

MT.3.4.2-102/99 Edición 01

# ELECTRICIDAD AUTOMOTRIZ

Mecánico Automotriz Gasolina



**8**  
Módulo

I N D U S T R I A

Instituto Técnico de Capacitación y Productividad





Este manual ha sido reimpresso íntegramente, según versión original, a excepción de la portada y contraportada, para uso transitorio.

El contenido técnico está sujeto a futura revisión y actualización por el departamento sectorial responsable, en División Técnica del INTECAP.

Cualquier sugerencia de mejora al material o información adicional, puede enviarse o solicitarse al Departamento de Tecnología de la Formación o al Departamento Sectorial correspondiente, de la División Técnica al teléfono: 2331-0117 ext. 626, 631 y 647 o a: [divisiontecnica@intecap.org.gt](mailto:divisiontecnica@intecap.org.gt)

# 8

## Módulo

# ELECTRICIDAD

# AUTOMOTRIZ

## Mecánico Automotriz Gasolina



**COPYRIGHT**  
**Instituto Técnico de Capacitación y Productividad**  
**-INTECAP- 1999**

Esta publicación goza de la protección de los derechos de propiedad intelectual en virtud de la Convención Universal sobre Derechos de Autor. Las solicitudes de autorización para la reproducción, traducción o adaptación parcial o total de su contenido, deben dirigirse al Instituto Técnico de Capacitación y Productividad INTECAP de Guatemala. El Instituto dictamina favorablemente dichas solicitudes en beneficio de la Formación Profesional de los interesados. Extractos breves de esta publicación pueden reproducirse sin autorización, a condición de que se mencione la fuente.

---

**MÓDULO No. 8**  
**ELECTRICIDAD AUTOMOTRIZ**  
**Código: MT.3.4.2-102/99**  
**Edición 01**

---

Las denominaciones empleadas en las publicaciones del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, y la forma en que aparecen presentados los datos, contenidos y gráficas, no implican juicio alguno por parte del INTECAP ni de sus autoridades. La responsabilidad de las opiniones en los artículos, estudios y otras colaboraciones, incumbe exclusivamente a sus autores.

La serie es resultado del trabajo en equipo del Departamento de Industria de la División Técnica, con el asesoramiento metodológico del Departamento de Tecnología de la Formación bajo la dirección de la jefatura de División Técnica.

Las publicaciones del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, así como el catálogo lista y precios de los mismos, pueden obtenerse solicitando a la siguiente dirección:

**Instituto Técnico de Capacitación y Productividad**  
**División Técnica - Departamento de Industria**  
**Calle del Estadio Mateo Flores, 7-51 zona 5. Guatemala, Ciudad.**  
**Tel. PBX. 2331-0117 Ext. 647, 644**  
[www.intecap.org.gt](http://www.intecap.org.gt)      [divisiontecnica@intecap.org.gt](mailto:divisiontecnica@intecap.org.gt)



# INDICE

## UNIDAD I

Principios básicos de electricidad.....	1
Corriente, voltaje y resistencia.....	4
Circuitos eléctricos básicos.....	6
Conductores de cobre.....	11
Conductores eléctricos.....	13
Semiconductores.....	17
Transistores.....	23
Aislantes eléctricos.....	26
Fundamentos electrónicos.....	30
Aplicación de empalmes.....	32
Soldaduras con estaño.....	37
Soldador eléctrico.....	38
Precauciones de quemaduras con soldador o soplete.....	39

## UNIDAD II

Instrumentos y aparatos de medida.....	41
Voltímetros.....	41
Amperímetros.....	42
Ohmetros.....	43

## UNIDAD III

El magnetismo.....	47
Constitución de imanes.....	49
Electromagnetismo.....	50
Funcionamiento de los electroimanes.....	54
Circuitos de carga.....	66
El dínamo.....	68
Reguladores para el dínamo.....	75

## UNIDAD IV

Generadores de corriente trifásica.....	81
Constitución.....	81
Funcionamiento del alternador.....	82
Construcción del alternador.....	96



Reguladores para alternador.....	100
Baterías.....	106
Construcción de la batería.....	107
Funcionamiento de la batería.....	109
Tipos de baterías.....	114

## **UNIDAD V**

Circuitos de arranque.....	119
Motor de arranque.....	121
Mecanismos de arranque.....	125

## **UNIDAD VI**

Instalaciones de encendido por bobina y ruptor mecánico.....	139
Bobina de encendido.....	139
Condensador de encendido.....	140
Distribuidor de encendido.....	141
Ruptor.....	141
Dispositivos.....	141
Bujías de encendido.....	146
El encendido transistorizado.....	163
Encendido electrónico con bobina captadora.....	164
Encendido electrónico con efecto Hall.....	172
Encendido por descarga capacitiva (CDI).....	175
Encendido electrónico de sensor óptico.....	176
Sistemas de encendido sin distribuidor (DIS).....	179

## **UNIDAD VII**

Indicadores eléctricos.....	189
Interruptores usados en el automóvil.....	190
Denominaciones de bornes.....	195
Reguladores-relevadores, intermitentes (flasher's)...	198



## **UNIDAD VIII**

Sistema de alumbrado.....	201
Sistema de alumbrado externo e interno.....	203
Alineamiento de luces.....	207
Pantallas para alinear luces.....	209

## **UNIDAD IX**

Instalaciones de señalización.....	210
------------------------------------	-----

## **UNIDAD X**

Bocinas .....	213
Circuito de bocinas (excitado por el polo vivo).....	214
Circuito de bocinas (excitado por masa).....	215
Instalaciones de señales acústicas.....	215

## **UNIDAD XI**

Sistema de limpiaparabrisas.....	216
Instalación de limpiaparabrisas.....	218

## **UNIDAD XII**

Sistema de ventilador eléctrico.....	219
Sistema de precalentamiento en motores diesel.....	219
Instalación de precalentamiento con bujías incandescentes.....	221

Definición de términos y símbolos.....	225
Bibliografía.....	237



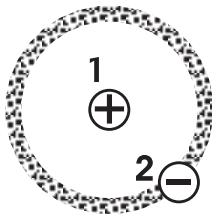


# UNIDAD I

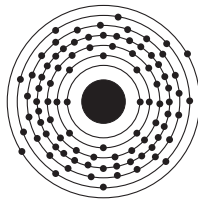
## PRINCIPIOS BASICOS DE ELECTRICIDAD

### NATURALEZA DE LA ELECTRICIDAD

La electricidad es el flujo de electrones de un átomo a otro en el seno de un conductor.



Atomo de hidrógeno  
1. Protón



Atomo de uranio  
2. Electrón

Fig. 1. Toda la materia está formada por átomos.

Para comprender esto tenemos que conocer el **átomo** (Fig. 1). Todos los átomos tienen partículas llamadas **electrones** que giran en órbitas alrededor de un **núcleo de protones**.

El más simple de todos los átomos es el del hidrógeno. Como puede verse por la figura, consta de un sólo electrón en órbita alrededor del núcleo formado por un protón.

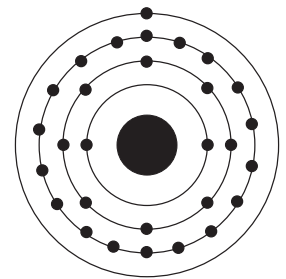
Uno de los átomos más complejos es el del uranio. Contiene 92 electrones en órbita alrededor de un núcleo formado por 92 protones.

Cada elemento tiene una estructura atómica propia, pero los átomos de cualquier elemento tienen el mismo número de protones que de electrones.

El elemento cobre se emplea mucho en los sistemas eléctricos porque es un buen conductor de la electricidad.

La razón de que sea un buen conductor la explica la figura 2.

El átomo de cobre contiene 29 protones y 29 electrones. Los electrones están distribuidos en cuatro capas o anillos separados.



Atomo de cobre  
Fig. 2. Estructura del átomo de cobre

Obsérvese que el anillo más exterior no contiene más que un electrón. Este es el secreto de la buena conductividad del cobre para la electricidad.

Por regla general, todos los elementos que tienen menos de cuatro electrones en sus anillos exteriores, son buenos **conductores**.

Los elementos que tienen más de cuatro electrones en sus anillos exteriores son malos conductores y se llaman **aislantes**.

Cuanto menos electrones tiene el anillo exterior, más fáciles son de arrancar de su órbita por la aplicación de un voltaje que hace circular la corriente al pasar los electrones de un átomo a otro.



## EN RESUMEN

- Los átomos tienen electrones en órbita alrededor de un núcleo de protones.
- Cada átomo contiene el mismo número de electrones que de protones.
- Los electrones se disponen en capas o anillos, girando en una órbita alrededor del núcleo.
- Los átomos que tienen menos de cuatro electrones en sus anillos más externos son buenos conductores de la electricidad, como el cobre.

## ¿QUE ES LA ELECTRICIDAD?

Ya hemos visto que los átomos se componen de unas partículas llamadas protones y electrones.

Estas partículas tienen un potencial o carga:

- **Protones = carga positiva (+)**
- **Electrones = carga negativa (-)**

Los protones del núcleo atraen a los electrones y los mantienen en órbita. Por ser la carga positiva de los protones igual a la carga negativa de los electrones, el átomo es eléctricamente **neutro**.

Sin embargo, este equilibrio se puede alterar. Si se arrancan electrones del átomo, este adquiere carga positiva (+) mientras que los electrones separados del

núcleo constituyen una carga negativa (-); tendremos, por lo tanto que:

- Átomos con carga negativa (-) = exceso de electrones.
- Átomos con carga positiva (+) = falta de electrones.

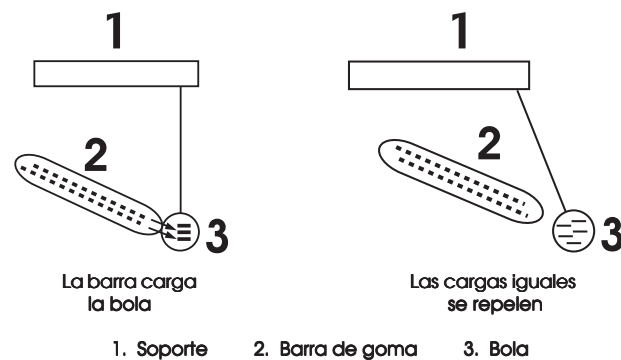


Fig. 3 Las cargas iguales se repelen.

