aceite. Refiérase al manual del propietario o al catálogo del filtro para la localización exacta y servicio de su vehículo.

2.3 Tipos de filtrado en aceite de motor

En los motores diesel la contaminación es mayor que en los motores a gasolina, produciendo mayor número de partículas contaminantes, residuos del combustible diesel, carbón, etc., razón por la que, los fabricantes de equipos con motores diesel adicionan al sistema de lubricación, otro filtro de aceite con características diferentes que nos permiten clasificarlos de la manera siguiente:

- Filtros de flujo total
- Filtros en derivación

Filtros de flujo total

El filtro recibe el flujo total enviado por la bomba de aceite del sistema de lubricación. El aceite que sale limpio por el tubo central del filtro, es enviado por la bomba que mantiene la presión a los puntos críticos de desgaste, para luego regresar por gravedad al carter.

Por su construcción en el mercado se encuentran dos tipos de filtros de flujo total:

- elementos
- enroscables

Elementos:

Filtros que carecen de carcasa o concha, el elemento filtrante es expuesto. Motor equipado con un recipiente, en el cual se coloca el elemento filtrante.

Enroscables:

Filtros que contienen el elemento dentro de una carcasa o concha. Conocidos como enroscable (*Spin-On*), el elemento y el recipiente forma un solo conjunto el cual se enrosca a una base de montaje en el motor.

Figura 15. Filtros clasificados por su construcción

Filtros de Aceite Clasificación por su Construcción



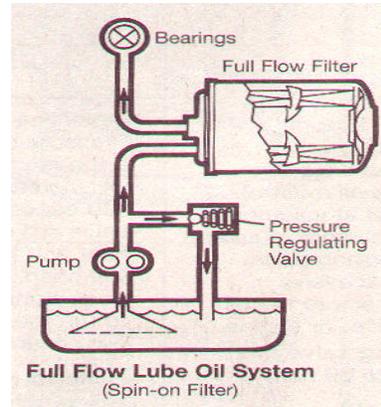
Los filtros de flujo total, tanto elementos como enroscales, tienen la capacidad de retener partículas de un tamaño promedio de 25 micras y mayores.

Para atrapar partículas menores a este micronaje es necesario instalar un filtro en derivación adicionalmente en el sistema de lubricación.

Figura 16. Filtros clasificados por su circuito de flujo

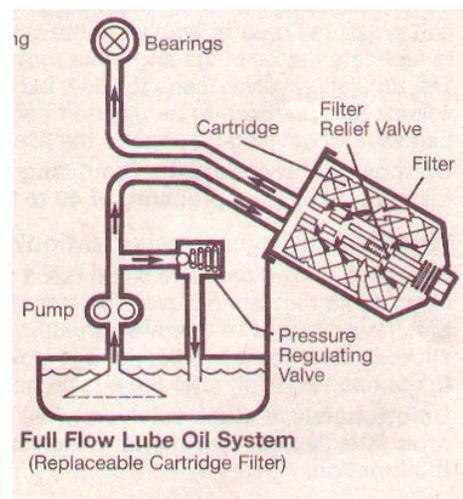
Filtros de Aceite Clasificación por su Circuito de Flujo

- Sistema de flujo total de aceite para filtro tipo enroscable



Obsérvese que el aceite que sale del tubo central es enviado a lubricar el motor.

Figura 17. Filtro de elemento por su circuito de flujo



De igual manera que en el diagrama anterior el aceite que sale del tubo central del filtro es enviado a lubricar las partes críticas de desgaste.

Filtros en derivación

La razón principal de los filtros en derivación, radica en la capacidad que tiene de atrapar partículas de menor tamaño (de 10 a 25 micras). Está ubicado en el circuito del sistema de lubricación de tal manera que, cuando sale el aceite del tubo central del filtro, retorna a la aceitera y no es enviado a lubricar directamente las partes críticas de desgaste.

El área de los orificios de entrada en el filtro, nos permite limitar el caudal de flujo de un 10% a un 15% solamente, razón por la que en ocasiones es llamado este filtro: de flujo parcial.

En los filtros de flujo total no se puede limitar el tamaño promedio de los poros del papel o medio filtrante a un micronaje similar al de flujo parcial, esto ocasiona una baja de presión al restringir el flujo de aceite. Razón por la que no se puede sustituir un filtro de flujo parcial por uno de flujo total, aunque tengan las mismas dimensiones.

Figura 18. Esquema de filtro de derivación enroscado

Filtros de Aceite Clasificación por su Circuito de Flujo

- Sistema de flujo de derivación de aceite para filtro tipo enroscable.

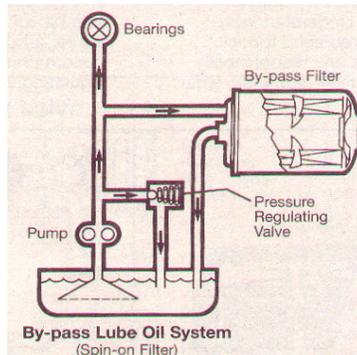
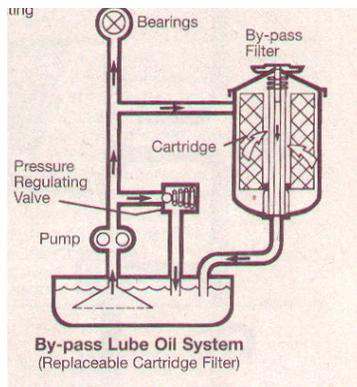


Figura 19. Esquema filtro de derivación de elemento

Filtros de Aceite Clasificación por su Circuito de Flujo

- Sistema de flujo de derivación de aceite para filtro tipo elemento.



Nótese que, en ambos casos, el aceite que sale del tubo central del filtro retorna al cárter.

2.4 Eficiencias Nominal y Absoluta.

Eficiencia

La habilidad, expresada como un porcentaje, de un filtro para eliminar contaminantes artificiales determinados en una concentración de contaminantes dada, bajo condiciones de pruebas específicas.

Eficiencia nominal

Al hablar de eficiencia nominal de un medio filtrante, nos referimos a la capacidad de éste de remover un 50% de las partículas de un tamaño de micrón determinado. La razón beta para este caso es igual a 2.

Eficiencia absoluta

Nos referimos a la capacidad de un medio de remover un 98.7% de las partículas de un tamaño determinado. En este caso la razón beta corresponde a 75. El micronaje referido en la eficiencia absoluta es mayor al de la eficiencia nominal, cuando se habla de un mismo medio filtrante.

Ambas eficiencia se determinaron en pruebas de laboratorio, agregando partículas al fluido de un tamaño determinado y por medio de un contador de partículas, determinar cuantas de éstas deja pasar el medio filtrante.

2.5 Presión diferencial y función de la válvula de alivio

Presión diferencial:

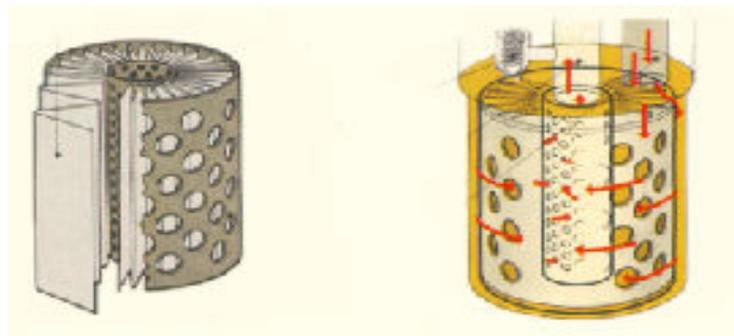
Es la diferencia de presión en el fluido, medida a la entrada y salida del filtro.

El fluido entra al filtro por los pequeños agujeros alrededor del tubo central en la chapa de montaje, y sale por el tubo central, atravesando el medio filtrante.

Los filtros nuevos cuentan con una restricción inicial debido al medio filtrante, lo cual es normal siempre que se encuentre dentro los límites diferenciales preestablecidos por el fabricante de equipo original.

Figura 20. Dirección de flujo en filtros de aceite

FILTROS DE ACEITE DIRECCIÓN DE FLUJO



En cualquier sistema de lubricación de un motor automotriz debe existir un flujo constante de aceite bajo presión hacia el motor. Si el flujo falla, los cojinetes pueden sobrecalentarse o fundirse debido a la falta de aceite y otras partes móviles del motor pueden rozarse entre sí, causando excesivo desgaste.

Tres válvulas separadas en el sistema de lubricación de un motor mantienen al mismo con la cantidad de aceite que requiere.

Muchas veces estas válvulas son confundidas entre sí, cuando surge la pregunta sobre el sistema de aceite. A continuación se define cada válvula, así como su función específica.

Válvula reguladora de presión de la bomba de aceite:

Esta válvula usualmente esta construida dentro de la bomba de aceite y necesaria tanto en los sistemas de aceite de flujo total como parcial.

Su función es la de controlar la presión de operación del sistema de lubricación. La válvula reguladora está preestablecida por el fabricante para mantener una presión correcta, usualmente entre 40 y 60 psi.

La válvula utiliza una bola y un mecanismo de resorte. Cuando la presión de operación esta por debajo del nivel de psi, el resorte sostiene la bola en la posición cerrada para que fluya aceite bajo presión a los cojinetes.

Cuando la presión deseada es alcanzada, la válvula se abre lo suficiente para mantener la presión. Una vez que la válvula se abre, la presión se mantiene relativamente constante, con solo variaciones pequeñas debido a cambios en la velocidad.

Si la válvula reguladora se obstruye en la posición cerrada o se mueve lentamente a la posición abierta después de que el motor arranca, la presión en el sistema excederá los límites establecidos en la válvula reguladora. Esto puede ocasionar una sobrepresión en el filtro. Si un filtro deformado es observado, la válvula reguladora de presión de aceite debe ser reparada inmediatamente. (Referirse a sobre presión de filtros).

Válvula de alivio (*By-Pass*)

En un sistema de flujo total de aceite, todo el aceite pasa por el filtro antes de llegar al motor. Si el filtro se obstruye, una ruta alternativa al motor debe ser suministrada para el aceite o de lo contrario los cojinetes y las otras partes del motor pueden fallar, debido a la falta de aceite.

Una válvula de alivio o by-pass, es utilizada para permitir que aceite sin filtrar lubrique el motor, ya que es preferible que aceite sin filtrar lubrique el motor antes que se presente la situación de que no llegue aceite a las partes vitales del motor.

Esta válvula de alivio está constituida en el block del motor en algunos equipos. Si no es así, la válvula de alivio es un componente integral del filtro de aceite. Bajo condiciones normales la válvula de alivio permanece cerrada.

Cuando existen suficientes contaminantes en el filtro de aceite para alcanzar los niveles de restricción del flujo de aceite (alrededor de 8 psi en la mayoría de los automóviles), la presión en la válvula de alivio causa que se abra.

Esta condición puede ocurrir cuando el filtro este obstruido o cuando el clima está frío y el aceite está muy viscoso, fluyendo muy lentamente.

Figura 21. Válvula de alivio



Válvula de Alivio de cuello



válvula de alivio de fondo

Válvula de Alivio utilizada en el fondo del filtro tipo PH8 Fram



Válvula Anti-Drenaje

Algunos montajes de filtros de aceite permiten que el aceite drene fuera del filtro cuando el motor se apaga. Cuando el motor se vuelve a encender el filtro tiene que rellenarse de aceite antes de que la presión total de aceite alcance el motor.

La válvula anti drenaje, incluida en el filtro cuando lo requiere, previene que el aceite se drene del filtro, especialmente cuando el eje longitudinal del filtro es mayor que la horizontal.

Figura 22. Válvula antidrenaje



2.6 Diagnóstico de la condición del aceite mediante inspección de los elementos filtrantes usados.

Cuando realizamos cambios de aceite de motor normalmente tiramos a la basura los filtros usados, sin percatarnos que nos pueden servir de diagnóstico, éstos son el tester que nos puede dar información valiosa en el mantenimiento preventivo.

Condiciones en que se pueden encontrar el elemento adentro de los filtros:

- Ondulaciones en los pliegues del papel del elemento filtrante.

Posible causa: presencia de agua en el aceite, posiblemente por condensación o fuga de refrigerante hacia el aceite, camisas picadas por cavitación.

- Relleno de pasta grasosa entre los pliegues del papel, con apariencia de grasa.

Posible causa: Formada de sílice mezclada con aceite, la presencia de silicatos en el aceite son producto de un filtrado defectuoso en el sistema de inducción de aire.

- Presencia de partículas brillantes entre los pliegues.

Son partículas metálicas de desgaste.

Posible causa: Degradación del aceite posiblemente por períodos de cambio muy extendidos. Se recomienda hacer análisis de aceite.

2.7 Filtros especiales para motores con recirculación de gases de escape

A partir de octubre de 2002, la mayoría de los nuevos motores diesel vendidos en Estados Unidos deben cumplir los nuevos reglamentos sobre emisiones de la EPA que son más estrictos, los cuales reducen los Óxidos de Nitrógeno máximos permisibles (NOx) en un 50% con respecto a los niveles existentes en 1998.

Con la finalidad de cumplir con estos requisitos, la mayoría de los fabricantes de motores están utilizando los sistemas de Recirculación de Gas de Escape enfriado (EGR) en todos los motores nuevos. No obstante, el uso de EGR impone mayores exigencias sobre el aceite para motor en relación con la estabilidad térmica, la neutralización de ácidos y la capacidad de manejo de hollín. La especificación API CI-4 se introdujo específicamente en los productores de aceites lubricantes para motores diesel para cumplir con los nuevos requisitos en materia de niveles de desempeño de los motores equipados con EGR. Así como el aceite requiere de un aditivo como el API CI-4

Así también los filtros requieren de un medio filtrante más eficiente para atrapar más hollín y un inhibidor del azufre que podría ser zinc.

EGR enfriado

El EGR enfriados un método de controlar las emisiones de NOx. Esto implica devolver una parte de los gases de escape tras el enfriamiento(a cerca de 350F) a la carga de aire de toma que ingresa a la cámara de combustible.

