Bombas de inyección

Bombas de inyección en línea. Estas bombas disponen por cada cilindro del motor de un elemento de bombeo que consta de cilindro de bomba y de émbolo de bomba (figura 17). El émbolo de bomba se mueve en la dirección de suministro por el árbol de levas accionado por el motor, y retrocede empujado por el muelle del émbolo.

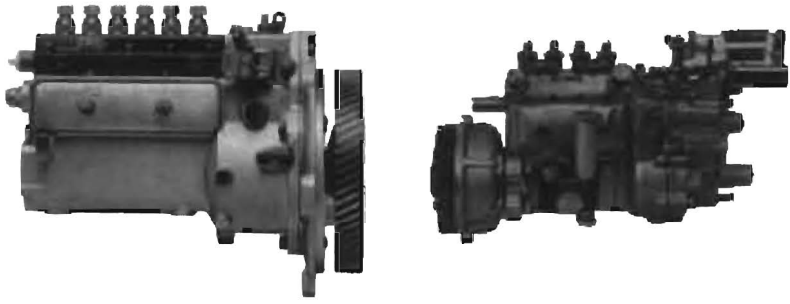


Figura 17. Bombas de inyección en línea

Los elementos de bomba están dispuestos en línea. La carrera de émbolo es invariable. Para hacer posible una variación del caudal de suministro, existen en el émbolo aristas de mando inclinadas, de forma tal que al girar el émbolo mediante una varilla de regulación, resulte la carrera útil deseada. Entre la cámara de alta presión de bomba y el comienzo de la tubería de impulsión, existen válvulas de presión adicionales según las condiciones de inyección. Estas válvulas determinan un final de inyección exacto, evitan inyecciones ulteriores en el inyector y procuran un campo característico uniforme de bomba.

Bomba de inyección en línea estándar PE. El comienzo de suministro queda determinado por un taladro de aspiración que se cierra por la arista superior del émbolo. Una arista de mando dispuesta de forma inclinada en el émbolo, que deja libre la abertura de aspiración, determina el caudal de inyección. La posición de la varilla de regulación es controlada con un regulador mecánico de fuerza centrífuga o con un mecanismo actuador eléctrico.

Bomba de inyección en línea con válvula de corredera. Esta bomba se distingue de una bomba de inyección en línea convencional, por una corredera que se desliza sobre el émbolo de la bomba mediante un eje actuador convencional, con lo cual puede modificarse la carrera previa, y con ello también el

comienzo de suministro o de inyección. La posición de la válvula corredera se ajusta en función de diversas magnitudes influyentes. En comparación con la bomba de inyección en línea estándar PE, la bomba de inyección en línea con válvula de corredera tiene un grado de libertad de adaptación adicional.

Bombas de inyección rotativas. Este tipo de bombas se viene usando desde hace bastante tiempo en los motores diesel, su constitución básica no ha cambiado, las únicas variaciones han venido dadas por la aplicación de la gestión electrónica en los motores diesel (figuras 18 y 19). Estas bombas se sirven de un regulador de revoluciones mecánico para regular el caudal de inyección así como de un regulador hidráulico para variar el avance de inyección. En bombas rotativas controladas electrónicamente se sustituyen los elementos mecánicos por actuadores electrónicos. Las bombas rotativas solo tienen un elemento de bombeo de alta presión para todos los cilindros.

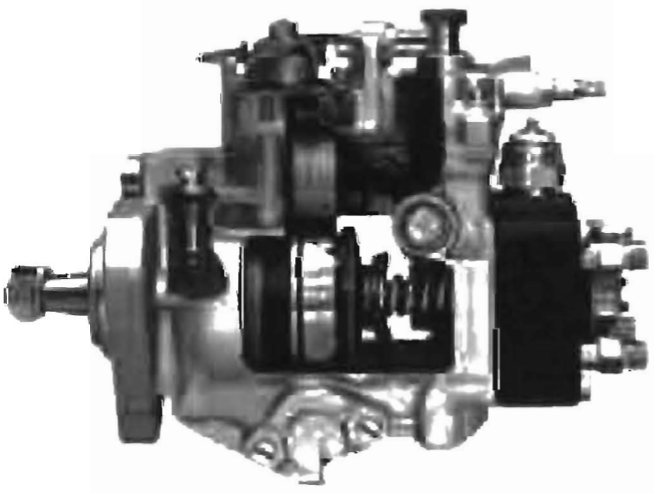


Figura 18. Bomba rotativa

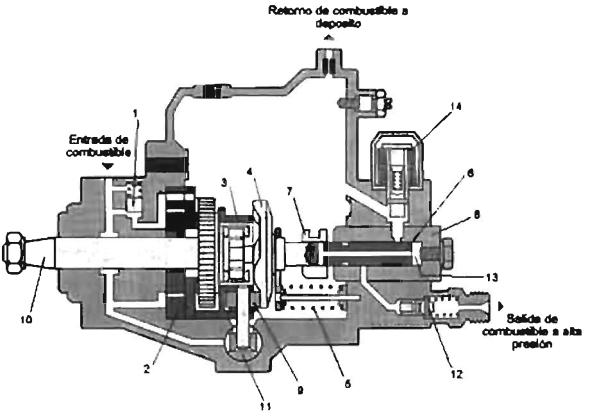


Figura 19. Componentes de bomba rotativa

1. Válvula reductora de presión. 2. Bomba de alimentación. 3. Plato porta-rodillos. 4. Plato de levas. 5. Muelle de retroceso. 6. Pistón distribuidor. 7. Corredera de regulación. 8. Cabeza hidráulica. 9. Rodillo. 10. Eje de arrastre de la bomba. 11 Variador de avance de inyección. 12. Válvula. 13. Cámara de combustible a presión. 14. Electroválvula de STOP. El pistón distribuidor (6) es solidario a un plato de levas (4) que dispone de tantas levas como cilindros alimentar tiene el motor. El plato de levas es movido en rotación por el eje de arrastre (10) y se mantiene en apoyo sobre el plato porta-rodillos (3) mediante unos muelles de retroceso (5). La mayor o menor presión de inyección viene determinada por la forma de la leva del disco de levas. Además de influir sobre la presión de inyección también lo hace sobre la duración de la misma. Las bombas de inyección rotativas aparte de inyectar combustible en los cilindros también tienen la función de aspirar ACPM del depósito de combustible. Para ello disponen en su interior, una bomba de alimentación (6) que aspira combustible del deposito (3) a través de un filtro (2). Cuando el régimen del motor (RPM) aumenta: la presión en el interior de la bomba asciende hasta un punto en el que actúa la válvula reductora de presión (4), que abre y conduce una parte del combustible a la entrada de la bomba de alimentación (6). Con ello se consigue mantener una presión constante en el interior de la bomba.

Como generan presión las bombas de inyección rotativas. La alta presión se genera por medio de un dispositivo de bombeo que además dosifica y distribuye el combustible a los cilindros. En la figura 20 se ve el dispositivo de bombeo de alta presión. El pistón retrocede hacia el PMI llenándose la cámara de expulsión de combustible.

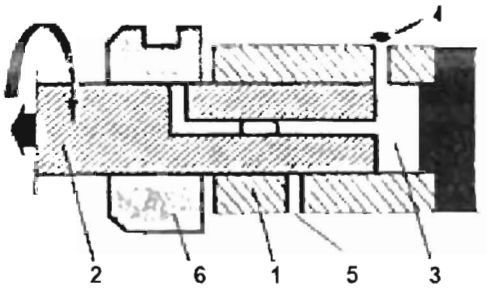


Figura 20. Presión en las bombas de inyección rotativas

1. Cilindro. 2. Pistón. 3. Cámara de expulsión. 4. Entrada de combustible. 5. Salida de ACPM a alta presión hacia el inyector. 6. Corredera de regulación.

El dispositivo de bombeo de alta presión esta formado por:

Cilindro o cabezal hidráulico (1): Por su interior se desplaza el pistón. Tiene una serie de orificios uno es de entrada de combustible (4) y los otros (5) para la salida a presión del combustible hacia los inyectores. Habrá tantos orificios de salida como cilindros tenga el motor.

Un pistón móvil (2): Tiene dos movimientos uno rotativo y otro axial alternativo. El movimiento rotativo se lo proporciona el árbol de la bomba que es arrastrado a su vez por la correa de distribución del motor. Este movimiento sirve al pistón para la distribución del combustible a los cilindros a través de los inyectores. El movimiento axial alternativo es debido a una serie de levas que se aplican sobre el pistón. Tantas levas como cilindros tenga el motor. Una vez que pasa la leva el pistón retrocede debido a la fuerza de los muelles. El pistón tiene unas canalizaciones interiores que le sirven para distribuir el combustible y junto con la corredera de regulación también para dosificarlo.

La corredera de regulación (6): Sirve para dosificar la cantidad de combustible a inyectar en los cilindros. Su movimiento es controlado principalmente por el pedal del acelerador. Dependiendo de la posición que ocupa la corredera de regulación, se libera antes o después la canalización interna del pistón.

Funcionamiento del dispositivo: Cuando el pistón se desplaza hacia el PMI, se llena la cámara de expulsión de ACPM, procedente del interior de la bomba de inyección. Cuando el pistón inicia el movimiento axial hacia el PMS, lo primero que hace es cerrar la lumbrera de alimentación, y empieza a comprimir el combustible que esta en la cámara de expulsión, aumentando la presión

hasta que el pistón en su movimiento rotativo encuentre una lumbrera de salida. Dirigiendo el combustible a alta presión hacia uno de los inyectores, antes tendrá que haber vencido la fuerza del muelle que empuja la válvula de reaspiración. El pistón sigue mandando combustible al inyector, por lo que aumenta notablemente la presión en el inyector, hasta que esta presión sea tan fuerte que venza la resistencia del muelle del inyector. Se produce la inyección en el cilindro y esta durara hasta que el pistón en su carrera hacia el PMS no vea liberado el orificio de fin de inyección por parte de la corredera de regulación. Cuando llega el fin de inyección hay una caída brusca de presión en la cámara de expulsión, lo que provoca el cierre de la válvula de reaspiración empujada por un muelle (figura 21). El cierre de esta válvula realiza una reaspiración de un determinado volumen dentro de la canalización que alimenta al inyector, lo que da lugar a una expansión rápida del combustible provocando en consecuencia el cierre brusco del inyector para que no gotee.

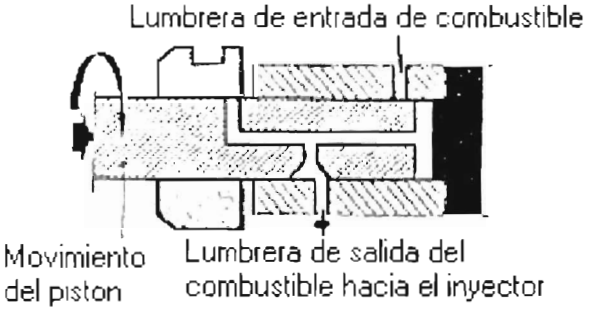


Figura 21. Salida de combustible

El pistón se desplaza hacia el PMS comprimiendo el ACPM de la cámara de expulsión y lo distribuye a uno de los inyectores. En la figura 22 se muestra como se produce el final de la inyección, debido a que la corredera de regulación libera la canalización interna del pistón a través de la lumbrera de fin de inyección. La corredera de regulación cuanto mas a la derecha este posicionada, mayor será el caudal de inyección.

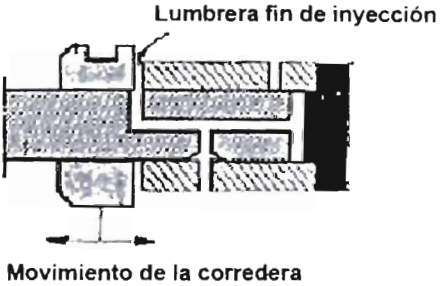
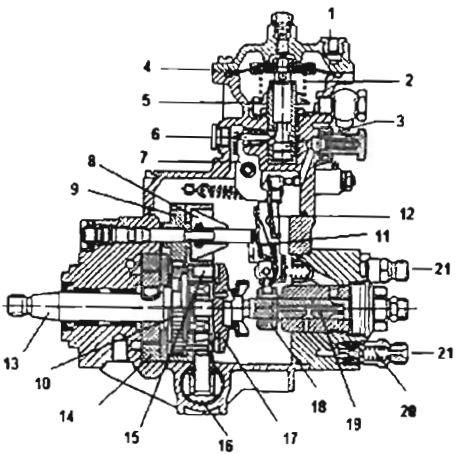


Figura 22. Corredera

Bomba mecánica. Bomba de inyección rotativa con corrector de sobrealimentación para motores turboalimentados sin gestión electrónica (figura 23). En la parte alta de la bomba se ve el corrector de sobrealimentación para turbo nº 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Los nº 8, 9, 10 forman parte del regulador mecánico de velocidad que actúa por la acción de la fuerza centrífuga en combinación con las palancas de mando (11 y 12) de la bomba, sobre la corredera de regulación (18) para controlar el caudal a inyectar en los cilindros, a cualquier régimen de carga del motor y en función de la velocidad de giro. El resto de los componentes son los comunes a este tipo de bombas.



1- Presión turbo. 2- Muelle de compresión.3. Eje de reglaje.4- Membrana.5- Tuerca de reglaje.6- Dedo palpador.7- Palanca de tope móvil.8- Contrapesos conjunto regulador.9- Rueda dentada.10- Rueda dentada.11- Palanca de arranque.12- Palanca de tensión.13- Eje de arrastre.14- Bomba de alimentación.15- Plato porta-rodillos.16- Regulador de avance a la inyección.17- Plato de levas.18- Corredera de regulación.19- Pistón distribuidor.20- Válvula de reaspiración.21- Salida hacia los inyectores

Figura 23. Bomba mecánica

Bomba electrónica. En las figuras 24 y 25 se presenta una bomba de inyección rotativa, para motores diesel con gestión electrónica.

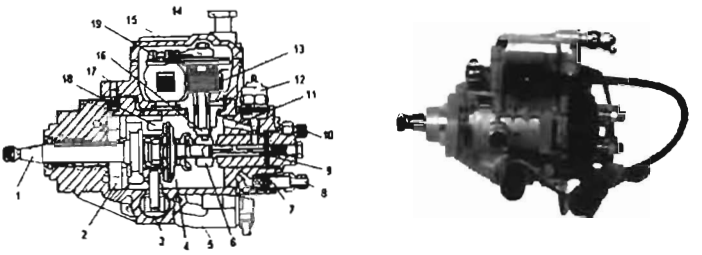


Figura 24. Bomba rotativa con gestión electrónica

Eje de arrastre. 2- Bomba de alimentación. 3- Regulador de avance a la inyección. 4- Plato de levas. 5- Válvula magnética. 6- Corredera de regulación. 7- Válvula de reaspiración. 8 y 10 salida hacia los inyectores. 9- Pistón distribuidor. 11- Entrada de combustible al pistón. 12- Electroválvula de STOP 13- Servomotor. 14- Retorno de gas-oil al depósito de combustible. 15- Sensor de posición. 16- Perno de excéntrica. 17- Entrada de combustible. 18- Plato porta-rodillos. 19- Sensor de temperatura de combustible.

