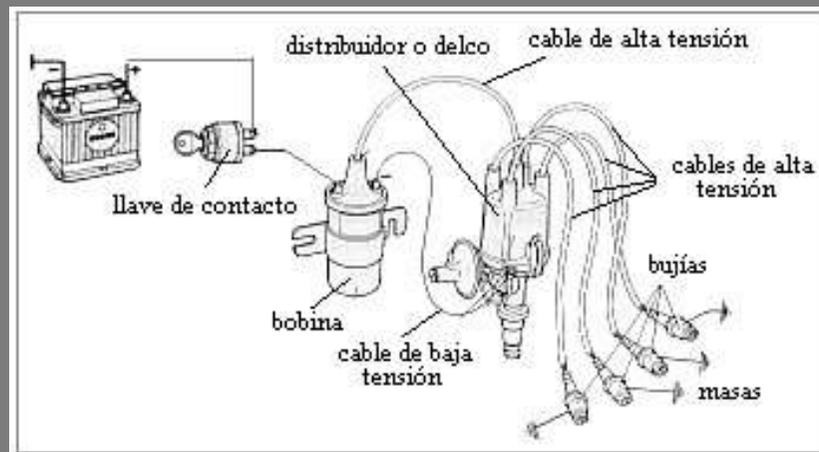


SISTEMA DE ENCENDIDO



1. Concepto de sistema de encendido.
2. Elementos comunes que lo componen.
3. Funcionamiento para motor Otto y motor Diesel.



1. Concepto de sistema de encendido



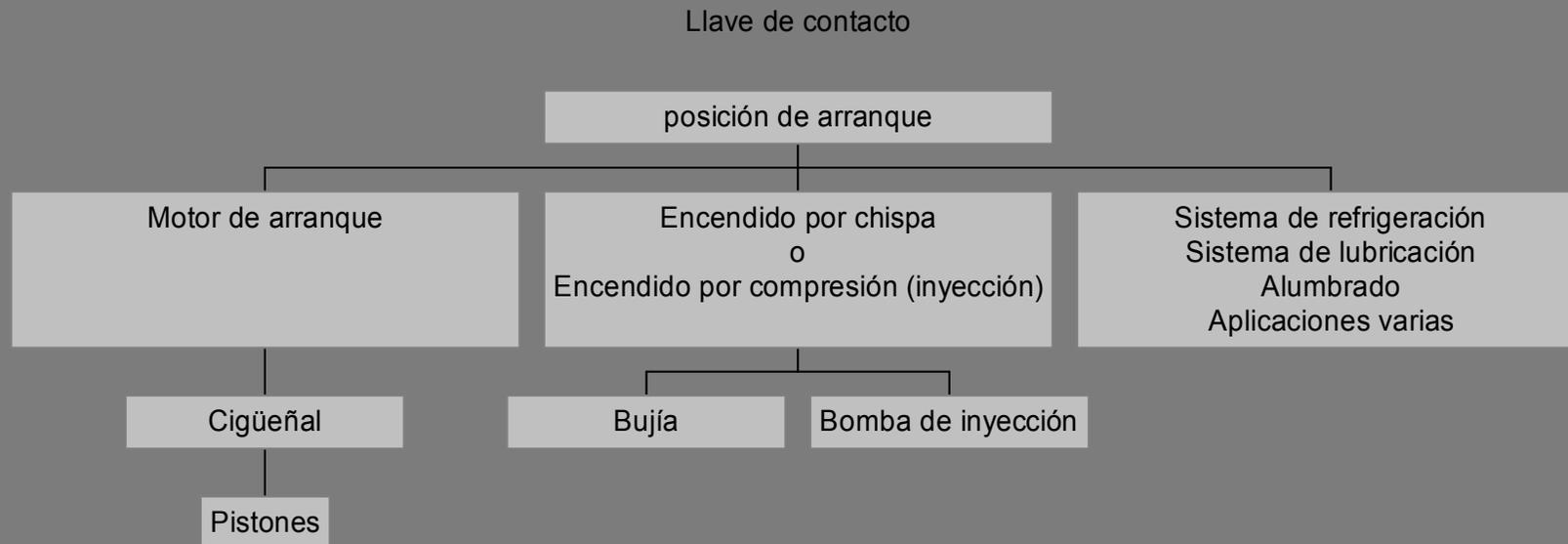
- A) El sistema de encendido.
- B) Tipos de sistemas de encendido.
- C) Elementos especiales.

A) El sistema de encendido.

- El sistema de encendido se encarga primordialmente de **aportar la energía** que necesita el motor de combustión para mantener los ciclos que describe por sí mismo.
- Los motores de combustión describen ciclos de cuatro fases: **admisión, compresión, combustión y escape**; pero dicho motor únicamente entrega energía en la fase de combustión, por lo que necesita energía para el resto.
- Será el sistema de encendido quien se encargue de dichas fases, aportando esta energía mediante un **motor eléctrico** que mueve al cigüeñal o eje del motor.
- Además el sistema de encendido tiene otra función y es la de **almacenar y generar** esta energía eléctrica, mediante los acumuladores (baterías) y el alternador.
- Después de realizar las fases correspondientes debe producir el **encendido** del combustible, como el caso del motor Otto, que produce **chispas** en la cámara de combustión o bien se encarga de enviar el combustible diesel mediante las bombas de **inyección**.
- En la actualidad, con el avance de la electrónica , existen **numerosas aplicaciones** disponibles y útiles que nos presta el automóvil.

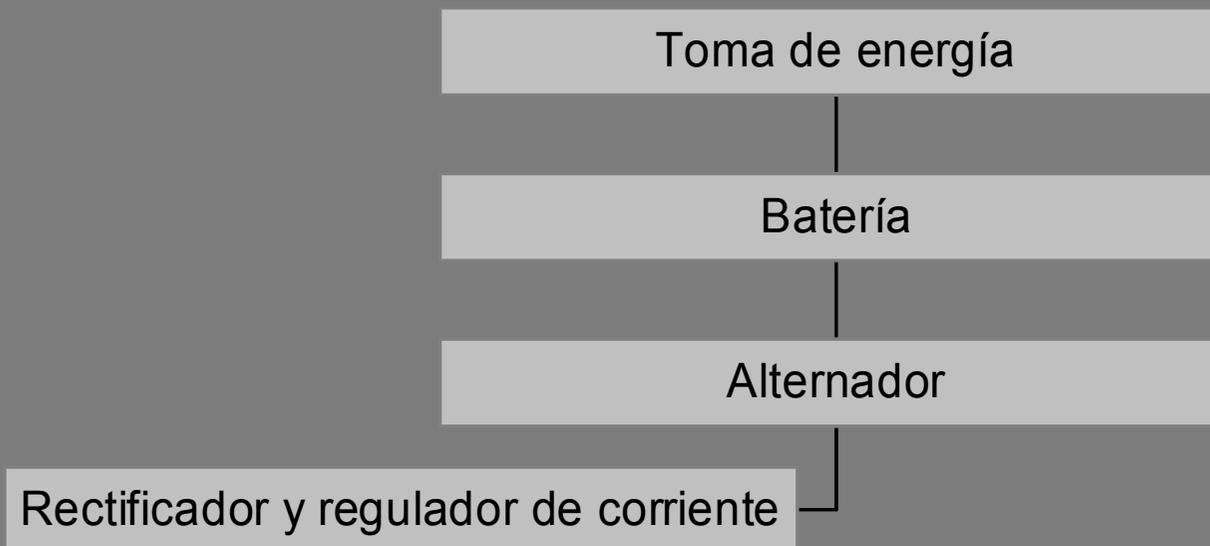
A) El sistema de encendido.

OPERACIONES



A) El sistema de encendido.

SISTEMA ELÉCTRICO



B) Tipos de sistemas de encendido.

- Encendido convencional (por ruptor).
- Encendido electrónico por descarga de condensador.
- El encendido electrónico sin contactos también llamado "encendido transistorizado".
- Encendido electrónico integral.
- El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System).

Encendido convencional (por ruptor).

Este sistema es el **más sencillo** de los sistemas de encendido por bobina, en él, se cumplen todas las funciones que se le piden a estos dispositivos. Es capaz de generar 20.000 chispas por minuto, es decir, alimentar un motor de cuatro tiempos a 10.000 rpm; aunque para motores de 6-12 cilindros da más problemas

Esta compuesto por los siguientes elementos:

- o Bobina de encendido.
- o Resistencia previa .
- o Ruptor.
- o Condensador.
- o Distribuidor de encendido.
- o Variador de avance centrifugo.
- o Variador de avance de vacío.
- o Bujías.

Encendido convencional (por ruptor).

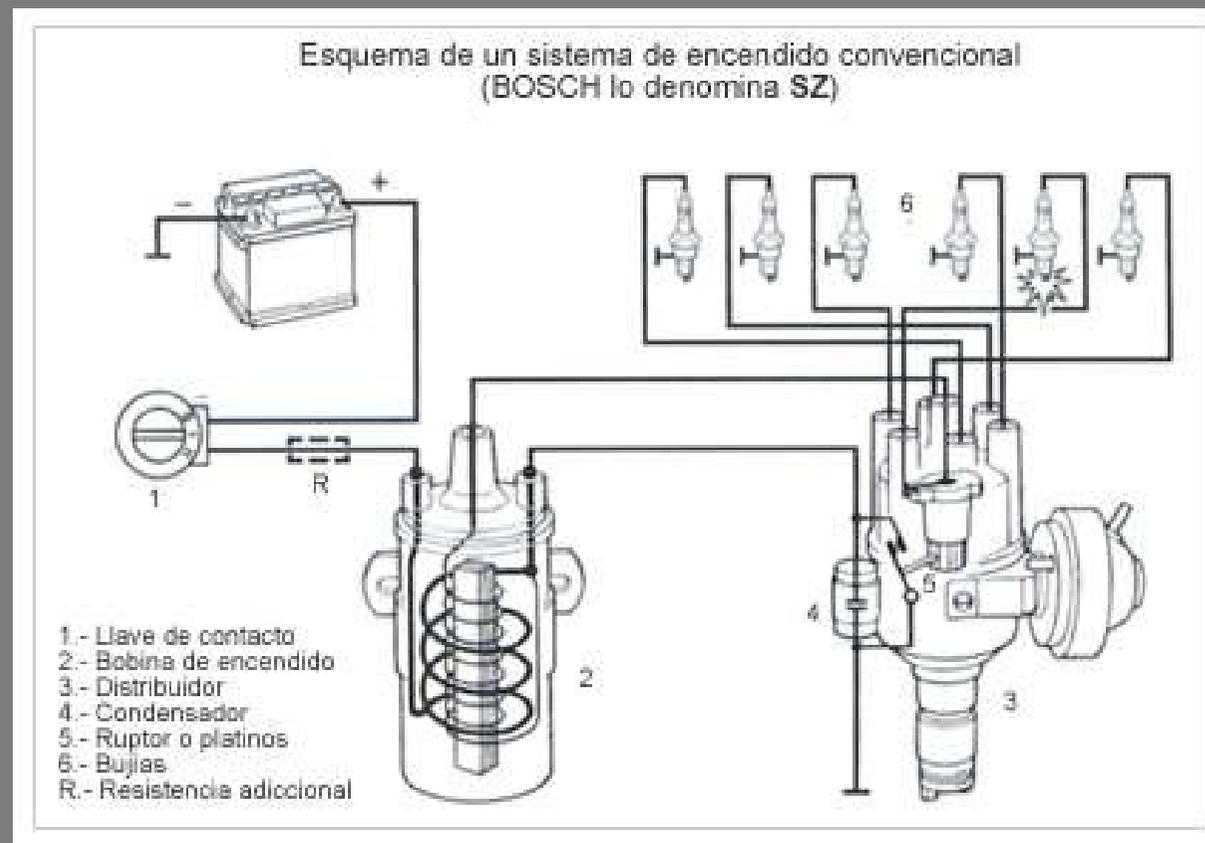
Una vez que giramos la **llave de contacto** a posición de contacto el circuito primario es alimentado por la tensión de batería, el circuito primario esta formado por el arrollamiento primario de la **bobina** de encendido y los contactos del **ruptor** que cierran el circuito a masa. Con los contactos del ruptor cerrados la corriente eléctrica fluye a masa a través del arrollamiento primario de la bobina. De esta forma se crea en la bobina un **campo magnético** en el que se acumula la energía de encendido. Cuando se abren los contactos del ruptor la corriente de carga se deriva hacia el **condensador** que esta conectado en paralelo con los contactos del ruptor. El condensador se cargara absorbiendo una parte de la corriente eléctrica hasta que los contactos del ruptor estén lo suficientemente separados evitando que salte un arco eléctrico que haría perder parte de la tensión que se acumulaba en el arrollamiento primario de la bobina. La colocación del condensador hace que la tensión generada en el circuito primario de un sistema de encendido puede alcanzar momentáneamente algunos centenares de voltios.