Entre un 5% y un 30% del escape se recircula. Aquí, estos gases “gastados” no juegan ningún papel adicional en el proceso de combustión, pero actúan para absorber el calor de la combustión, lo que ocasiona una menor temperatura máxima de llama.

La reducción en la temperatura ocasiona una disminución en la formación de NOx. Normalmente habría una ligera pérdida de potencia de la cantidad de aire de entrada que desplazan los gases de escape, pero las mayores presiones de sobrealimentación del turbocargador la compensan.

En los gases de escape de los motores diesel encontramos los siguientes contaminantes

- Los hidrocarburos (HC).
- El óxido de carbono (CO).
- Las partículas por reacción química de oxidación.
- El óxido de nitrógeno (NOx).

De los tres primeros contaminantes se encarga de reducirlos el catalizador de oxidación. El óxido de nitrógeno no se ve afectado por la instalación de un catalizador por lo que dicho contaminante hay que tratarlo antes de que llegue al escape.

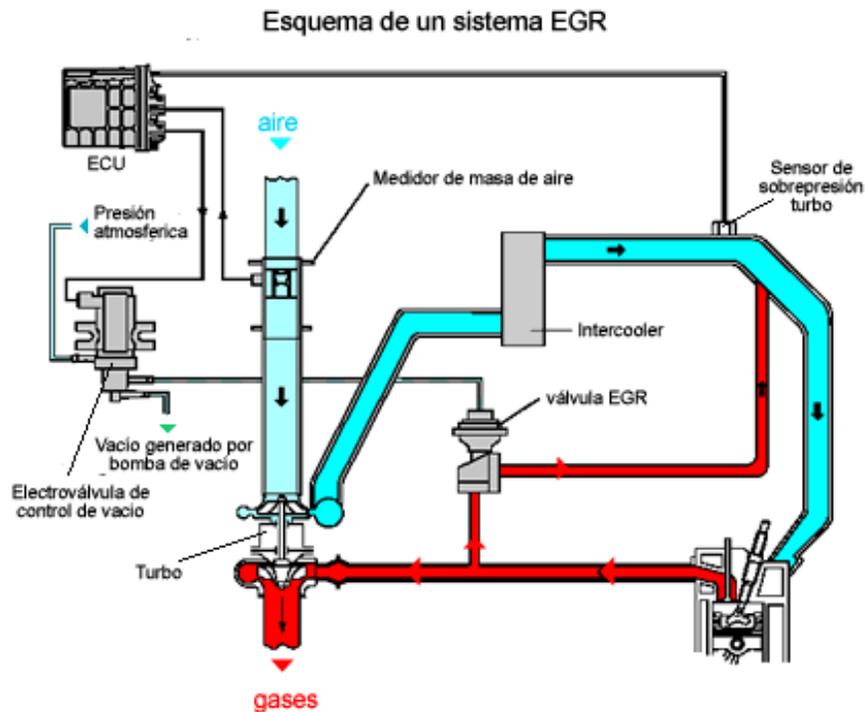
Esta es la razón por la que se utiliza el sistema EGR en los motores.

Para reducir las emisiones de gases de escape, principalmente el óxido de nitrógeno (Nox), se utiliza el Sistema EGR (*Exhaust gas recirculation*) que reenvía una parte de los gases de escape al colector de admisión, con ello se consigue que descienda el contenido de oxígeno en el aire de admisión que provoca un descenso en la temperatura de combustión que reduce el óxido de nitrógeno (Nox).

Cuándo debe activarse el sistema EGR y cuál es la cantidad de gases de escape que deben ser enviados al colector de admisión, es calculado por la ECU, teniendo en cuenta el régimen motor (RPM), el caudal de combustible inyectado, el caudal de aire aspirado, la temperatura del motor y la presión atmosférica reinante.

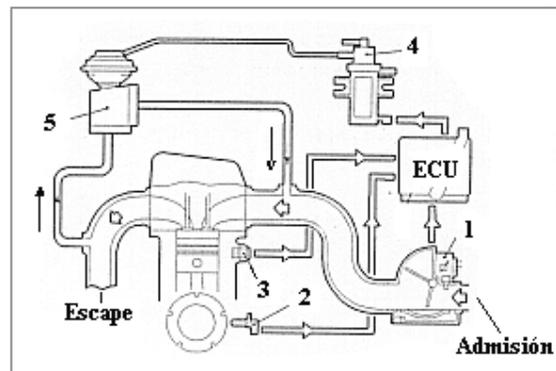
2.8 Esquema de la recirculación de gases de escape.

Figura 23. Esquema de la recirculación de gases de escape



Sistema EGR montado en un motor atmosférico a diferencia del anterior.

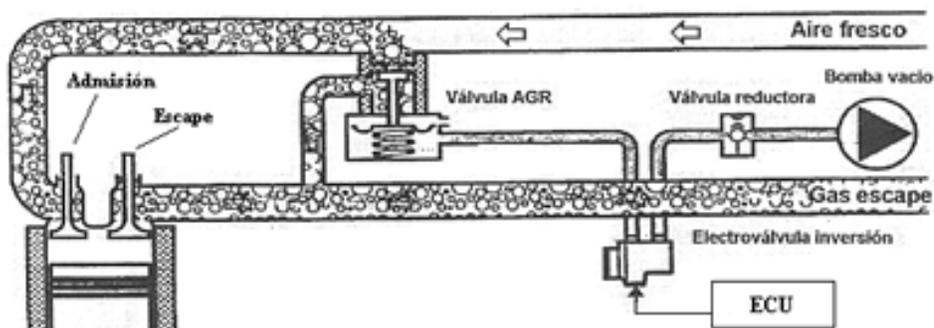
Figura 24. EGR en un motor atmosférico



- 1- Medidor de masa de aire.
- 2- Sensor de revoluciones (RPM).
- 3- Sensor de temperatura.
- 4- Convertidor

De acuerdo con los datos obtenidos, la ECU actúa sobre una válvula electroválvula controladora de vacío (convertidor EGR). Esta válvula da paso o cierra la depresión procedente de la bomba de vacío. De esta forma la válvula de recirculación de gases (válvula EGR) abre o cierra permitiendo o no la recirculación de gases del colector de escape al colector de admisión.

Figura 25. Electroválvula ECU



En la figura 25 se ve un sistema EGR montado en otro tipo de motor.

De acuerdo con los datos obtenidos, la unidad de mando ECU actúa sobre la "válvula inversora" electroneumática. Esta válvula da paso o cierra la depresión que genera la "bomba de vacío", de esta forma la "válvula EGR" abre o cierra el circuito de recirculación de gases de escape, ver figura 25.

Válvulas EGR

La válvula EGR es la encargada de hacer recircular los gases de escape del colector de escape al colector de admisión, y se clasifican según su funcionamiento en: "neumáticas" y "eléctricas".

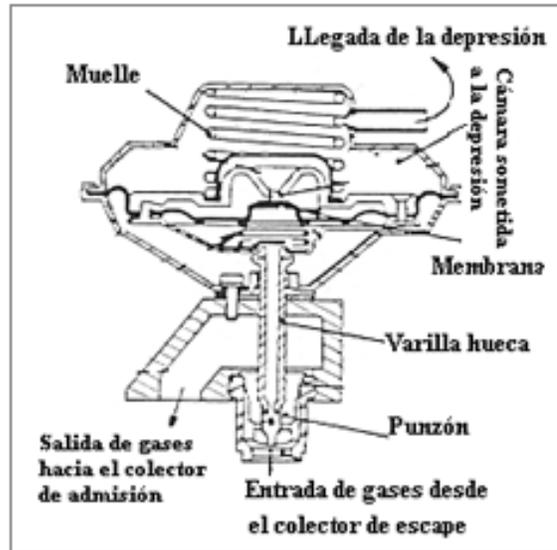
Neumáticas

Las válvulas EGR neumáticas son accionadas por depresión o vacío. Están constituidas por una membrana empujada por un muelle, que abre o cierra una válvula a través de una varilla hueca en cuyo extremo lleva un punzón.

La varilla está acoplada a la membrana, que se mueve abriendo la válvula cada vez que la depresión actúa sobre la membrana y vence la presión del muelle, ver figura 26.

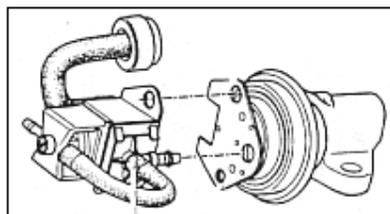
Para controlar la depresión que actúa sobre las válvulas EGR necesitamos de otra válvula separada en este caso eléctrica que será controlada por la ECU. En los esquemas estudiados anteriormente la válvula que controla la depresión o vacío sobre la válvula EGR serían en el primer esquema el "Convertidor EGR" y en el segundo esquema la "Electro válvula de inversión".

Figura 26. Esquema interno de una válvula EGR con muelle



Hay otros sistemas EGR en los que la Válvula EGR y la electroválvula que controla la depresión o vacío (Convertidor EGR) van juntas es decir forman la misma pieza por lo que se simplifica el sistema como se ve en la figura 27.

Figura 27. Convertidor EGR



Eléctricas

Las válvulas EGR eléctricas se caracterizan por no tener que utilizar una bomba de vacío para su funcionamiento por lo que trabajan de forma autónoma. Estas válvulas actúan de una forma muy similar al dispositivo "variador de avance de inyección" que utilizan las "bombas electrónicas" que alimentan a los motores de inyección directa diesel (TDI).

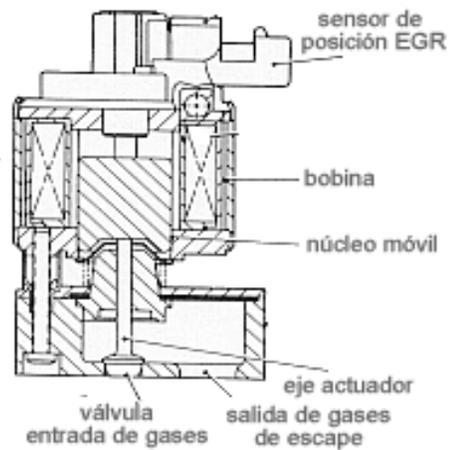
Constan de un solenoide que actúa al recibir señales eléctricas de la UCE cerrando o abriendo un paso por el que recirculan los gases de escape.

El mayor o menor volumen de gases a recircular viene determinada por la UCE, que tiene en cuenta ciertos parámetros como: la velocidad del coche, la carga y la temperatura del motor.

La válvula EGR eléctrica cuenta con un pequeño sensor en su interior que informa a la UCE en todo momento, la posición que ocupa el elemento que abre o cierra el paso de la recirculación de los gases de escape.

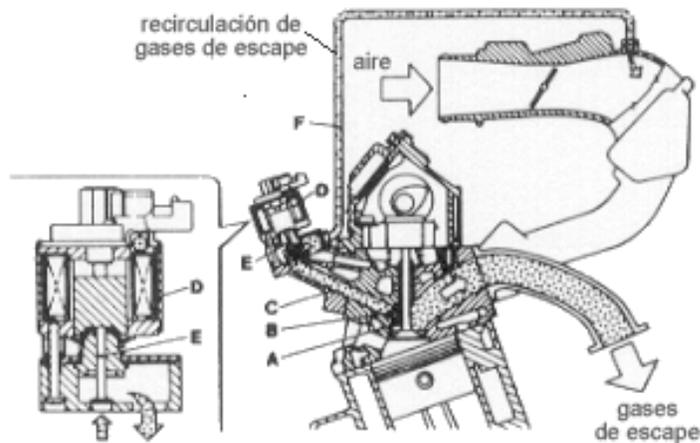
Este tipo de electroválvula no se resiente de la depresión, por tanto puede abrirse con cualquier carga motor y con cualquier depresión en el colector. Interviene con temperatura líquido motor 55°C, temperatura aire aspirado > 17 °C y régimen motor incluido entre 1500 y 5600 (según las características del motor), (ver figura 28).

Figura 28. Válvula EGR eléctrica



Durante la intervención del sistema EGR, los gases de escape "B" son interceptados y canalizados a través del conducto "C" hacia la válvula "D", que gobernada por la centralita, levanta la válvula "E" permitiendo que los gases de escape sean canalizados hacia la admisión a través del conducto "F", (ver figura 29.)

Figura 29. Esquema completo de recirculación con EGR eléctrica



3. SISTEMA DE COMBUSTIBLE

3.1 Esquema de un Sistemas de Combustible y sus Partes

El sistema de combustible de un motor diesel tiene como misión entregar la cantidad correcta de combustible limpio a su debido tiempo en la cámara de combustión del motor.

Antes de entrar en detalles concernientes a filtros, es necesario conocer los principales componentes de los sistemas de combustible diesel y su función.

Elementos generales del sistema.

Suelen ser parecidos en todos los fabricante de motores diesel, sin embargo puede ser que en algún caso no estén todos en un motor determinado, o que monte algún otro componente no reseñado en esta página.

➤ Depósito de combustible

Es el elemento donde se guarda el combustible para el gasto habitual del motor. Construido en lámina de aluminio y con divisiones internas que lo refuerzan y reducen el movimiento del combustible, evitando que se dañe.

➤ **Líneas de combustible.**

Son las tuberías por donde circula el combustible en todo el circuito.

➤ **Filtro primario**

Tienen como propósito retener las partículas sólidas contaminantes y separar el agua del combustible diesel

Generalmente a la salida del depósito de combustible, suele ser de rejilla y solamente filtra impurezas gruesas.

➤ **Bomba de transferencia**

Movida por el motor, es la que presuriza el sistema hasta la bomba de inyección, puede ir montada en lugares distintos dependiendo del fabricante del motor.

➤ **Bomba de cebado**

Sirve para purgar el sistema cuando se cambian los filtros o se desceban las tuberías. Puede ser manual y en motores más modernos eléctrica.

➤ **Filtro secundario**

Es el principal filtro de combustible, tiene el paso más fino, por lo que generalmente es el que se tiene que cambiar más habitualmente.