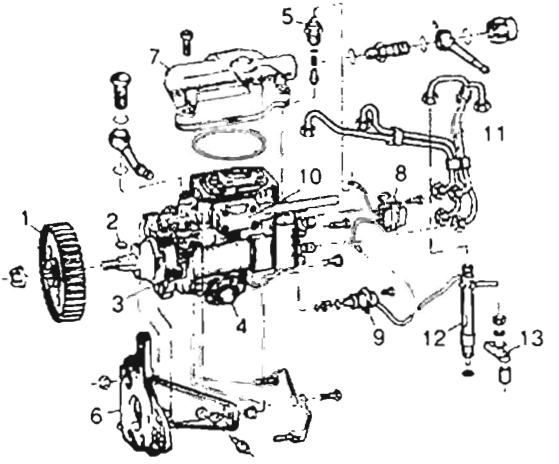


Figura 25. Despiece de una bomba electrónica

1.- Rueda dentada de arrastre. 2.- Chaveta. 3.- Bomba de inyección. 4.- Dispositivo de avance de la inyección. 5.- Electroválvula de paro. 6.- Soporte de bomba. 7.- Tapa. 8.- Válvula de caudal. 9.- Válvula de principio de inyección. 10.- Regulador de caudal. 11.- Tubo de inyector. 12.- Inyector del cilindro n° 3 con transmisor de alzada de aguja. 13.- Brida de fijación.

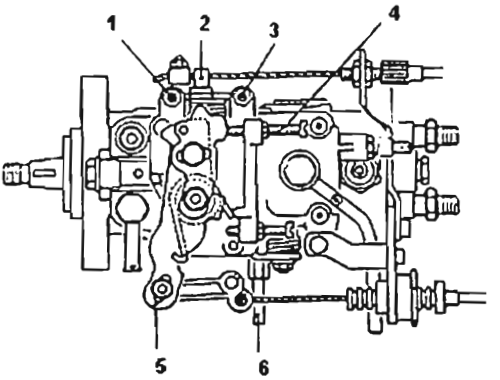
Dispositivo de parada. El dispositivo de parada del motor va instalado en la bomba de inyección (este dispositivo se usa tanto en bombas mecánicas como electrónicas). Se trata de una electroválvula (de Stop) (12) que abre o cierra el circuito de entrada de combustible (11) al pistón distribuidor (9), con lo que permite o imposibilita la inyección de combustible por parte de la bomba. La electroválvula se acciona cuando se gira la llave de contacto, dejando libre el paso de combustible y se desconecta al quitar la llave de contacto cerrando el paso de combustible.

Sensor de temperatura. Debido a que el contenido de energía del combustible depende de su temperatura, hay un sensor de temperatura (19), del tipo NTC, instalado en el interior de la bomba de inyección (este sensor solo se usa en bombas electrónicas) que envía información a la ECU. La ECU puede entonces calcular exactamente el caudal correcto a inyectar en los cilindros incluso teniendo en cuenta la temperatura del combustible.

Reglajes de las bombas de inyección. En las bombas mecánicas. A medida que pasa el tiempo o cada vez que se desmonta para hacer una reparación, hay que hacer una serie de reglajes de los mandos, además de hacer el calado de la bomba sobre el motor. En la figura 26 se observa una bomba mecánica con sus mandos de accionamiento exteriores.

Los reglajes que se efectúan en las bombas mecánicas son:

- Reglaje de ralentí.
- Reglaje de caudal residual.
- Reglaje de ralentí acelerado.
- Reglaje del mando del acelerador.



1-Tope de ralentí acelerado. 2- Palanca de ralentí. 3- Tope de ralentí. 4- Tope de reglaje de caudal residual. 5- Palanca de aceleración. 6- Mando manual de STOP.

Figura 26. Reglajes de inyección

En las bombas electrónicas. No es necesario hacer reglajes, ya que no dispone de mandos mecánicos. A la vez que no necesita hacer el calado de la bomba, ya que se monta en una posición fija en el motor. El único reglaje al que es susceptible la bomba electrónica, es el que viene motivado por un caudal de inyección a los cilindros diferente al preconizado por el fabricante, que se verificara en el banco de pruebas. Si e valor del caudal medido es menor que el indicado por el fabricante, tiene que modificarse la posición del mecanismo de ajuste de caudal (servomotor). Golpeándose, muy ligeramente, con un mazo de plástico en dirección hacia las salidas de alta presión, se consigue un aumento de caudal (figura 27). Cuando el caudal de inyección medido es mayor que el indicado por el fabricante, tiene que modificarse la posición del mecanismo del ajuste de caudal (servomotor). Golpeando con mucho cuidado, con una maza de plástico en dirección contraria a la anterior se consigue una disminución de caudal.

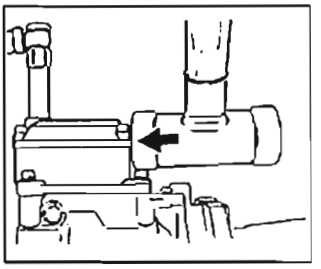


Figura 27. Ajuste bomba electrónica

Bomba de inyección rotativa de émbolo axial. Esta bomba consta de una bomba de aletas que aspira combustible del depósito y lo suministra al interior de la cámara de bomba (figura 28). Un émbolo distribuidor central que gira mediante un disco de levas, asume la generación de presión y la distribución a los diversos cilindros. Durante una vuelta del eje de accionamiento, el embolo realiza tantas carreras como cilindros del motor a de abastecer. Los resaltes de leva en el lado inferior del disco de leva se deslizan sobre los rodillos del anillo de rodillos y originan así en el émbolo distribuidor un movimiento de elevación adicional al movimiento de giro.

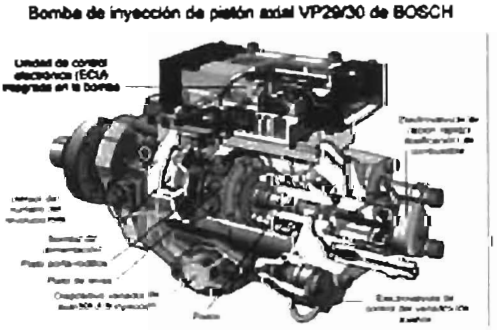


Figura 28.
Bomba axial

Fuente: Bosch

En la bomba rotativa convencional de émbolo axial VE con regulador mecánico de revoluciones por fuerza centrífuga, o con mecanismo actuador regulado electrónicamente, existe una corredera de regulación que determina la carrera útil y dosifica el caudal de inyección. El comienzo de suministro de la bomba puede regularse mediante un anillo de rodillos (variador de avance). En la bomba rotativa de émbolo axial controlada por electroválvula, existe una electroválvula de alta presión controlada electrónicamente, que dosifica el caudal de inyección, en lugar de la corredera de inyección. Las señales de control y regulación son procesadas en dos unidades de control electrónicas ECU (unidad de control de bomba y unidad de control de motor). El número de revoluciones es regulado mediante la activación apropiada del elemento actuador.

Bomba de inyección rotativa de émbolos radiales. Esta bomba se caracteriza por utilizar émbolos radiales para generar presión (figura 29). Pueden ser dos o cuatro émbolos radiales que son accionados por un anillo de levas. Una electroválvula de alta presión dosifica el caudal de inyección. El comienzo de la inyección se regula mediante el giro del anillo de levas, con el variador de avance. Igual que en la bomba de émbolo axial controlada por electroválvula, todas las señales de control y regulación se procesan en dos unidades de control electrónicas ECU (unidad de control de bomba y unidad de control de motor). Mediante la activación apropiada del elemento actuador se regula el número de revoluciones.

Bombas de inyección individuales:

Bombas de inyección individuales PF. Estas bombas (aplicadas en motores pequeños, locomotoras diesel, motores navales y maquinaria de construcción) no tienen árbol de levas propio, pero corresponden sin embargo en su funcionamiento a la bomba de inyección en línea PE. En motores grandes, el regulador mecánico-hidráulico o electrónico esta adosado directamente al cuerpo del motor. La regulación del caudal determinada por el se transmite mediante un varillaje integrado en el motor.

Bomba de inyección de pistón radial VP44 de BOSCH

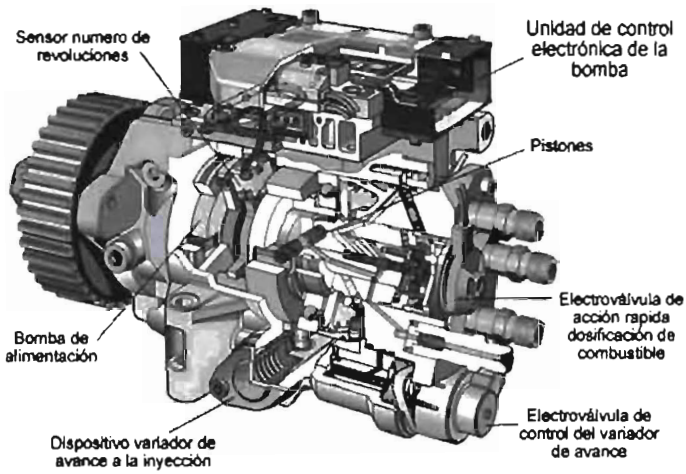


Figura 29. Bomba radial

Fuente: Bosch

Las levas de accionamiento para las diversas bombas de inyección PF, se encuentran sobre el árbol de levas correspondiente al control de válvulas del motor. Por este motivo no es posible la variación del avance mediante un giro del árbol de levas. Aquí puede conseguirse un ángulo de variación de algunos grados mediante la regulación de un elemento intermedio (por ejemplo situando un balancín entre el árbol de levas y el impulsor de rodillo). Las bombas de inyección individuales son apropiadas también para el funcionamiento con aceites pesados viscosos.

Unidad bomba-inyector UIS. La bomba de inyección y el inyector constituyen una unidad (figuras 30 y 31). Por cada cilindro del motor se monta una unidad en la culata que es accionada bien directamente mediante un empujador, o indirectamente mediante balancín, por parte del árbol de levas del motor. Debido a la supresión de las tuberías de alta presión, es posible una presión de inyección esencialmente mayor (hasta 2000 bar) que en las bombas de inyección en línea y rotativas. Con esta elevada presión de inyección y mediante la regulación electrónica por campo característico del comienzo de inyección y de la duración de inyección (o caudal de inyección), es posible una reducción destacada de las emisiones contaminantes del motor diesel.

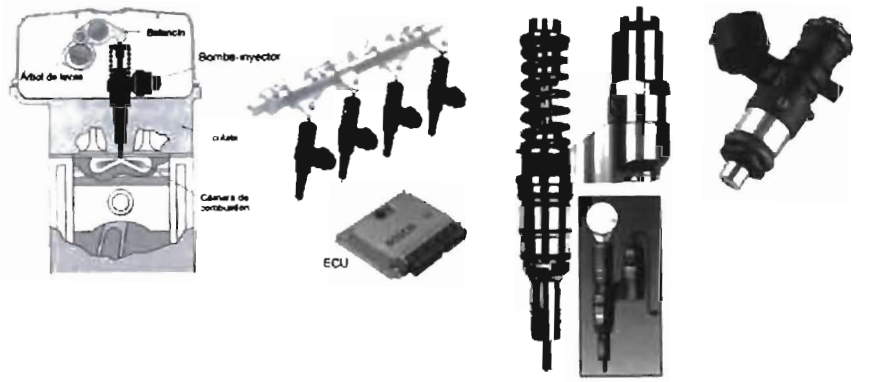


Figura 30. Unidad UIS

Fuente: Bosch

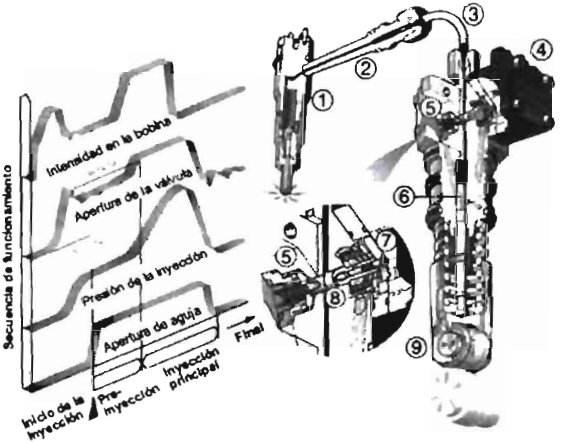


Figura 31. Funcionamiento de sistema UIS

Fuente: Bosch

Unidad bomba-tubería-inyector UPS. Este sistema trabaja según el mismo procedimiento que la unidad de bomba-inyector (figura 32). Se trata aquí de un sistema de inyección de alta presión estructurado modularmente. Contrariamente a la unidad bomba-inyector, el inyector y la bomba están unidos por una tubería corta de inyección. El sistema UPS dispone de una unidad de inyección por cada cilindro del motor, la cual es accionada por el árbol de levas del motor. Una regulación electrónica por campo característico del comienzo de inyección y de la duración de inyección (o caudal de inyección) aporta una reducción destacada de las emisiones contaminantes del motor diesel. En combinación con la electro-válvula de conmutación rápida, accionada electrónicamente, se determina la correspondiente característica de cada proceso de inyección en particular.

Figura 32. Unidad UPS

Fuente: Bosch

Sistema de inyección de acumulador. Common Rail CR (figura 33). En la inyección de acumulador «Common Rail» se realizan por separado la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección y esta a disposición en el «Rail» (acumulador). El momento y el caudal de inyección se calculan en la unidad de control electrónica ECU y se realizan por el inyector en cada cilindro del motor, mediante el control de una electroválvula.

Sistema carburado

Se llama carburación al conjunto de procesos que conducen a la formación de una mezcla aire combustible destinado a quemarse en los cilindros de los motores de explosión. El principal órgano de carburación es el carburador, cuya función principal consiste en asegurar la dosificación correcta de aire y combustible antes de llegar a los cilindros. El múltiple de admisión cuando está bien diseñado, asegura la igual repartición de esa mezcla en los cilindros. Otro elemento de gran importancia en el proceso de carburación es el filtro de aire, porque asegura que el aire no tendrá impurezas que puedan rayar los cilindros.