Debido a que la relación entre el numero de espiras del bobinado primario y secundario es de 100/1 aproximadamente se obtienen tensiones entre los electrodos de las bujías entre 10 y 15000 Voltios.

Una vez que tenemos la alta tensión en el **secundario de la bobina** esta es enviada al **distribuidor** a través del cable de alta tensión que une la bobina y el distribuidor. Una vez que tenemos la alta tensión en el distribuidor pasa al rotor que gira en su interior y que distribuye la alta tensión a cada una de las **bujías**.

Encendido convencional (por ruptor).

FUNCIONAMIENTO:



Encendido electrónico por descarga de condensador.

Este sistema llamado también "encendido por tiristor" funciona de una manera distinta a todos los sistemas de encendido (encendido por bobina) tratados hasta aquí . Su funcionamiento se basa en cargar un condensador con energía eléctrica para luego descargarlo provocando en este momento la alta tensión que hace saltar la chispa en las bujías.

Las ventajas esenciales del encendido por descarga del condensador son las siguientes:

- Alta tensión mas **elevada y constante** en una gama de regímenes de funcionamiento más amplia.

- **Energía máxima** en todos los regímenes.
- Crecimiento de la tensión extremadamente **rápida**.

Como desventaja la duración de las chispas son muy inferiores, del orden de 0,1 o 0,2 msg. demasiado breves para su utilización en vehículos utilitarios. Este tipo de encendido se aplica en aquellos vehículos que funcionan a un alto nº de revoluciones como **coches de altas prestaciones o de competición**.

Encendido electrónico por descarga de condensador.

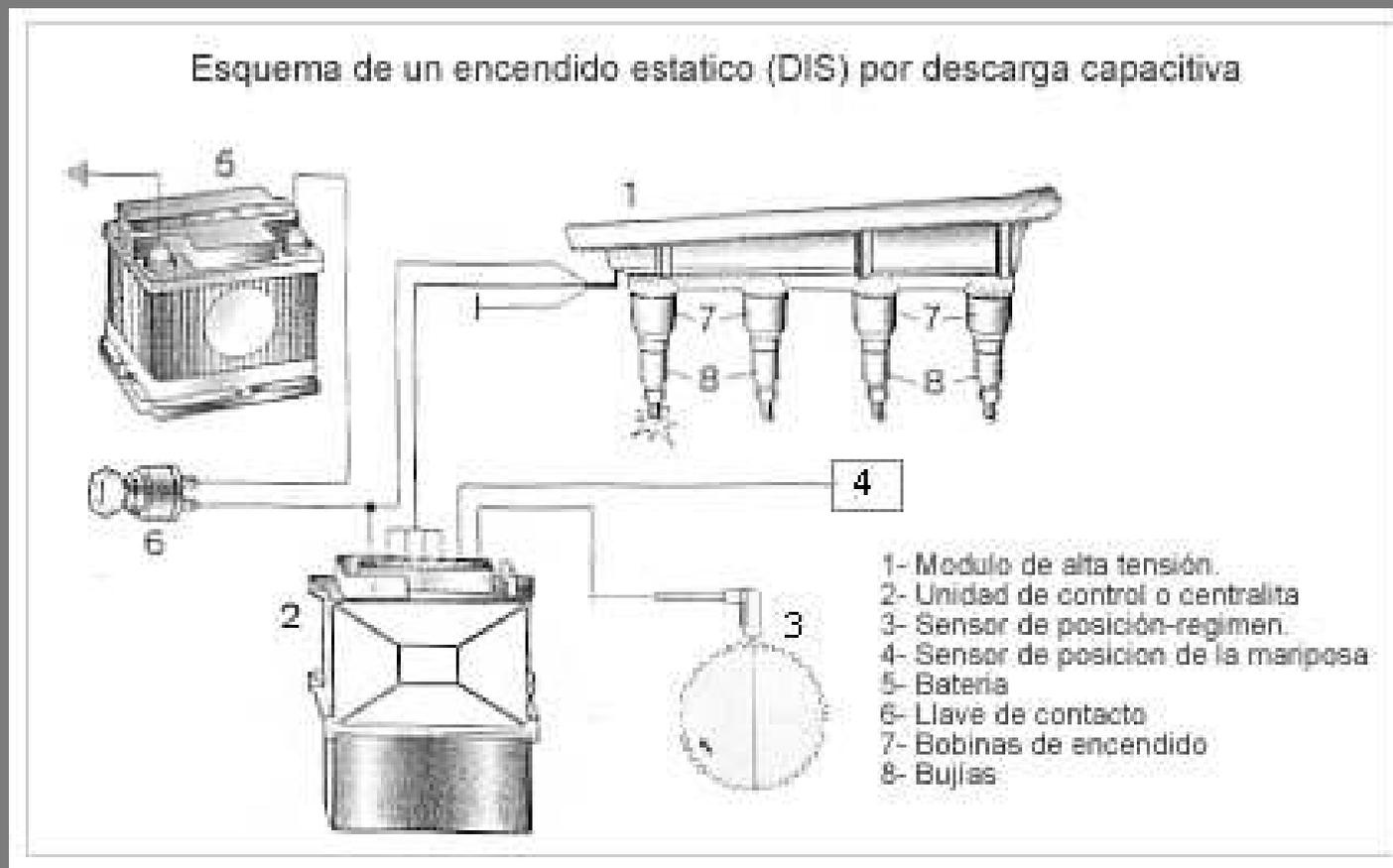
Básicamente cuando damos a la llave de contacto, a parte del motor de arranque se hace pasar la energía a un **condensador** de forma que almacene la energía hasta que se descargue a las bujías mediante el distribuidor cuando los reguladores de régimen y de abertura de mariposa lo permitan. Por estos dos sistemas de control es muy usual que exista una centralita que gobierne este sistema.

Por su parte será el **transformador de encendido** el que se encarga de aumentar la tensión en el secundario

El nombre de encendido por tiristor viene del material en que está construido.

Encendido electrónico por descarga de condensador.

FUNCIONAMIENTO:



El encendido electrónico sin contactos también llamado "encendido transistorizado".

Su característica principal es la **supresión del ruptor** por su carácter mecánico, sistema que se sustituye por la centralita y un amplificador de impulsos (todo un sistema electrónico).

Al eliminar el sistema mecánico vamos a aumentar las prestaciones a mayor número de revoluciones.

Este es un sistema muy utilizado en en automóviles de gama media.

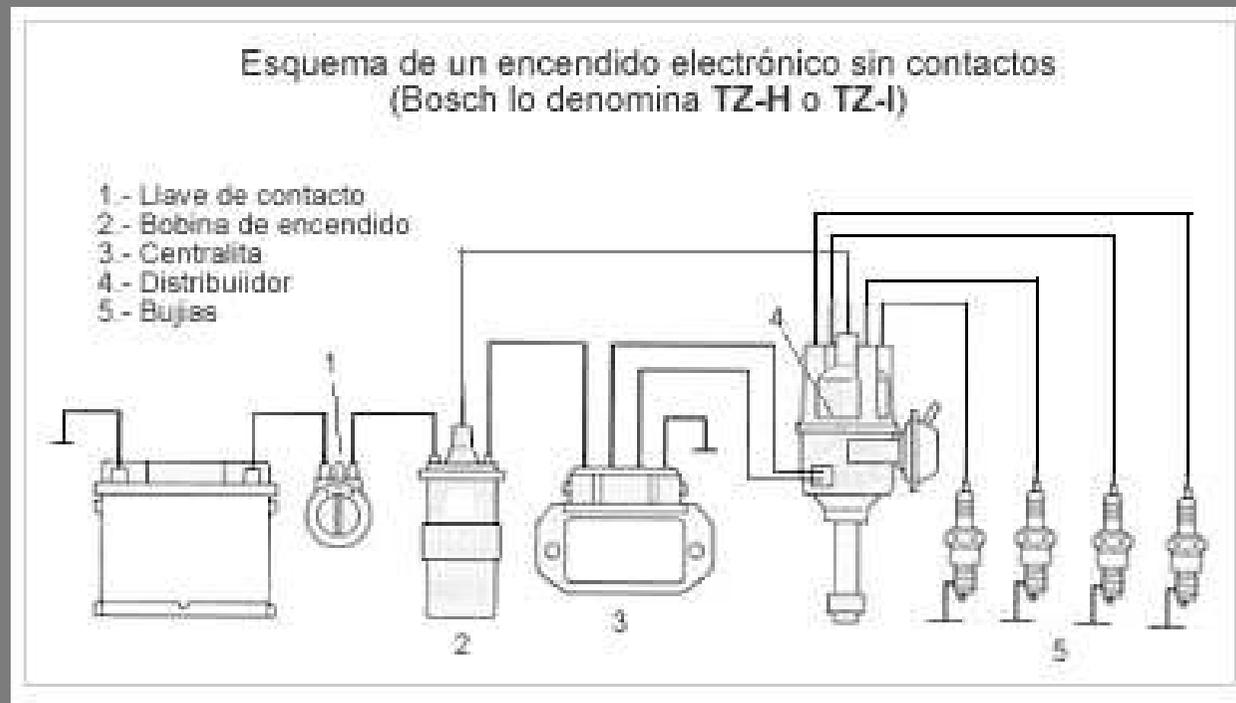
Existen diversos tipos, pero podemos dividirlos en dos principalmente, el encendido con **generador de impulsos por inducción** o el encendido con **generador de impulsos Hall**.

El encendido electrónico sin contactos también llamado "encendido transistorizado".

Un encendido electrónico está compuesto básicamente por una etapa de potencia con transistor de conmutación y un circuito electrónico formador y amplificador de impulsos alojados en la centralita de encendido (4), al que se conecta un generador de impulsos situado dentro del distribuidor de encendido (4). El ruptor en el distribuidor es sustituido por un dispositivo estático (generador de impulsos), es decir sin partes mecánicas sujetas a desgaste. El elemento sensor detecta el movimiento del eje del distribuidor generando una señal eléctrica capaz de ser utilizada posteriormente para comandar el transistor que pilota el primario de la bobina. Las otras funciones del encendido quedan inmóviles conservando la bobina (2), el distribuidor con su sistema de avance centrifugo y sus correcciones por depresión.