➤ **Válvula de purga**

Va situada generalmente en el filtro secundario y sirve para purgar el sistema, es decir, expulsar el aire cuando se está actuando sobre la bomba de cebado.

➤ **Válvula de derivación**

Sirve para hacer retornar al tanque de combustible el sobrante del mismo, que impulsado por la bomba de transferencia, no es necesario para el régimen del motor en ese momento.

➤ **Bomba de inyección**

Es la que impulsa el combustible a cada cilindro con la presión adecuada para su pulverización en el cilindro. Hay muchos modelos y marcas de bombas de inyección.

Figura 30. Bomba de inyección



➤ **Colector de la bomba de inyección**

Es la tubería que devuelve el sobrante de la bomba de inyección.

➤ **Inyectores**

Son los elementos que pulverizan el combustible en la precámara o cámara de combustión.

Figura 31. Bomba de inyección



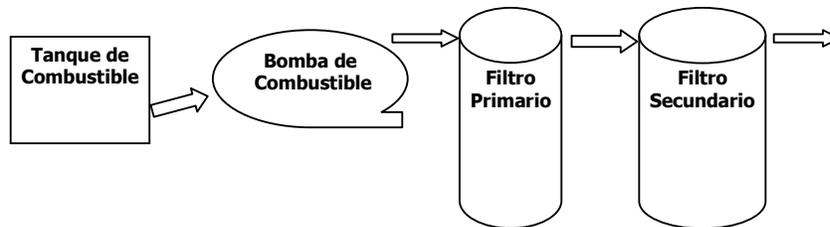
Sistema de presión

Tanto el filtro primario como secundario se encuentran en el mercado en sus dos presentaciones de elemento y enroscado (sellado) y los filtros primarios tienen menos restricción de flujo que los secundarios debido al tamaño micrométrico de sus poros.

En este sistema de presión los filtros se encuentran ubicados después de la bomba, situación de la que se deriva el nombre del sistema. Sistema característico de los motores Mack, Internacional y Detroit Diesel.

Figura 32. Sistema de presión

Mack, International, Detroit Diesel



Sistema de succión o vacío

En el esquema del sistema de succión o vacío podemos apreciar que el filtro de combustible se encuentra antes de la bomba, situación que provoca la succión o vacío en el filtro, sistema característico de los motores cummins y caterpillar.

Recomendaciones en los sistemas de succión

➤ Filtros de combustible del lado de la succión/vacío

Los filtros de combustible en el lado de la succión/vacío están colocados corriente arriba de la bomba.

El combustible fluye por vacío a través del filtro, al contrario de aquellos colocados corrientes abajo de la bomba en donde el combustible es forzado bajo presión a través del filtro.

Los problemas asociados con los filtros en el lado de la succión/vacío usualmente no son obvios. El problema más serio a considerar es la pérdida del vacío.

La pérdida del vacío causada por fugas de aire ocasionará pérdidas en el funcionamiento del motor.

El aire que está siendo succionado hacia el sistema de combustible podría resultar en una entrega menor de combustible. La potencia y el desempeño se verán afectadas por esas condiciones. Localizar fugas de aire en el sistema de combustible es normalmente muy difícil. La conclusión común es que existe una fuga de aire alrededor del filtro de combustible.

Una observación hecha en el campo, es el hecho que durante el servicio del filtro de combustible el lado de la succión se encuentra solo parcialmente lleno.

Muchos filtros de combustible del lado de la succión estarán parcialmente llenos con combustible cuando se quitan del motor. También puede parecer que la utilización total del medio filtrante no está siendo obtenida.

La cavidad de aire-vapor o aire atrapado esta siendo causada por la tensión superficial del combustible. También puede ser referido como la resistencia que el medio filtrante húmedo ofrece al paso del aire o vapor a través de él. La magnitud de ésta resistencia al paso del vapor está relacionada con el tamaño de poro del papel y la tensión superficial del combustible. Un incremento en la tensión superficial resultará en un incremento en la resistencia al paso del vapor.

Una vez que los poros del medio están mojados con combustible, esos poros no permitirán el paso de aire hasta que el vacío en el lado limpio del filtro es suficientemente más grande que el vacío en el lado sucio del filtro.

Este incremento en el diferencial del vacío disminuirá la tensión superficial del fluido punteando los poros.

La única forma en que el aire pase a través del medio es cuando la diferencia de vacío a través del filtro sobrepase la tensión superficial.

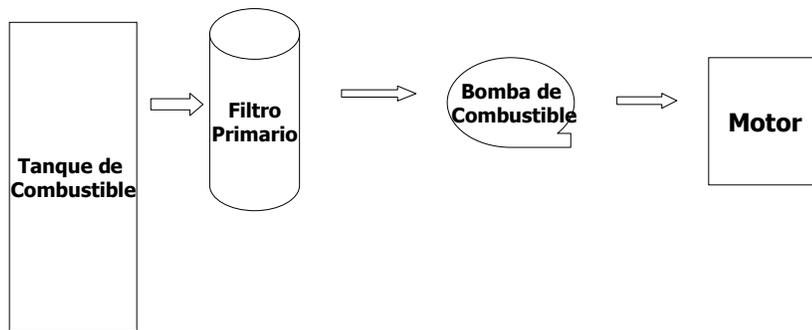
En motores con filtros del lado de la succión, cuando la bomba de transferencia es activada, se crea un diferencial de vacío a través del medio. El diferencial de vacío es suficientemente grande para sobrepasar la tensión superficial y permitir el paso de aire y/o combustible a través del medio. Conforme el medio se moja, se forma una barrera aire-vapor y así cualquier cantidad de vapor nuevo generado estará bloqueado para pasar a través del medio.

Con el sistema de combustible completamente sellado y a prueba de fugas la pregunta es: ¿cómo se genera el aire y de donde viene? La fuente del aire es el combustible mismo. Al igual que el agua, el diesel contiene cierta cantidad de aire disuelto la cual depende de su temperatura, presión, la gravedad específica del combustible y la cantidad de aireación a la que haya estado sujeto.

Figura 33. Sistema de succión o vacío

Sistema de Combustible por Succión o Vacío

Cummins, Caterpillar



Un incremento en la temperatura del combustible o una reducción en su presión, liberarán el aire. La cantidad de aire liberado dependerá del grado de saturación del combustible y de la magnitud del incremento de temperatura y de la reducción de presión.

En experimentos de laboratorios reales que duplican un filtro instalado en un motor, se ha probado que el filtro estará siempre lleno en el lado limpio y la mezcla aire-vapor sólo estará en el lado sucio. Por lo tanto, siempre habrá suficiente combustible dejando el filtro.

La razón de que el filtro aparezca parcialmente lleno cuando se quita del motor se debe a que conforme el sello entre el filtro y la base de montaje se rompe.

El diferencial de vacío a través del cartucho se rompe también y el nivel entre el lado limpio y sucio del cartucho se igualan instantáneamente resultando en que el filtro aparezca que ha tenido el mismo nivel en ambos lados durante la operación.

Hay casos, sin embargo, en que algunos filtros removidos del motor aparezcan estar llenos de combustible. Las razones pueden ser cualquiera de las siguientes:

1. Existen agujeros en el sello entre el elemento y las tapas.
2. El elemento no sella adecuadamente el alojamiento.

Cuando esas condiciones se dan, existe un by-pass y el filtro pudiera estar lleno de combustible cuando fue removido.

Recuerde que la resistencia al paso del aire está relacionada con el tamaño de poro del papel. Por lo tanto, un by-pass en el filtro representará un poro de tamaño grande. Debido a esto el vapor pasará más fácilmente.

Nota de precaución: Si un filtro del lado de la succión está lleno de combustible no suponga automáticamente que el filtro es de inferior calidad.

Existen otras razones más allá del alcance de éste trabajo que contribuyen a éste efecto y pudiera no necesariamente significar un by-pass en el filtro.

➤ **Combustión**

Es el proceso de oxidación rápida de una sustancia, acompañado de un aumento de calor y frecuentemente de luz.

En el caso de los combustibles comunes, el proceso consiste en una combinación química con el oxígeno de la atmósfera que lleva a la formación de dióxido de carbono, monóxido de carbono y agua, junto con otros productos como dióxido de azufre, que proceden de los componentes menores del combustible.

Componentes que se necesitan para que se realice la combustión

Para establecer y mantener la combustión deben estar presentes 3 elementos.

Estos elementos son el combustible, el aire (oxígeno) y la ignición.

Si se remueve cualquiera de las partes del círculo, la combustión no tendría efecto.

Por ejemplo: si se omite el combustible, el aire por si solo no se quemaría, si se quita el aire y se deja el combustible y la ignición, no habría oxígeno y por lo tanto no se podría realizar la combustión.

Hay quienes dicen que si se realiza la combustión, y una vez que se presenta se quita la ignición, ésta no para.

Esto no es real, ya que la ignición no siempre se proporciona de manera externa, una vez que el combustible se combina con ignición y aire, se produce calor entre otras propiedades y el calor es también una ignición inherente, así que si aumentáramos el aire de tal forma que se pierda el calor de la flama, ésta se apagará.

Clasificación de los combustibles

Se clasifican los combustibles de acuerdo a sus estados físicos como sólidos, líquidos y gaseosos.

Combustibles sólidos

El principal combustible sólido es el carbón, su poder calorífico va de los 6900 Btu por libra a los 15,350 Btu por libra. Otros combustibles sólidos son la madera, el aserrín el coque, etc.

Combustibles líquidos

El principal combustible líquido es el petróleo.

Se clasifican de acuerdo a sus características, incluyendo viscosidad, contenido de agua, contenido de sedimentos, residuo de carbón y características de destilación.

Los petróleos ligeros son el de grado 1 y 2 y eran usados para calentamiento de hogares, los más pesados como los grados 5 y 6 son usados en calentadores comerciales e industriales y por lo general requieren ser calentados para quemarse. Su poder calorífico va de los 132,900 Btu por galón del grado 1 a los 155,900 del grado 6.

Otros ejemplos de combustibles líquidos son el keroseno, la gasolina y el alcohol.

Combustibles gaseosos

Los combustibles gaseosos caen en 4 clasificaciones

1. Gas Natural
2. Manufacturado
3. Mezclado
4. Petróleo licuado (L. P.).

El poder calorífico va de los 900 a los 3200 Btu por pie cúbico.

1. El Gas Natural es una mezcla de diferentes gases combustibles y usualmente, una pequeña porción de gases inertes obtenidos de formaciones geológicas.

2. Los Gases Manufacturados son creados de diferentes procesos o sus combinaciones como pueden ser el destilado o separado del petróleo o el carbón, la reacción del vapor y carbón, etc.

3. El Mezclado que es una mezclas de gas natural y manufacturado.

4. El Petróleo licuado (LP) que es obtenido de las refinerías, es una combinación de gas propano, gas butano e hidrocarburos, este gas es presurizado para transportarlo en cilindros metálicos, pero una vez a presión atmosférica se vuelve gas.

Ignición

Para que el combustible arda o reaccione con el oxígeno debe agregarse calor, este calor es la ignición. Las temperaturas a las que reaccionan los diferentes combustibles varían gravemente, por ejemplo para que arda la gasolina se necesitan 735° F y para que arda el gas se necesitan 1200 °F.

Ignición externa

La ignición externa más común es el arco eléctrico, aunque no es la única, hay ignición piezoeléctrica, ignición catalítica, resistencia eléctrica, etc.

El arco eléctrico provee energía necesaria para encender casi todos los combustibles y dependiendo de la energía que se suministre por los electrodos puede alcanzar hasta los 3000 °F.

Características de la flama

Todas las flamas tienen características en común, incluyendo las siguientes:

- A. Producción de calor
- B. Expansión de gases

- C. Producción de reacciones químicas.
- D. Emisión de radiación
- E. Ionización dentro y alrededor de la flama.

A. Producción de calor

Lo más obvio de la combustión es la generación de calor.

La cantidad de calor generada depende de la cantidad de flama, el combustible usado y la relación aire-combustible. Usualmente el máximo calor generado se da cuando la relación aire-combustible esta balanceada de tal manera que no queda combustible sin quemar u oxígeno en el producto de la combustión (cuando la relación aire-combustible resulta en una quema completa sin exceso de aire se le llama relación estequiométrica).

B. Expansión de gases

Cuando la relación de aire y gas se quema, esta se expande gracias al aumento de temperatura.

C. Producción de reacciones químicas

Las reacciones químicas que suceden durante la combustión dependen del combustible que se use, al mezclarse el combustible con el oxígeno y el nitrógeno que contiene el aire podemos encontrar CO monóxido de carbono, CO₂ dióxido de carbono, H₂S ácido sulfhídrico, H₂SO₄ ácido sulfúrico y SO₂ dióxido de Azufre entre otras, también se producen reacciones con el nitrógeno pero en bajas concentraciones.

D. Emisión de radiación

La radiación de la flama junto con el calor sensible produce un amplio espectro que podríamos clasificar de la siguiente forma

Luz Infrarroja.

El calor infrarrojo (luz infrarroja), en forma de rayos infrarrojos invisibles es emitido en grandes cantidades.

El calor radiado tiene una frecuencia por debajo de la frecuencia emitida por la luz visible por lo que no podemos verla, pero ésta se produce siempre que algún objeto esta por arriba del cero absoluto (0° Kelvin), por lo que podemos decir que la flama al tener una temperatura tan elevada es una gran productora de este tipo de luz.

Esta luz es rápidamente absorbida por el material de las paredes de la cámara de combustión o el objeto que se esta calentando. El rango de frecuencia en el que se sitúa esta luz es de los 0.75 a los 1000 micrones.

Luz visible.

La mayoría de las flamas producen luz visible, aunque en algunos casos con algunos quemadores y ciertos combustibles es limitada, los quemadores más comunes producen desde una luz amarilla hasta una luz blanca, esta luz es el resultado de calentar las partículas de carbono libres hasta llegar a la incandescencia. Muchas de estas partículas se combinan con el oxígeno formando CO y CO₂, pero otras se escapan formando hollín.

El rango de frecuencia en el que se sitúa esta luz es de los 0.4 a los 0.75 micrones.