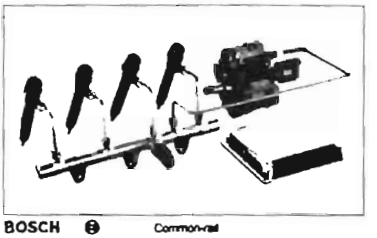


Figura 33. Common Rail CR

Fuente: Bosch

El sistema carburado cuenta con un carburador, el cual se encarga de dosificar la mezcla aire combustible a la cámara de combustión, utilizando el principio de tubo Venturi, es decir, generando un vacío en la parte más estrecha del tubo, lo cual provoca la succión del combustible, al pasar el aire por este estrechamiento. El control de la dosificación se lograba en los primeros sistemas utilizando únicamente medios mecánicos (palancas, émbolos, diafragmas, etc.); en los últimos carburadores se cuenta ya con controles electrónicos.

Estos sistemas tienen las siguientes características:

- Son sistemas relativamente sencillos con pocos componentes.
- El principio de funcionamiento es por la depresión que se genera en el tubo venturi, que es la parte fundamental del diseño.
- La velocidad del aire es mayor que la del combustible, por lo cual el combustible es arrastrado por el aire.
- Generalmente, proporcionan mezclas ricas de aire-combustible.
- Son fáciles de instalar.
- Son de precio bajo.
- No permiten un control estricto de las emisiones contaminantes.
- No permiten una dosificación homogénea a todos los cilindros.La presión del sistema de combustible es del orden de 5 lb/pulg^2.

A pesar de considerarse el carburador como obsoleto y, reconociendo que los sistemas de inyección de combustible son un lugar común en todos los vehículos de hoy, se describe a continuación su funcionamiento y mantenimiento.

El carburador. El carburador basa su funcionamiento en el principio de venturi que consiste en variar el diámetro interior de un tubo, con lo que se logra aumentar la velocidad de paso del aire, creando las condiciones propicias para la aspiración de la gasolina. Para producir esta mezcla compuesta por 15 partes de aire por una de gasolina existe el carburador. La mezcla debe permitir el funcionamiento del motor en todas las condiciones, y adicionalmente debe facilitar el encendido en frío, alterando la proporción de la mezcla, al permitir el ingreso de una mayor proporción de gasolina. Los carburadores pueden tener, uno, dos o cuatro venturis (bocas o entradas), y se pueden montar por parejas, usando un múltiple de admisión especial para tal fin. Además pueden ser horizontales o verticales.

Partes del carburador:

Cuerpo. Es la estructura que contiene todos los elementos necesarios para su funcionamiento. Un carburador puede ser de uno o dos cuerpos. En su interior se mezclan las 15 partes de aire y la parte de gasolina, necesarias para el funcionamiento del motor.

Depósito o taza. Es el lugar donde se almacena la gasolina proveniente del sistema de alimentación de combustible. Allí hay una aguja o punzón, que están unidos a un flotador que sube o baja de acuerdo al nivel de combustible que se encuentre en la taza, permitiendo la entrada o no de gasolina al interior, según las necesidades de cada momento.

Aguja o punzón. Se encarga de impedir o permitir la entrada del combustible a la taza, tapando o destapando un fino orificio, de acuerdo al nivel existente dentro de la taza o depósito del carburador.

Flotador. Fabricado en lámina delgada o plástico, sube o baja dentro de la taza, de acuerdo con la cantidad de combustible presente. Se encarga de ordenar mediante un vástago cuando la aguja debe permitir o impedir la entrada de combustible a la taza.

Inyector. Es una pieza atravesada por un orificio, cerrado por una pequeña válvula dotada de un resorte destinado a pulverizar la gasolina en las cámaras de combustión. Puede estar ubicada antes de la válvula de admisión (inyección indirecta) o después (inyección directa).

Surtidor o "chicler". Es una pieza metálica atravesada por un pequeño orificio calibrado, por donde pasa aire o gasolina. Un carburador tiene varios de estos elementos, que permiten el paso de los dos componentes de la mezcla

antes mencionados. Pueden ser de ralentí (marcha lenta o mínima), recuperación (gasolina), o de manejo de aire. Algunos carburadores modernos, incluyen chicleres eléctricos o electrónicos.

Boquilla de inyección. Forma parte del cuerpo del carburador, tiene un estrangulamiento llamado venturi, que tiene como función acelerar la salida de aire en este sitio y a crear una depresión necesaria para la aspiración de la gasolina.

Lámina de gases. Es una pequeña lámina metálica ubicada en la bese del carburador, que se encarga de regular la cantidad de gas carburado (mezcla gasificada de aire-gasolina) que deba ingresar al motor luego de atravesar el múltiple de admisión.

Choke. Se encarga de alterar la entrada de aire que se debe mezclar con la gasolina, para enriquecer la mezcla carburada aumentando la proporción de gasolina, para obtener un mejor encendido del motor en frío. Puede ser accionado de manera mecánica, por una guaya o un sistema de varillaje, o por el contrario por un efecto térmico que activa el sistema de choke en frío, cerrando la entrada de aire, y abriéndola progresivamente, mientras el motor se calienta.

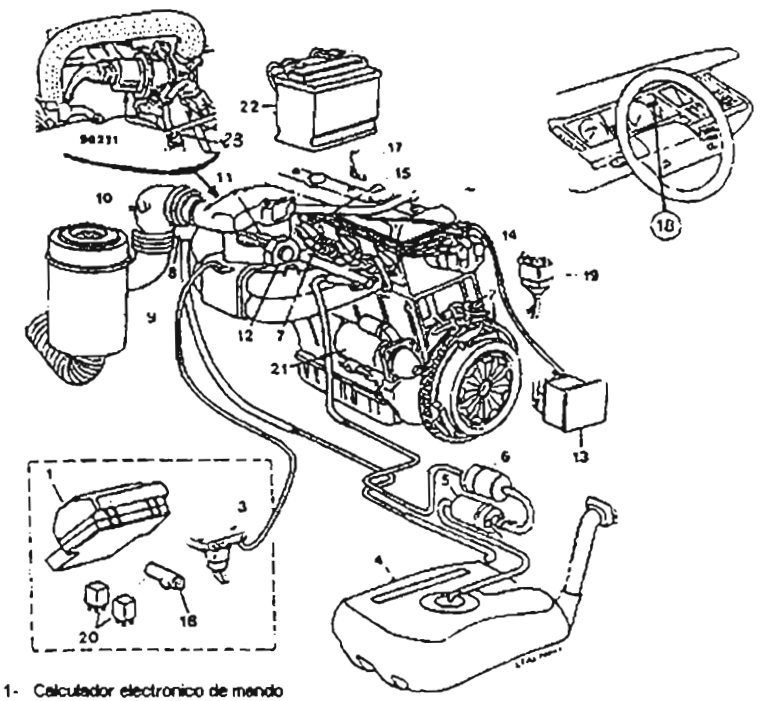
Inyección de combustible (gasolina)

Con la constante innovación de los MCI, se han incorporado eficientes y novedosos sistemas de inyección, controlados electrónicamente, los cuales han mejorado la combustión, la potencia y reducido la contaminación. En las figuras 34 y 35 se ilustra este desarrollo integrado de inyección electrónica fina.

De hecho, pueden existir maquinas con muchos cientos de miles de kilómetros en el contador sirviéndose de un sistema de inyección de combustible y, en general, de los controles de los parámetros del motor realizados por un computador. Es inevitable llegar a la conclusión de que son altamente fiables y que requieren un mínimo servicio con respecto a un motor convencional con carburador, distribuidor, encendido con control mecánico, etc.

El sistema de inyección electrónica utilizado actualmente en los motores modernos, es mucho mejor que el antiguo sistema que utilizaba carburadores. Este sistema introduce combustible atomizado directamente al motor, eliminando los problemas de encendido en frío que tenían los motores con carburador. La inyección electrónica de combustible también se integra con mayor facilidad a los sistemas de control computarizado que un carburador mecáni-

co. La inyección de combustible multipuerto (donde cada cilindro tiene su propio inyector) entrega una mezcla de aire y gasolina mejor distribuida a cada uno de los cilindros, lo cual mejora potencia y desempeño. La inyección de combustible secuencial (donde la abertura de cada inyector es controlada de manera independiente por la computadora y de acuerdo a la secuencia de encendido del motor) mejora la potencia y reduce emisiones a la atmósfera. Por todo esto, podemos concluir que existen razones muy fuertes para utilizar inyección de combustible.



1- Calculador electronico de mando
2- Captador posicion/velocidad y su señal
3- Captador de presion
4- Deposito
5- Bomba electrica de carburante
6- Filtro de carburante
7- Inyectores electromagneticos
8- Regulador presion de carburante
9- Filtro de aire
10- Sonda tempertura de aire
11- Caja - mariposa
12- Contactor pie levantado piena carga
13- Modulo de encendido y bobina alta tension
14- Distribuidor de encendido
15- Bujias
16- Potenciometro de riqueza de ralenti
17- Sonda temperatura de agua
18- Testigo diagnostico
19- Toma de diagnostico
20- Reles
21- Motor de arranque
22- Bateria
23- Valvula regulacion de ralenti

Figura 34. Componente de inyección electrónica

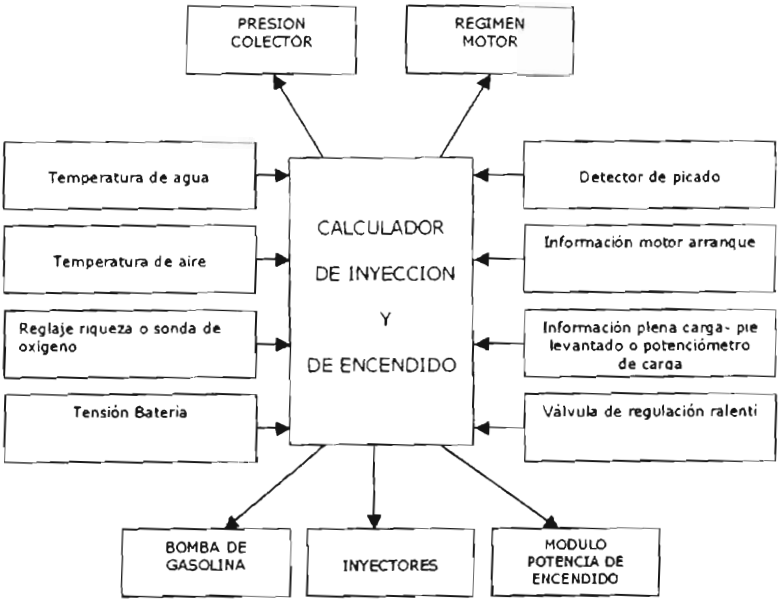


Figura 35. Esquema de inyección electrónica

Sistema de Inyección al cuerpo de aceleración (TBI).

La inyección al cuerpo de aceleración (TBI) es muy similar a un carburador pero sin tanta complejidad. TBI no depende de vacíos del motor o venturis para la cantidad de combustible a entregar. El combustible es inyectado directamente al múltiple de admisión en lugar de ser jalado por la generación de vacío como en un carburador.

Un sistema de inyección TBI está compuesto por un cuerpo de aceleración, uno o dos inyectores y un regulador de presión. La presión de combustible es generada por una bomba eléctrica. Es un sistema relativamente sencillo y no causa muchos problemas, pero no tiene las ventajas que tiene un sistema multipuerto o secuencial.

El siguiente paso después de TBI fue el de inyección multipuerto (MPFI). Los motores con inyección multipuerto cuentan con un inyector independiente para cada cilindro montados en el múltiple de admisión o en la cabeza, encima de los puertos de admisión. Por lo tanto un motor 4 cilindros tendrá 4 inyectores, un V6 tendrá 6 inyectores y un V8 ocho inyectores.

Los sistemas MPFI son más caros debido a la cantidad de inyectores pero el tener inyectores independientes para cada cilindro representa una diferencia considerable en desempeño. El mismo motor con sistema MPFI producirá de 10 a 40 caballos de fuerza (hp) más que con el sistema TBI debido a su mejor distribución de combustible entre cilindros.

Inyección electrónica de combustible

En un sistema de inyección electrónica, se asegura el control del caudal de carburante en directa relación con el aire aspirado. La gestión electrónica permite regular la riqueza de la mezcla con absoluta precisión, incluso atendiendo requerimientos específicos de cada momento o circunstancia de funcionamiento del motor, gracias a gran cantidad de sensores y componentes electrónicos que suministran en todo momento gran cantidad de información, para garantizar el mejor funcionamiento posible del motor en cada instante.

Funcionamiento. En este sistema la gasolina es impulsada hasta los inyectores con una presión alta y constante, estos actúan electromagnéticamente permitiendo o no el paso del combustible. La cantidad de combustible expulsada por el inyector depende del tiempo en que este permanece abierto. Los inyectores son unas válvulas de paso, reguladas por un computador central, que se encargan de pulverizar el combustible para lograr un mejor quemado de este. En el múltiple de admisión se instala un captador eléctrico que envía una señal más o menos potente según la velocidad del aire circulante. La intensidad de esta señal se transmite al computador central, que envía una indicación sobre el tiempo de duración de apertura de los inyectores, de acuerdo a la intensidad de esta señal.

Elementos adicionales aseguran la dosificación en ralentí, o en momentos en que se requiera alta potencia. La sonda Lamda envía señales desde el sistema de escape al computador central, que regula el funcionamiento del sistema de acuerdo a la información recibida.

Muchos otros pequeños componentes electrónicos, y sensores se encargan también de enviar permanentemente información al computador central, que se encarga de regular y corregir con gran rapidez y precisión la alimentación

del motor, para cada momento y circunstancia específica, con lo que logra un funcionamiento casi perfecto, con una menor emisión de gases perjudiciales para el medio ambiente.

A continuación se presentan los desarrollos tecnológicos más notorios en la inyección y control de gasolina:

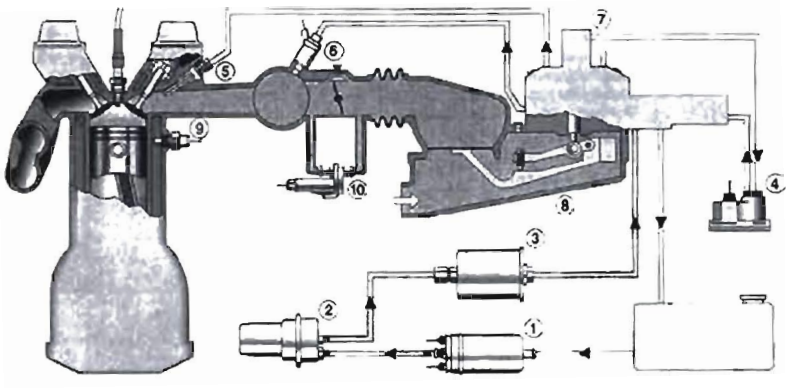
K-Jetronic (figura 36): es un sistema de funcionamiento mecánico, en el cual se dosifica en forma continua el combustible según el caudal de aire aspirado por el motor (figura 36). El K-Jetronic se ha aplicado desde 1973 hasta 1995 en el equipamiento original de vehículos en serie. Desde entonces, se ha tenido en cuenta par el mantenimiento y reparaciones.