El encendido electrónico sin contactos también llamado "encendido transistorizado".

FUNCIONAMIENTO:



Encendido electrónico integral.

Básicamente se trata de ir eliminando cualquier sistema mecánico debido a su falta de prestaciones y desventajas, por lo que será la electrónica quien se encargue ahora de dos sistemas en el distribuidor:

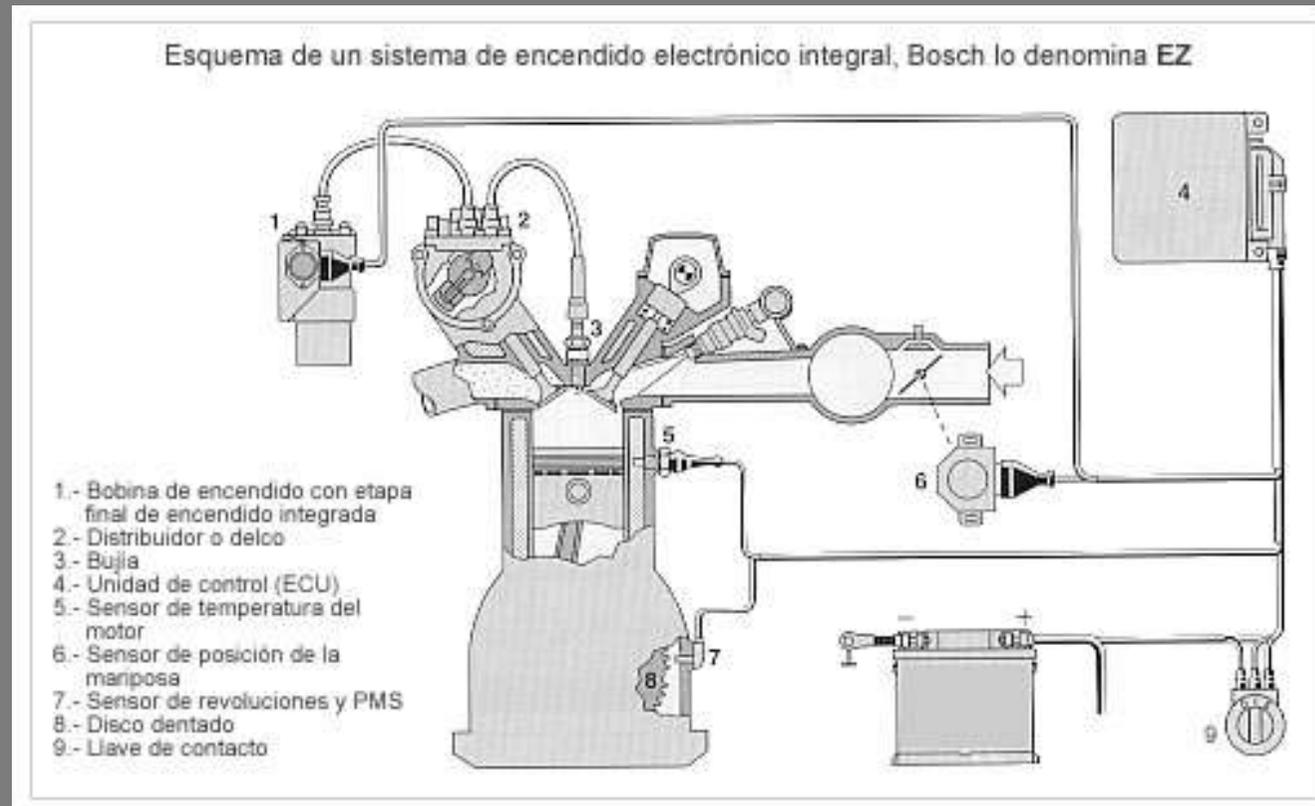
- Un sensor de rpm del motor que sustituye al "regulador centrifugo" del distribuidor.
- Un sensor de presión que mide la presión de carga del motor y sustituye al "regulador de vacío" del distribuidor.

Las ventajas de este sistema de encendido son:

- Posibilidad de adecuar mejor la regulación del encendido a las variadas e individuales exigencias planteadas al motor.
- Posibilidad de incluir parámetros de control adicionales (por ejemplo: la temperatura del motor).
- Buen comportamiento del arranque, mejor marcha en ralentí y menor consumo de combustible.
- Recogida de una mayor cantidad de datos de funcionamiento.
- Viabilidad de la regulación antidetonante.

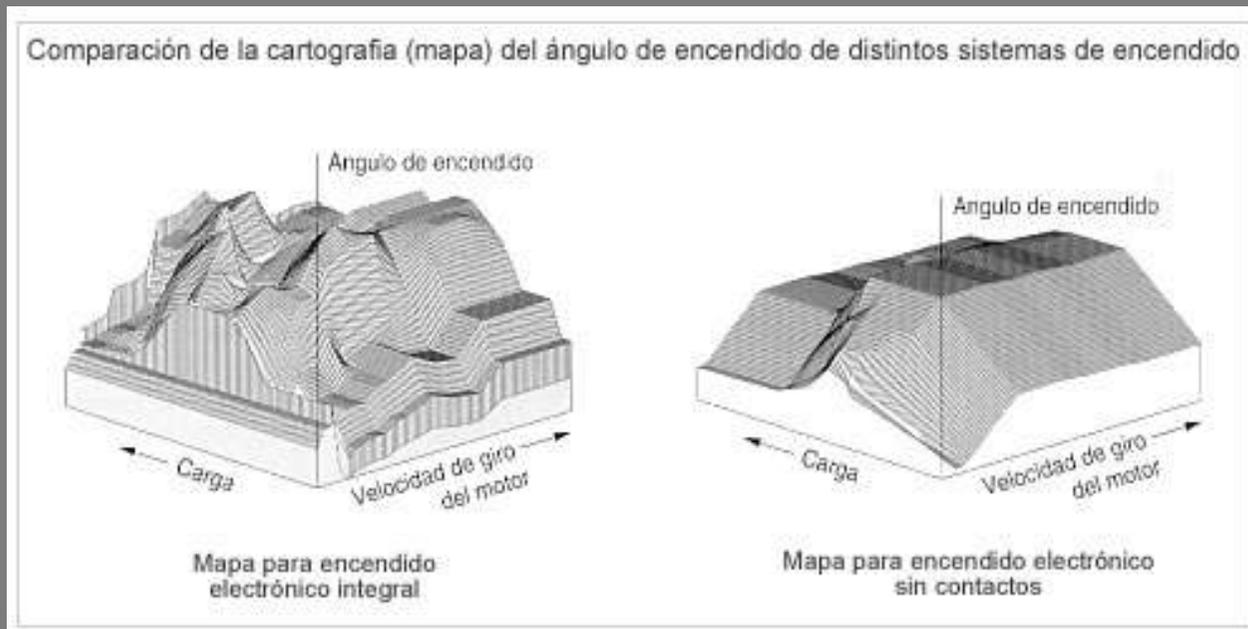
Encendido electrónico integral.

FUNCIONAMIENTO:



Encendido electrónico integral.

Aquí podemos observar como al introducir elementos electrónicos podemos controlar más cada situación y la forma de actuar ante ella.



Encendido electrónico integral.

Cada sistema electrónico está siempre basado en toma de datos y para cada uno de ellos está dispuesto una respuesta que optimice las prestaciones.

Si cambiamos y mejoramos cada sistema, el rendimiento general estará aumentado.

El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System).

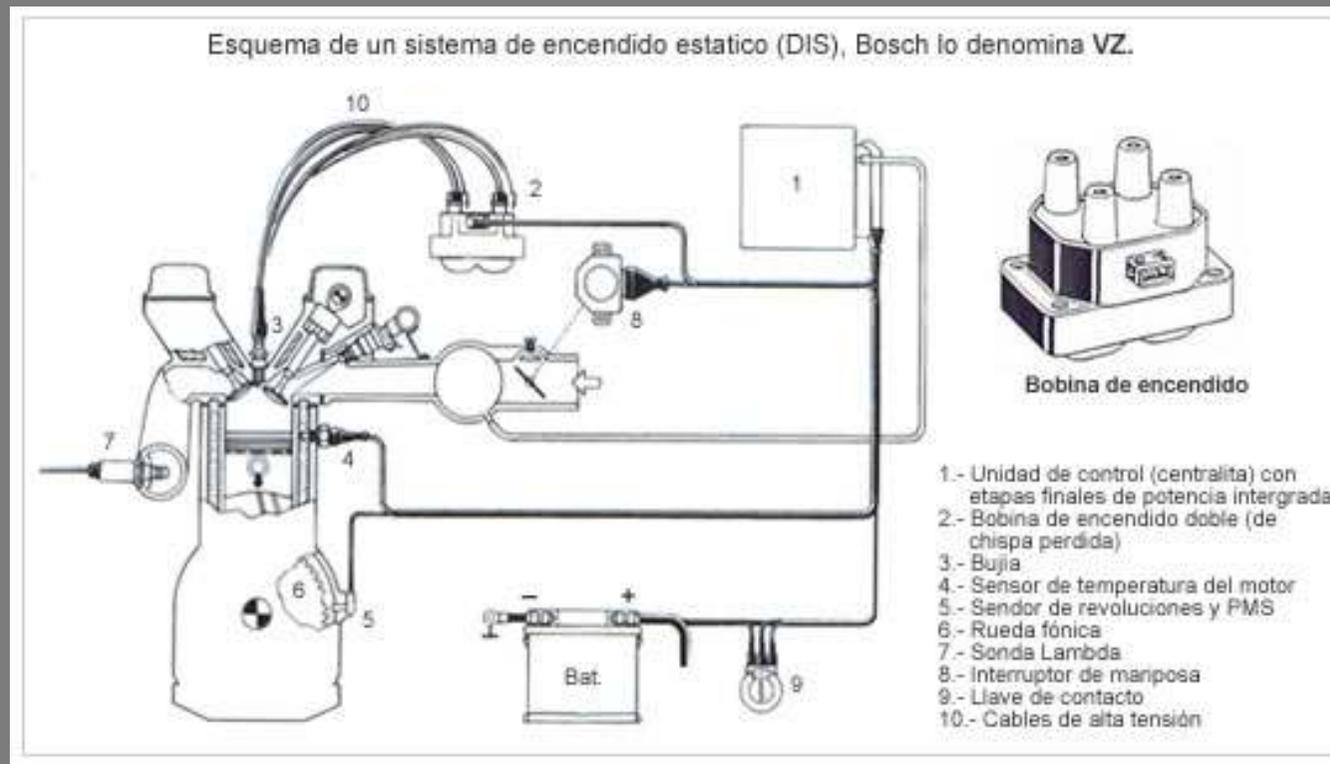
El sistema de encendido DIS (**D**irect **I**gnition **S**ystem) también llamado: sistema de **encendido sin distribuidor** (Distributorless Ignition System), se diferencia del sistema de encendido tradicional en suprimir el distribuidor, con esto se consigue eliminar los elementos mecánicos, siempre propensos a sufrir desgastes y averías.