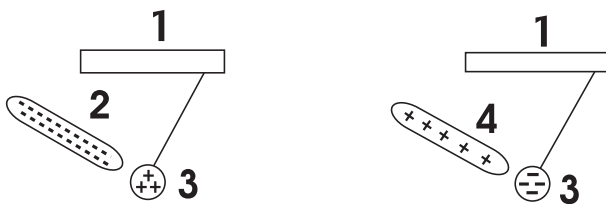
Veamos por medio de un experimento como se transfieren los electrones (Fig. 3).

Frotando una barra de goma dura con lana, los electrones se separan de la lana y se amontonan sobre la barra. La lana pierde así electrones y adquiere una carga positiva (+). A la barra de goma le sobran electrones, por lo que adquiere una carga negativa (-)

Toquemos ahora con la barra de goma dura una bolita de médula de saúco, y retiremos la barra (Fig. 3). Al tocar la bolita se han quedado en ella algunos de los electrones de más que tenía la barra. La bolita adquiere una carga negativa (-), mientras la barra sigue teniendo también una parte de su carga negativa (-).



Al acercar de nuevo la barra a la bolita, ésta es repelida, tal como puede verse en la figura. Vemos así que las **cargas iguales se repelen**. En este experimento ambas cargas son negativas. Si fueran positivas, se produciría el mismo fenómeno. ¿Qué ocurrirá si acercamos una barra con carga negativa (-) a una bola con carga positiva (+)?



1. Soporte  
2. Barra de goma dura

3. Bola  
4. Barra de vidrio

Fig. 4. Las cargas contrarias se atraen.

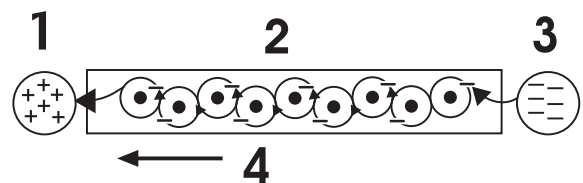
En la figura 4 puede verse que la bola es atraída por la barra. (De la misma manera, una barra con carga positiva atraería a una bola con carga negativa). Veamos ahora que las **cargas de signo contrario se atraen**.

## RESUMEN

- *Los electrones se pueden separar de los átomos en algunos materiales.*
- *Para separar los electrones de sus átomos se necesita una fuerza, que puede ser el frotamiento.*
- *Las cargas del mismo signo se repelen mientras que las de signo contrario se atraen.*

Veamos ahora lo que pasa en un conductor, como puede ser un hilo de cobre, cuando se aplica una carga negativa a un extremo y una carga positiva al extremo opuesto (Fig. 5).

El hilo de cobre contiene miles de millones de átomos con sus electrones. En la figura hemos representado algunos átomos con el electrón único más exterior.



1 Carga positiva  
2 Hilo de cobre

3 Carga negativa  
4 Flujo de electrones

Fig. 5. Flujo de electrones en un conductor.

Lo que ocurre es que el electrón del extremo (+) es atraído por la carga positiva, con lo que abandona su átomo que, a su vez, se hace positivo por haber perdido electrones. Este átomo atrae ahora un electrón del átomo vecino, repitiéndose el proceso de un extremo a otro del hilo.

De esta forma se origina un flujo de electrones a través del hilo de cobre que va del extremo negativo (-) al extremo positivo (+).

Este flujo o corriente de electrones continúa mientras se mantienen la carga positiva y negativa aplicadas a los extremos del hilo, (las cargas de signo contrario se atraen).

Este es ya un fenómeno dinámico de la electricidad que nos permite definirla diciendo que, **es el flujo de electrones de un átomo a otro dentro de un conductor**.



# CORRIENTE, VOLTAJE Y RESISTENCIA

En todo circuito eléctrico intervienen tres factores básicos:

- corriente
- voltaje
- resistencia

Estos términos son esenciales para comprender la electricidad, como vamos a ver a continuación.

## CORRIENTE

El flujo de electrones a través de un conductor se llama **corriente** y se mide en amperios.

Un amperio es una corriente eléctrica de 6.28 billones de billones de electrones que atraviesan un punto determinado de un conductor en un segundo (Fig. 6).

Por lo tanto, la corriente es la intensidad del flujo de electrones y se mide en amperios o electrones por segundo.

La intensidad se puede comparar, con el flujo de aceite por una tubería, que se mide en galones por minuto.

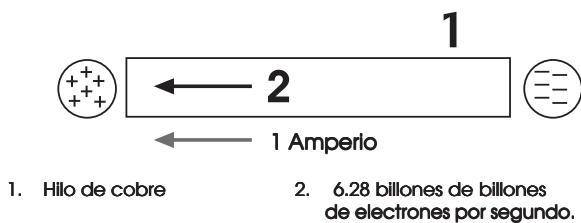


Fig. 6. Medida de la intensidad de la corriente.

## VOLTAJE

El voltaje es la fuerza que origina el flujo de la corriente a través de un conductor. Es la diferencia entre las cargas de signo contrario aplicadas a los extremos opuestos del conductor.

El voltaje se puede generar por un proceso electroquímico, como en el caso de una batería de acumuladores, o por medio de una fuerza mecánica, como en el caso de un dínamo. El voltaje es una fuerza potencial que puede existir aunque no circule ninguna corriente por el circuito.

Un acumulador, por ejemplo, puede tener un potencial de 12 voltios entre el más y el menos, existiendo este potencial aunque no se esté consumiendo corriente del acumulador.

Por lo tanto, puede haber voltaje sin corriente, pero no puede haber corriente eléctrica sin esa fuerza que llamamos voltaje.



Fig. 7. Voltaje

El voltaje aparece siempre que hay dos puntos de los que uno tiene una carga positiva, mientras el otro la tiene negativa (Fig. 7).

Cuanto mayores sean las cargas, de signo contrario, tanto mayor será el voltaje (en otras palabras, cuantos más electrones falten en el lado positivo, y más electrones sobren en el lado negativo).

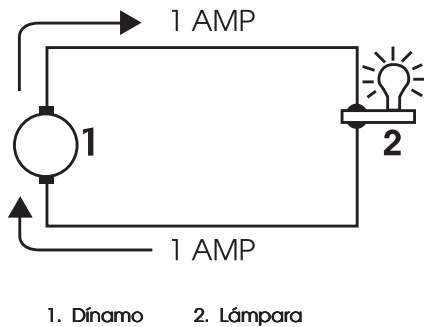


Fig. 8. El dínamo bombea electrones.

El acumulador o el dínamo pueden considerarse como una bomba de electrones (Fig. 8). El dínamo ilustrado en la figura mantiene un flujo constante de electrones a través de la lámpara. La misma cantidad de electrones que salen por un extremo del dínamo, retornan a ella por el otro extremo del circuito. Es decir, si la corriente eléctrica es de un amperio a la salida del dínamo, también es de un amperio a la entrada de la misma.

## FENOMENOS ELECTRICOS NATURALES

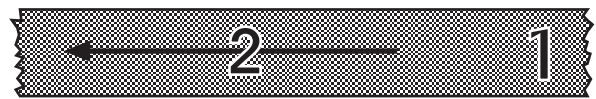
El hombre regula el voltaje y la corriente en las aplicaciones prácticas de la electricidad. En cambio, la naturaleza hace de vez en cuando espectaculares alardes, descargando enormes potenciales con grandes intensidades en las tormentas eléctricas (Fig. 9).

El voltaje entre la tierra y una nube de tormenta puede ser de más de un millón de voltios antes de que salte la chispa. Estas tremendas descargas de energía pueden ocasionar grandes daños.



Fig. 9 Descarga de una tormenta eléctrica.

## RESISTENCIA



1. Hilo de cobre    2. Corriente

La resistencia ofrecida al paso de la corriente, origina calor

Fig. 10 Resistencia ofrecida al flujo de la corriente por un conductor.

Todos los conductores ofrecen mayor o menor **resistencia** al paso de la corriente. Esta resistencia es debida a las siguientes causas:

1. A que cada átomo opone resistencia a que le arranquen un electrón, por ser este atraído por el núcleo.
2. A que se producen incontables choques entre los electrones y los átomos al atravesar aquellos el conductor.

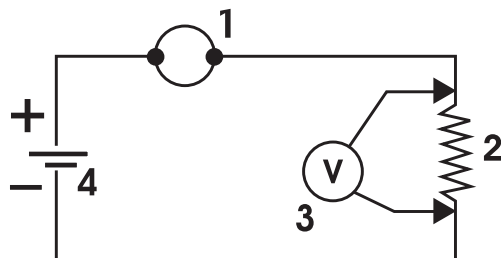


Estos choques se traducen en resistencia y hacen que se caliente el conductor.

La unidad básica de resistencia es el ohmio. Un ohmio es la resistencia que deja pasar un amperio cuando se aplica un potencial de un voltio.

Esta es precisamente la ley de **Ohm**. (Véase más adelante en esta misma unidad.) La resistencia se indica por la letra omega ( $\Omega$ ) del alfabeto griego; por lo tanto,  $5 \Omega$  quiere decir: cinco ohmios.

## CIRCUITOS ELECTRICOS BASICOS



1. Amperímetro      3. Voltímetro  
 2. Resistencia    4. Batería

Fig. 11. Circuito eléctrico básico.

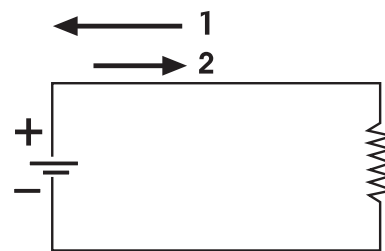
Un circuito eléctrico básico consta de tres partes:

- Una fuente de tensión, que puede ser una batería.
- Una resistencia de carga, que puede ser una lámpara.
- Unos conductores que conectan entre sí estos elementos, que pueden ser hilos de cobre.

Los instrumentos de medida, fundamentales para conocer las características, de un circuito eléctrico son: el **amperímetro** que mide la intensidad de la corriente, y el **voltímetro** que mide el voltaje entre dos puntos cualesquiera del mismo. (En la unidad 2 se estudian con más detalle los instrumentos de medida).