KE-Jetronic (figura 37): es un sistema de inyección mecánico-electrónico que se basa en el K-Jetronic. Un sistema electrónico adicional registra un sinnúmero de magnitudes de medición en el motor y posibilita así la optimización del consumo de combustible y la calidad de los gases de escape.

L-Jetronic (figura 38): es un sistema de inyección controlado electrónicamente con medición del caudal de aire según el principio de aleta sonda e inyección de combustible controlada eletromagnéticamente en el tubo de aspiración, a través de un sinnúmero de sensores se registran todas las modificaciones originadas por el motor y se procesa en la unidad de mando. Así, existe la garantía de una constante buena calidad de gases de escape con un bajo consumo de combustible.

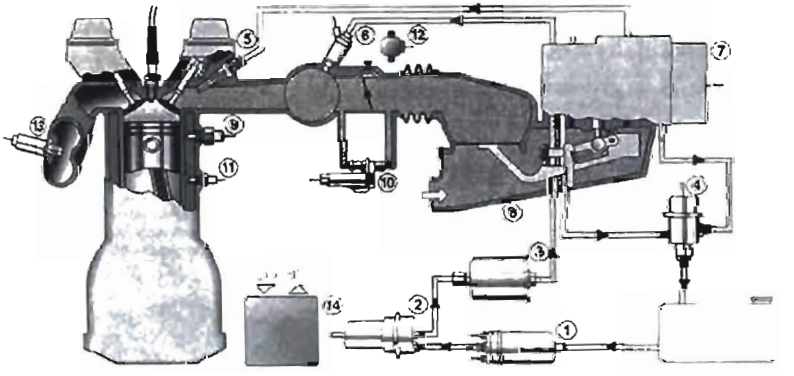
LH-Jetronic (figura 39): es muy similar al L-Jetronic. La diferencia radica en el registro del caudal de aire aspirado por el motor, el cual tiene lugar en este caso por medio de un medidor de más de aire de hilo caliente. Esta mide la masa de aire aspirada por el motor. Como consecuencia, el resultado de medición es independiente de la temperatura y la presión.

Mono-Jetronic (figura 40): es un sistema de inyección central controlado electrónicamente, en el cual la válvula de inyección electromagnéticamente inyecta el combustible para todos los cilindros en un punto central sobre la mariposa. El registro de datos de servicio tiene lugar a través de sensores, los cuales transforman en impulsos de inyección en una unidad de mando electrónica.



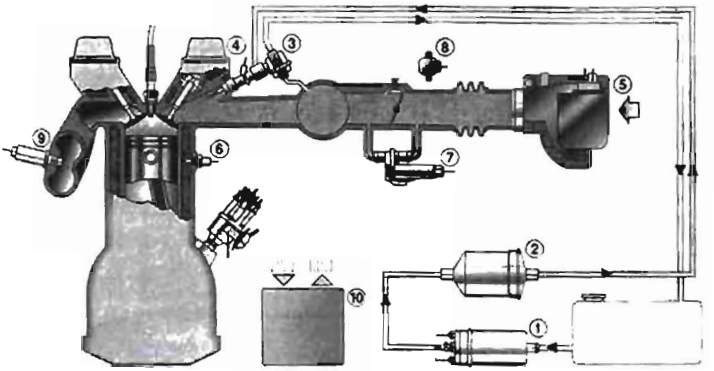
1. Electrobomba de combustible. 2. Acumulador de combustible. 3. Filtro de combustible. 4. Regulador de calentamiento. 5. Válvula de inyección. 6. Electroválvula de arranque. 7. Distribuidor dosificador de combustible. 8. Medidor de caudal de aire. 9. Interruptor térmico de tiempo. 10. Válvula de aire adicional.

Figura 36. K-jetronic



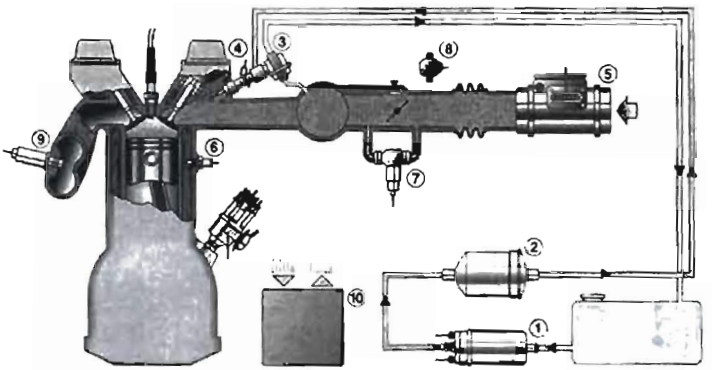
1. Electrobomba de combustible. 2. Acumulador de combustible. 3. Filtro de combustible. 4. Regulador de presión del sistema. 5. Válvula de inyección. 6. Válvula de arranque en frío. 7. Distribuidor dosificador de combustible. 8. Medidor de caudal de aire. 9. Interruptor térmico de tiempo. 10. Válvula de aire adicional. 11. Sonda térmica del motor. 12. Interruptor de mariposa. Sonda Lambda. 14. Unidad de mando.

Figura 37. KE-Jetronic



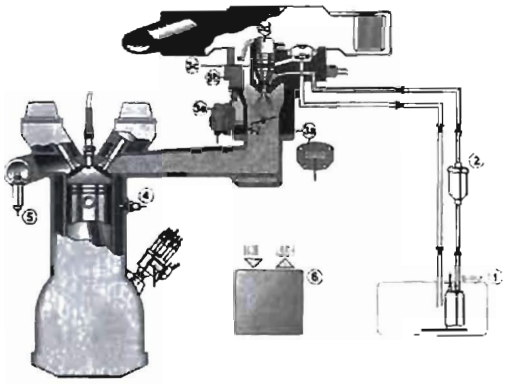
1.Electrobomba de combustible. 2. Filtro de combustible. 3. Regulador de presión de combustible. 4. Válvula de inyección. 5 Medidor de caudal de aire. 6. Interruptor térmico de tiempo. 7 Válvula de aire adicional. 8. Interruptor de mariposa 9. Sonda Lamda. 10 Unidad de mando.

Figura 38. L-Jetronic



1. Electrobomba de combustible. 2. Filtro de combustible 3. Regulador de presión de combustible. 4. Válvula de inyección. 5. Medidor de masa de aire de hilo caliente. 6. Sonda térmica del motor 7. Actuador de giro de relantí. 8. Interruptor de mariposa 9. Sonda Lamda. 10. Unidad de mando.

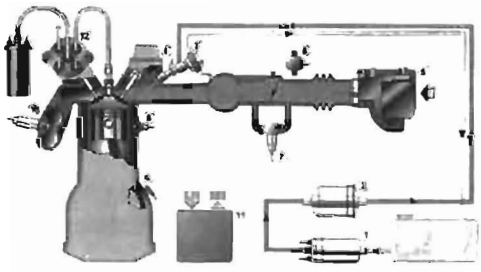
Figura 39. LH-Jetronic



1 Electrobomba de combustible. 2. Filtro de combustible. 3a. Potenciómetro de mariposa. 3b. Regulador de presión de combustible. 3c. Válvula de inyección. 3d. Medidor con sonda térmica de aire aspirado. 3e. Actuador de mariposa. 4. Sonda térmica del motor 5 Sonda Lamda. 6. Unidad de mando.

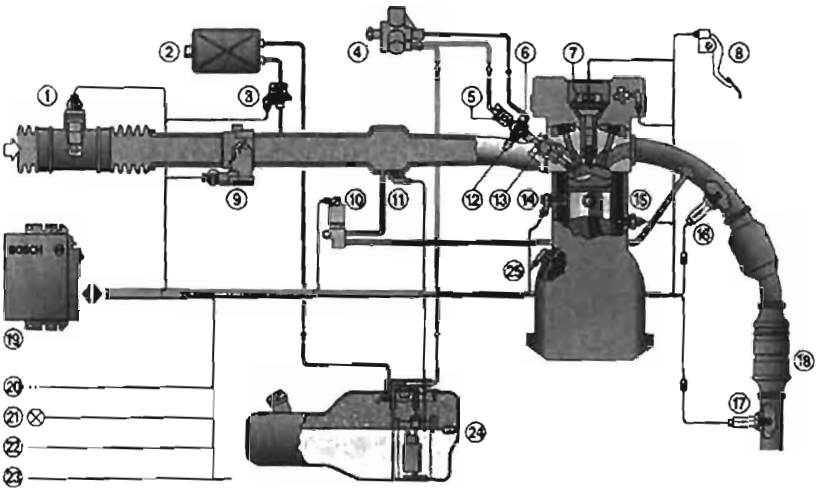
Figura 40. Mono-Jetronic

Motronic MED 7 (Inyección directa de gasolina). Este sistema reúne los sistemas de inyección y encendido par el gobierno del motor (figuras 41 y 42). Así, se consigue optimizar conjuntamente la dosificación de combustible y encendido. También, es posible incluir en forma óptima otras funciones electrónicas. Gracias al procesamiento digital de datos y la aplicación de microprocesadores, es posible transformar un gran número de datos de servicio en datos y respuestas de inyección y encendido controlados por campo de características.



1. Electrobomba de combustible. 2. Filtro de combustible. 3. Regulador de presión de combustible. 4. Válvula de inyección. 5. Medidor de caudal de aire. 6. Sonda térmica del motor 7 Actuador de giro de relanti 8. Interruptor de mariposa 9. Transmisor de rpm y marca de referencia. 10. Sonda Lamda. 11 Unidad de mando. 12. distribuidor de alta tensión.

Figura 41. Motronic MED 7



1. Medidor de masa de aire con sensor de temperatura. 2. Depósito de carbón activo. 3. Válvula de purga de aire del depósito. 4. Bomba de alta presión. 5. Válvula reguladora de presión. 6. Distribuidor de combustible.7. Bobina de encendido. 8. Módulo del acelerador. 9. Dispositivo estrangulador (EGAS). 10. Válvula de retroalimentación de gases de escape.11. Sensor de presión del tubo de admisión. 12. Sensor de alta presión. 13. Válvula de inyección de alta presión. 14. Sensor de picado. 15. Sensor de temperatura del motor. 16. Sonda Lamda (LSU). 17. Sonda Lambda (LSF). 18. Catalizador NOX 19. Unidad de mando electrónico 20. Interfaz par diagnóstico. 21. Lampar de diagnóstico. 22. Bloqueo electrónico de arranque 23. CAN. 24 Módulo transportador par bomba de alimentación. 25 Sensor de velocidad.

Figura 42. Funcionamiento de inyección y encendido electrónicos

Funcionamiento. Con la bomba de alta presión se suministra combustible al tubo del distribuidor combustible (acumulador de presión). Empalmes hidráulicos unen los tubos del distribuidor de combustible con válvulas de alta presión, de accionamiento electromagnético. Un circuito de regulación cerrado compuesto por sensor de presión de combustible, válvula reguladora de presión y unidad de mando electrónico, regula la presión del sistema hidráulico, individualmente en todos los puntos del servicio.

La presión de inyección, el comienzo de la inyección y la duración de la inyección, puede elegirse libremente, para cualquier punto de servicio del motor, dentro de límites predefinidos. La geometría del chorro de inyección se adapta a las exigencias del respectivo motor.

La gestión de control del motor es asumida por la acreditada Motronic que esta mejorada con funciones especiales par la inyección directa de gasolina. La MED coordina las diferentes exigencias de par motor, conforme a la posición del pedal del acelerador y efectúa en el motor las gestiones de ajuste necesarios. La masa de aire aspirada es registrada por un medidor de masa de aire de película caliente. La MED, cuenta con un sistema EGAS, es decir el deseo de aceleración del conductor es registrado por un transmisor de valor del pedal, transmitiéndose la señal del sensor a la unidad de mando. Teniendo en cuenta los demás datos del vehículo y motor; esta unidad de mando regula la mariposa gobernada electrónicamente. En el motor de gasolina de inyección directa existen diferentes tipos de funcionamiento. La ventaja de la inyección directa, por medio de la formación interna de la mezcla, es una mayor compresión con una mayor efectividad.

El margen de carga parcial inferior con una mezcla pobre (1) y carga estratificada directa en funcionamiento sin estrangulamiento; aquí el combustible se inyecta poco antes del encendido, directamente en el cilindro. En la carga estratificada, el margen de aprovechamiento de revoluciones es limitado. La ventaja de este tipo de servicio estratificado, consiste en la reducción de las perdidas de cambio de carga, al suprimirse la estrangulación. El mando de rendimiento se efectúa por el combustible.

En el tipo de servicio homogéneo (= 1) el combustible se inyecta durante el periodo de admisión; este tipo de servicio es útil en el margen total de revoluciones y carga. Aquí lo mismo que la inyección en el tubo de admisión la potencia es regulada por el llenado y el encendido.

Mediante la adaptación del caudal de combustible, del llenado del aire y del ángulo de encendido el control del motor mantiene constante el par motor, conforme al deseo del conductor, al producirse el cambio de servicio (servicio homogéneo, servicio estratificado).

Un alto índice de retroalimentación de los gases de escape en los motores a gasolina con inyección directa reduce las emisiones de NOX. Incluso durante el servicio de mezcla pobre, los sistemas de catalizador de nuevo desarrollo reducen los óxidos de nitrógeno residuales, por debajo de los valores límites admitidos por la legislación vigente.

Los actuales sistemas de inyección directa de gasolina, pueden reducir su consumo en un 15%, con lo cual se logra una eficaz reducción de las emisiones de CO2. El sistema satisface normas sobre gases de escape y dispone de un autodiagnóstico como lo exige la norma europea.