Como la electrónica avanza, hemos ido sustituyendo todos los elementos mecánicos con las consecuentes ventajas:

- Se gana más **tiempo en la generación de la chispa** por lo que al ser mejor tenemos menos problemas a altas revoluciones.
- Se **elimina** las **interfaces** del distribuidor y así **acercamos las bobinas** a las bujías pudiendo en algunos casos incluso eliminar los cables de alta tensión.
- Ahora podemos jugar con **mayor precisión** con el avance del encendido, ganando más potencia y fiabilidad.

El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System).

FUNCIONAMIENTO:



El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System).

En la mayoría de los casos lo que se hace es enviar el impulso o chispa a dos cilindros, uno que va a realizar la combustión y otro que no, de forma que perdemos una de las chispas, pero de este modo ya no precisamos el distribuidor, únicamente necesitamos datos que nos aportan los sistemas de control, para saber en que momento se lanza la chispa.

C) Elementos especiales.

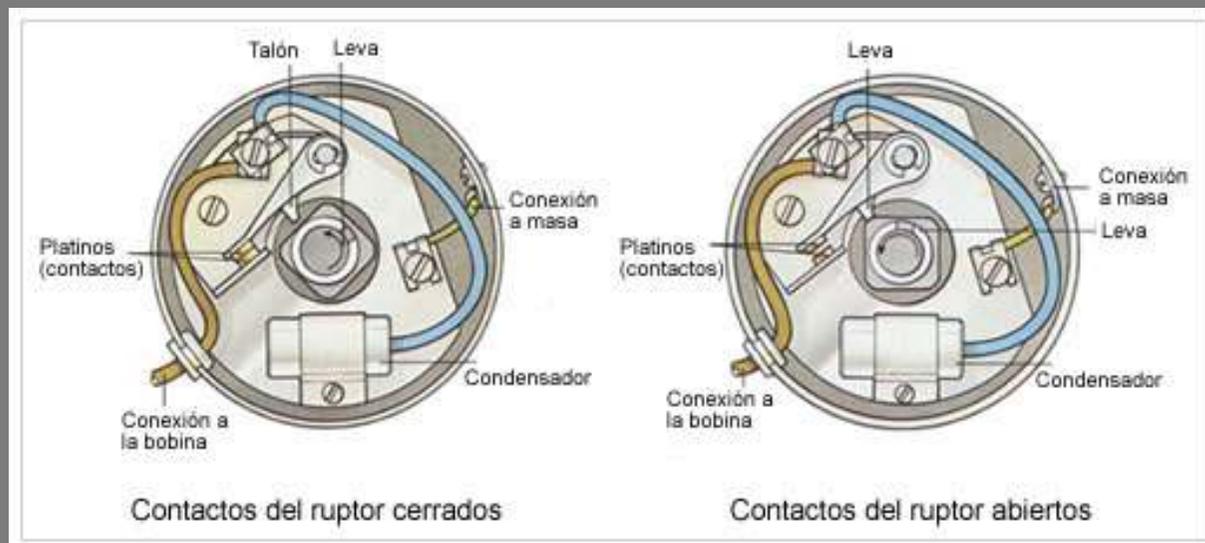
El ruptor

Reguladores de avance al encendido.

Distribuidor

Ruptor

El ruptor es un interruptor accionado mecánicamente mediante una leva que vienen del eje del distribuidor de forma que nos está dando el momento en el que se necesita la chispa. Debido a su funcionamiento, entre los contactos surge un arco eléctrico que quema a estos produciendo un desgaste que da lugar a errores. La leva tendrá la forma de un polígono regular según el numero de cilindros.



Reguladores de avance al encendido.

En teoría la chispa de encendido en un motor debe saltar cuando el cilindro llega al p.m.s. en el final de la carrera de compresión, pero esto no pasa en la realidad, ya que, desde que salta la chispa hasta que se produce la combustión de la mezcla pasa un tiempo, si esta pérdida de tiempo no la corregimos el motor bajara sus prestaciones (pérdida de potencia).

Un sistema de ajuste del avance se compone de tres elementos:

1.- Un avance fijo, resultado del calado inicial del dispositivo de reparto de chispa que debe ser capaz de mantener el régimen de ralentí.

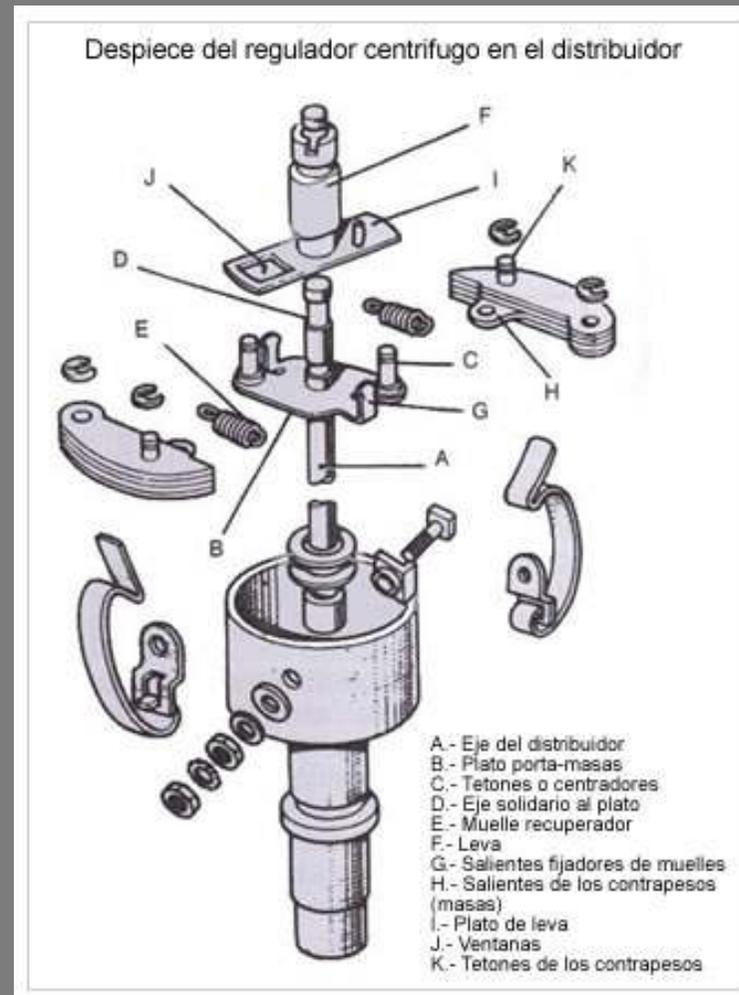
2.- Un avance variable dependiendo de la velocidad de giro del motor y aumentando con el incremento del régimen pero no proporcionalmente.

3.- Una corrección de este avance en función de la carga soportada por el motor: esta corrección es positiva si la carga disminuye, pero puede ser negativa para evitar la contaminación en ralentí o en caso de utilización del freno motor.

Reguladores de avance al encendido.

•Regulador centrifugo:

Este dispositivo consta de dos masas excéntricas que pueden moverse sobre un plato porta-masas. Estas masas que giran sobre unos pivotes (tetones o centradores) y se unen a la leva por medio de unos muelles. Todo este conjunto se mueve impulsado por el eje del distribuidor. Con el motor girando a ralentí, los muelles mantienen los contrapesos en reposo; pero a medida que el motor coge revoluciones, la fuerza centrífuga hace desplazar los contrapesos hacia el exterior lo que provoca el giro del manguito de leva un cierto ángulo en el mismo sentido de giro del distribuidor, lo cual supone que la leva comience a abrir los contactos del ruptor unos grados antes que en la posición de reposo (ralentí o bajas revoluciones del motor). El valor de ángulo máximo al que se puede llegar es de 30° medidos en el cigüeñal.



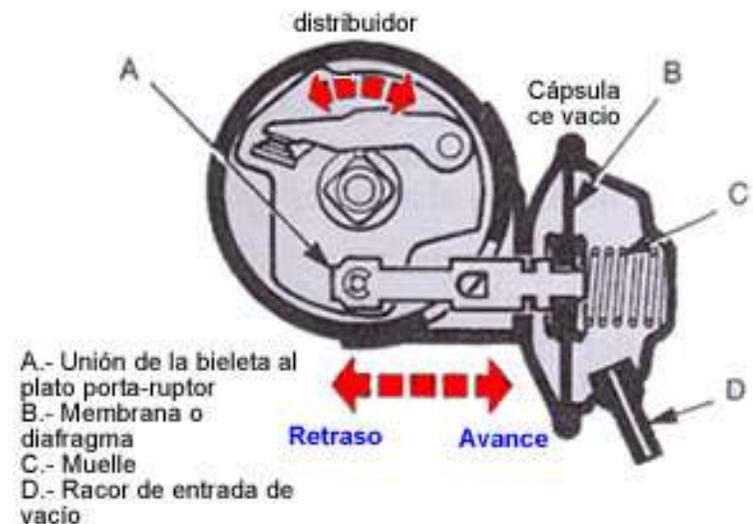
Reguladores de avance al encendido.

- Regulador de vacío:

Este sistema se basa en diferencia entre presiones de forma que se disponen dos cámaras separadas por una membrana que se desplaza hacia un lado o hacia otro, regulando la leva del ruptor.

Se basa en las distintas situaciones que experimenta el coche de forma que según sea la presión atmosférica y la presión en el carburador (que nos dará la necesidad) de mayor o menor avance de encendido.

Esquema de un sistema de avance por vacío (depresión)



Distribuidor

Es el elemento más complejo y que más funciones cumple dentro de un sistema de encendido. El distribuidor reparte el impulso de alta tensión de encendido entre las diferentes bujías, siguiendo un orden determinado (orden de encendido) y en el instante preciso. Sus funciones son:

- Abrir y cerrar a través del ruptor el circuito que alimenta el arrollamiento primario de la bobina.
 - Distribuir la alta tensión que se genera en el arrollamiento secundario de la bobina a cada una de las bujías a través del rotor y la tapa del distribuidor.
 - Avanzar o retrasar el punto de encendido en función del nº de revoluciones y de la carga del motor, esto se consigue con el sistema de avance centrifugo y el sistema de avance por vacío respectivamente.
- El movimiento de rotación del eje del distribuidor le es transmitido a través del árbol de levas del motor. El distribuidor lleva un acoplamiento al árbol de levas que impide en el mayor de los casos el erróneo posicionamiento.



2. Elementos comunes que lo componen.



- A) Sistema eléctrico (cableado).
- B) Sistema de carga (alternador y dinamo).
- C) Acumuladores de energía eléctrica (baterías).
- D) Motor de arranque.