El flujo de la corriente eléctrica a través de un circuito se puede describir de dos maneras distintas:

- En la teoría convencional se considera que la corriente va desde el polo positivo de la fuente, a través del circuito, hasta el polo negativo de la fuente.
- En la teoría de los electrones se considera que el flujo va desde el polo negativo de la fuente, a través del circuito hasta el polo positivo de la fuente.



1. Teoría de los electrones  
 2. Teoría convencional

Fig. 12. Dos teorías para representar el flujo de la corriente en un circuito eléctrico.

Ambas formas de representar el flujo de la corriente son válidas, por lo que en este manual adoptaremos, la **teoría convencional**, que es la que corrientemente se emplea (+ a -).



## MEDIDA DE LA CORRIENTE, EL VOLTAJE Y LA RESISTENCIA (LEY DE OHM)

La ley de Ohm se emplea para calcular la corriente (I), el voltaje (E) o la resistencia (R) en un circuito.

$$I = \frac{E}{R}$$

Amperios =  $\frac{\text{Voltios}}{\text{Ohmios}}$

$$E = IR$$

Voltios = Amperios x Ohmios

$$R = \frac{E}{I}$$

Ohmios =  $\frac{\text{Voltios}}{\text{Amperios}}$

Fig. 13. Las tres fórmulas de la ley Ohm.

La ley de Ohm se puede expresar de tres formas diferentes (Fig. 13). Basta conocer dos cantidades cualesquiera para hallar la tercera.

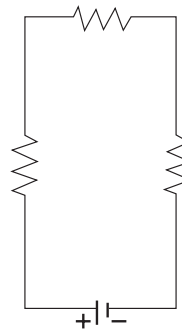
Emplearemos estas fórmulas en los tres tipos de circuitos eléctricos que describimos a continuación.

## TRES TIPOS DE CIRCUITOS ELECTRICOS

Estos tres tipos de circuitos eléctricos son los siguientes:

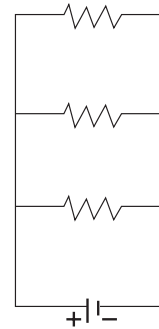
- Circuitos en serie
- Circuitos en paralelo
- Circuitos en serie-paralelo

En la figura 14, que se presenta a continuación, se han dibujado estos tres tipos de circuitos.



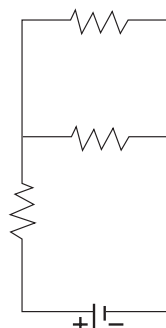
**Serie**

En la conexión en serie de varias resistencias, la corriente no puede seguir más que un solo camino.



**Paralelo**

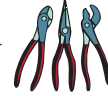
En la conexión en paralelo de ambas resistencias, la corriente sigue varios caminos constituidos por las resistencias en paralelo.



**Serie - paralelo**

En la conexión serie-paralelo unas resistencias van en serie y otras en paralelo.

Fig. 14. Tres tipos de circuitos eléctricos.



## CIRCUITOS EN SERIE

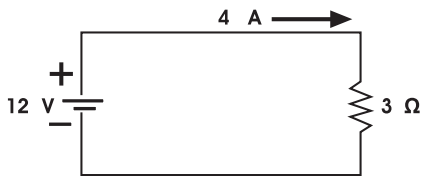


Fig. 15. Circuito en serie fundamental.

En el circuito en serie de la figura 15 se ha conectado una resistencia de tres ohmios a una batería de 12 voltios.

Para hallar la corriente que atraviesa la resistencia, se utiliza la fórmula de la ley de Ohm que dice:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{12}{3} = 4A$$

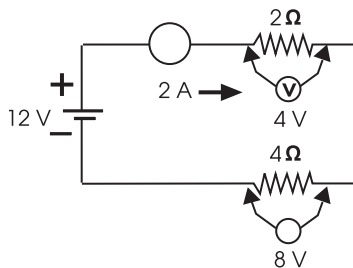


Fig. 16. Circuito en serie con dos resistencias.

En la figura 16 puede verse otro circuito en serie. En él se han conectado con la batería de 12 voltios una resistencia de 2 ohmios y otra de 4 ohmios, con lo que la resistencia total es de  $4 + 2 = 6$ . Por la ley de Ohm la corriente será  $I = \frac{E}{R} = \frac{12}{6} = 2$  amperios

$$R = 6$$

El voltaje que aparece entre los extremos de la resistencia de 2 ohmios se puede calcular por la ley de Ohm que dice  $E = IR = 2 \times 2 = 4$  voltios.

Y para la resistencia de 4 ohmios:  $E = 2 \times 4 = 8$  voltios.

Estas tensiones son la **caídas de voltaje** que se producen por el paso de la corriente a través de la resistencia, debiendo ser la suma de las caídas de voltaje en todas las resistencias del circuito, igual al voltaje de la fuente; en el ejemplo citado es de  $4 + 8 = 12$  voltios.

Como se ha indicado en la figura 16, el amperímetro intercalado en el circuito indicará el paso de una corriente de dos amperios, mientras que el voltímetro conectado a la resistencia de dos ohmios dará una lectura de 4 voltios y conectado a la resistencia de 4 ohmios, una lectura de 8 voltios.

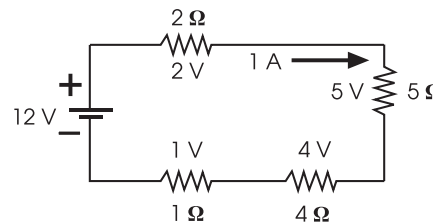


Fig. 17. Circuito con 4 resistencias en serie.

En la figura 17 se ha representado un circuito con 4 resistencias en serie. La resistencia total del circuito es de 12 ohmios y la corriente de 1 amperio, siendo las caídas de voltaje a través de las resistencias del circuito las que se han indicado en el esquema.



Resumiendo, los circuitos en serie se distinguen por las siguientes características:

1. Todas las resistencias del circuito son atravesadas por la misma intensidad de corriente.
2. La caída de tensión a través de cada resistencia varía de acuerdo con la resistencia.
3. La suma de todas las caídas de tensión es igual a la tensión de la fuente de alimentación.

## CIRCUITOS EN PARALELO

En los **circuitos con resistencias en paralelo**, la caída de tensión a través de cada una de ellas es igual al potencial de la fuente de alimentación. De aquí resulta lo siguiente:

1. El voltaje a través de todas las resistencias es el mismo.
2. La corriente que atraviesa cada resistencia depende de su valor.
3. La suma de todas las corrientes es la corriente total del circuito.

En el circuito de la figura 18 se han conectado en paralelo con la batería de 12 voltios, una resistencia de 6 ohmios y otra de 3 ohmios.

La corriente que atraviesa cada resistencia o rama del circuito se puede calcular por la ley de Ohm.

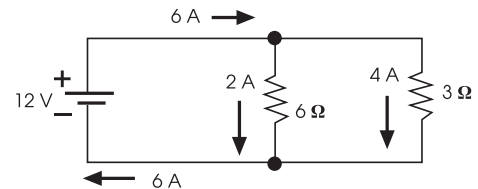


Fig. 18. Circuito con 2 resistencias en paralelo.

Para la resistencia de 6 ohmios será:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{12}{6} = 2 \text{ amperios.}$$

Para la resistencia de 3 ohmios,  $I = \frac{12}{3} = 4 \text{ amperios}$

La corriente total entregada por la batería será:

$$2 + 4 = 6 \text{ amperios.}$$

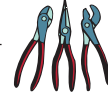
La **resistencia compuesta** del circuito será de 2 ohmios, ya que  $R = \frac{E}{I} = \frac{12}{6} = 2 \text{ ohmios.}$

La resistencia compuesta de 2 resistencias conectadas en paralelo es igual al producto dividido por la suma.

En el caso presente  $\frac{6 \times 3}{6 + 3} = \frac{18}{9} = 2 \text{ ohmios}$

## CIRCUITOS EN SERIE-PARALELO

En la figura 19 se ha representado un circuito con resistencias en serie y en paralelo. Como puede verse, la resistencia de 2 ohmios está en serie con una combinación de 2 resistencias en paralelo (las de 3 y 6 ohmios).



La corriente total que recorre este circuito es igual al voltaje dividido por la resistencia total. Esta resistencia se calcula del modo siguiente: la de las 2 resistencias en paralelo es de 2 ohmios, de acuerdo con la fórmula la que acabamos de explicar:

$$\frac{(6 \times 3) = 2}{6 + 3}$$

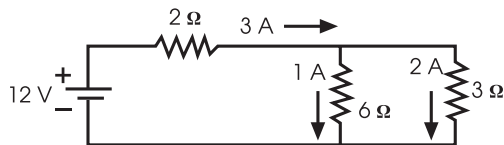


Fig. 19. Circuito con resistencias en serie-paralelo.

Estos dos ohmios de resistencia se han de sumar con los dos ohmios de la otra resistencia, por estar en serie. La resistencia total del circuito resulta ser así de 4 ohmios, con lo que la corriente total será igual a:

$$I = \frac{12}{4} = 3 \text{ amperios.}$$

La caída de tensión en la resistencia más próxima a la batería será:  $E = IR = 3 \times 2 = 6$  voltios, quedando otros 6 voltios para las 2 resistencias de 3 y 6 ohmios puestas en paralelo.

La corriente que pasa por la resistencia de 6 ohmios es:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{6}{6} = 1 \text{ amperio}$$

y la que pasa por la resistencia de 3 ohmios es:

$$I = \frac{6}{3} = 2 \text{ amperios}$$

La corriente total será igual a la suma de estas 2 corrientes o sea,  $1 + 2 = 3$  amperios.

## DISTRIBUCION DE LA CORRIENTE EN LOS CIRCUITOS EN SERIE Y EN PARALELO

Por la ley de Ohm sabemos como se relacionan el voltaje, la corriente y la resistencia de un circuito eléctrico. Vamos a hacer ahora una aplicación de la ley de Ohm a unos circuitos en serie y en paralelo con resistencias de valor conocido.

Cada uno de los circuitos representados en la figura 20 consta de 3 resistencias de 4 ohmios. ¿Cuál es la corriente total en cada uno de ellos?

En el circuito en **serie** la corriente tiene que atravesarlas todas, por lo que la resistencia total será de 12 ohmios. La corriente será igual al voltaje dividido por los ohmios, o sea:  $\frac{12}{12} = 1$  amperio.