Tipos de sistema

Monopunto: en este sistema sólo se utiliza un inyector común para todos los cilindros, de tal manera que dosifica la mezcla aire-combustible. Este inyector se coloca generalmente en el cuerpo de aceleración y es de mayor tamaño que los inyectores utilizados en los sistemas multipuntos

Multipunto: en este sistema hay un inyector exclusivo para alimentar cada cilindro. Estos inyectores se colocan generalmente en el puerto de admisión, que es la zona en la cual se encuentra la válvula de admisión antes de la cámara de combustión. Algunos fabricantes le denominan sistema de inyección multipuertos. Este sistema también ofrece dos variantes:

De bancada: es cuando el computador acciona varios inyectores al mismo tiempo, en grupo.

Secuencial: en este sistema entra en acción un inyector a la vez, de acuerdo al orden de encendido del motor. De esto se puede deducir que son más eficientes los sistemas de inyección multipunto y secuénciales.

Resumiendo, las principales ventajas son:

- El menor consumo de combustible.
- Menor índice de contaminación ambiental dada la precisión del sistema.

Inyección mecánica de combustible. Este sistema utiliza una bomba de alta presión que envía el combustible a los inyectores situados en la culata. Fue utilizado experimentalmente hace 100 años en el avión de los hermanos Wright, teniendo en cuenta su eficiencia y precisión, frente a los tradicionales carburadores, demasiado primitivos y poco eficientes. Los progresos en el sistema de inyección estuvieron ligados a los avances en especial del motor diesel. En este proceso de investigación y desarrollo, se destacaron por sus aportes: Rudolf Diesel y Robert Bosch. Después de la segunda guerra mundial, y especialmente para el uso en automóviles deportivos se comenzó a utilizar.

El nuevo sistema ofrecía como principal ventaja la gran potencia frente a la que se lograba con carburadores, esta diferencia se situaba aproximadamente un 15% por encima del tradicional carburador. Posteriormente se comenzó a utilizar en automóviles de serie como el Mercedes Benz 300 SL, Maserati 3500 GTI, el Triumph TR5. Además se montó en una versión del Chevrolet Belair de 1957, donde mostró un rendimiento extraordinario, un caballo de potencia por cada pulgada cúbica de desplazamiento del motor. Posteriormente otros fabricantes como Peugeot en su 404 lo implementaron. En las competencias deportivas, recibió los aplausos que merecía, por ejemplo en 1.957 un Jaguar tipo D de 3,8 litros equipado con el novedoso sistema, ganó las 24 horas de Le Mans.

¿Cómo funciona?

Todo el sistema es alimentado por una bomba eléctrica que extrae del tanque el combustible y lo envía con gran presión a una segunda bomba. Esta generalmente tiene tantos pistones internos como cilindros el motor que alimenta; en el momento requerido esta inyecta a muy alta presión una mezcla muy fina de gasolina pulverizada por medio de un inyector ubicado en el múltiple de admisión, allí se mezcla con el aire.

La cantidad de aire que se recibe en los cilindros es controlada por una lámina metálica, similar a la que se encuentra en la base de un carburador. La dosis de combustible inyectado depende de la profundidad que se imprima al pedal del acelerador por medio de la lámina de caudal de aire que está unida con él directamente.

Se sitúa un dispositivo en la corriente de aire de admisión, y se hunde más o menos según la velocidad con que entre el aire. Esta unida a la bomba de inyección regula la cantidad de combustible, en directa proporción con el volumen de aire que entra a los cilindros para obtener la mayor potencia posible. El trabajo en equipo de la lámina situada a la entrada del múltiple de admisión y la bomba de inyección es lo que regula la riqueza de la mezcla que ingresa al motor.Un dispositivo anexo a la bomba de inyección permite enriquecer la mezcla necesaria para los arranques en frío del motor, este dispositivo se activa y desactiva automáticamente mediante un termostato.

Ventajas:

- Aumento de la potencia de un motor, más o menos un 15%.
- Menor consumo de combustible.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN

- Manejo muy exacto de la mezcla aire gasolina.
- Llegada de mezcla totalmente idéntica en cantidad, para cada cilindro.

Inconvenientes:

- Alto costo de fabricación dada su complejidad.
- Ya fue superada por la inyección electrónica.

Con el sistema de preguntas y respuestas siguiente, se puede navegar en este nuevo mundo de la tecnología automotriz y despejar dudas, que conduzcan a la correcta operación y servicio de los accesorios del motor como es el caso de la "Inyección electrónica"

¿Cuáles son las ventajas prácticas de un sistema de inyección de combustible con control electrónico frente a los carburadores? El carburador es una de las piezas más ingeniosas e interesantes que se desarrollaron para aportarle un combustible al aire que consume el motor. Funciona con principios físicos relacionados con las diferencias de presión que crea una corriente de aire al pasar por un tubo venturi y con base en conductos de tamaños precalibrados para regular la cantidad de combustible que se va agregando al aire, dependiendo de las revoluciones del motor. El sistema de inyección agrega esa cantidad de combustible a través de boquillas, que controlan su flujo a alta presión mediante señales que envían una bomba calibrada o un computador que, analiza las diferentes necesidades y variables del motor.

¿Existen una inyección electrónica y una mecánica, en qué se diferencian? En realidad la inyección electrónica no existe. Todos los sistemas de inyección son mecánicos y se basan en una bomba que presuriza el combustible, que bien puede ser accionada por correas o piñones o por electricidad. Enseguida, el combustible viaja por una línea con la presión regulada también mecánicamente y llega a los inyectores que abren y cierran mecánicamente por la acción de electroimanes o bien por levas que los actúan en el momento y cantidad correctos o por una bomba central mecánica de reparto. Lo que se puede controlar electrónicamente es el tiempo y la cantidad de apertura de las agujas de los inyectores ya que a esos electroimanes y bobinas se les hace llegar una señal calculada por el computador. La parte electrónica de la inyección es en realidad el control y no el funcionamiento de la llegada del combustible a presión. La enorme mayoría de motores Diesel de los vehículos de transporte y trabajo tienen inyección de combustible mecánica y, la de los automóviles modernos suele ser electrónica.

¿Cuáles son los elementos de un sistema de inyección electrónica que se deben atender preventivamente? Los componentes electrónicos suelen ser exentos de servicio. Son como un bombillo: prenden o no. Los afectan la corrosión y mugre en los conectores que se deberían hacer limpiar por un experto una vez al

año aplicando un producto especial para elementos electrónicos. Nunca desconecte estas "pachas" con el motor en marcha; averigüe antes de intervenir, si lo va hacer en su casa, porque muchos computadores detectan que se ha desconectado un harnés y de inmediato generan una señal de falla que se debe "resetear" con el scanner en el concesionario. En casos extremos, algunos pueden cancelar el encendido del motor hasta tanto no se le diga al computador que esa intervención fue programada y aceptada.

¿Entonces cuáles son las partes mecánicas de la inyección que merecen servicio regular? Esas partes son la bomba de gasolina, que suele ir dentro del tanque y que no necesita mantenimiento, salvo en casos en que haya ingresado mucha mugre o agua al tanque y se sepa que existe ese problema. El siguiente componente es el filtro, que es una unidad sellada y especial que trabaja a alta presión, entre 40 y 80 psi normalmente. Este se suele ir tapando con el uso y comienza a pedir un mayor esfuerzo a la bomba hasta que la puede bloquear. El filtro es muy "rupido" y detiene el 99% de las partículas de mugre que viajan en la gasolina. Unos 50 mil kilómetros es la vida correcta de un filtro. No lo sople ni trate de destapar con aire comprimido sino cámbielo por uno de marca conocida de la misma capacidad. No haga injertos de mangueras y racores y si debe modificar los acoples de las líneas, recuerde que la gasolina camina a alta presión por ahí y cualquier fuga puede causar fácilmente un incendio.

¿La limpieza de inyectores no es necesaria, si el filtro se cambia regularmente? La limpieza de inyectores se suele hacer cuando hay mucho kilometraje acumulado o por una falla ocasional y notoria. En los inyectores hay una malla de muy pequeñas celdas en las cuales quedan atrapadas las partículas que se han escapado al filtro principal que, si se ha atendido con regularidad, es muy poco lo que deja pasar. Lo que suele suceder a nivel de inyectores es que la aguja no sella bien o no abre la "nube" de combustible simétricamente o se restringe y baja su caudal. Si quisiera ser estricto, pida una limpieza con la máquina correcta que usualmente es de ultrasonido cada vez que cambie el filtro, aunque puede estirar los periodos si no observa problemas en el sistema. Esa misma máquina mide el flujo de los inyectores y es posible equilibrarlos para que el motor reciba la mezcla perfecta e igual en cada cilindro si es multipunto.

¿Los inyectores son desechables? Si tienen un daño en el sistema electromecánico, hay que cambiarlos porque son una unidad sellada. Los demás desperfectos se suelen corregir en la operación profesional de limpieza. Algunos filtros o mallas se pueden cambiar y también los anillos que sellan el inyector contra el alojamiento.

¿Cómo se diagnostica si el sistema de la bomba está funcionando en caso de una falla? El famoso cuento del mecánico de "no le llega gasolina, es la bomba dañada" aplica, pero es fácil detectarlo y diagnosticarlo en la inyección con las

debidas herramientas. Como la gasolina llega hasta la línea o flauta de inyectores a alta presión, con sólo desconectar esa manguera o tubo y abrir el interruptor se sabe si hay presión de gasolina.

Obviamente, lo correcto no es ver si hay chorro sino medir la presión de la bomba porque si ésta es baja los inyectores no disparan la cantidad suficiente de gasolina. No es una operación de andén sino de taller, con equipo y herramientas. En un vehículo con carburador y bomba mecánica, mientras el motor no enciende no se sabe si la bomba está funcionando pero en los de inyección, como es un sistema eléctrico aparte, se puede comprobar aisladamente.

¿La bomba de gasolina de las inyecciones cómo se activa? Va conectada dentro del sistema eléctrico del automóvil y se activa cuando el interruptor queda abierto. Tenga en cuenta que la mayoría de los sistemas de inyección apagan la bomba cuando esta trabaja en vacío. Cuando se abre el interruptor pero no se enciende el motor, a los pocos segundos la bomba se para. Para saber si la bomba camina al abrir el interruptor, es fácil oírla funcionar si es externa o si va dentro del tanque es también normal percibir el zumbido de su trabajo acercando el oído al sitio donde está el medidor de gasolina en el tanque.

¿Es cierto que si se agota la gasolina, se dañan las bombas de inyección? No es estrictamente el orden de los factores, aunque el producto sí puede ser ése. La misma gasolina refrigera la bomba y si esta trabaja en vacío, es decir, se queda sin líquido en el tanque, se recalienta y se quema. Obviamente, en un sistema de inyección, la falta de gasolina implica la apagada casi inmediata del motor y no existe el juego de bombear con el acelerador, para usar los restos de combustible que pueden quedar en el carburador. En un orden lógico de cosas, si se termina la gasolina, se para el motor y la bomba sobrevive esos instantes en vacío. Pero hay bombas muy críticas que se queman más fácilmente, por lo cual la recomendación fundamental es que nunca en un vehículo con sistema de inyección se deje desocupar el tanque.

¿Cada cuánto y qué hacer para sincronizar máquinas con inyección? La sincronización de vehículos con inyección debe atender puntos como cambio del filtro de aire cada 15 mil kilómetros aproximadamente; revisión de bujías o cambio cada 25 mil; revisión de los cables de alta tensión cada 30 mil; a los 40 mil cambio del filtro de gasolina, acompañado de una revisión y posible cambio de la correa de repartición. En caso de fallas notorias, que pueda atribuirlas a los inyectores, hágalos limpiar técnicamente. En cualquier taller adecuado, le conectarán en cada ocasión el scanner para ver si hay alguna otra anomalía que se deba corregir.

Los inyectores, una mezcla de virtudes: de hecho, a partir de los vehículos modelo 98, en Colombia su uso se volvió obligatorio, ya que su versatilidad permite una notable reducción en la emisión de gases contaminantes, además de un excelente rendimiento en consumo de combustible. Para estos propósitos, y de acuerdo con la configuración técnica de los vehículos de carga, la industria automotriz ofrece la inyección multipunto, donde el número de inyectores es igual al de los cilindros.

Este mecanismo, básicamente, cuenta con una bomba y un filtro de combustible, un regulador de presión, un tubo distribuidor, una válvula de inyección, un medidor del caudal de aire, un sensor de temperatura, un interruptor de la mariposa, una sonda Lambda y una unidad de control. Esta última es la encargada de manejar el funcionamiento de todo el sistema, a través de un número determinado de sensores que se encuentran situados, estratégicamente, en diferentes lugares del motor.

Así mismo, el inyector consta de un electroimán, que al recibir corriente levanta una aguja hasta unos 0,05 milímetros, mientras pasa el combustible.

Sobre el mantenimiento: con la limpieza de los inyectores se busca mejorar el rendimiento del vehículo y eliminar las fallas de sincronización. Para esto existen varios métodos profesionales; uno de ellos, consiste en un banco de pruebas donde se evalúa la forma de rociado y la capacidad de llenado de combustible del motor en un tiempo determinado. Después de pasar por este análisis, el inyector recibe una limpieza general efectuada por ultrasonido y, adicionalmente, un cambio de sellos y del filtro que posee en su interior.

Ventajas del sistema:

Consumo: la existencia de una unidad de control electrónica permite dosificar de una forma muy precisa la entrada de combustible al motor.

Contaminación: la limpieza de trabajo de los elementos electrónicos y la gestión realizada por la unidad de control, con ayuda de la sonda Lambda (informadora del grado contaminante de los gases de escape), reduce considerablemente los elementos que fomentan la polución.

Rapidez de adaptación: el sistema electrónico permite una mejor y más rápida adaptación a las necesidades del motor.

Acciones que pueden mejorar su rendimiento de combustible y que involucran al sistema de combustible:

- No acelere un motor frío para calentarlo. Esto le resta vida a su motor además de que se emiten mayores emisiones contaminantes.
- Cambie el filtro de aire en los intervalos recomendados por el fabricante.
- Acelere de manera suave y progresiva.
- Evite frenar de manera intempestiva.
- Utilice el combustible adecuado a su vehículo [si su motor es de alta relación de compresión (mayor de 9,5) requiere un combustible de alto octanaje].
- Trate de mantener por lo menos ¼ de la capacidad de su tanque de combustible con combustible para evitar la evaporación del mismo y daño a la bomba de combustible.
- Asegúrese de que el tapón de combustible selle perfectamente al cargar combustible.
- Cargue combustible de preferencia por las mañanas o por las noches, así evitará la evaporación del mismo.
- Cambie el filtro de combustible en los intervalos recomendados por el fabricante.
- Realice la afinación del sistema en los intervalos recomendados por el fabricante.
- Evite que derramen el combustible cuando cargue combustible.
- No trate de reparar alguno de los elementos del sistema.
- Revise que no se tengan fugas en las mangueras o conductos de combustible

Acciones que pueden dañar el motor y que involucran al sistema de combustible:

- Acelerar el motor frío para "calentarlo".
- Cambiar el tipo de tapón del tanque de combustible.
- Utilizar filtros de aire de baja calidad.
- Utilizar continuamente líquido para lavar inyectores en el sistema.
- Utilizar filtros de combustible de baja calidad.
- Desarmar partes del sistema.
- No realizar la afinación.
- Utilizar combustible contaminado.
- Dejar el tanque de combustible sin su tapón.
- Dejar el tanque de combustible con menos de ¼ de su capacidad.