A) Sistema eléctrico (cableado)

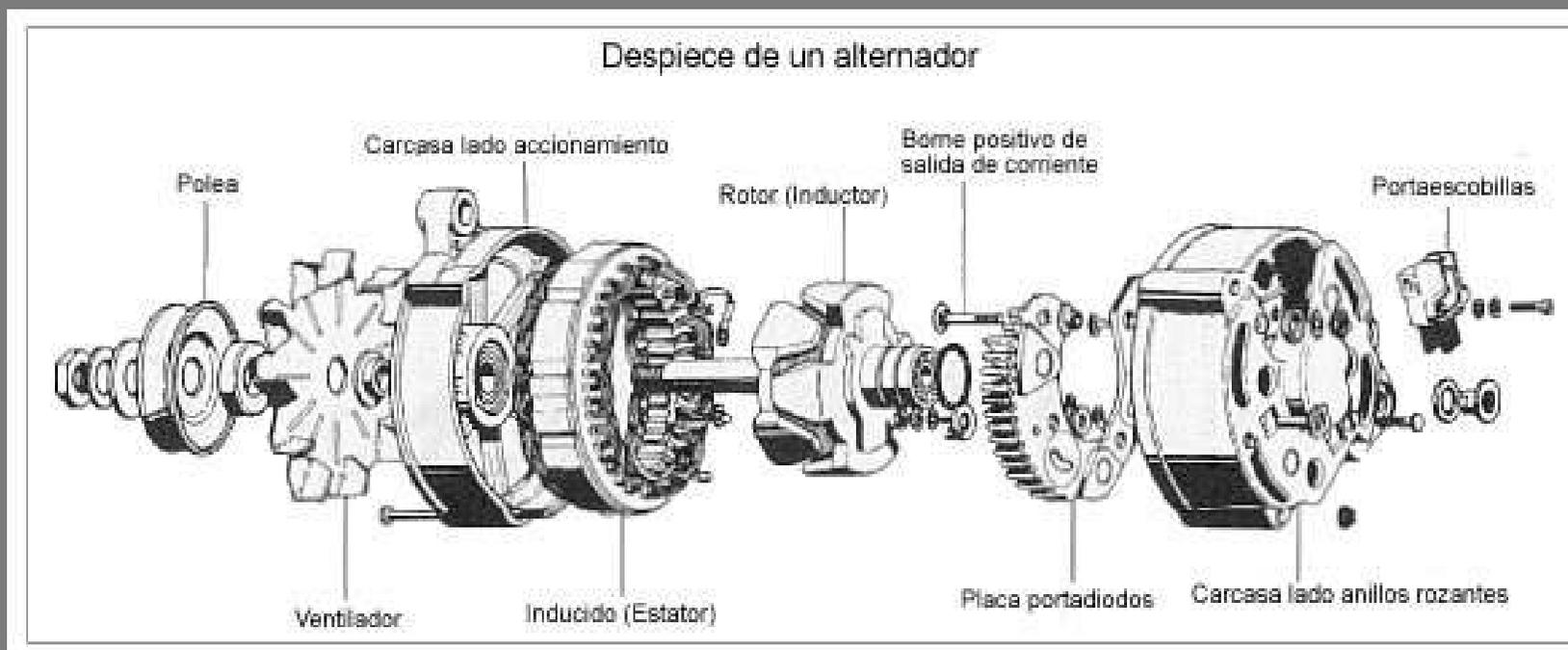
Todos los elementos que forman parte del sistema de encendido deben estar comunicados eléctricamente hablando, por lo que el automóvil debe contar con una red de cables que lleven a cabo esta misión. Además dichos cables estarán calculados acorde con su misión, es decir, que su sección y extremos estarán preparados para ella.

B) Sistema de carga (alternador y dinamo)

El alternador igual que la antigua dinamo, es un generador de corriente eléctrica que transforma la energía mecánica que recibe en su eje en energía eléctrica que sirve además de cargar la batería, para proporcionar corriente eléctrica a los distintos consumidores del vehículo como son el: el sistema de alimentación de combustible, el sistema de encendido, las luces, los limpias etc.

El alternador sustituyó a la dinamo debido a que esta ultima tenia unas limitaciones que se vieron agravadas a medida que se instalaban más accesorios eléctricos en el automóvil y se utilizaba el automóvil para trayectos urbanos con las consecuencias sabidas (circulación lenta y frecuentes paradas).

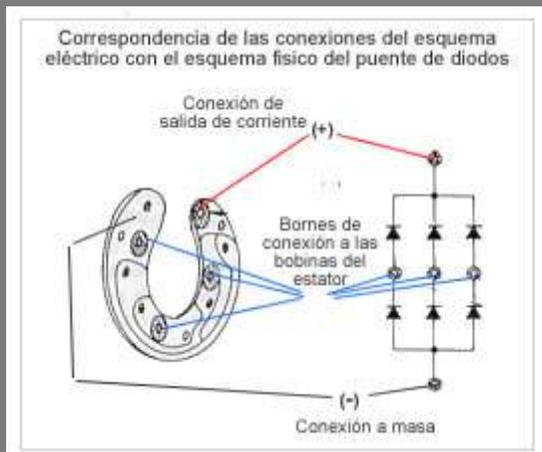
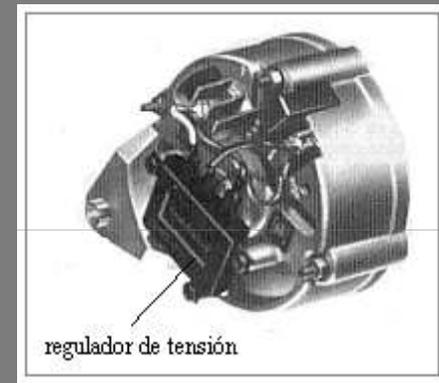
B) Sistema de carga (alternador y dinamo)



B) Sistema de carga (alternador y dinamo)

Rectificador de corriente

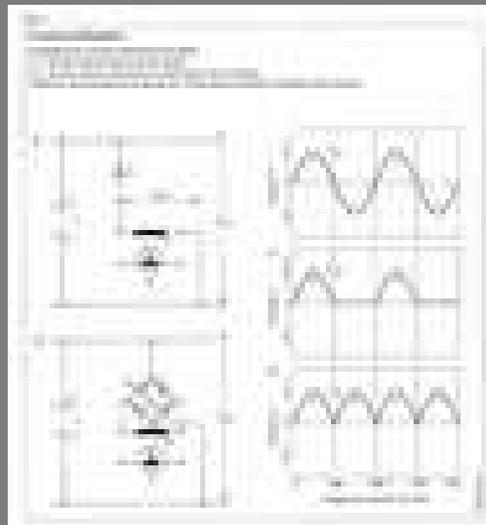
En la mayoría de los alternadores, el equipo rectificador esta formada por una placa soporte, en cuyo interior se encuentran montados seis o nueve diodos, unidos y formando un puente rectificador hexadiodo o nanodiodo.



B) Sistema de carga (alternador y dinamo)

Regulador de corriente

Es el encargado de mantener una tensión, intensidad y otros parámetros constantes para entregar a la batería una energía eléctrica que pueda cargarla y así ser aprovechada.

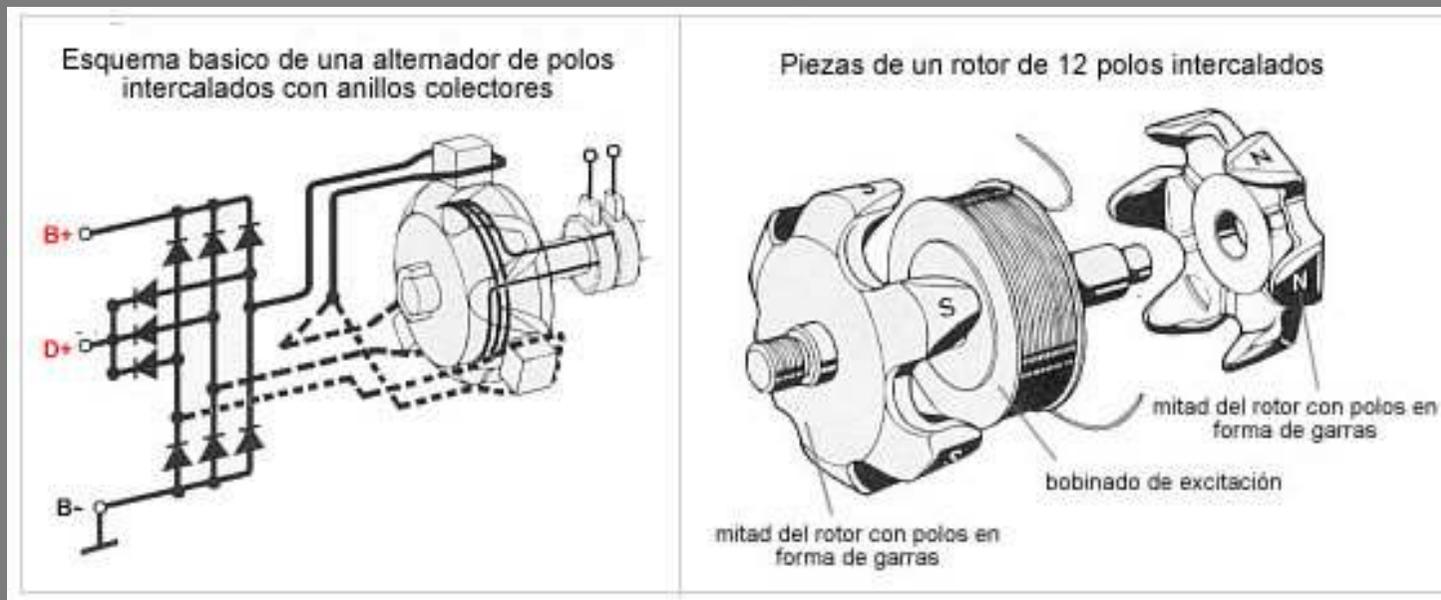


B) Sistema de carga (alternador y dinamo)

Tipos de alternadores:

Alternadores de polos intercalados con anillos colectores

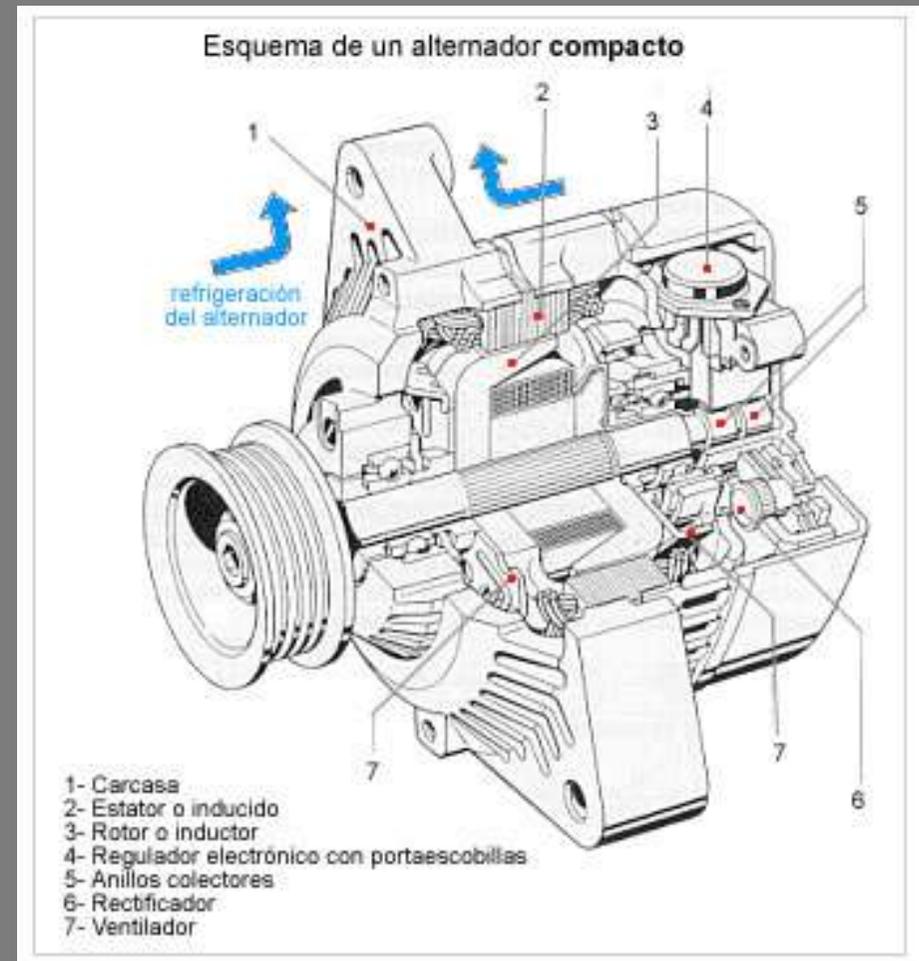
La construcción de estos alternadores hacen del mismo un conjunto compacto con características de potencias favorables y reducido peso. Suelen utilizarse para los turismos, vehículos industriales, tractores...