Luz Ultravioleta.

La luz ultravioleta es irradiada como un resultado del proceso de quema. La radiación ultravioleta tiene frecuencias más altas que las de la luz visible, es por eso que el ojo humano tampoco puede distinguirla.

La cantidad de luz ultravioleta emitida esta relacionada con la temperatura de la flama. La máxima radiación ocurre en la base de la flama y decrece conforme se acerca al final de la misma.

El rango de frecuencia en el que se sitúa esta luz es de los 0.02 a los 0.4 micrones.

E. Ionización dentro y alrededor de la flama

El calor de la flama hace que las moléculas de aire choquen una contra otra tan enérgicamente que separa algunos electrones de los átomos, produciendo iones y electrones libres en la misma flama y alrededor de ella en una capa fina.

Esto hace que la flama sea conductora. La resistencia de la flama sobre un quemador convencional puede ser tan bajo como 100,000 ohms.

Servicio para Motores Diesel de Trabajo Ligero

Un motor diesel opera diferente que un motor a gasolina y por lo tanto deben seguirse diferentes prácticas de servicio y mantenimiento.

En el motor a gasolina, el proceso de combustión ocurre a volumen constante. Este proceso es característico de la ignición por chispa, llamado ciclo Otto. El proceso de combustión del motor a diesel ocurre a presión constante. Este proceso es característico de la ignición por compresión o ciclo diesel.

Un motor a gasolina requiere bujías para encender la mezcla aire/combustible mientras que en el motor diesel la mezcla aire combustible se enciende por el calor causado por la compresión. En los arranques en frío, la ignición es ayudada por una bujía de precalentamiento.

El motor diesel opera a mayores relaciones de compresión que el motor a gasolina y quema combustibles menos volátiles.

La inyección del combustible es un requerimiento del motor diesel debido a que el combustible entra a la cámara de combustión cerca del final del ciclo de compresión.

Un motor a gasolina puede operar con carburador o con un sistema de inyección de combustible. El cuidado y mantenimiento de los sistemas de lubricación, inducción de aire y combustible es una obligación en los motores diesel.

Hay varios factores únicos de los motores diesel que afectan las consideraciones del servicio.

El proceso de combustión permite el uso de una variedad de combustibles. Esos combustibles son "menos refinados" que la gasolina y por lo tanto, más inestables. Las temperaturas frías pueden producir precipitados de cera que pudieran tapar los filtros de combustible.

El agua es más propensa a estar presente en el diesel y si no se elimina puede fácilmente dañar los sistemas de inyección. Los microorganismos y el agua pueden causar taponamientos de filtros y problemas de corrosión.

La filtración del combustible es de primordial importancia para los motores diesel.

Los filtros deben ser unidades de alta eficiencia diseñados específicamente para servicio de diesel.

El mantenimiento debe ser seguido regularmente para mantener el sistema sin problemas y confiable.

Los filtros de combustible diesel no pueden ser tratados con la misma complacencia como se manejan los filtros de gasolina.

El agua debe ser removida en algún punto antes de llegar a los inyectores.

Algunos filtros de diesel combinan características de eliminación de agua y de filtración en el mismo paquete.

Los sistemas diesel, desde su procesamiento hasta los tanques de almacenamiento y de ahí a los motores, tradicionalmente contienen más agua que los sistemas de gasolina. El agua es un problema definitivo en el diesel y debe ser tratado.

Las bajas temperaturas tienden a precipitar ceras en el diesel. Para que el combustible fluya a través de los filtros correctamente, éste generalmente se calienta en el sistema de combustible del motor.

Ciertos aceites lubricantes están especialmente diseñados para servicio de diesel.

El proceso de combustión, el arrastre de subproductos y las cargas de trabajo son diferentes en un motor diesel comparado con uno de gasolina. El aceite de lubricación, por lo tanto, debe hacer un trabajo específico y diferente dependiendo si éste es usado en un motor diesel o uno de gasolina.

El Instituto Americano del Petróleo (API por sus siglas en inglés) ha desarrollado un sistema de clasificación para aceites de lubricación de motores.

El sistema de clasificación cubre varias categorías basadas en el modelo, tipo y servicio del motor. Cualquier aceite que lleve una designación API garantiza el hecho de que el aceite ha cumplido los requerimientos para su uso propuesto.

Cuando se le dé servicio a un motor diesel debe usarse el aceite API adecuado.

Durante la combustión del diesel se genera una gran cantidad de hollín. Algo de éste hollín se queda en el aceite arrastrado por los gases. Este es el tipo de material que tiende a tapar los filtros de aceite.

Los ácidos tienden a formarse en los sistemas de lubricación de diesel, son causados por el proceso de combustión y el tipo de combustible. Estos también pueden acortar la vida de los filtros de aceite así como causar desgaste por corrosión.

Es más probable que llegue combustible sin quemar al sistema de lubricación en los motores diesel que en los de gasolina. El combustible diluye el aceite y afecta sus propiedades de lubricación.

La importancia del servicio al sistema de lubricación es evidente. Los intervalos de servicio especificados son de hecho, más cortos que en los motores a gasolina.

Considerando las diversas condiciones de manejo severo tales como viajes cortos, tiempos largos de marcha en vacío y cargas de trabajo extremas se puede ver fácilmente la necesidad de un servicio regular del sistema de lubricación.

Los requerimientos de filtro de aire para motores diesel son similares que para los de gasolina. El polvo, la tierra y la arena deben ser removidos de la corriente de aire antes de que llegue a la cámara de combustión.

Si el sistema diesel es turbocargado deben considerarse intervalos de servicio del filtro de aire más frecuentes, los requerimientos de servicio para motores diesel de trabajo ligero son diferentes.

Los requerimientos de servicio para motores diesel de trabajo ligero son diferentes a los de los motores de gasolina. Los servicios recomendados en el manual del propietario deben ser seguidos de cerca.

Si existen condiciones de manejo severo, los intervalos de servicio deben ser acortados. Al igual que en el motor de gasolina, si el servicio apropiado y las prácticas de mantenimiento se siguen, se puede esperar un desempeño largo y libre de problemas del motor diesel.

Función del Filtro de combustible convencional

- Remover del combustible, todas aquellas partículas sólidas existentes en el mismo.

El tamaño promedio de tamaño de partícula es de:

- Primarios (25 a 40 micras).
- Secundarios (5 a 10 micras).
- **Micra:** millonésima parte de un metro

3.2 Filtros de combustible

Clasificación

1. Por su construcción

➤ **Elementos o cartuchos:** Medio filtrante que carecen de carcasa y es ubicado adentro de un depósito.

1. Sellados o enroscados: Filtros que contienen carcasa y chapa de montaje y existen de dos tipos: convencionales y separadores.

2. Por su función

➤ **Convencionales:** Filtros con medio filtrante construido de celulosa y que atrapa solamente contaminantes sólidos.

➤ **Separadores:** Filtros especiales con medio filtrante construido de fibra de vidrio o sintético que además de capturar partículas sólidas también separa el agua del combustible diesel.

3.- Por su Caudal

El caudal está determinado por la fuerza con que pasa el fluido a través de la superficie de los orificios de entrada.

Marca de Motor	Flujo del combustible	Número de Parte
Cummins (versión larga)	90 galones por hora	LFF8000
Detroit Diesel	90 galones por hora	LFF8010
Detroit (Con base Cummins)	90 galones por hora	LFF8011
Cummins (versión corta)	90 galones por hora	LFF8020
Caterpillar	90 galones por hora	LFF8030
Mack	90 galones por hora	LFF8040

Navistar (International)	40 galones por hora	LFF8050
Marca de Motor	Flujo del Combustible	Número de Parte
CAT	60 galones por hora	LFF9003
Navistar	40 galones por hora	LFF9004
Mack	90 galones por hora	LFF9005
CAT	90 galones por hora	LFF9006
Cummins (Corto)	90 galones por hora	LFF90011
Detroit (8.2L,6.2L)	90 galones por hora	LFF90012
Cummins (Largo)	90 galones por hora	LFF90013

3.3 Filtros convencionales y separadores

➤ **Convencionales:** Filtros con medio filtrante construido de celulosa y que atrapa solamente contaminantes sólidos.

➤ **Separadores:** El nombre lo indica es un dispositivo mecánico que tiene como función básica separar o atrapar el agua del combustible diesel /gas-oil. Dejando pasar el combustible, pero no así el agua.

➤ **Métodos de Remover el Agua**

1. **Por unión (coalescer):** Un dispositivo que permite la unión de gotas de agua relativamente pequeñas en gotas más grandes las cuales son fáciles de remover.

2. **Por remoción (*strip*)**

El medio filtrante quita el agua pero permite que pase el combustible. Medio químicamente tratado.

3. **Por cambio de dirección de flujo**

Como el agua es más pesada que el combustible, un cambio repentino dirección causará que caiga el agua.

4. **Por reducción de velocidad**

Permite que el agua salga más fácilmente.

5. Por centrífuga

Expulsa el agua más pesada.

6. Por asentamiento

Depositando el combustible en un recipiente y dejándolo sin movimiento, permite que el agua se asiente en el fondo (esto ocurre en los tanques de almacenamiento).

7. Por absorción

Ciertas sustancias, como el alcohol, absorberán el agua en el combustible.

8. Por calor

Causa que pequeñas gotas se unan en más grandes, las cuales luego se separan.

9. Por filtración

Capturando el agua en la superficie del medio o dentro de él.

Aspectos a tomar en consideración en la elección de un separador.

1. Razón de flujo de combustible.
2. Eficiencia en remover el agua.
3. Capacidad de filtración de suciedad.
4. Restricción y calor.

3.4 Contaminantes de los combustibles.

Contaminación del Diesel y taponamiento del filtro de combustible

La contaminación del combustible es normal e inevitable, prevenir los problemas y daños al equipo causado por combustible contaminado es una responsabilidad del usuario final. Esas responsabilidades incluyen el reemplazo adecuado y oportuno de los filtros, la selección del suministro de combustible, el grado y la mezcla del mismo, así como el uso de calentadores, separadores y los aditivos que sean requeridos.

Los filtros de combustible retienen los contaminantes no deseados en el combustible. Dejados sin atender, esos contaminantes pueden causar daños serios y costosos a muchos componentes del sistema, incluyendo bombas, líneas e inyectores. Los contaminantes del combustible vienen de muchas fuentes. Algunas fuentes son externas al sistema de combustible mismo, los contaminantes vienen con el combustible que llega al tanque.

El combustible que viene de la refinería está limpio. Los contaminantes en el diesel generalmente se introducen en el almacenamiento por mezclado, transferencia y almacenaje.

Los filtros de combustible, naturalmente generan una resistencia al flujo del combustible conforme ellos llevan a cabo su trabajo de remover contaminantes no deseados en el sistema de combustible.

En los sistemas de combustible, a diferencia de los sistemas de lubricación, no tienen desvío (*by-pass*) y consecuentemente conforme el flujo de combustible a través del filtro disminuye puede resultar en un menor desempeño del sistema de combustible y del motor.

Se espera que el filtro de combustible se tape durante su vida de servicio. Debe investigarse el filtro y el suministro del combustible cuando se sospecha que el filtro está teniendo menor tiempo de vida de la normal.

Algunos de los contaminantes encontrados en los combustibles de hoy incluyen:

➤ **Agua**

Es una gran preocupación, pues es la forma de contaminación más común.

El agua puede introducirse en el diesel durante la carga, cuando el aire caliente, cargado de humedad se condensa en las paredes del tanque de combustible o debido a malas prácticas de limpieza.

Los efectos del agua en el diesel pueden ser serios. El agua puede causar que una puntería destruya un inyector, o reducir la lubricidad del combustible lo cual causa amarres en las partes de poca tolerancia tales como el pistón.

Una vez en el sistema, el agua puede ser removida por filtros o dispositivos separadores de agua en línea. A largo plazo, para la prevención de problemas asociados con el agua es mejor comprar combustible de proveedores confiables capaces de entregar combustible de alta calidad.

Además, los tanques de almacenamiento deben mantenerse llenos para evitar condensación, y si es posible, el combustible debe ser tomado de la parte superior ya que el agua es más pesada que el combustible y tiende a sedimentarse en el fondo de los tanques de almacenamiento.

Los tanques pueden también ser mantenidos libres de agua con un sistema de filtración/separación fuera de línea llamado Akidney-loop@.

➤ **Hongos y bacterias**

Estos microorganismos viven en el agua y se alimentan de los hidrocarburos del combustible. Llamados abreviadamente Humbugs, esas activas y crecientes colonias pueden dispersarse a través del sistema de combustible y tapar rápidamente el filtro de combustible.

El filtro puede llegar a tener una capa de limo sobre la superficie del medio filtrante reduciendo dramáticamente la vida de servicio del filtro.

Las bacterias pueden ser de cualquier color pero usualmente son negras, verdes o café. Drenar el sistema reducirá la actividad microbial pero no la eliminará. La única manera de eliminar el crecimiento microbial una vez que se ha iniciado es limpiar y tratar el sistema con un biocida.

➤ **Cera**

Aunque es deseable como una fuente de energía en el combustible, es necesario su control en clima frío. Los cristales de cera se forman como resultado de la precipitación de la parafina a baja temperatura.

Las temperaturas abajo del punto de enturbiamiento del combustible pueden resultar en precipitación de la cera y taponamiento del filtro.

Para prevenir filtros tapados por precipitación de la cera, el punto de enturbiamiento del combustible debe ser por lo menos de 12 grados Celsius (10 °F) debajo de la menor temperatura exterior.

Los proveedores mezclan el diesel basado en las condiciones locales anticipadas del clima. Debe ponerse particular atención al diesel comprado fuera de su área local.

Por ejemplo, el diesel comprado en el Oeste o el Sur pudiera no ser adecuado para las condiciones de operación de Medio Este o el Norte.

➤ **Alquitranes**

Son componentes del asfalto que generalmente son insolubles y comúnmente están presentes en cierto grado en todo combustible diesel.

Esos alquitranes negros como la brea son duros y frágiles y están hechos de moléculas largas. El combustible con un alto porcentaje de alquitranes acortará drásticamente la vida del filtro de combustible.