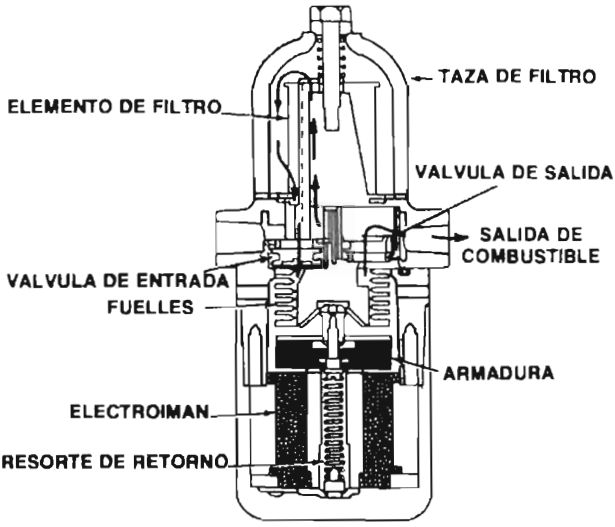


Figura 43. Filtro de combustible.

Fuente: John Deere

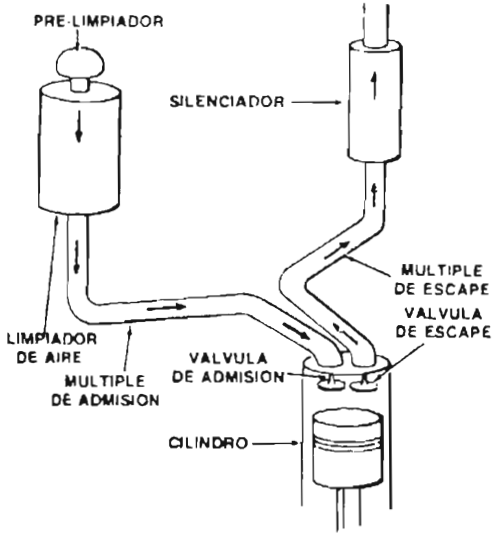


Figura 44. Admisión aire.

Fuente: John Deere

Figura 45. Prefiltro.

Fuente: John Deere

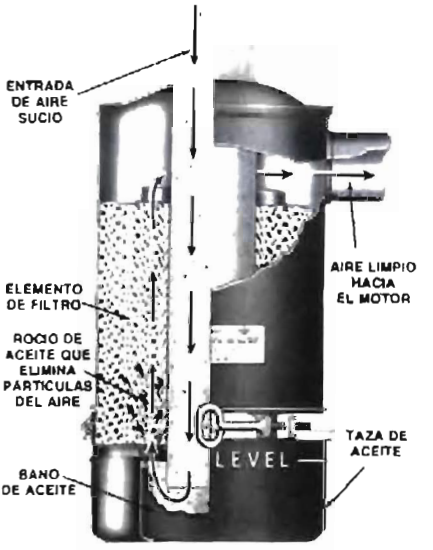


Figura 46. Filtro húmedo

Fuente: John Deere

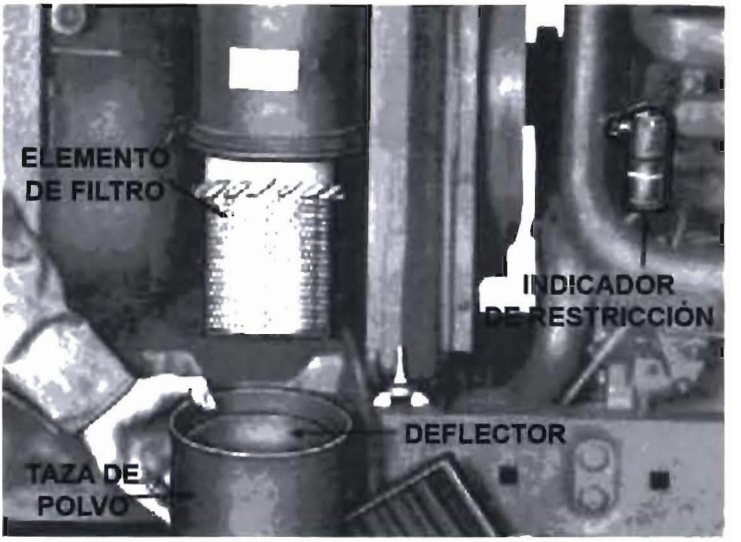


Figura 47. Filtro seco.

Fuente: John Deere

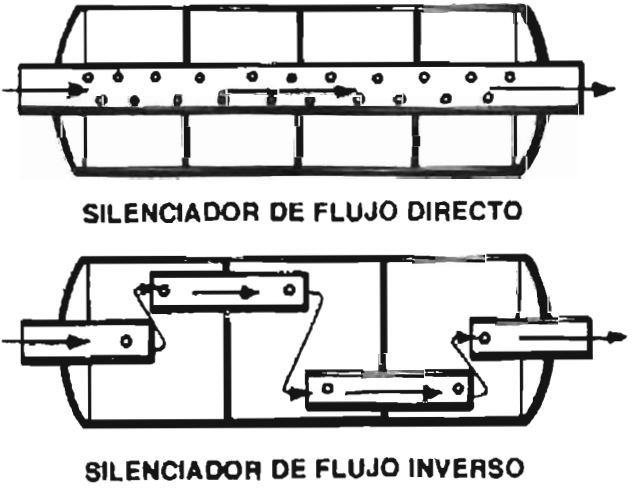


Figura 48. Silenciador.

Fuente: John Deere

Bibliografía

Cortés Marín, Elkin Alonso. 2001. Problemática energética y fuentes de potencia en los procesos de mecanización agropecuaria en Colombia. Energética. Medellín..pp

_____. 2004. Biocombustibles: alternativa energética. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 69 p.

_____. 2004. Conociendo el gas natural comprimido (GNC o GNV). Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 37 p.

_____. 2005. Biodiesel: energía natural. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

www.motor.com.co

PRÁCTICA No. 4
LUBRICACIÓN Y LUBRICANTES

Introducción

En máquinas y motores la lubricación tiene una gran importancia, de tal forma que constituye el aspecto que condiciona el rendimiento y vida útil de servicio de los mismos. Un descuido en el control de aceite, en la calidad de los lubricantes puede acarrear graves peligros y averías de consideración, no solamente por el efecto que en sí encierra, sino por las muchas fallas que pueden tener origen en una mala operación del sistema o inadecuada selección de los lubricantes.

Para un mejor funcionamiento del sistema de lubricación, se debe conocer no sólo los métodos para realizarse la lubricación, sino que también, cuando debe efectuarse; al igual que las características del tipo de lubricante a emplear, dado que no todas las partes en movimiento están sometidas a las mismas condiciones de funcionamiento (carga, velocidad, temperatura) y, por consiguiente requerirán regímenes de lubricaciones continuos o periódicos, y diferentes especificaciones y calidades de lubricantes.

El lubricante en los motores y máquinas autopropulsadas contribuye a la conservación de las partes que se encuentran en movimiento, formando una película de lubricante protectora entre las partes en movimiento, prolongando así, su tiempo de servicio. Contribuye, además, a la refrigeración y amortiguación de vibraciones del mecanismo; actúa como suavizador de las cargas y ayuda a mantener el motor limpio y exento de materiales contaminantes. En resumen, la lubricación y lubricantes ocupan un lugar destacado en un programa de mantenimiento.

Objetivos:

- Generar y analizar los diferentes sistemas de lubricación básicos asociados a los diferentes mecanismos de una máquina (motores, transmisión, etc.).
- Conocer los diferentes órganos que componen los sistemas de lubricación, figura 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.
- Conocer los diferentes tipos de lubricantes, su normalización, su clasificación y sus condiciones de uso.
- Analizar los métodos de lubricación más comunes en transmisiones, rodamientos, motores eléctricos y otras máquinas comunes: hidráulicas, herramientas.
- Conocer las diferentes engrasadoras y elementos para aplicar lubricantes.
- Conocer los principios de mantenimiento del sistema de lubricación.
- Formar criterios para la selección y aplicación de lubricantes.

Metodología:

- Analizar las características mecánicas y funcionales de cada elemento individual y de los conjuntos totales.
- Identifique tres (3) máquinas con sistemas de lubricación diferente.
- Discuta con sus compañeros los siguientes aspectos:
  - Partes del sistema.
  - Posición de las mismas.
  - Funcionamiento.
  - Elementos que integran las partes y su finalidad en el proceso de lubricación.
  - Recomiende los lubricantes más apropiados para: un tractor, y un (1) motor disponible.
  - Consulte libros, catálogos, publicaciones sobre el sistema de lubricación, su clasificación y uso.

Materiales: se usarán máquinas enteras (tractores, motores, etc.); elementos individuales (bombas, válvulas, chumaceras, rodamientos etc.); aceites y grasas de diferentes especificaciones (API, SAE, ISO, NLGI).

Elija tres (3) lubricantes y, para cada uno anote su nombre comercial, al igual que las diversas normas (SAE, API, ISO, NLGI, etc.). En el montaje de transmisiones de laboratorio enumere las diferentes piezas mecánicas e identifique el tipo de lubricante y el método de lubricación.

Evaluación:

Como consecuencia de este análisis el estudiante deberá estar en capacidad de resolver problemas como los siguientes:

Recomendar en forma completa el lubricante requerido para usar en máquinas de uso agrícola en general.

Diseñar y poner en operación registros, cuadros y sistemas de mantenimiento preventivo y/o curativo para la lubricación de maquinaria agrícola.

Determinar las principales fallas en un sistema de lubricación y su correctivo más adecuado.

Preguntas:

- Cómo se clasifican los aceites por viscosidad.
- Qué son aditivos.
- Indique 5 aditivos, señalando su acción y forma como actúa.
- Diga tres (3) causas por las cuales, puede estar presentándose excesivo consumo de aceites y cuál sería su corrección.
- Cuáles pueden ser las causas de una presión alta o baja en el manómetro.
- Porqué se requieren aceites de mejor calidad en los motores diesel que en los de gasolina.
- Es posible anular la fuerza de fricción entre dos piezas en movimiento mediante una lubricación excelente. Explique.
- Qué sucede cuando el nivel de aceite en el cárter está demasiado alto o demasiado bajo.
- Porqué se debe seguir el manual del operador al seleccionar los aceites.
- De que manera un aceite contaminado puede dañar un motor.
- Porqué es importante anotar la fecha y las horas del motor al cambiar aceite y filtro.
- Establecer una recomendación completa de lubricación de la máquina o equipo que usted escoja. Se entiende por recomendación completa de lubricación aquella que contempla como mínimo los siguientes datos concretos:
  - Número SAE.
  - Grado API.
  - Periodicidad de cambio del lubricante recomendado. Cantidad.
  - Grasa utilizada.

Las recomendaciones finales del lubricante a usar serán hechas en términos comerciales, es decir, especificando marcas y nombres comerciales.

Hacer alguna recomendación sobre las características de los lubricantes de máquinas agroindustriales que transforman alimentos.

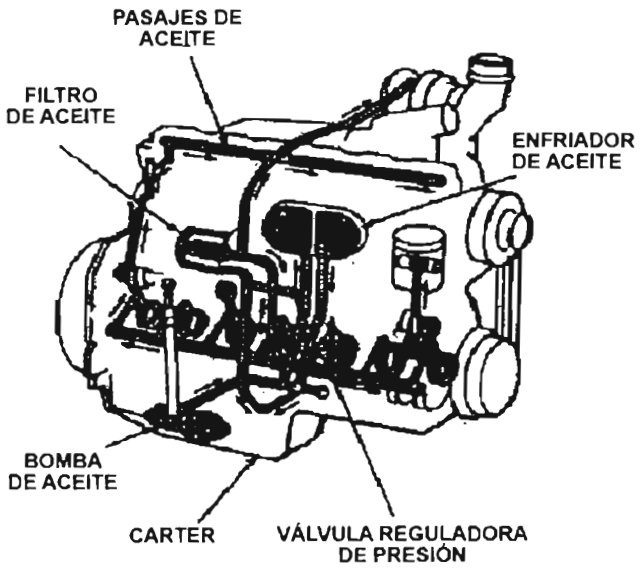


Figura 1. Sistema de lubricación por circulación de un motor típico.

Fuente: John Deere

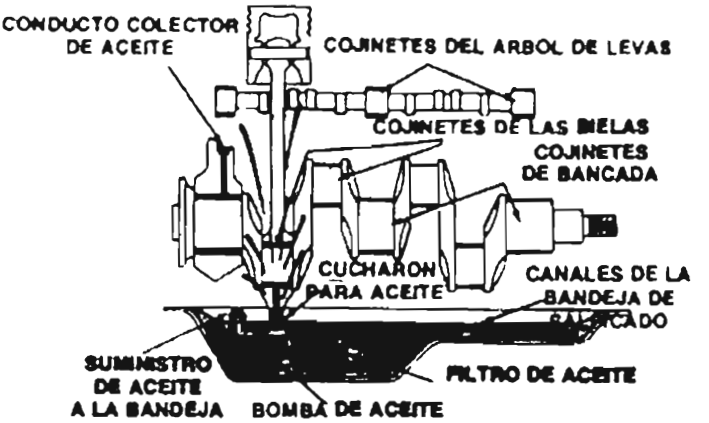


Figura 2. Sistema de circulación por salpique.

Fuente: John Deere

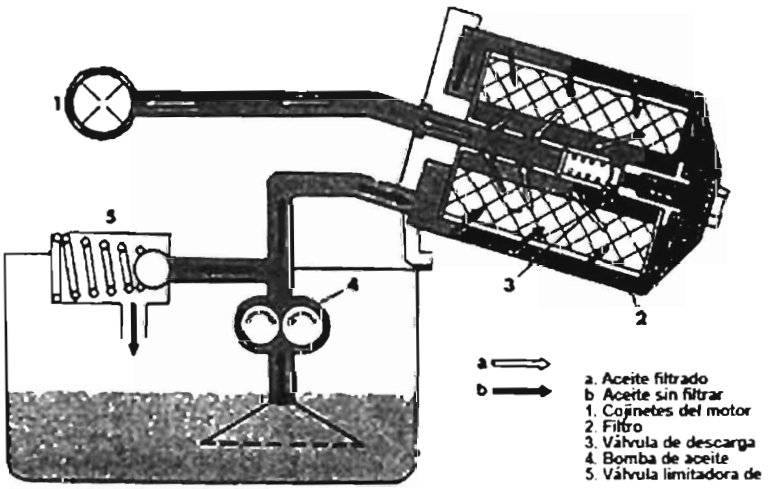


Figura 3. Sistema de filtrado de paso total.