B) Sistema de carga (alternador y dinamo)

Alternadores compactos

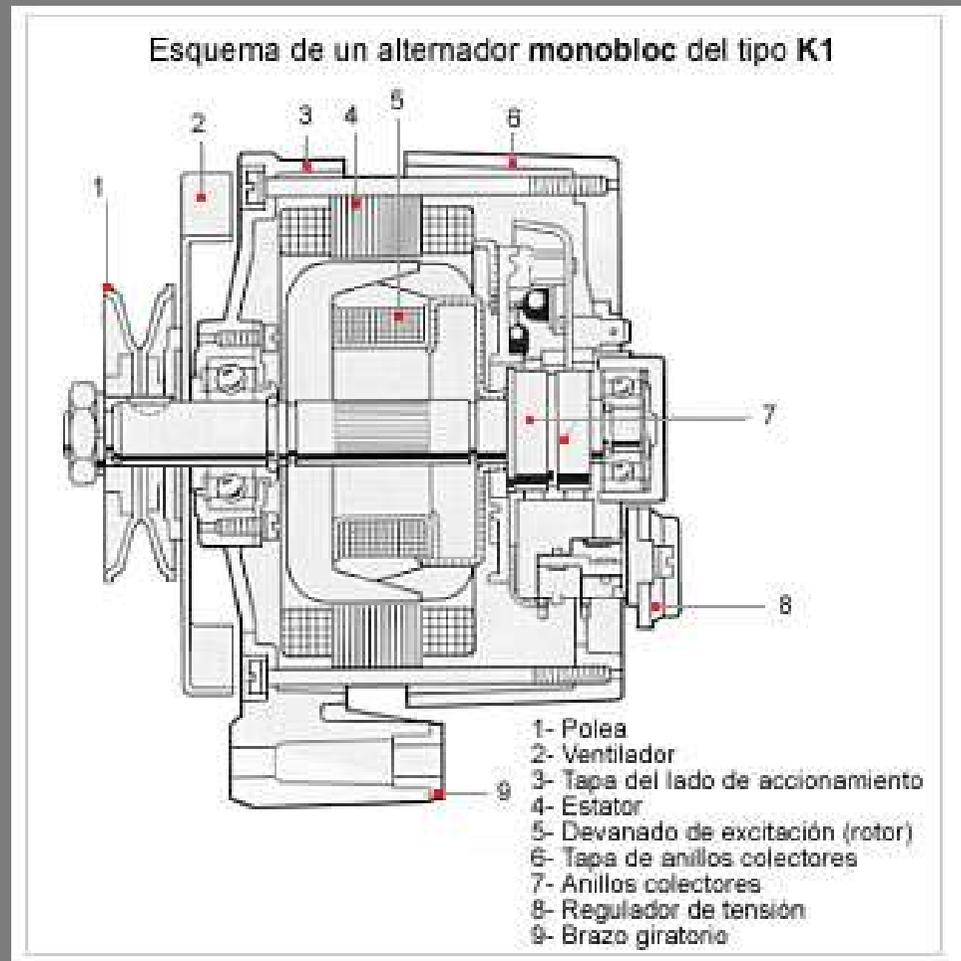
Están destinados a turismos con gran demanda de potencia. Son especialmente apropiados para los modernos motores de vehículos con régimen de ralentí. reducido.



B) Sistema de carga (alternador y dinamo)

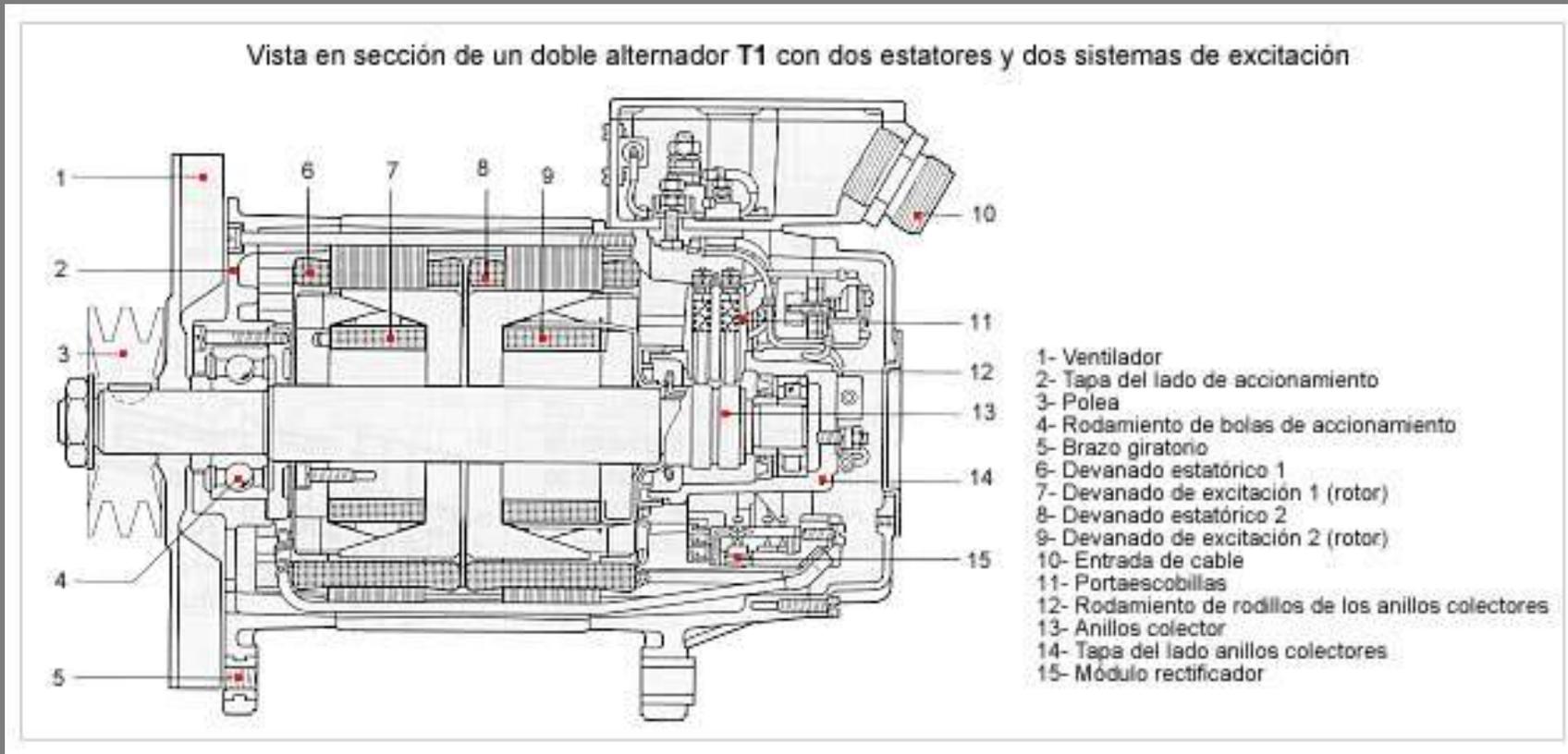
Alternadores monobloc

El extenso número de modelos de alternadores trifásicos en versión monobloc permite utilizarlos en turismos y vehículos industriales, aunque los turismos se equipan cada vez más con alternadores compactos.



B) Sistema de carga (alternador y dinamo)

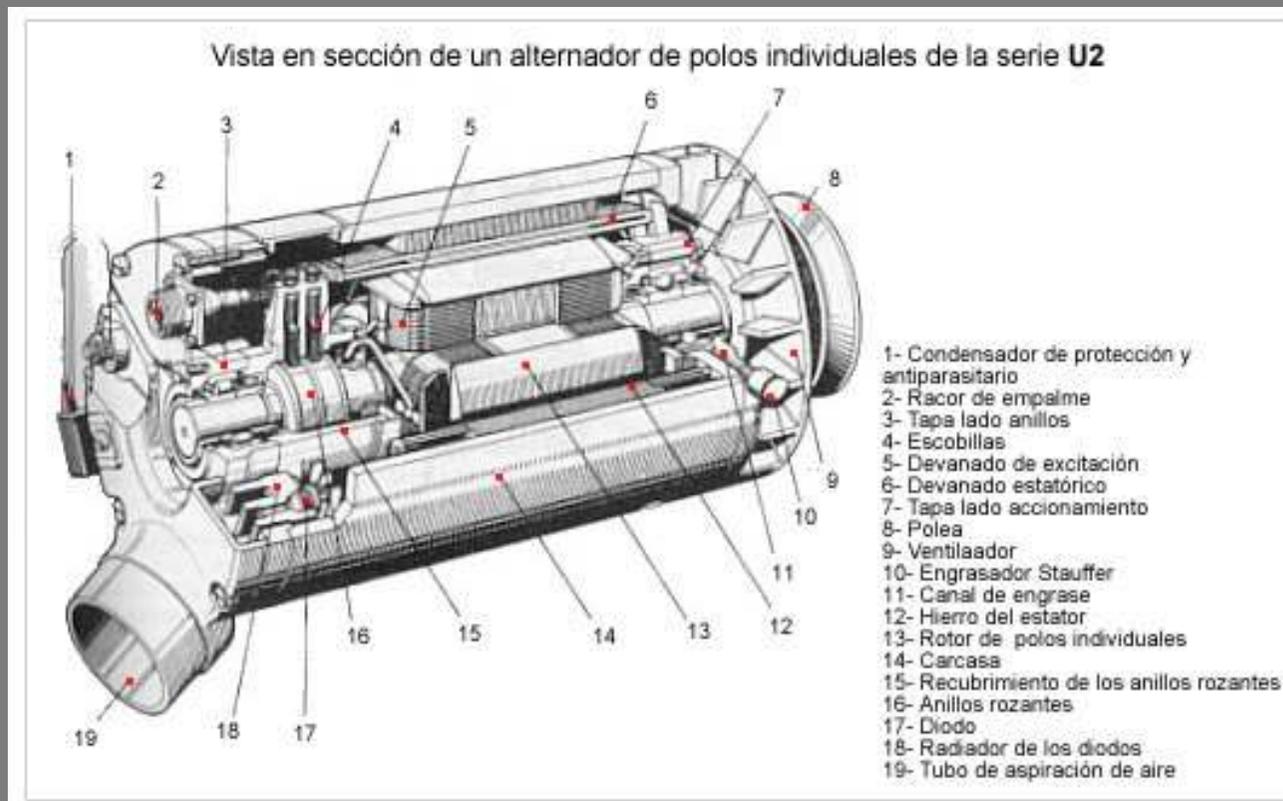
Alternadores monobloc II



B) Sistema de carga (alternador y dinamo)