En el circuito en **paralelo**, la corriente se reparte entre las 3, a todas las cuales se aplica el mismo voltaje. Como la corriente que atraviesa una de esas resistencias es igual a los voltios divididos por los ohmios, es decir  $\frac{12}{4} = 3$

la corriente total que atraviesa el circuito será de  $3 \text{ (amps.)} \times 3 \text{ (resistencias)} = 9$  amperios.

Por último, en el circuito con resistencias en serie y en paralelo, la resistencia total será de 4 ohmios, más la resistencia de las 2 resistencias puestas en paralelo  $(\frac{4 \times 4}{4+4} = 2)$  ohmios, o sea  $4 + 2 = 6$  ohmios.

La corriente será el voltaje dividido por los ohmios, o sea  $\frac{12}{6} = 2$  amperios.

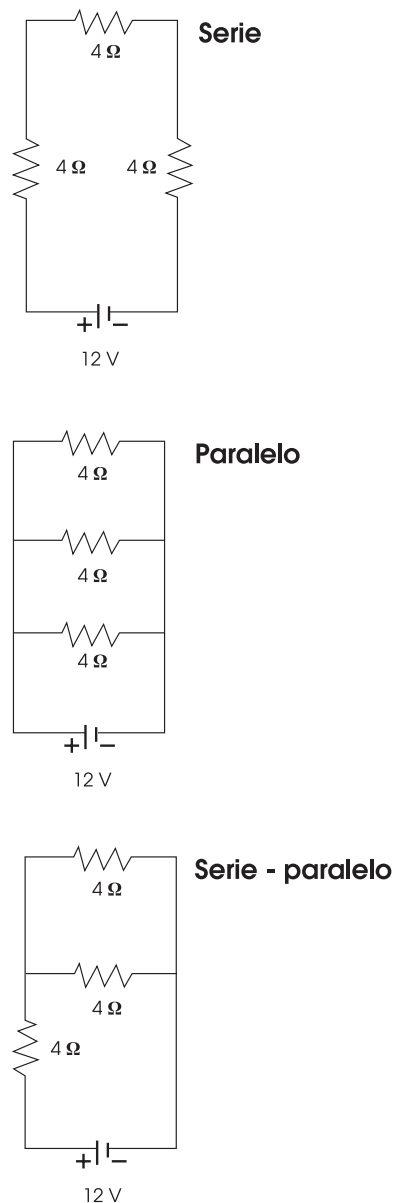


Fig. 20. Distribución de la corriente en circuitos en serie y en paralelo.

¿Qué consecuencias prácticas se deducen de estos hechos?

- Circuito en serie = alta resistencia
- Circuito en paralelo = baja resistencia
- Circuito en serie-paralelo = resistencia media

## CONDUCTORES DE COBRE

Ya hemos visto que los materiales que tienen menos de 4 electrones en el anillo exterior de sus átomos, son buenos **conductores de la electricidad**.

La razón es que estos electrones exteriores son fáciles de arrancar de sus órbitas aplicando una tensión para originar una corriente eléctrica.

Casi todos los metales son buenos conductores de la electricidad. Uno de los más empleados es el cobre, del que vamos a ocuparnos ahora.

Todos los conductores ofrecen cierta resistencia al paso de la corriente. Por eso es preciso elegir el hilo de cobre que tenga la resistencia compatible con las necesidades del circuito.

En la figura 21 se ha representado un circuito con dos bombillas de faro conectadas a una batería de 12 voltios por medio de 2 hilos de cobre, cada uno de los cuales tiene una resistencia de 0.1 ohmio. Si la resistencia de cada lámpara es de 2 ohmios, al estar conectadas en paralelo ofrecerán una resistencia de  $\frac{2 \times 2}{2 + 2} = 1$  ohmio.

La resistencia total del circuito será igual al  $1 + 0,1 + 0,1$  ohmios, y la corriente será  $I = \frac{E}{R} = \frac{12}{1,2} = 10$  amperios

La caída de tensión en cada hilo es:

$E = IR = 10 \times 0,1 = 1$  voltio, o sea: 2 voltios para los 2 hilos.

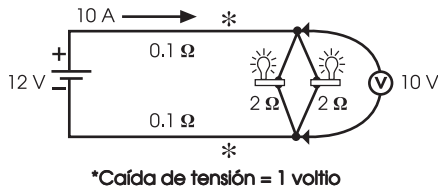


Fig. 21. Resistencia de los conductores (hilo de cobre).

El voltaje disponible para las lámparas, que son la carga en este caso, es de 10 voltios, ya que sumándole las caídas de tensión en los conductores ha de dar los 12 voltios de la batería.

Dicho en otras palabras, los hilos de cobre le “roban” a las lámparas 2 voltios. Este ejemplo sirve para demostrar el efecto de la resistencia de los conductores en el funcionamiento de un circuito eléctrico.

La resistencia del cableado de cualquier circuito tiene que ser lo más posible, de acuerdo con la corriente que tenga que atravesarlo.

La resistencia de un hilo de cobre depende:

1. de la longitud del hilo.
2. de la sección del hilo.
3. de la temperatura del hilo.

$$R \Omega$$

$$2 \times R \Omega$$

La resistencia es proporcional a la longitud

Fig. 22. A mayor longitud, mayor resistencia.

Doblando la longitud de un hilo se dobla su resistencia (Fig. 22). Es decir cuanto más largo es un hilo, mayor es su resistencia.

Reduciendo a la mitad la sección de un hilo, se dobla su resistencia (Fig. 23). Es decir, cuanto más fino el hilo, mayor resistencia y cuanto más grueso, menos resistencia tendrá.

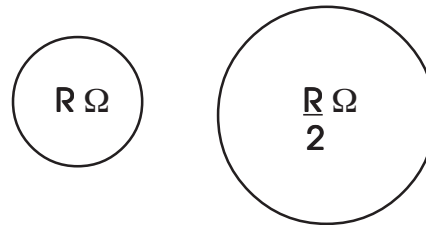


Fig. 23. El hilo de menos sección tiene más resistencia.

En la práctica se utiliza siempre el hilo de menor sección que no cause una caída de tensión excesiva. Se hace así por razones de economía.

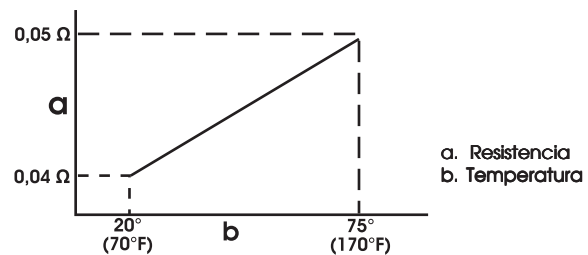


Fig. 24. Cuanto más se calienta el hilo, mayor es su resistencia

En el ejemplo de la figura 24 se ha tomado un hilo de cobre de 3 metros de largo que tiene una resistencia de 0,04 ohmios a 20°C.

A 75°C su resistencia es de 0,05 ohmios, lo que equivale a un aumento del 25 por ciento.



El aumento de la resistencia del cableado por el calentamiento normal puede afectar al funcionamiento de los equipos eléctricos. Esta es la razón de que tenga tanta importancia la sección del hilo que se elija para hacer las conexiones.

Todo hilo atravesado por una corriente se calienta por la resistencia que ofrece a su paso. Si el hilo se calienta demasiado, puede quemarse el aislamiento.

## EN RESUMEN

- *Cuanto más **largo** el hilo, mayor es la resistencia.*
- *Cuanto más **fino** es el hilo, mayor resistencia tiene.*
- *Cuanto más se **calienta** el hilo, mayor resistencia ofrece.*

## CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Se denominan conductores eléctricos, aquellos materiales que permiten el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica en sus dos extremos una diferencia potencial; virtualmente todas las sustancias que en estado sólido o líquido poseen conductibilidad eléctrica en un cierto grado, son sustancias conductoras.

Los metales son los mejores conductores, mientras que los óxidos, las sales minerales y las fibras son relativamente malos conductores de la electricidad.

Algunos otros materiales como la seda, el papel, el vidrio, la goma y los aceites minerales poseen tan pequeña cualidad de conducir electricidad que se les puede llamar no conductores, es decir, aislantes eléctricos o dieléctricos.

Para tener un concepto práctico de “**conductor**”, podremos decir que, conductor es un alambre o grupo de alambres, sea éste sólido, redondo, cuadrado o tubular, cuyo objeto es el de conducir una corriente eléctrica.

Un conductor debe tener sección uniforme y el material que lo constituya debe ser homogéneo, debiendo tener el mismo peso por metro lineal, así como también su resistencia, dureza e inductancia deberán ser uniformes en toda su longitud. Figuras 25, 26, y 27.



Fig. 25

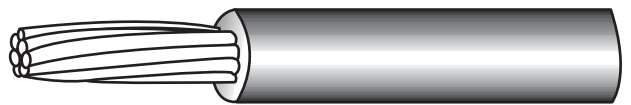


Fig. 26. Alambres y cables para intemperie.

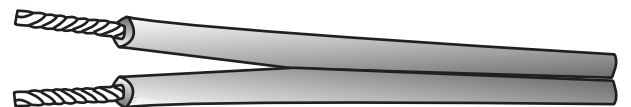
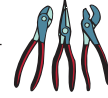


Fig. 27. Cordones flexibles tipo SPT (POT).



## PROPIEDADES DE LOS CONDUCTORES

Los conductores eléctricos que forman parte de los circuitos eléctricos, presentan cuatro propiedades o cualidades esenciales:

- a) Resistencia eléctrica
- b) Inductancia eléctrica
- c) Capacidad eléctrica
- d) Pérdidas eléctricas

## AISLANTES ELECTRICOS

Los materiales conocidos como no-conductores eléctricos, los dieléctricos o aisladores, son aquellos en los cuales los electrones no se desprenden fácilmente, aún aplicando una diferencia de potencial, es decir, una presión eléctrica elevada.

No existe una diferencia absoluta entre los conductores y los aislantes, porque en varios casos un aislante puede hacer las veces de conductor en pequeño grado. En general, se podría decir que la escala varía entre los límites, buen conductor y buen aislante, y solamente es cuestión de grado.