Fuente: John Deere

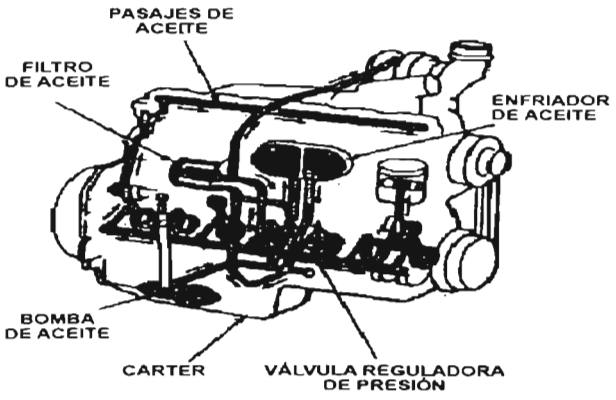


Figura 4. Sistema de filtrado en derivación.

Fuente: John Deere

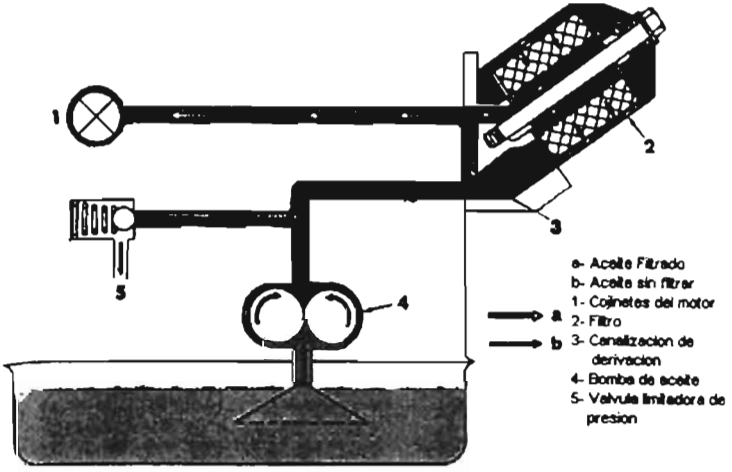


Figura 5. Sistema de filtrado en paralelo.

Fuente: John Deere

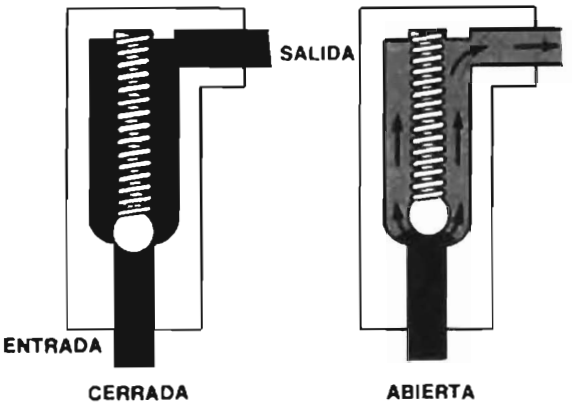


Figura 6. Válvulas.

Fuente: John Deere

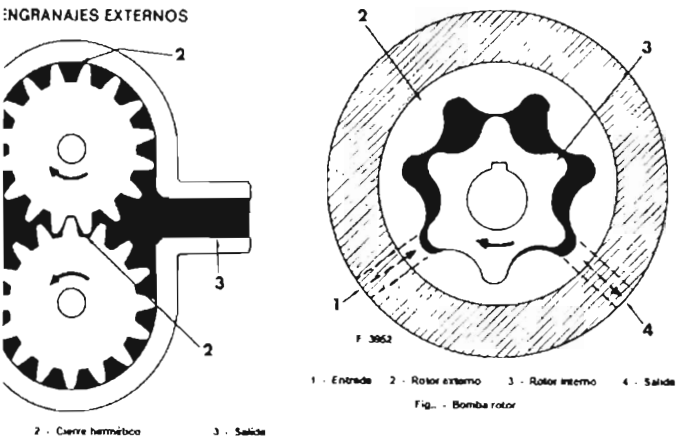


Figura 7. Bombas rotativas.

Fuente: John Deere

Bibliografía

Álvarez, Alberto; Cortés, Elkin y Álvarez, Fernando. 1998. Criterios para la selección y aplicación de lubricantes. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Cortés Marín, Elkin Alonso. 2005. Lubricación y lubricantes. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

PRÁCTICA No. 5
SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Introducción

El control de la temperatura es esencial para el buen funcionamiento del motor. Las altas temperaturas ocasionan problemas de lubricación, autoencendido de la mezcla y daño en las válvulas.

En un motor en el momento de la combustión, la temperatura puede alcanzar los 2000°C. A tales temperaturas se produce una gran transferencia de calor de los gases a las paredes del cilindro. Estas paredes deben enfriarse rápidamente si se quiere evitar daños mecánicos graves (fundición o fracturas del motor).

También, una simple insuficiencia momentánea en el enfriamiento puede traducirse en un funcionamiento anormal (autoignición o detonaciones en motores de gasolina, fallas del sistema de lubricación). Para obviar estos problemas, se recurre entonces, al sistema de refrigeración, que según las condiciones o preferencias del fabricante, usa agua o aire para enfriar los motores.

Por otra parte, cuando se habla de un sistema de refrigeración debe pensarse más bien en un sistema de control de temperatura, puesto que el objetivo principal no es lograr que el motor trabaje lo más frío posible, sino que lo haga a la temperatura más eficiente o temperatura de régimen, para obtener mayor potencia, economía y menor velocidad de desgaste.

Objetivos:

- Conocer y analizar los diferentes sistemas de control de temperatura, sus ventajas y desventajas.

- Conocer los diferentes elementos que componen el sistema de enfriamiento, ver figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6.
- Conocer los principios básicos de mantenimiento de los sistemas de control de temperatura.

Teoría básica

Si todo el calor generado en la combustión de los gases en un MCI fuera utilizado en producir potencia o trabajo útil, se obtendría 1 hp-h por cada 2545 Btu (1 caloría= 252 Btu) suministrados por el combustible. Pero esto no es posible ya que parte del calor sale por el exosto (escape), otra parte calienta los pistones, cilindros y otra parte se pierde en fricción.

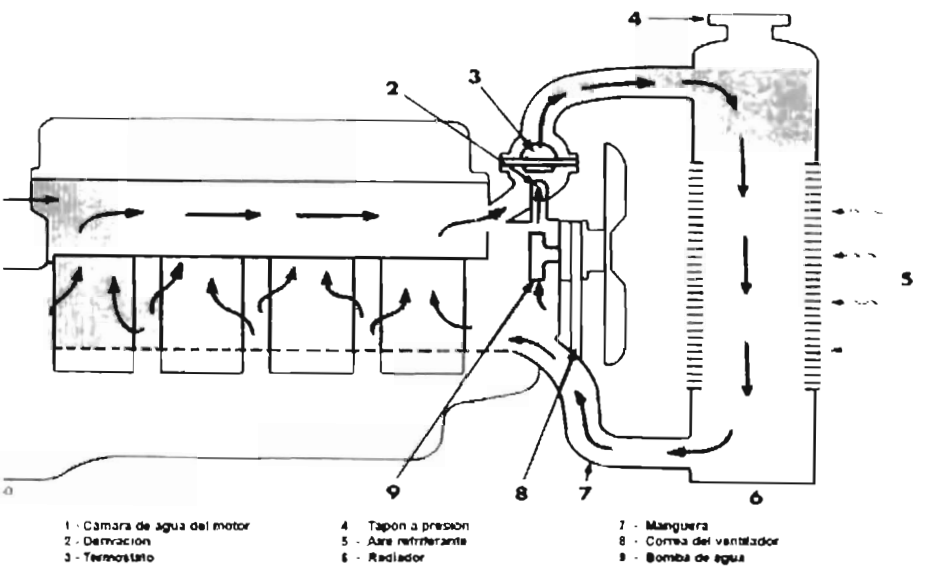


Figura 1. Componentes de un sistema de control de temperatura por agua.

Fuente: John Deere

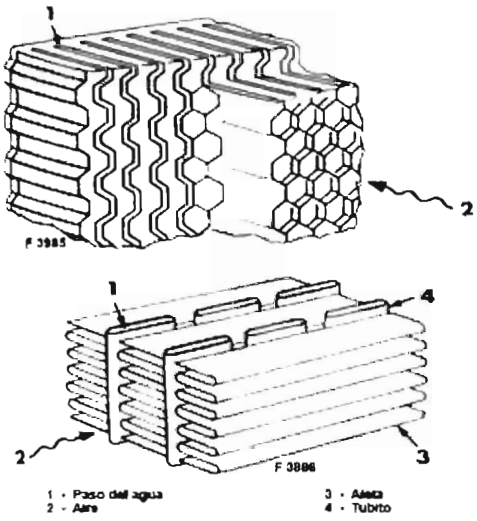


Figura 2. Distribución del calor en un radiador.

Fuente: John Deere

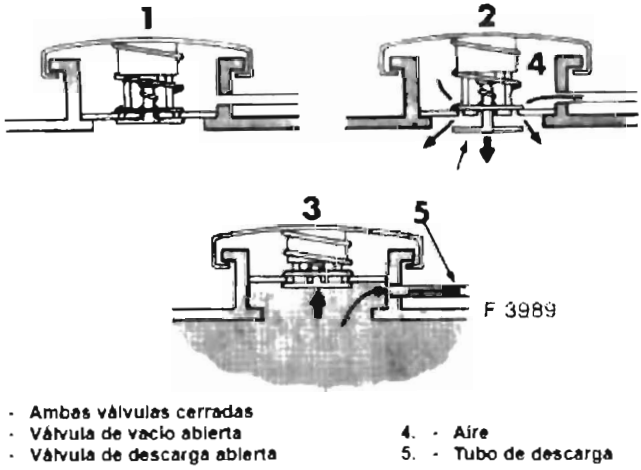


Figura 3. Tapa a presión.

Fuente: John Deere

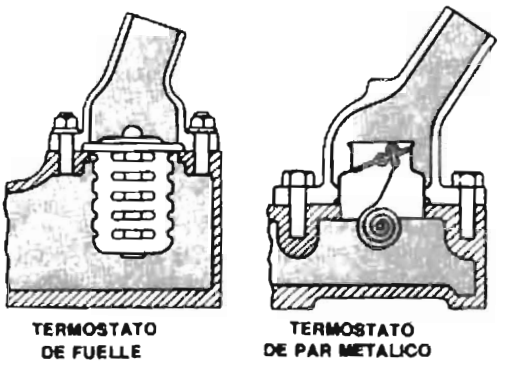


Figura 4. Tipos de termóstatos.

Fuente: John Deere

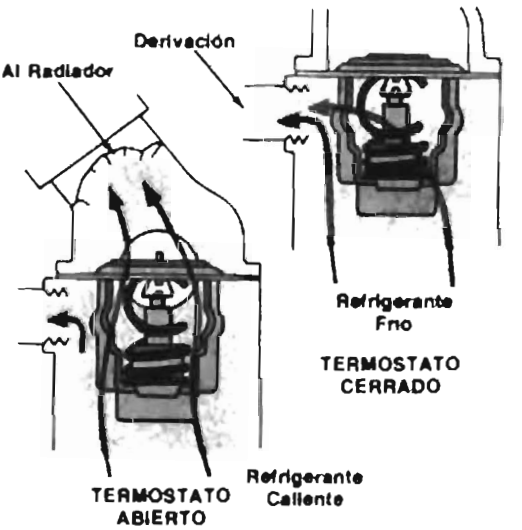


Figura 5. Funcionamiento del termóstato.

Fuente: John Deere

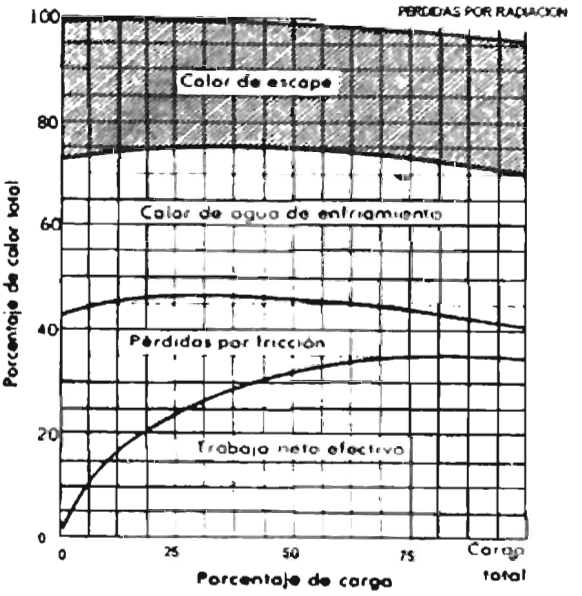


Figura 6. Distribución del calor en un MCI

La distribución porcentual promedia de la distribución del calor en un MCI es la presentada en la tabla 1.

Tabla 1. Pérdidas de calor en un MCI

	Diesel %	Gasolina %
Calor perdido en el agua de refrigeración o en el aire	27	33
Calor perdido en los gases del exosto	28,5	33
Calor perdido por radicación	6,2	6,8
Calor perdido por fricción de las piezas móviles del motor	5,6	5,2
Calor útil aprovechado para trabajo en el motor	32,7	22,0

La distribución del calor disponible Qc, en los componentes del balance térmico, dependen del tipo de motor, la carga, velocidad, variaciones dimensionales de los cilindros, relación de compresión y otros factores. Los porcentajes se ilustran en la tabla 2.