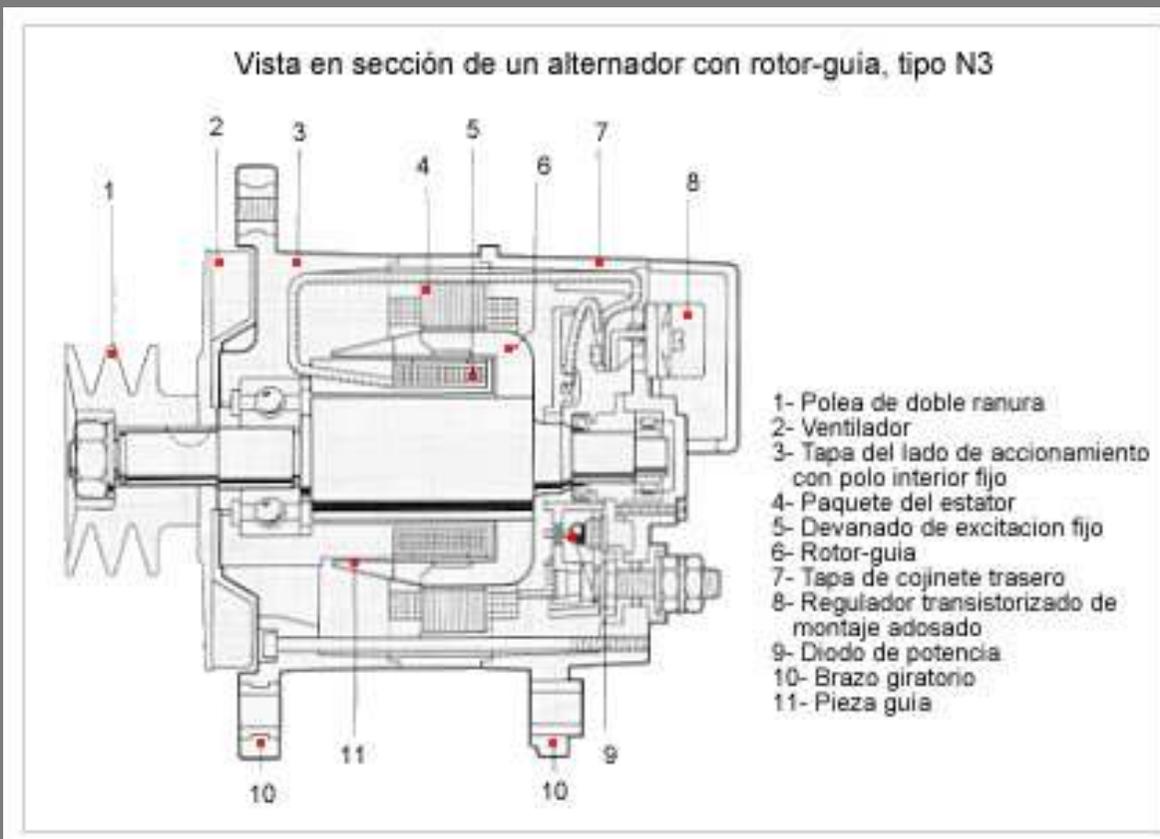
Alternadores de polos individuales con anillos colectores

Se utilizan preferentemente para vehículos grandes con gran demanda de corriente ($> 100 \text{ A}$) y tensiones de batería de 24 V. Son especialmente apropiados, por lo tanto, para autobuses, vehículos sobre raíles, embarcaciones y grandes vehículos especiales.



B) Sistema de carga (alternador y dinamo)

Alternadores con rotor-guía sin anillos colectores

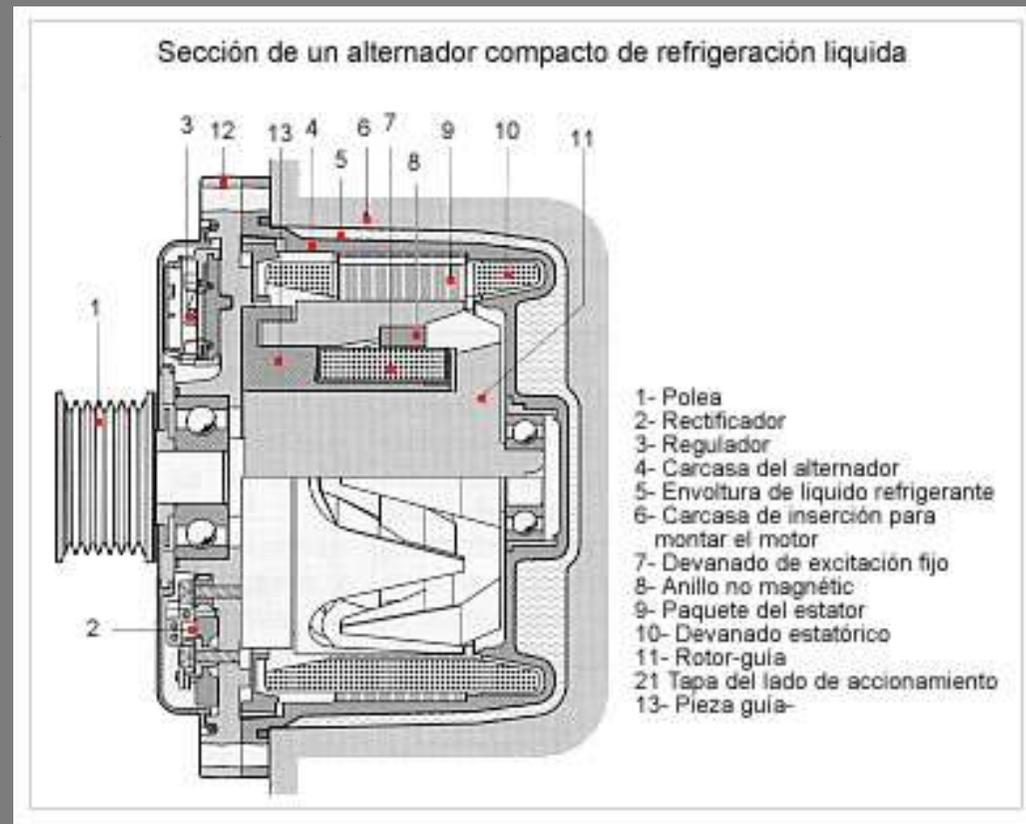


Las únicas piezas sujetas a desgaste de estos alternadores son los rodamientos. Se utilizan en los transportes donde la larga duración sea un factor decisivo.

B) Sistema de carga (alternador y dinamo)

Alternador compacto de refrigeración líquida

El ventilador necesario para la refrigeración es la causa determinante del ruido del flujo en los alternadores refrigerados por aire. Una reducción considerable del ruido con una entrega de corriente mayor solo puede lograrse con un alternador de refrigeración líquida, para cuya refrigeración se utiliza el líquido refrigerante del motor.

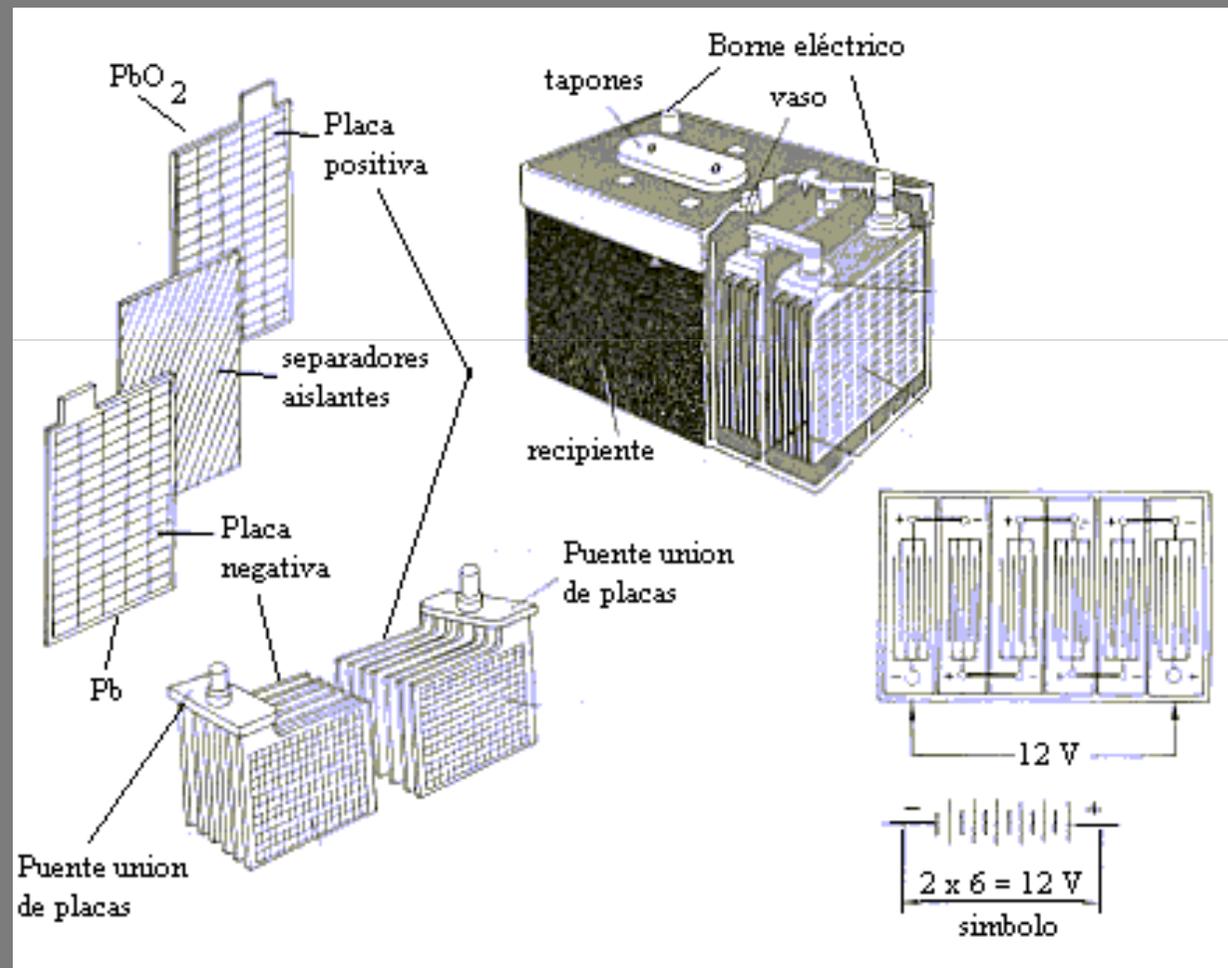


C) Acumuladores de energía eléctrica (baterías)

Se entiende por batería a todo elemento capaz de almacenar energía eléctrica para ser utilizada posteriormente.

El líquido que hay dentro de la batería, se llama electrolito esta compuesto por una mezcla de agua destilada y ácido sulfúrico, con una proporción del 34% de ácido sulfúrico y el resto de agua destilada. El nivel del electrolito debe de estar un centímetro por encima de las placas.