➤ **Sedimentos y otros sólidos**

A menudo llegan al tanque de combustible y causan problemas, muchos sólidos pueden ser removidos por sedimentación o filtración.

Los filtros de combustible, diseñados para aplicaciones específicas removerán esos contaminantes peligrosos antes que causen mayor desgaste y daño al sistema.

En ningún caso debe sustituirse un filtro por uno más "abierto" para tratar de arreglar un problema de taponamiento prematuro. Los filtros se tapanán conforme llevan a cabo su trabajo de remover los contaminantes no deseados en el sistema combustible.

Los fabricantes de filtros diseñan los filtros de combustible para proporcionar el nivel de filtración especificado o requerido por el fabricante original (OEM).

La sustitución por un filtro más "abierto" prolongará la vida del filtro antes de que el taponamiento ocurra, pero también permitirá que contaminantes no deseados pasen corriente abajo lo cual impactará en la vida de otro componente más caro del sistema de combustible.

El combustible limpio es esencial para un desempeño eficiente y potente del motor.

Se advierte que el combustible recién refinado está limpio. Entre el tiempo en que el combustible deja la refinería y entra al tanque de combustible del motor, éste debe manejarse cuidadosamente para evitar la posible contaminación que puede tapar prematuramente los filtros y causar daños más serios al sistema de combustible del motor.

3.5 Consejos para uso de filtros de combustible.

- Utilizar combustibles buenos, limpios y de calidad.

- Eliminar posibles fuentes de contaminación en los tanques de almacenamiento de combustibles.

- Revisar que no haya agua, bacterias o moho en los tanques de almacenamiento de combustible. Dar el tratamiento adecuado siguiendo un programa de mantenimiento preventivo.

- Drenar regularmente el agua de los tanques de combustible de los equipos. Recordar que esto debe de hacerse por lo menos 24 horas después de que el equipo haya estado parado.

- Nunca usar gasolina o alcohol solos como un aditivo de combustible diesel.

- No mezclar aceite usado con combustible diesel, ya que esto puede hacer que los inyectores se desgasten más, que se tapen los filtros y que se deposite carbón en las cabezas de los pistones.

- Para ayudar a reducir al mínimo la condensación y la acumulación de agua en los tanques de combustible de los equipos, deben llenarse con combustible al final del día.

4. SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE

4.1 Esquema del Sistema de Inducción de Aire en un mci

El polvo, el hollín y la suciedad que se transportan a través del aire, parecen ser inofensivos cuando actúan por sí solos, sin embargo, una vez que entran al motor y se mezclan con el aceite o combustible, se produce una combinación muy abrasiva que causa estragos dentro del motor.

Para evitar que estas partículas de polvo, hollín, arena, y suciedad ingresen al motor, el sistema de admisión de aire, por medio de filtros con características especiales cumple con este propósito.

El sistema de admisión de aire está compuesto básicamente por el contenedor del filtro, comúnmente llamado olla, el elemento filtrante, instrumentos de medición de flujo, sensores, ductos de conducción de aire. (Vea figura 34.)

Figura 34. Sistema de inducción de aire



4.2 Importancia de los filtros de aire

Los filtros de aire tienen como objetivo la protección del motor, tanto en vehículos livianos como los de servicio pesado. Su diseño es similar al de los demás filtros, pero, como es obvio, tienen características diferentes.

Una de estas características, que se debe tener muy presente, es que este tipo de filtro es muy sensible a las condiciones ambientales en las que opera, mientras más severas e inclementes sean estas, más trabajo tendrá el filtro, y tendrá una vida útil más corta, lo cual no guarda ninguna relación directa con la calidad y eficiencia.

El 90% de los filtros de aire está diseñado para que el flujo de aire sea conducido desde el lado exterior de su forma geométrica, hacia su interior, denominándose a este flujo normal. La superficie del medio filtrante a través de la cual ingresa el flujo de aire al filtro es áspera o abrasiva, lo que hace posible retener mayor cantidad de partículas contaminantes. Cuando el flujo es invertido, esta superficie se encuentra en el interior del filtro. Se deduce de lo anterior, que el lado áspero del medio coincide con la dirección o sentido del flujo.

Con el tiempo el filtro de aire se va saturando, condición que inicialmente ayuda a la eficiencia del mismo, ya que en ese período de tiempo permite únicamente el paso de partículas muy pequeñas, eso parece ser una ventaja, pero no lo es.

Los filtros de aire están diseñados para filtrar una gran cantidad de aire, el cual resulta indispensable para hacer posible la combustión; si bien no se desea que los contaminantes lleguen al motor, tampoco se desea restringir la cantidad de aire que llega al mismo. Es el momento de plantearse la interrogante de cuándo se debe cambiar el filtro, sin que ello signifique dejar de aprovecharlo al máximo.

En los motores de aspiración natural 8,000 galones de aire tienen que pasar por el inductor de aire para quemar 1 galón de diesel y 20,000 galones de aire para quemar 1 galón de diesel en el caso de motores con turbocargador.

Cambio de filtro de aire de servicio pesado

Muchos usuarios no conocen la respuesta a esta pregunta. No importa que sistema o método se utilice para determinar los intervalos de servicio del filtro de aire, el método debe estar relacionado con la medida de la restricción del flujo de aire.

El elemento debe ser reemplazado cuando la máxima restricción permisible, establecida por el fabricante del motor, haya sido alcanzada. El elemento no debe ser reemplazado con base a observaciones visuales, ya que esto conduce siempre a un recambio excesivo.

El cambio frecuente puede causar:

1. Daño al elemento, debido al manejo excesivo,
2. Instalación inadecuada del elemento,
3. Contaminación con polvo,
4. Incrementos en el costo del servicio, en tiempo y en materiales.

Nota: Los puntos 1, 2 y 3 causarán una corta vida del motor.

4.3 Tipos de filtros de aire

Por muchos años, los filtros de aire compartían una filosofía de diseño común.

Independientemente de la aplicación, automotriz o de servicio pesado, los elementos eran sellados mediante juntas de compresión en uno o ambos extremos, ver figura 35.

Este diseño dependía de la aplicación de una carga axial para establecer la compresión de sellado adecuada y mantener el alineamiento en el alojamiento.

Figura 35. Filtro de aire metálico



El apretar una pelota blanda entre sus manos podría igualar la fuerza aplicada a un filtro de sellado axial dentro del alojamiento. En años recientes, un nuevo tipo de sistema de filtro de aire ha sido desarrollado y está siendo usado cada vez más en servicio pesado y en aplicaciones automotrices. A diferencia de los diseños anteriores, éste nuevo diseño utiliza un filtro de aire que sella radialmente en un tubo que está fijo en el alojamiento, ver figura 36.

Los filtros de sellado radial están diseñados con un (1) extremo abierto y un (1) extremo cerrado. El sello en el alojamiento del filtro (tubo de montaje) es creado en el diámetro interior (DI) del extremo abierto para el elemento primario y en el diámetro exterior (DE) para el elemento secundario (interno).

Figura 36. Filtro de aire radial



El elemento primario sella contra el exterior del tubo de montaje mientras que el elemento secundario (si se requiere) sella contra el interior del tubo de montaje.

Este mecanismo de sellado radial asemeja el tipo de fuerzas creadas cuando una tapa de plástico es puesta en una lata de café (elemento externo) o un tapón es colocado en una botella (elemento interno). Por la naturaleza de su diseño, los elementos de sellado radial se centran y alinean por si mismos.

Los sistemas de filtro de aire de sellado radial ofrecen varias ventajas, pero debido a su diseño único hay ciertos consejos y procedimientos especiales que deben ser seguidos.

1. Los filtros de aire de recambio de sellado axial y los filtros de aire de sellado radial están diseñados para ajustarse y funcionar muy diferentemente. Un elemento de sellado radial no puede ser mezclado con filtros convencionales de sellado axial.

2. Los elementos de sellado radial no pueden ser ajustados en el alojamiento a menos que éste esté equipado con el tubo de montaje apropiado.

3. Debe tenerse cuidado cuando se mezclen diferentes marcas de filtros de sellado radial ya que pueden existir diferencias entre los fabricantes que pudieran impedir que los elementos sean totalmente intercambiables.

4. La cubierta del alojamiento debe ser reinstalada después de que el elemento ha sido cambiado. La cubierta no tiene un papel clave en el sellado del elemento pero evita que el elemento se mueva en el tubo de montaje.

5. No usar los sujetadores de la cubierta para forzar el montaje del filtro de aire sobre el tubo. El elemento debe estar montado completamente en el tubo antes de colocar nuevamente la cubierta del alojamiento.

6. Seguir las instrucciones especiales del fabricante en cuanto la aplicación de algún lubricante para el sellado del elemento. Si son necesarios para la instalación, generalmente se usan lubricantes secos como talco para bebés o silicones.

Elementos filtrantes internos, su propósito y función

Los fabricantes de filtros a menudo reciben preguntas acerca del propósito y eficiencia de filtración de los filtros internos para aire.

Figura 37. Filtro de aire interno



Algunos usuarios sospechan que el elemento interno es un filtro secundario, tal como los que se encuentran en algunos sistemas de combustible que utilizan un filtro primario y uno secundario.

Por lo tanto, se cree que el propósito del elemento interno es remover muy pequeños contaminantes que pudieran pasar a través del filtro externo.

Este boletín aclara este malentendido y explica el uso y el propósito del elemento filtrante interno.

Aunque algunas aplicaciones no utilizan un elemento filtrante interno, existen numerosos motores de servicio pesado que utilizan una combinación de elementos filtrantes interno y externos.

El propósito principal del elemento interno es evitar que el polvo y otros contaminantes caigan directamente en el sistema de entrada de aire del motor cuando se está dando mantenimiento al elemento externo.

Debido a las limitaciones dimensionales impuestas a los elementos internos, sólo una pequeña cantidad de medio filtrante puede ser usada en su diseño y manufactura.

La misma cantidad de aire que fluye a través del elemento externo debe fluir también a través del interno. Por lo tanto el medio filtrante del elemento interno debe ser mucho más abierto que en el externo para permitir el flujo de aire necesario.

Este requerimiento del flujo de aire también resulta en un medio filtrante de menor eficiencia de filtración, comparada con la del elemento externo. Como consecuencia de las diferencias necesarias en el medio filtrante, los elementos internos NUNCA DEBEN ser usados solos.

Como se estableció previamente, el principal propósito del elemento interno es evitar que el polvo y otros contaminantes caigan en el sistema de succión de aire del motor cuando se le está dando servicio al elemento externo.

La recomendación general es reemplazar el elemento interno cada tres veces que se reemplaza el elemento externo.

4.4 ¿Qué es restricción?

La restricción es la resistencia al flujo del aire que va al motor causada por el sistema de filtración.

¿Cuáles son los instrumentos que se usan para medir la restricción?

La restricción se registra mejor con un manómetro de columna de agua, o un indicador de "servicio" del sistema de filtración del aire o un indicador de carátula calibrado en pulgadas de columna de agua, ver figura 38.

Figura 38. Medidor de restricción



Puesto que algunos usuarios no cuentan con un manómetro o un indicador de carátula, deberían considerar el uso de un indicador de "servicio" instalado permanentemente en la unidad.

El indicador debe ser instalado en un lugar en donde el operador pueda monitorear la condición del elemento filtrante constantemente.

¿Cómo se mide la restricción?

La medición correcta de la restricción sólo puede ser tomada al máximo flujo de aire.

En motores diesel de aspiración natural o supercargados (no turbocargados), el máximo flujo de aire ocurre sólo a las máximas RPMs (marcha en vacío) sin importar la potencia que desarrolle el motor.

Para motores a gasolina, gas LP o en motores diesel turbocargados, el máximo flujo de aire ocurre sólo a la máxima potencia del motor independientemente de las RPM requeridas para lograr dicha potencia máxima.

Muchos fabricantes de motores sugieren una restricción máxima permisible de 15 a 20 pulgadas de columna de agua para motores a gasolina y gas LP, y entre 20 y 30 pulgadas de columna de agua para motores a diesel. El exceder esos valores máximos pudiera afectar el funcionamiento del motor.

El operador no debe alarmarse cuando la señal en el indicador de restricción comienza a aparecer. El fabricante del elemento filtrante diseña sus elementos filtrantes para resistir los valores máximos recomendados sin colapsarse o permitir el paso de polvo al motor.

¿Dónde se mide la restricción?

La restricción se mide en la toma que se encuentra en la salida del alojamiento del filtro de aire (si es que existe), o en el ducto de transferencia entre el alojamiento del filtro y el múltiple de admisión ó directamente en el múltiple de admisión del motor.

Midiendo la restricción en el sistema de filtración

Conforme el elemento filtrante se va llenando de polvo, el vacío en el "lado del motor" (el lado de la salida del alojamiento del filtro) se incrementa. Este vacío es expresado generalmente como la "restricción en pulgadas de columna de agua".

El fabricante del motor frecuentemente estipula un límite máximo permisible a la restricción en la que el motor puede funcionar (sin detrimento de su desempeño) antes de que el filtro deba ser cambiado.

International (aspiración natural)	25" columna de Agua
International (turbo cargados)	25" columna de Agua
Caterpillar (aspiración natural)	30" columna de Agua
Caterpillar (turbo cargados)	30" columna de Agua
Cummins (aspiración natural)	20" columna de Agua
Cummins (turbo cargados)	25" columna de Agua
Detroit diesel (aspiración natural)	25" columna de Agua
Detroit diesel (turbo cargados)	20" columna de Agua
Mack (turbo cargados)	25" columna de Agua

Los manómetros mecánicos, los mecanismos de advertencia, los indicadores y los manómetros de columna de agua están disponibles para informar al operador cuando la restricción en el elemento filtrante alcanza el límite recomendado.

Todos esos manómetros y mecanismos son generalmente confiables, siendo el manómetro de columna de agua el más exacto y confiable.

Para usar el manómetro, se sostiene en posición vertical y llenese con agua ambas piernas hasta aproximadamente la mitad de su altura. Uno de los extremos superiores deberá ser conectado a la toma del lado de salida del elemento filtrante mediante una manguera flexible.