### Por ejemplo:

Cobre electrolítico	conductibilidad	102 %
Ferro níquel	"	2 %
Mica	"	0 %
Mica	resistibilidad	84000000 Mghms. Cm.
Ebonita	"	28000000 Mghms. Cm.
Aire seco	"	Infinita Mghms. Cm.

Ciertos materiales que son aisladores a determinadas temperaturas se convierten en conductores cuando éstas aumentan; esto ocurre, por ejemplo: con el vidrio y con el carbón, así como los llamados **semiconductores**, tales como: selenio, silicio y germanio, que a 20°C no conducen la corriente eléctrica, pero a temperaturas mayores si son capaces de conducirla.

No se puede conocer realmente el grado de aislamiento de un material ya que éste depende de la tensión o diferencia de potencial que se le aplique, la temperatura a que se encuentre y otros factores variables.

De todos modos, es verdad que los aislantes impiden en gran forma el paso de los electrones, es decir, de la electricidad y por lo tanto tienen gran aplicación en el ramo de la electrotecnia.

## RESISTENCIA

La resistencia de los conductores depende, de su **longitud, de su sección y de la materia** de que está constituido. La fórmula siguiente expresa la relación entre estos tres elementos:

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad \text{o sea:}$$

Resistencia =  $\frac{\text{resistencia específica} \times \text{longitud del conductor}}{\text{área de la sección}}$

Lo que indica que la resistencia eléctrica de un conductor es directamente proporcional a su resistencia específica y su longitud e inversamente proporcional al área de su sección.



## RESISTENCIA ESPECIFICA O RESISTIVIDAD

Cada uno de los materiales opone diferente resistencia al paso de la corriente, y ese es su “valor propio” o sea su “resistencia específica” que también se llama resistividad. Esta se determina tomando un conductor que tenga una longitud de 1 metro, una sección de 1 mm<sup>2</sup>, a una temperatura de 20°C. Su símbolo es la letra griega  $\rho$  (Rho) y las unidades en las cuales se expresa son:

**Ohmios - mm<sup>2</sup> partido por metros.**

Así, por ejemplo, para el cobre, tomando en cuenta las especificaciones dadas, se obtiene una resistencia específica de:

$$\rho = 0.01785 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Para el aluminio se obtendría:

$$\rho = 0.0286 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

A continuación se da una tabla que da valores de resistencias específicas para diferentes materiales. La última columna da esos valores, pero para una temperatura de 0°C.

Material	Resistividad a 20°C	Resistividad a 0°C
Plata	0.016	0.014
Cobre	0.01785	0.015
Aluminio	0.0286	0.025
Tungsteno	0.055	0.047
Zinc	0.064	0.057
Plomo	0.220	0.195
Cromo-níquel	1.000	0.983

La resistencia de un conductor se puede calcular conociendo su resistividad, su longitud y su sección.

### Ejemplo:

Calcular la resistencia de un kilómetro de alambre de aluminio de 4 mm<sup>2</sup> de sección a 20°C.

Se dan:

$$L = 1 \text{ km.} = 1000 \text{ m.}$$

$$A = 4 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \text{para Al a } 20^\circ\text{C} = 0.0286 \text{ según la tabla se busca } R$$

Se busca:

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{0.0286 \Omega}{4 \text{ mm}^2} \times 1000 \text{ m.}$$

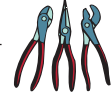
$$R = 7.15 \Omega$$

Los conductores eléctricos son hilos metálicos de cobre y se utilizan para conducir la corriente eléctrica. Se emplean en las instalaciones eléctricas en general, en las instalaciones eléctricas de los automóviles y en la construcción de bobinados. Se caracterizan por una resistencia muy pequeña, siendo indispensables para el transporte de la corriente eléctrica.

## TIPOS

Los tipos de conductores de cobre más empleados son:

- alambres
- cables
- conductores con cubierta protectora



## Alambres

Los alambres son conductores constituídos por un solo hilo metálico y pueden ser desnudos o revestidos con una cubierta aislante (Fig. 28). Según el material de los aislantes, los alambres podrán emplearse en las instalaciones eléctricas o en los bobinados.



Fig. 28

## Alambres para instalaciones

Los alambres aislados utilizados para las instalaciones eléctricas están recubiertos de plástico, caucho o hule.

## Alambres para bobinados

Los alambres utilizados en bobinados están recubiertos de esmaltes especiales, seda o algodón.

## Cables

Los cables están constituídos por un conjunto de alambres no aislados entre sí y pueden ser desnudos o revestidos por una o varias capas de aislante. (Fig. 29)



Fig. 29

Los aislantes son de plástico, goma o tela, se utilizan en las instalaciones eléctricas caseras y en las de los automóviles.

## Cordones

La constitución de los cordones es similar a la de los cables con la diferencia que los alambres son más finos, lo que da una mayor flexibilidad al conjunto. Generalmente los cordones están compuestos de 2 ó 3 conductores flexibles entre sí y se presentan en forma trenzada (Fig. 30), o unidos paralelamente, (Fig. 31).

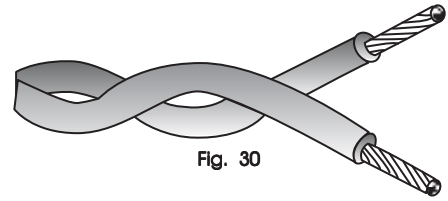


Fig. 30

Se emplean especialmente para conexión de aparatos portátiles.

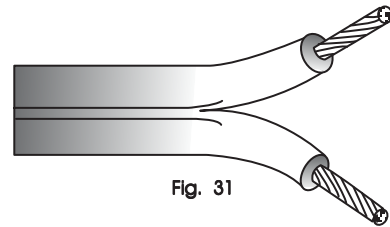


Fig. 31

## Conductores con cubierta protectora

Son conductores (alambres o cables), que además de su aislante tienen otra capa protectora contra humedades, ácidos o temperaturas elevadas (Fig. 32).

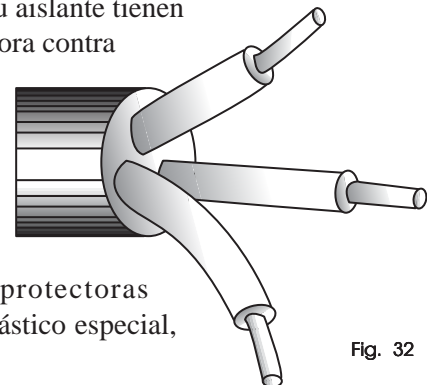


Fig. 32

Las cubiertas protectoras pueden ser de plástico especial, plomo o goma.



## SEMICONDUCTORES

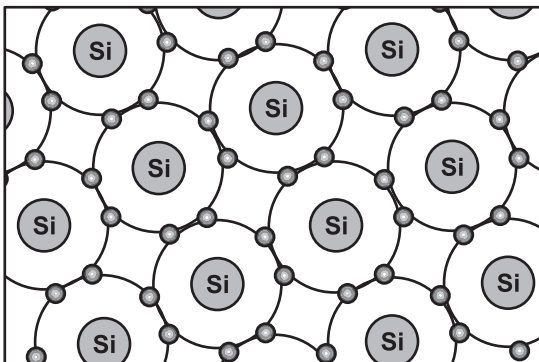
Como acabamos de ver, todos los conductores tienen menos de 4 electrones en los anillos exteriores de sus átomos, mientras que los no-conductores se caracterizan por tener más de 4 electrones.

Los **semiconductores** son elementos que tienen 4 electrones, precisamente, en el anillo exterior de sus átomos. No son ni buenos conductores, ni buenos aislantes. Los semiconductores más comúnmente empleados son el silicio y el germanio.

Los materiales semiconductores se emplean para fabricar diodos y transistores.

Vamos a ver primero como se comporta un semiconductor para estudiar después el funcionamiento de los diodos y de los transistores.

## CONSTITUCION DE UN ELEMENTO SEMICONDUCTOR

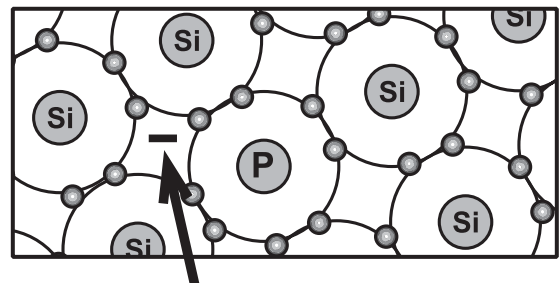


Uniones covalentes  
Fig. 33. Silicio aislante por las uniones covalentes.

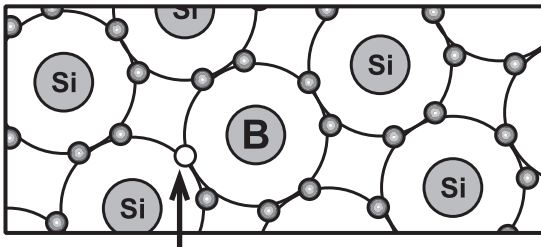
Los cristales de silicio están formados por **uniones covalentes** entre sus átomos (Fig. 35). Esto quiere decir que los electrones del anillo exterior de un átomo de silicio se unen con los electrones de otro átomo de silicio de forma que los comparten. Esta disposición hace que cada átomo tenga, efectivamente 8 electrones en su anillo exterior. Esta condición lo convierte en un buen aislante, al tener más de 4 electrones en su anillo exterior.

Este cristal de silicio se **“contamina”** intencionadamente con otros materiales.

Dos de los elementos más corrientemente empleados para contaminar el silicio (o impurificarlo) son el fósforo y el antimonio. Ambos elementos tienen 5 electrones en los anillos exteriores de sus átomos. Al producirse las uniones covalentes, queda un electrón sobrante (véase la figura 34); este electrón que queda libre se puede mover fácilmente a través del material. Todos los materiales semiconductores con exceso de electrones se dice que son negativos o del tipo **“N”**.



Electrón sobrante o libre  
Fig. 34. Impurificación del silicio con fósforo para obtener material del tipo “N”



Hueco (falta de un electrón)

Fig. 35 Impurificación del silicio con boro para obtener un material del tipo "P"

Otros 2 elementos comunmente empleados para impurificar los cristales de silicio son el boro y el indio. Estos elementos tienen 3 electrones solamente en su anillo exterior. Al formarse las uniones covalentes falta siempre un electrón para completarlas. Este defecto se dice que es un hueco (Fig. 37). El hueco equivale a una carga de electricidad positiva. Los materiales semiconductores que carecen de este electrón y tienen, por lo tanto, estos huecos, se dice que son positivos o del tipo "P".