C) Acumuladores de energía eléctrica (baterías)



C) Acumuladores de energía eléctrica (baterías)

Para conseguir mayores tensiones (V) o una capacidad de batería (Amperios-hora Ah) distintos a los estándares que tienen las baterías que encontramos en el mercado, se utiliza la técnica de unión de baterías: Esta unión puede ser mediante:

- Acoplamiento serie
- Acoplamiento paralelo
- Acoplamiento mixto

D) Motor de arranque

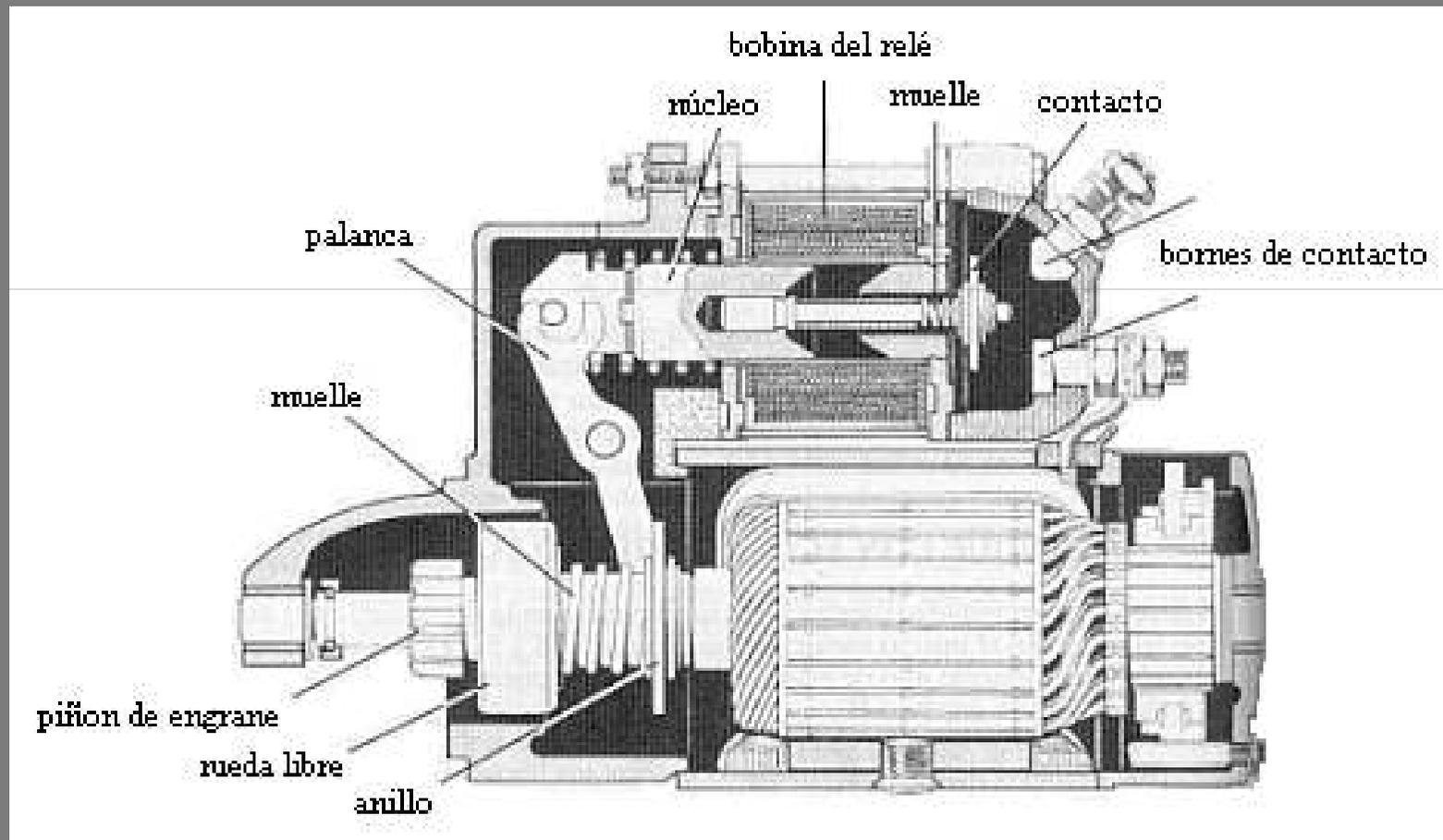
El motor de arranque es un motor eléctrico que tiene la función de mover el motor térmico del vehículo hasta que éste se pone en marcha por sus propios medios (explosiones en las cámaras de combustión en el interior de los cilindros).

El motor de arranque consta de dos elementos diferenciados:

El **motor** propiamente dicho que es un motor eléctrico ("motor serie" cuya particularidad es que tiene un elevado par de arranque).

- **Relé de arranque**: tiene dos funciones, como un relé normal, es decir para conectar y desconectar un circuito eléctrico. También tiene la misión de desplazar el piñón de arranque para que este engrane con la corona del volante de inercia del motor térmico y así transmitir el movimiento del motor de arranque al motor térmico.

D) Motor de arranque



3. Funcionamiento básico para motor Otto y motor Diesel



- A) Motores de encendido por chispa.
- B) Motores de encendido por compresión.
- C) Detonación y autoencendido

A) Motores de encendido por chispa.

La mezcla se enciende por la chispa eléctrica y se quema en el proceso de propagación de la llama turbulenta.

Existen tres fases:

- Fase Inicial:

Desde que salta la chispa en la bujía hasta el punto donde empieza el incremento brusco de la presión.

En las zonas de altas temperaturas entre los electrodos de la bujía surge un pequeño foco de combustión que se convierte en un frente de llama turbulenta, siendo el porcentaje de la mezcla que se quema muy bajo. La velocidad de llama es relativamente baja y solo depende de las propiedades físico-químicas de la mezcla.

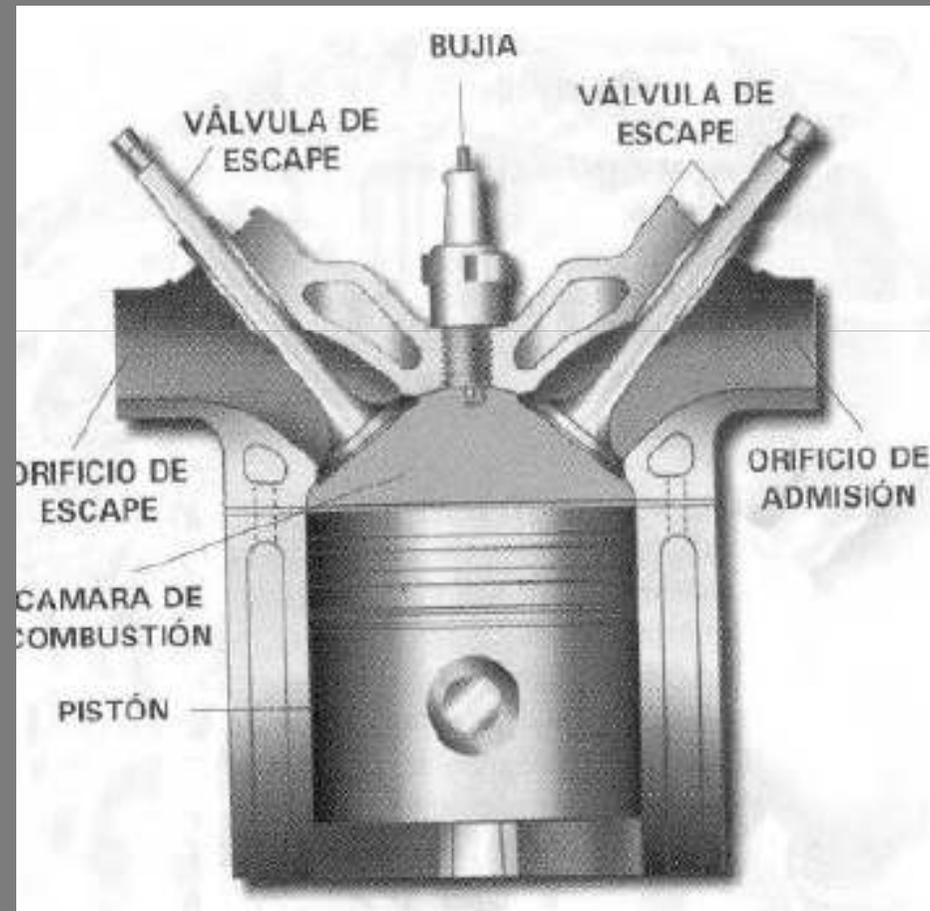
- Fase Principal:

La llama turbulenta se propaga por toda la cámara de combustión, cuyo volumen casi es constante y el pistón se encuentra cerca del punto muerto superior (PMS). La velocidad de propagación depende de la intensidad de la turbulencia lo que es a su vez directamente proporcional a la frecuencia de rotación del cigüeñal. Cuando el frente de la llama llega a las paredes, como hay menos turbulencia, la velocidad disminuye.

- Fase de combustión residual:

Se quema la mezcla detrás del frente de llama. La presión ya no crece por que ya se produce la carrera de expansión y hay transmisión de calor a las paredes. La velocidad de la combustión en las paredes y detrás del frente de la llama es lenta y depende de las propiedades físico-químicas de la mezcla. Para aumentar esta velocidad hay que crear turbulencia en las zonas de combustión residual.

A) Motores de encendido por chispa.



B) Motores de encendido por compresión.

Se distinguen claramente tres fases de encendido.

Fase 1-2: Retardo de encendido (el combustible se calienta pero el calor producido no es suficiente para aumentar la presión).

Fase 2-3: La presión se eleva fuertemente (debido a la rápida combustión del combustible inyectado).

Fase 3-4: Combustión lenta del combustible todavía no quemado. Aunque con estas tres fases concluye el proceso de encendido, el rendimiento, máximo no puede alcanzarse debido a que el aire y el combustible no se mezclan totalmente.

B) Motores de encendido por compresión.

Según el tipo de cámara de combustión los motores Diesel pueden clasificarse como sigue:

- a) Con cámara de inyección directa.
- b) Con cámara arremolinadora.
- c) Con cámara de combustión con depósito de aire.
- d) Con antecámara de combustión.

C) Detonación y autoencendido

Detonación en el encendido mediante chispa:

La detonación es la repercusión contra las paredes de la cámara de ondas de choque que se forman en los gases; lo que hace que haya vibraciones de presión al final de la combustión que se va amortiguando. Externamente se siente como un golpeteo metálico.

Cuando la detonación es pequeña el golpeteo no surge en cada ciclo, en cambio cuando la detonación es intensa, la frecuencia de golpeteo es grande (mayor a 5000

Hz), surge en cada ciclo, la potencia del motor disminuye y se expulsan humos negros.

C) Detonación y autoencendido

Autoencendido en encendido mediante chispa:

Autoencendido prematuro: se produce cuando las piezas de la cámara de combustión se encuentran muy calientes provocando que la mezcla se encienda antes que haya saltado la chispa de la bujía; manifestándose en forma de golpes secos.

Para evitar el autoencendido prematuro se deben utilizar bujías con gran resistencia al recalentamiento “grado térmico”.

Autoencendido por compresión estando el sistema de encendido desconectado.

Debido a elevadas relaciones de compresión se alcanzan presión y temperaturas suficientes para el encendido de la mezcla a bajas r.p.m. del motor (300 a 400). Para que no exista ese autoencendido, además de desconectar el sistema de ignición, se debe cortar el suministro de combustible.

C) Detonación y autoencendido

Autoencendido en encendido por compresión:

Se da al producirse la “detonación” o combustión espontánea de la mezcla que queda en la cámara. Esto repercute en el sistema de refrigeración, ya que este no puede eliminar todo el calor producido, lo que causa calentamientos excesivos.