El otro extremo deberá dejarse abierto a la atmósfera. Con el manómetro sostenido verticalmente y el motor corriendo a su máxima succión de aire, la diferencia de altura entre las dos piernas, medida en pulgadas, es la restricción del sistema de filtración.

Una marca de nivel de restricción se marca generalmente en el indicador. Para verificar un indicador, se remueve, se limpia y succiona con la boca, ver figura 39.

Figura 39. Nivel de restricción



4.5 ¿Cuándo cambiar el filtro de aire?

Muchos usuarios no conocen la respuesta a esta pregunta.

No importa que sistema o método que se utilice para determinar los intervalos de servicio del filtro de aire, el método debe estar relacionado con la medida de la restricción del flujo de aire.

El elemento debe ser reemplazado cuando la máxima restricción permisible, establecida por el fabricante del motor, haya sido alcanzada. El elemento no debe ser reemplazado con base a observaciones visuales, ya que esto conduce siempre a un recambio excesivo.

El cambio frecuente puede causar:

1. Daño al elemento, debido al manejo excesivo,
2. Instalación inadecuada del elemento,
3. Contaminación con polvo,
4. Incrementos en el costo del servicio, en tiempo y en materiales.

Nota: Los puntos 1, 2 y 3 causarán una corta vida del motor.

El cambio apropiado del elemento filtrante resultará en una máxima protección al motor contra los estragos causados por el polvo. También se ahorrará tiempo y dinero incrementando la vida del filtro y la eficiencia en la eliminación del polvo.

Los dos problemas más comunes con relación al cambio del filtro son:

1) Cambiar el filtro más frecuentemente de lo que se requiere - Conforme un filtro nuevo se utiliza, su eficiencia de filtración aumenta debido, principalmente, al polvo depositado en su superficie. La apariencia del filtro no significa que esté saturado, este normalmente parece sucio. Utilizando las herramientas apropiadas para medir la restricción, se podrá utilizar la máxima vida del filtro con la máxima eficiencia.

2) Procedimiento inadecuado de reemplazo del filtro - El motor es altamente vulnerable al polvo abrasivo que se desprende durante el proceso de cambio del filtro. La causa más común de daño del motor es un procedimiento descuidado de cambio de filtro. Siguiendo los pasos que a continuación se indica se podrá evitar la innecesaria contaminación del motor.

¿Cómo cambiar el filtro?

Remover el filtro usado tan cuidadosamente como sea posible hasta sacarlo del alojamiento del filtro - Una sacudida accidental mientras está adentro significará que el polvo pudiera contaminar el lado limpio del alojamiento del filtro antes que el filtro nuevo tenga la oportunidad de hacer su trabajo.

Limpiar el interior del alojamiento del filtro cuidadosamente, el polvo dejado en el interior del alojamiento es mortal para su motor. Usar un paño limpio y húmedo para limpiar todas las superficies internas. Inspeccionar visualmente para asegurarse que el interior está limpio antes de colocar el filtro nuevo.

Siempre limpiar las superficies de sellado de la junta del alojamiento del filtro, sellado inadecuado de la junta es una de las causas más comunes de contaminación del motor. Asegúrese de remover todas las costras de polvo y suciedad de la tapa y del fondo del alojamiento del filtro.

Inspeccionar el filtro usado - El filtro usado es una valiosa pista para descubrir problemas de mal sellado de la junta o entradas de polvo al motor.

Una "huella" de polvo en el lado limpio del alojamiento del filtro es una señal de que el elemento usado no estaba firmemente sellado o de que existía una entrada de polvo.

Asegurarse de que la causa sea corregida antes de colocar el elemento filtrante nuevo.

Presiónese la junta nueva para verificar que se comprime y regresa adecuadamente

Asegurarse que el elemento filtrante nuevo cuenta con una junta de material altamente compresible que regresa cuando la presión de su dedo es liberada. Una junta de calidad es una de las partes más importantes del filtro.

Asegurarse de que la junta asienta uniformemente - Si usted siente que la junta no está asentando parejo haciendo un sellado perfecto, el motor no estará protegido.

Revisar nuevamente que la superficie de sello en alojamiento esté limpia, o si el número del elemento filtrante es el correcto. El filtro pudiera ser demasiado corto para el alojamiento.

Revisar la hermeticidad de las conexiones y ductos.

Inspeccionar que todas las abrazaderas y conexiones estén apretadas al igual que los tornillos de montaje del alojamiento del filtro.

Debe sellarse cualquier fuga inmediatamente - significan la posibilidad de que el polvo esté entrando al motor directamente.

Todas las uniones de los ductos desde el alojamiento del filtro hasta el motor deben estar herméticamente selladas.

Cambio del filtro de seguridad - El filtro de seguridad no está diseñado para ser limpiado.

Para la mayor protección del motor y la máxima utilización de la vida del filtro de seguridad debe reemplazarse un filtro de seguridad nuevo cada tres cambios del filtro principal.

Errores al momento de cambiar un filtro

No se remueve el filtro para inspeccionarlo - Tal inspección siempre hará más daño que beneficio al motor.

Las costras de polvo en la superficie de sellado de la junta pueden caerse al lado limpio del filtro cuando la junta se libera.

Debe verificarse el valor de la restricción o colocar un indicador nuevo si se tiene desconfianza en el funcionamiento del mismo.

Nunca debe golpearse un filtro para limpiarlo - sólo lo destruirá - Golpear fuertemente el filtro para sacudir el polvo daña al elemento filtrante y destruye la protección al motor.

El polvo que está profundamente embebido en el filtro nunca puede eliminarse mediante golpes. Siempre será más seguro mantener el filtro como está hasta que tenga la oportunidad de hacer el cambio de filtro.

No evaluar la vida de un elemento filtrante visualmente - Un elemento filtrante que parezca sucio puede seguir teniendo mucha vida, en cambio un elemento que parezca limpio puede estar tapado.

La mejor respuesta para bajar los costos de mantenimiento y mejor desempeño del motor es tener un indicador de restricción, es una inversión inteligente y de bajo costo.

No dejar el alojamiento del filtro abierto innecesariamente, es una entrada directa a su motor.

Si el elemento filtrante no va a ser cambiado inmediatamente, proteger la entrada.

No se descuide una junta usada o dañada en el alojamiento del filtro - Si la tapa del alojamiento del filtro tiene una junta, debe remplazarse con una nueva. Siempre se debe inspeccionar para asegurarse que ninguna junta esté gastada.

Si el modelo de filtro requiere una junta nueva con cada cambio, reemplácese.

No usar un elemento filtrante abollado o golpeado – No se instale un elemento filtrante golpeado o perforado, ya que este elemento no podrá protegerlo adecuadamente de la contaminación.

Una abolladura hará imposible un sellado firme o puede ser un indicio de que el papel filtrante esté dañado.

5. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

5.1 Esquema y componentes de un sistema de enfriamiento.

La refrigeración de los motores alternativos que se utilizan en las máquinas, puede hacerse por aire o por agua.

La refrigeración por aire evacúa el calor mediante una corriente de aire atmosférico, para mejorar la eficiencia los motores que se refrigeran por aire disponen de aletas de radiación, de longitud proporcional a la cantidad de calor a evacuar, en las zonas a refrigerar.

La refrigeración por agua consiste en hacer circular una masa de líquido por los huecos que al fundir el acero para conformar el bloque y culata del motor, se dejaron para que por transmisión se evacuase el calor de las zonas a refrigerar.

La combustión, cuando se realiza normalmente alcanza temperaturas instantáneas, que llegan a superar los 2500 grados °C. Es por eso que los elementos más próximos a la cámara de compresión se calientan, hasta el punto que pueden alcanzar temperaturas tan elevadas, que pueden provocar fallas sino se refrigeran.

Tanto el cilindro, como el pistón, las válvulas de escape y la cámara de combustión, requieren de refrigeración, siendo las válvulas las que mayor dificultad ofrecen, ya que para evacuar de ellas el calor solo puede hacerse uso de sus guías y de sus asientos en la culata.

Es importante señalar que la refrigeración no debe ser excesiva, ya que si la temperatura no alcanza cierto valor, la combustión no se realiza con normalidad, lo que hace que el motor funcione sin regularidad, y el aceite lubricante resulte excesivamente viscoso, lo cual puede ser causa de problemas en el motor. Si es demasiado alta puede causar además de mal funcionamiento, importantes averías.

Cuando se calculan los rendimientos de un motor alternativo se obtiene que, de la energía del combustible, solo se aprovecha de un 30 a un 35%, y es precisamente la refrigeración la principal causa de tan bajo rendimiento. Es por eso que el sistema de refrigeración debe ser capaz de evacuar la cantidad necesaria de calor, sin excesos ni defectos que reduzcan el aprovechamiento de la energía disponible del combustible para el motor.

En resumen, de la energía del combustible, solo un $\frac{1}{3}$ se utilizan en energía mecánica, otro $\frac{1}{3}$ es expulsado por el tubo de escape y el tercio restante es disipado a través del sistema de enfriamiento.

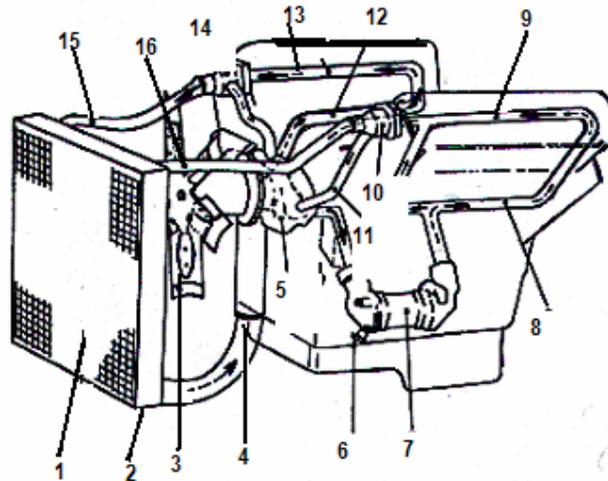
La función principal del sistema de enfriamiento es mantener el motor a una temperatura estable de operación, la cual no debe ser muy alta que ocasione recalentamiento en el motor, ni tampoco muy baja que no permita al motor trabajar en forma eficiente.

La temperatura generada en la cámara de combustión, más la generada por la fricción es transferida por conducción y convección al sistema de enfriamiento, esta transferencia es óptima cuando el sistema está en perfectas condiciones, mismas que se alcanzan con un mantenimiento adecuado del sistema de enfriamiento, antes de entrar de lleno al mantenimiento del sistema, se debe conocer cuales son los componentes del mismo y sus respectivas funciones.

Esquema y componentes de un sistema de enfriamiento. (Ver figura 40)

1. Radiador
2. Tapón para vaciar
3. Ventilador
4. Tubo de entrada
5. Bomba de agua
6. Drenador de enfriador de aceite
7. Enfriador de aceite
8. Circulación por bancada izquierda del motor
9. Circulación en culata izquierda
10. Termostato lado izquierdo
11. Derivación
12. Circulación en culata derecha
13. Circulación por bancada derecha del motor
14. Termostato lado derecho
15. Tubo de descarga lado derecho
16. Tubo de descarga lado izquierdo

Figura 40. Esquema de un sistema de enfriamiento



➤ **Radiador:**

El radiador es un contenedor de líquido formado por dos depósitos, uno superior y otro inferior, unidos entre sí de forma que el líquido circula de uno a otro por conductos que ofrecen, además de una elevada conductividad térmica, una gran superficie de irradiación.

La eficiencia del radiador depende directamente de la cantidad de incrustaciones en su superficie, las incrustaciones o sarro como comúnmente se le conoce son precipitaciones de las sales que se encuentran en el agua (calcio, magnesio, sílice, etc.), a diferentes temperaturas y presiones, estas precipitan y se incrustan en las superficies del radiador, impidiendo una transferencia térmica neta.

➤ **Refrigerante:**

Es el medio de transferencia térmica, conduce el calor por medio de las tuberías al radiador donde es disipado al exterior por convección, su componente principal es etilenglicol (compuesto químico que tiene la propiedad de elevar el punto de ebullición del agua y de disminuir su punto de solidificación), además contiene un paquete de aditivos que brindan protección al sistema.

El refrigerante varía dependiendo del modo de funcionamiento del motor, si es un motor a gasolina usa un refrigerante diferente al que usa uno a Diesel, esto debido a que sus componentes metálicos son atacados de forma diferente químicamente.

➤ **Termostato:**

Dispositivo calibrado térmicamente para que mantenga la temperatura de operación del motor, abriendo y cerrando una válvula que restringe el flujo en circulación.

➤ **Indicador de temperatura:**

Este es un instrumento que recibe y describe un valor de la temperatura de operación, esta generalmente en el tablero de la cabina del operador de la máquina.

5.2 Contaminantes del fluido del sistema de enfriamiento.

Nivel de ph en el fluido del sistema de enfriamiento

El nivel de ph en el fluido refrigerante es la relación entre la acidez y la alcalinidad que este presente y dependiendo del porcentaje de concentración, determina que tan corrosivo este puede ser.

El pH del refrigerante debe ser mantenido entre un nivel de 8.0 y 10.5. Entre este rango ocurre la menor cantidad de corrosión, un refrigerante que tenga un nivel de pH superior a 10.5 atacará el aluminio, cobre y los otros metales no-ferrosos.

El refrigerante con un nivel de pH inferior a 8.5 atacará los materiales ferrosos (hierro) en el motor.

➤ Oxidación

Llamada también corrosión es la reacción del metal con el agua y el oxígeno.

El proceso de oxidación libera óxido y partículas metálicas al sistema, provocando picaduras y desgaste acelerado por la erosión, el agua conteniendo sulfatos o cloruros tienen la tendencia de acelerar la corrosión.

➤ **Sarro**

Conocido también como la formación de escamas, es producto de las sales de calcio y magnesio como carbonatos, el porcentaje de estos disueltos en agua, se le llama “**dureza**”, estos causan depósitos de incrustaciones que reducen la transferencia de calor por la formación de escamas, particularmente en puntos calientes.