Tabla 2. Balance térmico de un MCI

Componentes del balance térmico	Diesel (%)	Gasolina (%)
Calor equivalente al trabajo efectivo	32 - 40	20 - 28
Calor cedido al refrigerante	30 - 33	31 - 34
Calor en los gases de escape	23 - 32	33 - 40
Componente residual	2 - 3	1 - 2

Como se aprecia, hay grandes pérdidas de calor, pero si se tiene en cuenta que la temperatura instantánea alcanza en el momento de la explosión en un cilindro-pistón es de 3.000°F, se deduce que es necesario eliminar calor para evitar la fundición de los metales, hasta un límite tal que favorezca la combustión de los gases. Los rangos deseables de temperatura para los cilindros pistones son: gasolina (1800F) y diesel (1400 a 1650F), para lo cual se necesita un flujo de agua promedio de 20 a 30 galones/h por cada 10 Hp de potencia. El agua puede cambiarse por cualquier líquido que tenga las siguientes características:

- Alto calor específico.
- Baja viscosidad a la temperatura de trabajo.
- Punto de ebullición superior a 212 °F.
- No corrosivo con los metales.
- Barato y abundante.
- No inflamable.
- Que no ataque el caucho ó plástico.

Refrigerantes más comunes

Aire: a presión constante, tiene un calor específico de 0,238 Btu/ lb-°F, por tanto un Btu elevará la temperatura de 4,2 lb de aire 10°F. Lo que significa que se requerirán 4,2 veces más masa de aire que de agua para lograr los mismos efectos refrigerantes.

Densidad: 0,07 lb/pie^3 a condiciones normales de temperatura y presión.

Agua: calor específico: 1Btu/libra-°F; Temperatura de ebullición: 212 °F. No inflamable, levemente corrosiva a los metales, abundante y barata, viscosidad casi constante y baja, no ataca al caucho ni al plástico. Sus principales inconvenientes como refrigerantes son: se evapora a casi cualquier temperatura y se congela a baja temperatura.

Sistemas de refrigeración por agua:

Termosifón: su funcionamiento está basado en la Ley de Convección, que establece que cuando un líquido absorbe calor y se calienta disminuye la densidad y sube hacia la superficie. Cuando se tiene este sistema, se coloca el radiador a una altura mayor que los cilindros y pistones, para que fluya el agua más caliente hacia el radiador, donde se enfría y desciende para ir nuevamente al motor y completar así el ciclo. El caudal de agua circulante, depende de:

- La cantidad de calor generado en los cilindros.
- La capacidad de enfriamiento del radiador.
- El tamaño de los conductos de agua (mangueras, orificios del radiador).
- La forma y tamaño de los conductos del agua dentro del motor.

Características propias del sistema termosifón:

- El circuito debe estar lleno de agua, si hay vacío de este, el flujo se detiene.
- La conducción del agua entre motor radiador debe tener pendiente para evitar la formación de depósitos de vapor que suspenda o disminuya el flujo.
- Requiere más volumen de agua que el sistema con bomba, pues la circulación es más lenta.
- Muy simple su construcción y operación mecánica.
- Bajo costo inicial.
- Cuando hay varios pistones a refrigerar puede presentarse refrigeración desigual.
- No es recomendable para grandes motores o con altas cargas, ya que el agua puede hervir precipitando las sales de solución, obstruyendo las mangueras y conductos de agua.

Características del sistema de Circulación forzada

Este sistema consiste básicamente en una serie de elementos que conducen agua a presión mediante una bomba centrífuga y un ventilador que hace pasar un caudal de aire por el radiador.

- El agua circula más rápido que en el sistema anterior.

- El flujo de calor de los cilindros a las camisas de agua, y de ésta a las paredes del radiador y finalmente al aire es más eficiente y uniforme que en el sistema anterior.
- El flujo de agua uniforme, produce temperaturas uniformes en los cilindros.

Componentes del sistema de control de temperatura:

Radiador. Son usados para enfriar el agua de refrigeración que fluye a través de él de arriba-abajo. Contiene el líquido para el correcto funcionamiento del motor y del sistema de refrigeración. Los conductos por donde fluye el agua transfieren por una gran superficie metálica (de lámina) el calor hacia la atmósfera.

La cantidad de calor transferido a la atmósfera y por lo tanto la temperatura del motor depende de:

- El área de la superficie expuesta al agua, por un lado y, al aire por el otro.
- La rugosidad o pulimento de esta superficie.
- La velocidad del agua a través de los conductos de circulación.
- La diferencia de temperatura entre el aire y el agua.
- El tamaño de radiador, de la bomba y el ventilador.
- La velocidad del aire.

Los radiadores son de dos tipos: tubulares y celulares, dependiendo de la forma de los conductos de agua y aire, siendo más eficiente el segundo.

Cómo identificar un buen radiador:

- Tiene la fecha y el año de fabricación junto al nombre o razón social de la empresa que lo fabricó.
- Está correctamente pintado, con anticorrosivo. Recuerde que por sus rejillas circula el agua o el líquido refrigerante. Tenga cuidado con los radiadores reconstruidos, pues los golpes pueden originar filtraciones y las superficies maltratadas evitan la correcta circulación de agua por su interior. Es mejor comprarlo nuevo.
- Tiene un dispositivo de drenaje ubicado en la parte inferior. De él también depende su durabilidad y buen funcionamiento, ya que permite sacar el agua o el refrigerante usado, para reemplazarlo por el nuevo y limpio.

- La tapa del orificio de llenado, si es de cierre hermético, debe estar correctamente sellada. Si es de tapa removible observe el manual del vehículo y establezca, si la presión que indica la etiqueta es la indicada. Una tapa de menores especificaciones hará funcionar mal el sistema y una de mayor, puede incluso producir el estallido del radiador.

Tapa: mantiene la presión constante del sistema evitando que el líquido sea expulsado al exterior cuando aumenta su volumen al aumentar la temperatura.

Mangueras: fabricadas en caucho, unen el motor con el radiador de manera flexible.

Correa: fabricada en caucho, es la encargada de transmitir el movimiento entre el motor y la bomba de agua.

Bomba de agua: mediante una turbina, hace circular el agua dentro del sistema. Construcción simple, pocas partes móviles, produce flujo continuo de agua, puede estrangularse su flujo y no se afecta, por tanto admite bien un termostato. El impeler es de bronce o hierro fundido y el eje es de aleación de acero anticorrosivo. Se puede instalar en cualquier sitio, pero generalmente se localiza entre la salida del agua del radiador y la entrada a los depósitos de agua del motor.

Lumbreras: cavidades dentro del motor, que contienen el líquido refrigerante.

Termostato: la temperatura se controla mediante un termostato localizado, generalmente, cerca a la entrada del radiador el cual cierra el paso de agua hacia el radiador cuando no está caliente el motor, y se abre cuando se alcanza la temperatura ideal de régimen en el motor.

Elemento sensible a la temperatura y ubicado en la parte superior del motor, que restringe la circulación del líquido refrigerante desde el motor hacia el radiador, hasta el momento en que el motor alcanza su temperatura óptima de funcionamiento. Muchos mecánicos lo suprimen porque lo culpan de averías dentro del sistema, principalmente del recalentamiento del motor. El termostato es vital para regular la temperatura de funcionamiento del motor. Cuando se suprime, aumenta el consumo de combustible, la emisión de gases nocivos a la atmósfera se dispara y la duración del motor disminuye.

Termocontacto: conector colocado en la culata o en el radiador y encargado de dar la orden de encendido o apagado al ventilador eléctrico.

Vaso de expansión: depósito encargado de recibir el líquido que se dilata por acción de la temperatura y que permite el regreso de este al radiador una vez baja la temperatura.

Ventilador: es el encargado de succionar aire fresco del ambiente para pasarlo a través del radiador. Puede ser accionado por el motor del vehículo o por electricidad, luego de recibir la orden del termocontacto, al percibir que debe encenderlo o apagarlo de acuerdo con la temperatura del motor.

Funcionamiento. El sistema de control de temperatura líquida puede recibir aire de marcha cuando el vehículo está en movimiento, pero además necesita aire para bajar la temperatura cuando esta aumenta demasiado por efecto ambiental, ascensos pronunciados o por trancones de tránsito.

Hay tres sistemas que suministran aire adicional:

El de ventilador permanente que succiona aire del exterior (solidario con el funcionamiento del motor), muy usado antiguamente en vehículos pequeños y en la actualidad en grandes camiones. Su principal ventaja es que presenta pocas fallas, salvo cuando se rompe la correa o se tuercen sus aspas. Presenta como inconvenientes el ruido que produce su funcionamiento y la potencia que le quita al motor.

Sistema eléctrico. Funciona únicamente cuando la temperatura rebasa el límite permitido, se acciona por breves intervalos de tiempo y se apaga cuando ya no se necesita. Funciona mediante un sensor (termocontacto) sumergido en el líquido refrigerante, que cierra un circuito eléctrico produciendo el accionamiento del ventilador. Se usa en vehículos modernos, especialmente en los que usan motor transversal, que tendrían que tener un complicado sistema de transmisión de movimiento del motor al ventilador permanente, para poder accionarlo. Adicionalmente, este sistema es más silencioso y no le quita potencia al motor. Las principales averías se presentan por daño en el motor eléctrico que acciona el ventilador o en el termocontacto, encargado de dar la orden de encender o apagar en el momento apropiado, cuando la temperatura ha sido regulada.

Sistema que toma la potencia directamente del motor mediante una correa. Tiene un dispositivo que lo activa y desactiva cuando no se necesita, disminuyendo el ruido. No le quita potencia al motor cuando no es necesario.

Se usan de dos o más aspas para forzar la corriente de aire a través del radiador. Los hay aspirantes e impelentes. Debido a la baja densidad del aire (0,07 lb/pie^3) y bajo calor específico (0,238 Btu/lb °F), es necesario hacer circular más cantidad de aire que de agua. El balance térmico entre el calor absorbido por el aire y liberado por el agua es:

$$(T1-T2)\ Ww\ Sw = (Ta-Tb)\ Wa\ Sa \qquad (1)$$

Donde:

T1= Temp. del agua caliente.
T2= Temp. del agua fría.
Ta= Temp. del aire caliente.
Tb= Temp. aire atmosférico.
Ww= Peso del agua en circulación.
Wa= Peso del aire en circulación.
Sw= Calor específico del agua (1 Btu/lb °F).
Sa= Calor específico del aire (0,238 Btu/lb °F).

Medición de la temperatura. Para detectar los aumentos exagerados de temperatura, los motores tienen sensores ubicados en la culata, que es la parte del motor más sensible a deformaciones porque en muchos casos está hecha de aleaciones de aluminio. Desde allí se envían señales eléctricas al tablero de instrumentos, bien sea a un indicador de aguja o a un testigo luminoso.

Control de temperatura

Es este sistema, el aire actúa directamente como refrigerante, absorbiendo el calor suministrado por el motor con el fin de asegurar la transferencia rápida del calor del motor hacia el aire. Se requiere 3.000 veces más volumen de aire que de agua. En la práctica, se usan caudales de 60 pie^3/min-hp de potencia en el motor. Este sistema prescinde del agua o del refrigerante y es muy utilizado en motores de motocicleta, motores de aviación y en autos como el Volkswagen- Escarabajo. En vehículos grandes también se ha utilizado, en algunos tractores y en automóviles.

El sistema cuenta con cilindros dotados de aletas en su exterior (entre más amplias las aletas mejor funcionan), que permiten que pase el aire enviado por un gran ventilador accionado por el motor para enfriarlos, que a su vez ha succionado aire fresco del exterior.

Estos motores tienen además un radiador de aceite, que también recibe aire. Con ello se garantiza un manejo óptimo y eficiente de la temperatura, siempre y cuando el radiador de aceite esté limpio, ya que si esto no es así el problema de recalentamiento será muy grave.

La presencia y buen funcionamiento del ventilador es fundamental, porque esta clase de motores requieren 4.000 veces más aire que el volumen de agua necesario, para enfriar un motor similar dotado de sistema de enfriamiento líquido.

En tiempo frío y cuando se enciende el motor, el sistema cuenta con un sistema termostático, que restringe el flujo de aire fresco, hasta que el propulsor alcanza la temperatura óptima de funcionamiento.

Características:

- De diseño y construcción muy simples (pocas piezas móviles).
- Más compacto y liviano que el de agua (10-15 lb/hp).
- Refrigera en forma menos uniforme que el de agua, sobre todo en motor de muchos cilindros (más de 4).
- El motor trabaja a más alta temperatura.
- Más baja eficiencia volumétrica.
- Limitado en su tamaño.

Elementos del sistema:

Ventilador: encargado de succionar aire y enviarlo a las aletas de los cilindros y al radiador de aceite.

Aletas: encargadas de recibir y repartir el aire que reciben, para enfriar los cilindros.

Correa: es la encargada de transmitir el movimiento del motor al ventilador para que el sistema funcione. En vehículos dotados de este sistema es fundamental llevar una correa de repuesto.

Radiador de aceite: enfría el aceite del motor y le permite mantener una temperatura estable.

Termostato: impide el paso de aire por las aletas, hasta que el motor alcanza la temperatura óptima de funcionamiento.

Ventajas del sistema:

- Menor peso, al no tener un depósito de líquido, ni camisas ni tuberías.
- Temperatura mayor de funcionamiento del motor, lo que contribuye a mejorar la combustión y aprovechamiento del combustible.

- Menor cantidad de piezas, propensas a averías.
- No utiliza líquido alguno.
- En países con estaciones fuertes, no existe el riesgo de congelamiento del líquido.

Inconvenientes del sistema:

- Funcionamiento ruidoso. Al no tener líquido en su interior, permite la salida de mayor cantidad de ruido producido por el funcionamiento del motor. En el otro sistema, es absorbido por el líquido. Además las aletas de enfriamiento amplifican el ruido de funcionamiento del motor y del ventilador.
- Un enfriamiento irregular, ya que depende de la temperatura exterior, especialmente cuando esta es muy baja.

Metodología:

- En los tractores y motores que encuentre en el laboratorio reconozca cuáles son enfriados por agua y cuáles por aire. Observe detenidamente cuáles son las unidades funcionales que componen un sistema de enfriamiento por aire y de enfriamiento por agua.
- Discuta ampliamente con sus compañeros los siguientes aspectos realizados con las unidades funcionales que usted observó:
  - Dónde van colocadas.
  - Cómo funcionan.
  - Qué papel desempeñan.
  - De que parte están compuestas y qué función desempeña cada parte.
  - Qué problemas se pueden presentar en estas unidades y cómo se pueden solucionar.

Materiales: motores, tractores, partes que se encuentran en el laboratorio.

Preguntas:

- Qué influencia tiene una correa o banda del ventilador floja; cuál debe ser la tensión.
- Qué calidad de agua se debe emplear en el sistema de refrigeración.
- Qué es una camisa húmeda y seca y, cuál es más eficiente desde el punto de vista de control de temperatura.

- Qué ocurrirá si el termostato no abre, o no cierra.
- Enumere cinco causas de recalentamiento de un motor.
- De qué tipo es la bomba de agua, de qué partes está formada y qué fallas puede presentar.