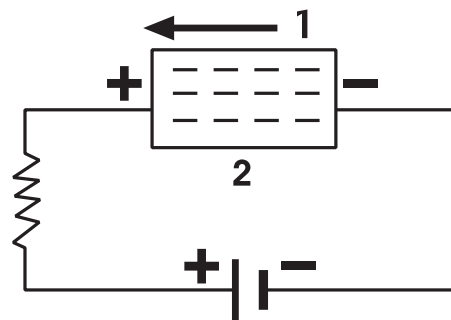
Para comprender el comportamiento de los semiconductores hay que considerar estos huecos como portadores de cargas positivas capaces de circular, lo mismo que los electrones libres son portadores de cargas negativas. Los huecos pasan de un átomo a otro lo mismo que los electrones libres.

## EN RESUMEN

- *Los semiconductores se obtienen mediante uniones covalentes de los átomos.*
- *Al unirse los átomos de esta forma comparten los electrones de sus anillos exteriores.*

- *El elemento puro es un buen aislante.*
- *Por impurificación puede quedar un electrón libre (material del tipo "N").*
- *O faltar un electrón que deja un hueco (material del tipo "P").*
- *Tanto el material "N" como el "P" son conductores porque tienen electrones que pueden pasar de un átomo a otro.*
- *Los materiales semiconductores tienen aplicación especial en los diodos y transistores.*

## Funcionamiento de los semiconductores



1 Movimiento de los electrones 2 Material "N"  
Fig. 36. Desplazamiento de los electrones en un circuito .

En la figura 36 se ha representado el sentido en que circula la corriente en un material del tipo "N". Aplicando una tensión al semiconductor negativo, se produce una corriente de electrones. Esta corriente puede circular por el exceso de electrones libres que contiene el material semiconductor, siendo el fenómeno muy parecido al que ocurre en un hilo de cobre.



En la figura 37 se ha indicado el sentido en que circula la corriente a través de un semiconductor del tipo "P". En este lo que se desplaza son las cargas positivas de los huecos. El desplazamiento de los huecos hace circular una corriente por el mecanismo ilustrado en la figura 38.

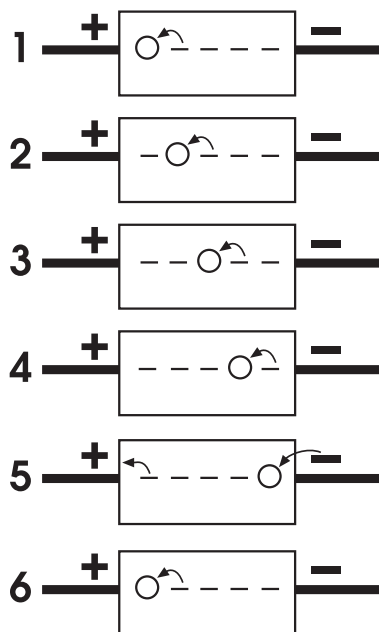
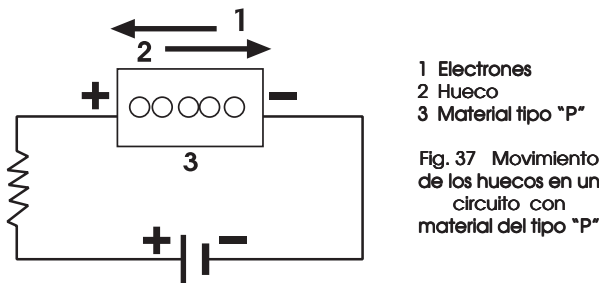


Fig. 38 Forma en que se desplaza un hueco en el material del tipo "P"

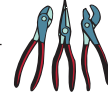
El positivo del dibujo No. 1 de la figura 38 atrae un electrón (las cargas de signo contrario se atraen). De igual modo, el negativo del extremo opuesto repele los electrones. Esto hace que un electrón de una de las uniones covalentes se desplace hacia el extremo positivo y llene un hueco. Pero al llenar un hueco, se ha formado otro hueco con carga positiva más hacia la derecha de la figura, o sea, hacia el extremo negativo. El proceso se repite y el hueco se va desplazando cada vez más hacia la derecha, hasta ser llenado por un electrón procedente del hilo conductor. El extremo positivo arranca un electrón, deja un hueco, y el proceso se repite (véase el dibujo No. 5 de la figura 38).

El desplazamiento continuo de los huecos entre el positivo y el negativo equivale a una corriente eléctrica que origina el voltaje de la batería al desplazar los electrones de las uniones covalentes.

Este desplazamiento de los huecos se produce solamente dentro del material semiconductor, mientras que los electrones circulan por todo el circuito. Esta teoría de los huecos ayuda a comprender el funcionamiento de los diodos y transistores que vamos a explicar a continuación.

## EN RESUMEN

- El voltaje exterior hace que circule la corriente a través del material semiconductor del tipo "P" o del tipo "N".
- En el material del tipo "N" la corriente se origina por el desplazamiento de los electrones libres.
- En el material del tipo "P" la corriente se origina por el desplazamiento de los huecos de carga positiva.



A continuación vamos a ver cómo se emplean los materiales semiconductores en los diodos y transistores.

## DIODOS



1- Circulación de la corriente

2- Símbolo del diodo

Elemento	Número atómico	Número de protones	Número de electrones	Electrones del anillo de valencias
Boro	5	5	5	3
Silicio	14	14	14	4
Fósforo	15	15	15	5

Fig. 39. Diodo

Un **diodo** es un semiconductor que permite el paso de la corriente a su través en una sola dirección.

### Constitución del diodo

Un diodo, se forma por la unión de dos materiales semiconductores, uno del tipo “N” y otro del tipo “P”. En los diodos el material tipo “N” suele ser silicio impurificado con fósforo, mientras que el material tipo “P” suele ser silicio impurificado con boro.

En la figura 40 se ha representado esquemáticamente la constitución de un diodo.

El material “N” y el material “P” se atraen mutuamente, pero el equilibrio no se altera porque hay unos iones con carga positiva y negativa a cada lado (ión es un átomo al que le faltan o le sobran electrones). Los iones “tirán” de los electrones libres y de los huecos, evitando que se neutralicen a través de la unión.

El resultado que se obtiene así es una situación de equilibrio, con una falta de electrones y huecos en la zona de la unión.

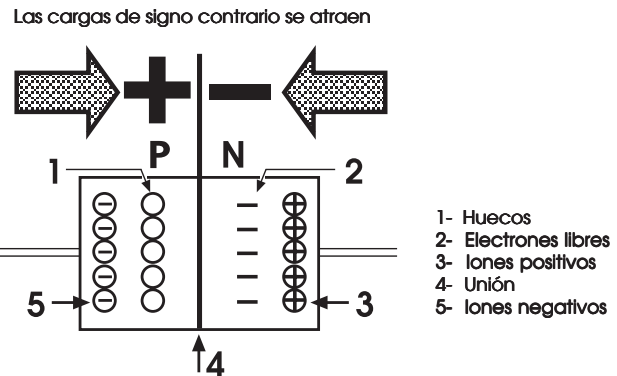


Fig. 40. Constitución esquemática de un diodo

### Funcionamiento del diodo

Activemos el diodo aplicándole la tensión de una batería (Fig. 41). El polo negativo de la batería repelerá los electrones del material “N”, mientras que el polo positivo repelerá los huecos del material “P”. Con un voltaje suficiente, los electrones pasarán a través de la unión del diodo, circulando desde el polo negativo, hasta el polo positivo de la batería, originando así una corriente eléctrica. Los huecos o cargas positivas atraviesan la unión en sentido opuesto a los electrones.

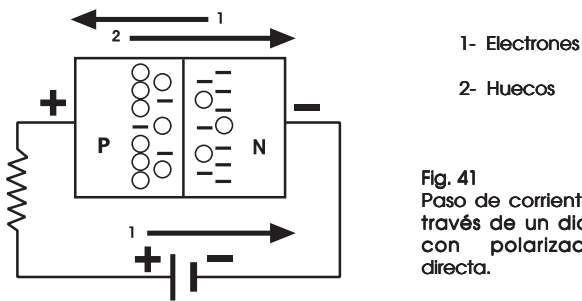


Fig. 41  
Paso de corriente a través de un diodo con polarización directa.

La batería mantiene la corriente que circula a través del circuito, pero para que ésta pueda atravesar el semiconductor, tiene que haber huecos en la unión que puedan ir siendo ocupados por los electrones.

En la figura 41 se ha ilustrado un circuito en el que el diodo semiconductor está **polarizado directamente**. Esta conexión del polo negativo de la batería con el material tipo “N” del diodo y del polo positivo con el material tipo “P”, permite que el voltaje de la batería repele los electrones y los huecos hacia la unión, permitiendo así el paso de la corriente.

Veamos ahora lo que ocurre si se invierte la polarización del diodo (Fig. 42). Como puede verse en la figura, el polo positivo de la batería atrae a los electrones, alejándolos de la unión, mientras que el polo negativo hace lo mismo con los huecos. El resultado es que no hay paso de corriente.

Esta forma de conexión se llama **polarización inversa del diodo** y es aquella en que el diodo no conduce.

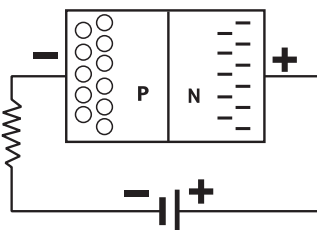


Fig. 42  
El diodo no conduce por estar inversamente polarizado.

## EN RESUMEN

1. El diodo sólo permite el paso de la corriente cuando el voltaje se aplica de forma que los electrones y los huecos se vean rechazados hacia la unión (polarización directa).
2. El diodo no deja pasar la corriente cuando el voltaje se le aplica de forma que los electrones y los huecos se alejen de la unión (polarización inversa).

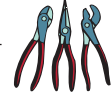
Recordaremos una vez más que, para que los electrones puedan pasar al material “P”, este tiene que tener huecos (o cargas positivas) cerca de la unión. Vemos así que las cargas positivas del material “P” se comportan realmente como si fueran huecos que van rellenando los electrones.