Figura 41. Sarro



➤ **Inhibidores de corrosión**

Compuestos químicos solubles en agua, proveen protección a las superficies metálicas contra el ataque de la corrosión.

Los inhibidores más comunes son:

- Cromatos Protege el cobre y metales blandos
- Boratos Amortiguador para prevenir la acidez
- Nitratos Protección adicional para aluminio y soldadura
- Nitritos Protección de la erosión por cavitación

Tabla de Calidad de Agua

Propiedad	Requisitos
➤ Total de sólidos, max.	➤ 340ppm 20 gramos/galón.
➤ Dureza total, max.	➤ 170ppm 10 gramos/galón.
➤ Cloruro, max.	➤ 40ppm 2.5 gramos/galón.
➤ Sulfato, max.	➤ 100ppm 5.8 gramos/galón.
➤ PH	➤ 5.5 a 9.0

5.3 Efectos de un mal mantenimiento del sistema.

El efecto de un mal mantenimiento en el sistema de enfriamiento es el incremento de la temperatura normal de operación y sus graves consecuencias.

El porcentaje de pérdida de energía en la disipación de calor en el sistema de enfriamiento es incrementado al disminuir la eficiencia en la transferencia de calor al fluido que lo transporta hacia el intercambiador de calor, consecuentemente se advierte una pérdida de potencia.

Al incrementar la temperatura, más allá de la temperatura normal de operación se afecta las propiedades fisicoquímicas del aceite, perdiendo la protección contra la fricción e incrementando aún más la temperatura.

Las consecuencias de una elevada temperatura son varias, a continuación se mencionan algunas de ellas:

- Desgaste acelerado de las partes críticas de desgaste.
- Pandeo de la culata sobre el bloque del motor, permitiendo que el refrigerante emigre del sistema de enfriamiento hacia el sistema de lubricación contaminando el aceite lubricante.
- Desgaste de anillos y ralladura de cilindros, dejando pasar el aceite hacia la cámara de combustión.
- Desgaste y fundición de tejas de bielas y bancada central.
- Desgaste en muñones y eje cigüeñal.

Erosión por cavitación

Se debe a la vibración continua de las camisas de los cilindros y a los impulsores de la bomba de agua, liberando burbujas de aire a altas presiones y temperatura, cuando las burbujas llegan a la superficie de las camisas, estas producen una implosión perforando la superficie hasta el punto de traspasarlas, produciendo una fuga de refrigerante hacia el sistema de lubricación.

Figura 42. Erosión por cavitación



5.3.1 Fuga de refrigerante al aceite del motor

Cualquier fuga interna del refrigerante hacia el aceite del motor puede causar graves daños al motor. Algunos ejemplos de los lugares por donde el refrigerante puede entrar al sistema de lubricación son:

1. Empaque dañado en la cabeza
2. Cabeza agrietada
3. Monoblock hendido (y en motores de servicio pesado)
4. Fuga en el enfriador de aceite

5. Fuga en los sellos internos del cilindro
6. Fuga en los sellos del inyector

El refrigerante infiltrado en el sistema de lubricación, causa que el aceite de lubricación cambie químicamente como lo indica la apariencia lechosa del mismo, esto ocasiona que el aceite no provea la alta lubricidad requerida entre las partes con tolerancias cerradas, causando calor por fricción. El calor ocasiona un mayor deterioro del aceite. Se empieza a formar un lodo que interfiere con:

1. La operación adecuada de las válvulas reguladoras de presión del sistema de lubricación y la válvula de relevo (*by-pass*).
2. La filtración del aceite se deteriora conforme el filtro se tapa. El filtro pudiera experimentar una alta presión diferencial que pudiera colapsar las partes internas.

Este aceite de lubricación contaminado no lubrica adecuadamente los cojinetes.

El primer efecto es el excesivo desgaste de las partes internas. La película de aceite no posee la consistencia necesaria para la lubricación entre la flecha del motor y los cojinetes principales y las chumaceras de la caja del cigüeñal.

La alta temperatura causada por la fricción funde y solda las superficies de los cojinetes a las chumaceras.

Recomendaciones:

Revisar el nivel de refrigerante regularmente, revisar también el nivel del tanque de recuperación de refrigerante. Con el motor frío, el nivel del fluido debe estar cerca de la marca "**NIVEL FRÍO**". Si con la revisión periódica se hace necesario agregar fluido para mantener el nivel adecuado, entonces es probable que exista una fuga de refrigerante.

El problema siguiente es determinar si la fuga es interna o externa.

Debe tomarse una acción correctiva inmediata, especialmente si la fuga es interna.

No usar agua pesada como refrigerante, debe usarse agua libre de sales minerales.

Medir periódicamente el nivel de ph del refrigerante, así como la proporción de agua y glicol.

Un sistema de refrigeración en buen estado no tiene por que evaporar el agua, por lo que no debe adicionarse agua de relleno, esto vendría a romper la proporción 50/50 que recomiendan por lo general los fabricantes de equipo original.

5.4 Filtros para el sistema de enfriamiento

La función de los filtros en el sistema de enfriamiento no difiere de los demás sistemas, sigue siendo la de retener los contaminantes externos e internos del sistema, adicionalmente estos filtros vienen provistos de una carga química, que consiste en un paquete de aditivo suplementario para dar protección al sistema contra la corrosión, reponiendo aquellos aditivos que se han degradado o debilitado en su función.

Los filtros del sistema de refrigeración o enfriamiento tienen diferentes cargas químicas dependiendo de la capacidad del radiador como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Carga Inicial/Lubercool	1 Pinta / 4 Galones
Carga Inicial/Filtro de Agua	1 onza/2.6 galones
Carga de Servicio/Lubercool	1 pinta/20 galones
Carga de Servicio/Filtro de Agua	1 onza/13 galones

6. SISTEMA HIDRÁULICO

6.1 Esquema de un sistema hidráulico y sus componentes

La aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. La hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas.

En otros dispositivos como boquillas, válvulas, surtidores y medidores se encarga del control y utilización de líquidos.

La hidráulica es el uso de un fluido bajo presión en la transmisión de fuerza o movimiento bajo control preciso.

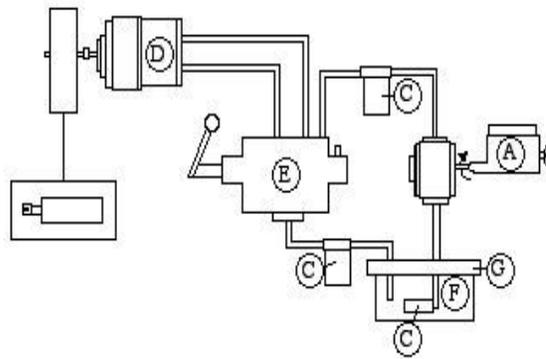
La hidráulica ha colaborado a realizar los trabajos más fáciles desde hace 4,000 años.

Los primeros registros muestran que tanto los chinos como los egipcios usaban los principios de la hidráulica en el desarrollo de bombas para transferir agua y ruedas movidas por agua para moler harina y otras formas de trabajo.

Los estudios realizados en el siglo XVII por el científico y filósofo francés Pascal, son los fundamentos de la hidráulica moderna y como puede ser puesta en funcionamiento.

Un sistema hidráulico se define como el conjunto de dispositivos que por medio de una fuente de poder y el principio de multiplicación, es aprovechado para realizar trabajos con requerimientos de fuerzas elevadas.

Figura 43. Circuito básico de un sistema hidráulico



- A. Fuente de poder.
- B. Bomba.
- C. Filtro.
- D. Actuadores.
- E. Control de dirección.
- F. Fluido Hidráulico.
- G. Tanque.

➤ **Fuente de poder**

Los sistemas hidráulicos no generan poder, transfieren energía. Todo circuito hidráulico requiere de una fuente de poder (motor de combustión o eléctrico). Se le conoce también como desplazador primario.

➤ **Bomba**

Potencia del desplazador primario es introducida al circuito por un componente de entrada, normalmente una bomba. Tres tipos de bombas usadas normalmente en equipo hidráulico son: pistón, engranaje y rotativa.

➤ **Filtros**

Los filtros pueden ser utilizados en diferentes lugares:

Antes de que el fluido hidráulico alcance componentes críticos, tal como controles de dirección y actuadores.

Después de que pasan a través de estos componentes, antes de retornar al tanque.

➤ **Actuadores**

Los actuadores hacen el trabajo de potencia lineal (a cilindro) o rotativo (a motor).

Conforme los equipos accionados hidráulicamente se hacen más sofisticados, la necesidad de un mejor entendimiento de su operación y mantenimiento se incrementa. Los sistemas hidráulicos pueden ser simples o complejos. Pueden operar a altas temperaturas, altas presiones y ciclos rápidos.

➤ **Controles direccionales**

Estas son válvulas que regulan la dirección del flujo y presión en el circuito hidráulico.

➤ **Fluidos Hidráulicos**

Una cantidad de diferentes líquidos son usados como fluido hidráulico. Las bases pueden ser de petróleo, agua-glicol, y otros.

Pero cualquiera que sea el contenido, el fluido hidráulico tiene cuatro funciones básicas:

- Transmitir poder.
- Lubricar las partes móviles.
- Sellar.
- Enfriar y disipar el calor.

➤ **Tanque**

Existe básicamente un tanque para retención, el cual tiene las siguientes funciones:

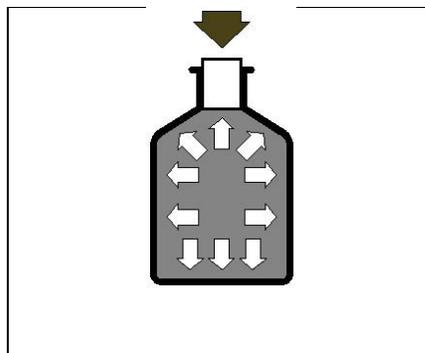
- Almacenar el fluido.
- Enfriar el fluido.
- Proveer separación de aire
- Fácil mantenimiento del fluido.

Este trabajo dará un entendimiento básico de sistemas hidráulicos. Los temas que saldrán posteriormente incluirán fuentes de contaminación, indicadores del desempeño de filtros, aditivos a fluidos hidráulicos y reciclado y mantenimiento preventivo.

6.2 Aspectos básicos en la filtración hidráulica.

Para empezar, la ley básica de la hidráulica establecida por Pascal "la presión en cualquier punto en un líquido estático es la misma en cualquier dirección y ejerce una fuerza igual en todas las áreas" (ver la figura 44).

Figura 44. Ley básica de Pascal



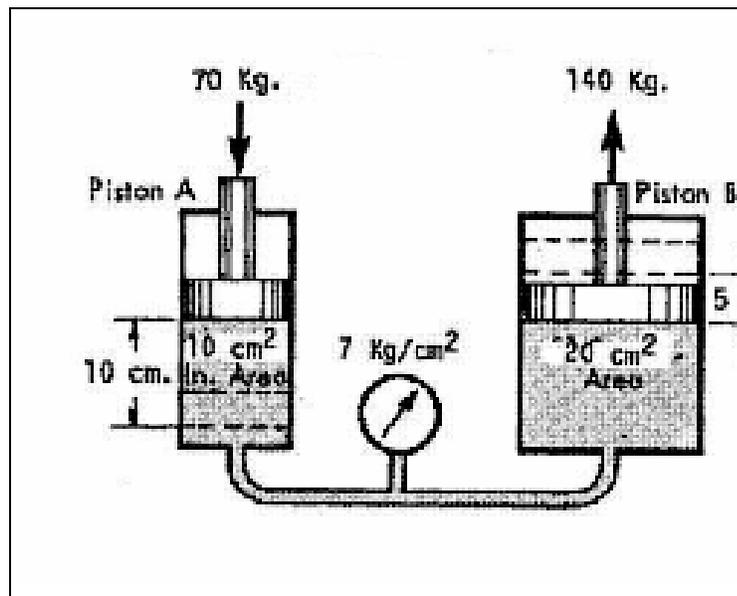
Los fluidos son prácticamente incompresibles, la fuerza mecánica puede ser dirigida y controlada por medio de fluidos a presión.

Factor de Multiplicación

En la figura 45 vemos un método de multiplicar la fuerza en un sistema hidráulico. Una fuerza de 70Kg. es aplicada sobre el pistón A.

Mediante el cálculo que hemos descrito, se origina una presión disponible de 7 Kg/cm².

Figura 45. Factor de multiplicación



Esta presión actúa sobre la superficie del pistón B de 20 cm² produciendo una fuerza de empuje de 140 Kg.

Es decir que la fuerza aplicada sobre el pistón A es multiplicada en la misma relación, que la existente entre las áreas de los dos pistones, este principio, de multiplicación de fuerza es empleado en el freno de los automóviles y en las prensas hidráulicas.

Refiriéndonos nuevamente a la figura 45 vemos que la multiplicación de fuerzas se hace a expensas de sacrificar la carrera del cilindro B. El pistón A se mueve una distancia de 10 cm desplazando 100 cm^3 (10×10).

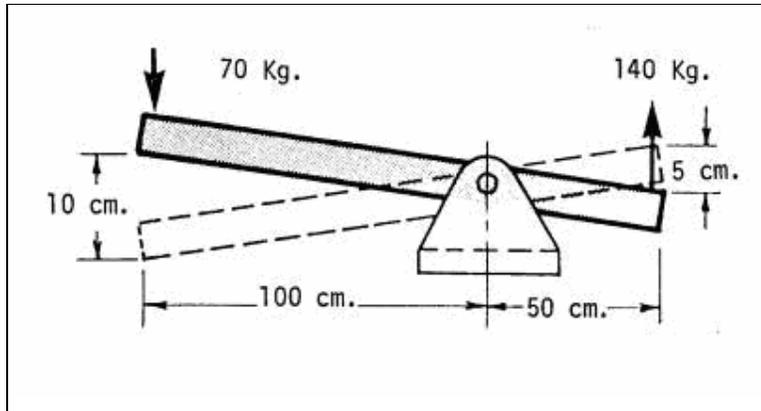
Esta cantidad de aceite mueve el pistón B solo 5 cm., la velocidad de la carrera se ha sacrificado. El pistón B se mueve 5 cm. en el mismo tiempo que el pistón A recorre 10 cm.