## CORRIENTE DE FUGA DEL DIODO

La polarización inversa de un diodo no permite que éste conduzca, pero siempre hay una pequeñísima corriente inversa de fuga.

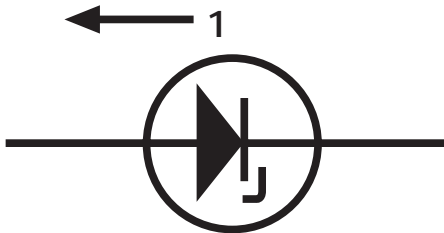
El voltaje máximo que es capaz de soportar un diodo es la tensión inversa máxima. Si se sobrepasa este voltaje, las uniones covalentes de los átomos se rompen y se produce un aumento brusco de la corriente inversa de fuga. Si esta corriente es suficientemente intensa y de la duración necesaria, el diodo se avería por sobrecalentamiento.

Como es natural, los diodos se eligen con una tensión inversa máxima, tal que, no puedan averiarse durante el funcionamiento normal.



## DIODO ZENER

El diodo zener está constituido de forma que deja pasar cierta intensidad de corriente inversa. Esta característica fundamental de este tipo de diodo se consigue mediante una impurificación considerable del material semiconductor. El gran número de portadores de corriente adicionales (electrones y huecos) permite que se establezca una corriente inversa a través del diodo zener sin que éste se averíe, siempre y cuando se le haga trabajar dentro de sus características. El diodo zener se representa en los esquemas mediante el símbolo de la figura 43.



1- Corriente inversa  
 Fig. 43. Diodo zener

Lo que distingue al diodo zener es que no deja pasar corriente inversa mientras la polarización inversa no alcanza un voltaje predeterminado. Un determinado diodo zener, por ejemplo, no deja pasar ninguna corriente inversa con una polarización inversa inferior a 6 voltios, pero cuando este voltaje es de 6 voltios o superior, el diodo empieza a conducir bruscamente. Este tipo de diodo se utiliza para la regulación automática de tensiones.

## TIPOS DE DIODOS Y APLICACIONES

En la figura 44 pueden verse algunos de los tipos de diodos más corrientemente empleados en los equipos eléctricos.

Los diodos más pequeños se emplean en los circuitos de regulación, mientras que los más grandes se utilizan para rectificar la corriente de los alternadores.

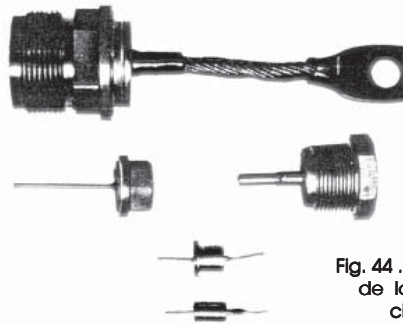


Fig. 44 . Varios tipos de diodos de los empleados en los circuitos eléctricos.

## RESUMEN: DIODOS

- *Los diodos permiten el paso de la corriente en un solo sentido.*
- *Están constituidos por la unión de material "N" con material "P".*
- *La polarización directa hace que el diodo conduzca.*
- *La polarización inversa hace que el diodo no conduzca.*
- *Los diodos zener se caracterizan porque permiten el paso de una corriente inversa al sobrepasarse un determinado voltaje.*

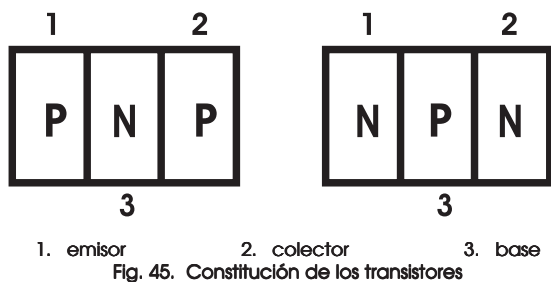


## TRANSISTORES

El **transistor** es un dispositivo eléctrico ideado para regular el paso de la corriente. Actúa como una válvula que puede dejar pasar una corriente de mayor o menor intensidad.

### Constitución de los transistores

El transistor se obtiene, generalmente, añadiendo otra sección de material “P” al diodo formado por una unión PN. De esta forma se obtiene un transistor tipo PNP (Fig. 45).



El material “P” de la izquierda recibe el nombre de emisor, el material “N” del centro es la base, y el material “P” de la derecha se llama colector.

Como es natural, también se pueden obtener transistores NPN, pero los del tipo PNP se emplean más corrientemente en la maquinaria agrícola e industrial.

La base de un transistor es muy fina (Fig. 46). A la base se le fija un anillo metálico, que es el que sirve para conectarla al circuito.

Esta disposición permite que la separación entre el emisor y el colector sea menor que entre el emisor y el anillo de la base, obteniéndose gracias a esta circunstancia un dispositivo de unas características de funcionamiento muy peculiares.

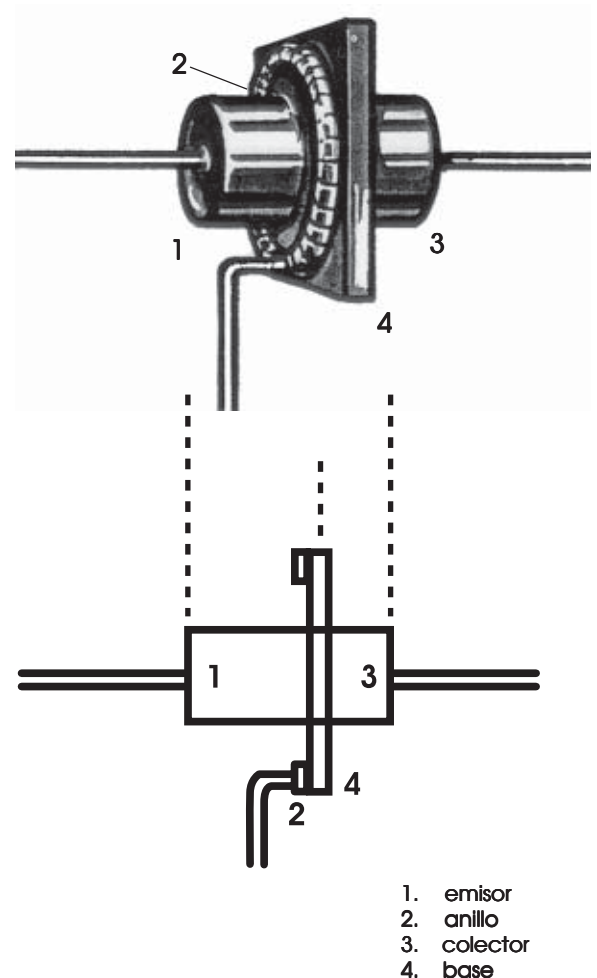
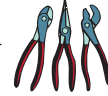


Fig. 46. Construcción de un transistor



## FUNCIONAMIENTO DEL TRANSISTOR

En la figura 47 se ha conectado una batería a un transistor PNP. Con el interruptor S1 cerrado y el S2 abierto, la corriente pasará del emisor a la base del transistor. Estando el interruptor S2 abierto, el colector no recibe tensión y el conjunto se comporta como un diodo PN (emisor-base), conectado a la batería en polarización directa (como en la figura 41).

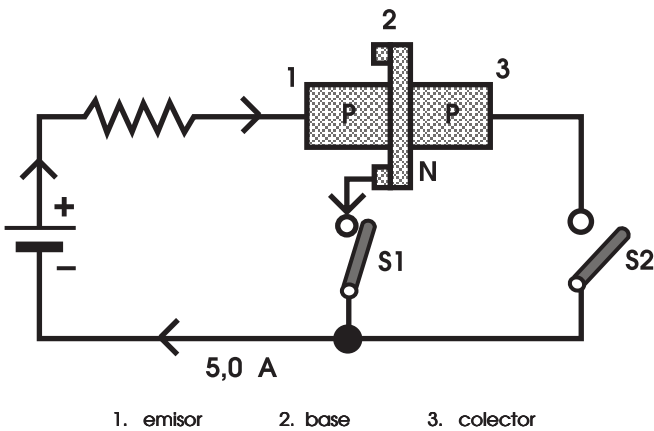


Fig. 47. Transistor en circuito con el interruptor S2 abierto.

En este punto conviene recordar que la corriente eléctrica puede definirse como el movimiento de los electrones de un átomo a otro, a través de un conductor. Aplicando esta definición a los electrones del presente circuito, vemos que van del polo negativo de la batería, pasando de la base al emisor, hasta el polo positivo. Ahora bien, para comprender mejor el funcionamiento del transistor tipo PNP, es preferible pensar en los huecos y cargas positivas que se mueven en sentido contrario a los electrones.

Pensando en huecos o cargas positivas, la corriente a través del transistor consiste en el desplazamiento de estos desde el material “P” hasta el material “N”. Este desplazamiento de los huecos supone una corriente eléctrica. Hablando de huecos o cargas positivas se simplifica la descripción del funcionamiento de un transistor.

Supongamos que la corriente emisor-base es de 5 amperios.

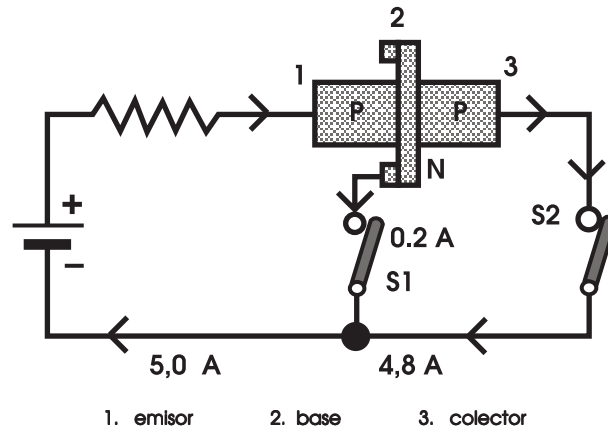


Fig. 48. Transistor en circuito con los interruptores cerrados.