En la figura 46 vemos una analogía mecánica al sistema hidráulico descrito.

El producto de las fuerzas por las distancias debe ser igual en ambos sistemas de acuerdo a las leyes de la mecánica.

En el extremo izquierdo $70 \times 0,10 = 7.0 \text{ Kgm.}$, en el extremo derecho $140 \times 0,05 = 7.0 \text{ Kgm.}$

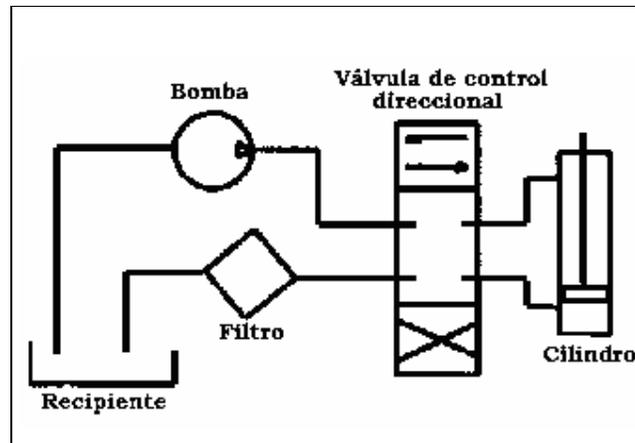
Figura 46. Analogía mecánica de un sistema hidráulico



Funciones del fluido hidráulico

- Transmitir potencia
- Lubricar la bomba, válvulas y sellos
- Proteger el sistema removiendo los siguientes contaminantes:
 - Humedad
 - Suciedad
 - Calor Aire
 - Sellar con los componentes internos

Figura 47. Esquema simplificado de un sistema hidráulico.



La presión aplicada dará al fluido la potencia necesaria para transmitir una fuerza dentro del sistema. Conforme la complejidad del sistema se incrementa, el trabajo requerido del fluido también se incrementa.

El fluido suministra potencia y al mismo tiempo lubrica los componentes por los cuales fluye. El fluido hidráulico, como lubricante, reduce la fricción entre los componentes produciendo una barrera o película que separa las superficies que giran o se deslizan una sobre otra.

La viscosidad es una medida de la resistencia del fluido a fluir. Un fluido que tiene una alta resistencia a fluir (alta viscosidad) es como melaza fría o aceite para engranes SAE 140.

Un fluido que tiene baja resistencia a fluir (baja viscosidad) es como el agua o aceite hidráulico SAE 10.

La viscosidad del fluido está como el agua o aceite hidráulico SAE 10. La viscosidad del fluido está directamente relacionada con la habilidad del fluido para lubricar.

Un fluido de alta viscosidad genera una película de mayor espesor entre las superficies lubricadas debido a que tiene una mayor resistencia a ser desplazado de las superficies lubricadas. La viscosidad del fluido cambiará con la temperatura del fluido.

Incrementar la temperatura del fluido reducirá su viscosidad. Al contrario, al disminuir la temperatura del fluido se incrementa su viscosidad.

En muchos casos, el fluido es el único sello contra la presión interna en un componente hidráulico en donde no existe un anillo de sello entre el vástago y el cuerpo de la válvula para minimizar la fuga entre las áreas de alta presión y las de baja presión. El claro en el ajuste mecánico y la viscosidad del aceite determinan la cantidad de fuga.

Para mantener la fricción y el desgaste del sistema al mínimo, debe especificarse la filtración adecuada y se debe usar el fluido de la viscosidad correcta y operar el sistema dentro de los parámetros de diseño apropiados.

Mayores requerimientos de los sistemas hidráulicos:

- Los sistemas hidráulicos están sustituyendo otros tipos de transmisión de poder. Para tener más eficiencia, los diseñadores de equipos están usando la hidráulica en cambio de correas, cadenas, cables y otros métodos de transmisión de poder.

- Los sistemas hidráulicos cada día son más complicados. Los equipos hidráulicos se diseñan para ser más amigables en su uso, por lo que requieren mayores tolerancias, ciclos de tiempo más rápidos y presiones más altas. Esto pone mayor presión en los filtros.

- Los sistemas hidráulicos están cada día usando más filtros que nunca. Incremento en la sofisticación y el uso de componentes de tolerancias sensitivos, aunque se requiera la ubicación estratégica de varios filtros en vez de uno solo.

- El fluido debe permanecer limpio: Debido a que los componentes de los sistemas hidráulicos son extremadamente sensibles al desgaste, el fluido hidráulico debe comenzar limpio y permanecer lo más limpio posible.

- La eficiencia del filtro debe ser alta: Comparado a los filtros usados en el sistema de lubricación, los filtros hidráulicos deben ser el doble de eficientes.

- Eficiencia y Capacidad debe estar balanceadas: Un filtro hidráulico debe combinar eficiencia (habilidad para atrapar un porcentaje dado de partículas contaminantes a un tamaño específico y mayores); teniendo una adecuada capacidad de acumulación de contaminantes, para que pueda proteger los componentes del circuito, a través de una razonable vida de servicio.

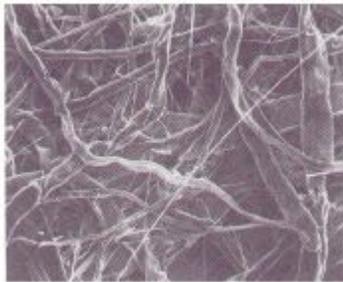
Dos formas básicas de filtración hidráulica:

- **Filtración superficial:** La partícula sólida es retenida sobre la superficie del medio filtrante.

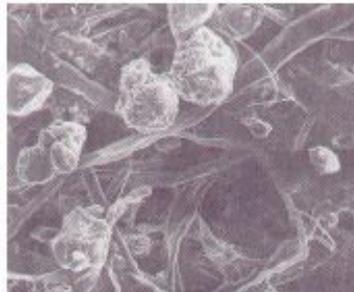
- **Filtración de profundidad:** La partícula recorre un laberinto dentro del medio filtrante, quedando retenida en alguna parte por alguna de las dos siguientes maneras:
 1. Por absorción: retenida por contacto superficial contra paredes. Su tamaño es menor que el laberinto.
 2. Por intercepción: retención debido a tamaño mayor que el del laberinto.

Figura 48. Medios filtrantes

**Medio filtrante de papel limpio
ampliado 200 veces
veces(usado)**



**Medio filtrante de papel
ampliado 200**

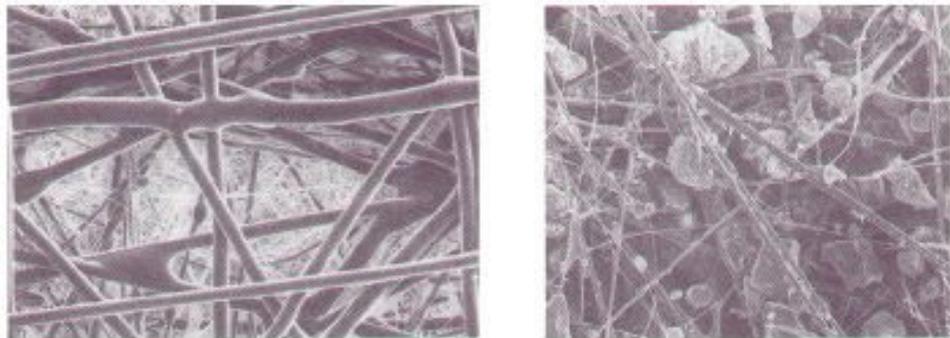


6.3 Medio filtrante para filtros hidráulicos

Fibras más grandes e irregulares, crean más restricción al flujo o caída de presión, esto causa partículas contaminantes más grandes a concentrarse en la superficie del medio, incrementando restricción y limitando la capacidad. (Ver figura 48)

El tamaño de las fibras de papel, hace más difícil el retener partículas contaminantes menores a 10 micras.

**Figura 49. Medio filtrante Sintético limpio y sucio de 10 micras.
Ampliado 200 veces.**



Fibras sintéticas

➤ Las fibras sintéticas tienen un tamaño uniforme y tienen una forma más aerodinámica. Esto crea una menor resistencia al flujo y porque las fibras son más pequeñas, mayor filtración se puede dar en un área dada. (ver figura 49).

➤ La combinación de menor resistencia e incremento de área de superficie da como resultado mayor eficiencia de filtración.

6.4 Prueba de paso múltiple y razón beta.

➤ Prueba de Paso Múltiple

En una prueba de paso múltiple, un fluido es constantemente inyectado con una cantidad uniforme de contaminantes (*AC Fine Test Dust*), siendo bombeado a través del filtro probado. La eficiencia del filtro es determinada por medio del monitoreo de los niveles de contaminación del aceite, tanto a la entrada como a la salida del filtro a intervalos de tiempo específicos.

Un contador de partículas automático determina el número de partículas más grandes de un tamaño dado. Este dato es comparado con el número de partículas en el otro lado del filtro. Una razón de conteo de partículas entrada/salida es desarrollada: Razón Beta.

➤ Razón Beta

Es una razón para determinar la eficiencia de filtración de un filtro de fluido en particular, utilizando como base los datos obtenidos de una prueba de paso múltiple (*multi-pass testing*).

Razón Beta: 1,000 partículas 10 o más grandes entrando
500 partículas 10 o más grandes saliendo

1,000
500

Por lo tanto 1,000 entrando y 500 salen. Quedan 500 retenidas en el filtro

$500/1000 = 0.50 \times 100 = 50\%$
Por lo tanto $B_{10} = 2 = 50\%$

Beta (x) = 1.0 representa	0% de eficiencia en una pasada.
Beta (x) = 1.14 representa	12.28% de eficiencia en una pasada.
Beta (x) = 1.5 representa	33.33% de eficiencia en una pasada.
Beta (x) = 2 representa (NOMINAL)	50.0% de eficiencia en una pasada.
Beta (x) = 3 representa	66.67% de eficiencia en una pasada.
Beta (x) = 4 representa	75% de eficiencia en una pasada.
Beta (x) = 10 representa	90% de eficiencia en una pasada.
Beta (x) = 16 representa	93.75% de eficiencia en una pasada.
Beta (x) = 20 representa	95.0% de eficiencia en una pasada.

Beta (x) = 50 representa	98.0% de eficiencia en una pasada.
Beta (x) = 75 representa (absoluto)	98.67% de eficiencia en una pasada.

Los principales fabricantes de componentes hidráulicos concuerdan que el polvo es responsable de la mayoría de las fallas o desempeños malos de los componentes.

Mal desempeño de los sistemas hidráulicos debido al polvo causa serios daños a los equipos y posibles accidentes laborales.

CONCLUSIONES

1. El funcionamiento del sistema de lubricación y cada una de sus partes es importante en un programa de mantenimiento, quedando descritas cada una de ellas en el presente trabajo, así como todo lo concerniente a filtrado, tipos de filtrado y las consecuencias de un mal mantenimiento.
2. La identificación de los diferentes tipos de partículas que se originan en los sistemas mecánicos, es imprescindible para diseñar un prototipo de filtro que cumpla con las exigencias que el propio sistema demanda, así como el posible origen de las mismas.
3. Cambiar los filtros de aire cuando el medidor de restricción lo indique, y no cuando creamos que está sucio es de más beneficio y evitamos que por la constante manipulación se permita el ingreso de partículas al interior del motor.
4. Usando agua desmineralizada en los sistemas de enfriamiento, como lo indican los fabricantes de equipo original y un refrigerante adecuado, se logra el rendimiento máximo de la parte proporcional de energía que concede el combustible.

5. Para cada aplicación existe un filtro con especificaciones y características que cumplen con los requerimientos de cada sistema, por lo que en cada servicio se debe garantizar en un catálogo de aplicaciones, que el filtro que se está utilizando sea el correcto, en caso contrario se alteran las condiciones de operación de los equipos.

RECOMENDACIONES

1. No se aplique un filtro para filtrar aceite en un sistema de combustible Diesel, pues sus poros son de un micronaje mayor y deja pasar partículas de mayor tamaño de lo permisible, lo que trae como consecuencia el deterioro prematuro de la punta de inyectores y bomba de inyección.
2. En caso contrario a la recomendación anterior, de igual forma no se aplique un filtro para lubricar combustible, pues los poros son más reducidos, lo que restringirá el flujo de aceite, impidiendo que el aceite llegue a lubricar las partes críticas de desgaste.
3. En los sistemas de combustible Diesel debe darse mantenimiento periódico a los tanques de los vehículos, pues estos llegan a acumular agua emulsionada y agua pesada, este contaminante aparte de formar hongos saturan rápidamente los filtros y los vehículos se quedan varados en las fuertes pendientes.
4. No sople los filtros a presión, esto sólo hará perforaciones microscópicas en el medio filtrante que es de celulosa, permitiendo el paso de partículas de polvo y basura de un tamaño que es dañino para el motor al ingresar al sistema de lubricación.

5. Muchos filtros aparentemente son iguales en sus dimensiones (altura, diámetro, rosca y tipo de fluido que filtran); sin embargo, hay que considerar la válvula de alivio que estas traen, pues las diferentes aplicaciones requieren de válvulas de diferente presión diferencial, es mejor consultar estas en el catálogo de aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Motor & Equipment Manufacturers Association**
<http://www.filtercouncil.org>, febrero de 2007

2. **Metalúrgica Manlleuense, S.A.**
Fax. +34 902 10 13 73
www.metmann.com
e-mail: metmann@metmann.com
Marzo de 2007

3. **Infomecánica: Artículos técnicos**
Febrero 2001
Hablemos de Lubricación.com
Marzo de 2007

4. **Filter Manufacturers Council**
P.O. Box 13966
Research Triangle Park, NC 27709-3966
Phone: 919/406-8817 Fax: 919/406-1306
www.filtercouncil.org
Administered by Motor & Equipment Manufacturers
Association