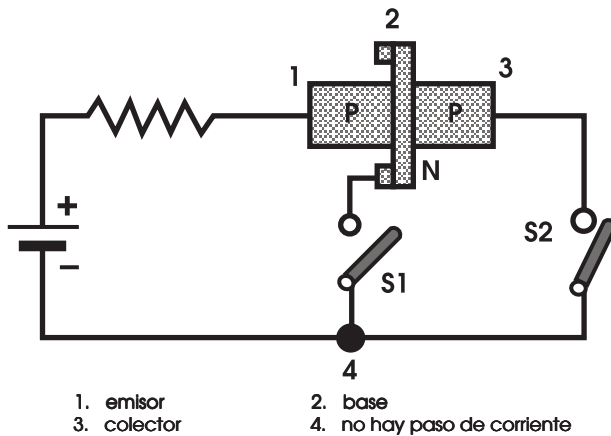
Al cerrar el interruptor S2 se produce un fenómeno sorprendente (Fig. 48). La corriente total sigue siendo de 5 amperios, pero casi toda ella pasa ahora por el colector. La intensidad de la corriente del colector es de 4,8 amperios, mientras que la corriente de base se ha reducido a 0,2 amperios. La explicación de este fenómeno es la siguiente:

Por haberse dispuesto al transistor de forma que el emisor esté más cerca del colector que del anillo de la base, casi todos los huecos que el emisor inyecta



en la base, continúan hasta el colector por la velocidad que han adquirido. A ello se suma que el potencial negativo aplicado al colector atrae los huecos de carga positiva que llegan a la base.

En el ejemplo ilustrado, la corriente del colector es 24 veces mayor que la corriente de base. Esta cifra indica **la ganancia de corriente del transistor**.



1. emisor  
3. colector  
2. base  
4. no hay paso de corriente

Fig. 49. Transistor en circuito con el interruptor S1 abierto.

Una observación importante es la de que con el interruptor S2 cerrado y el S1 abierto, apenas circula corriente (Fig. 49). La razón de ello es que por estar el circuito de base abierto, el emisor no inyecta huecos en la base, y al no haberlos allí, no pueden ser atraídos por el potencial negativo de la batería aplicado al colector. Por otra parte, este potencial negativo aplicado al colector aleja los huecos de la unión base-colector, con lo que aumenta considerablemente la resistencia de la unión base-colector, basta que sea abierto el interruptor S1 para cortar el paso de corriente a través del circuito principal.

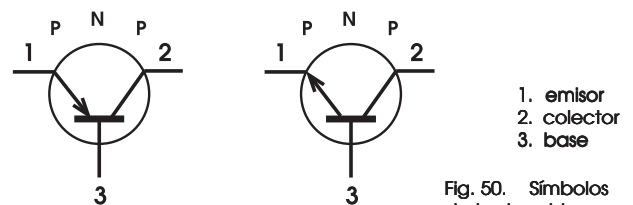
El transistor NPN funciona del mismo modo que el transistor PNP, pero en él es más conveniente hablar del movimiento de los electrones (en lugar de los huecos) que pasan del emisor, a la base y al colector. La característica que distingue al transistor es la de permitir regular una gran corriente de colector, **por la regulación de la corriente de la base, que es mucho más débil.**

## APLICACIONES DE LOS TRANSISTORES

La aplicación principal de los transistores en los equipos eléctricos de las máquinas la tenemos en los reguladores de voltaje. Para más detalles debe consultarse el epígrafe “**circuits de carga**” de la unidad 3.

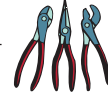
## SIMBOLOS DE LOS TRANSISTORES

En la figura 50 puede verse el símbolo mediante el que se representa el transistor. La flecha es siempre el emisor, el trazo horizontal la base y el trazo sin flecha, el colector. Obsérvese que la flecha indica el sentido convencional de la circulación de la corriente, es decir, desde el polo positivo al polo negativo, por el circuito externo.



1. emisor  
2. colector  
3. base

Fig. 50. Símbolos de los transistores.



Como ya hemos dicho, conviene pensar en que en el transistor PNP la corriente circula por el movimiento de los huecos o cargas positivas, mientras que en el transistor NPN es mejor pensar en el movimiento de los electrones.

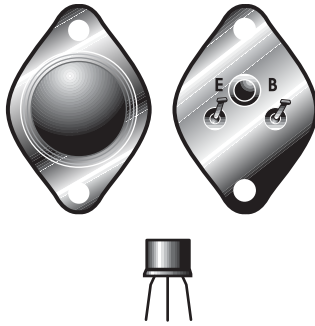


Fig. 51. Transistores empleados en los circuitos eléctricos.

Si bien es cierto que los electrones se mueven en el sentido contrario al que indica la flecha que representa el emisor del transistor NPN, no hay contradicción en ello, porque es más fácil imaginar que los portadores de corriente, (los electrones), son emitidos por el emisor hacia la base y el colector.

## RESUMEN: TRANSISTORES

- *Los transistores controlan el paso de la corriente en un circuito.*
- *Permiten el paso de una corriente de mayor o menor intensidad.*
- *Los transistores más corrientemente empleados son del tipo PNP.*
- *$P = \text{emisor}$ ,  $N = \text{base}$ ,  $P = \text{colector}$ .*
- *También hay transistores del tipo NPN.*

- *Los transistores usan un paso pequeño de la corriente del emisor-base para regular un paso mayor del emisor-colector. (el paso de la corriente del emisor-base, cuando es desviado en cuatro direcciones, puede ser lo bastante grande para destruir el transistor).*
- *Ejemplo de aplicación: los reguladores de voltaje transistorizados.*

## AISLANTES ELECTRICOS

Las diversas sustancias se distinguen en cuanto a su capacidad de conducir la corriente eléctrica. Materiales que conducen bien la corriente eléctrica, como el cobre, aluminio, hierro, se usan como conductores. Materiales que, por el contrario conducen muy mal la corriente eléctrica, como aire, goma, cristal o fibras artificiales, se emplean como aisladores. **Los materiales no conductores se llaman también aislantes.**

**Conductores**, son todos los metales, el carbón, la tierra húmeda y algunos líquidos.

**Aislantes**, son por ejemplo: el aire, el caucho, el cristal, las fibras artificiales y la porcelana.

## MATERIALES AISLANTES

Los materiales aislantes deben ser no conductores; si bien, en realidad todo material aislante tiene una muy pequeña conductividad. Todos los materiales aislantes pueden hacerse conductores, debido al calor,



a una elevada tensión eléctrica, a absorción de humedad o a la suciedad, lo cual puede ser causa de su destrucción o de avería.

## MATERIALES AISLANTES INORGANICOS NATURALES

### **Mica:**

Es un material transparente que se extrae en láminas muy delgadas, es flexible, resistente al calor y tiene muy buenas propiedades como aislante eléctrico especialmente elevada resistencia eléctrica, pérdida dieléctrica reducida, su conductividad térmica es algo superior al papel endurecido y deja de ser un buen aislante a 700 °C.

La mica se emplea como material aislante en condensadores, colectores, planchas, tostadores, etc.

### **Micafolium:**

Las cintas y láminas de mica se emplean para el aislamiento de devanados y el revestimiento de ranuras para los colectores de las mismas.

La mica sintética se obtiene en hornos eléctricos de resistencia, a partir de alumina y silicatos, y se trabaja como la mica natural.

### **Asbesto (amianto):**

Es un mineral que se puede dividir fácilmente en fibras. En estado fibroso, el asbesto es blando y flexible.

El asbesto es resistente a los ácidos y al calor, pero un calentamiento prolongado lo hace frágil al sobrepasar 300 °C.

El asbesto se emplea también para la fabricación de juntas blandas, para el aislamiento térmico a altas temperaturas y como material de relleno prensados y laminados, ejemplo: cordones para planchas, calentadores, etc.

## MATERIALES AISLANTES CERAMICOS

Son aquellos materiales inorgánicos que reciben su forma por prensado en frío.

En materia prima es barro, caolín, cuarzo y una serie de óxidos metálicos.

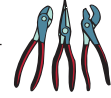
### **Porcelana:**

La porcelana se fabrica a base de caolín, al que se mezclan feldespato y cuarzo.

Según la composición y la temperatura de sinterizado se distinguen diferentes clases de porcelana:

**La porcelana dura**, empleada principalmente para aisladores de alta tensión, que se sinterizan a temperaturas elevadas (1400 a 1450 °C).

**La porcelana frágil**, cuya resistencia a la tracción y a la flexión es pequeña. Sin embargo, es un buen aislante del calor y de la electricidad y presenta una gran resistencia contra la corrosión.



### **Vidrio:**

El vidrio es transparente, incoloro y frágil. Pierde sus propiedades aislantes en temperaturas superiores a 300 °C.

El vidrio se emplea en lámparas incandescentes (neón), válvulas electrónicas, aisladores y recipientes resistentes a los ácidos (acumuladores).

A partir del estado líquido, el vidrio se puede estirar en forma de finas láminas que a su vez se pueden hilar, dando como resultado la fibra de vidrio, que se puede transformar en tejido; los fabricados a base de fibra de vidrio se emplean para el aislamiento de conductores y devanados que se deben someter a elevadas temperaturas de servicio.

## **MATERIALES AISLANTES ORGANICOS NATURALES**

### **Algodón:**

Se obtiene a partir de las fibras que envuelven las semillas de la planta de algodón y está formado por celulosa pura.

Presenta una gran resistencia a la rotura, junto con un alargamiento muy pequeño, no es resistente a los ácidos, pero si a los álcalis. El algodón absorbe humedad fácilmente; es fácil de colorear y de hilar.

Los tejidos de algodón se emplean poco hoy día para el encintado de conductores y cables, en los que no pueden presentarse temperaturas superiores a 90°C.

### **Seda:**

Se obtiene a partir de las fibras del capullo del gusano de seda. La resistencia, el alargamiento y las propiedades eléctricas de los tejidos de seda son superiores a los tejidos de algodón.

### **Papel:**

Como materia para la fabricación de papel se emplea la celulosa obtenida de la madera.

**Los papeles barnizados** son de papel aislante, impregnados de barniz aislante (papel pescado). Se emplean principalmente como aislamiento entre las distintas capas de los devanados y para cubrir las bobinas.

Las propiedades eléctricas dependen del tipo de barniz y son generalmente mejores que las de los papeles aislantes no impregnados.

**Los papeles endurecidos** son hojas de papel impregnadas con resina artificial endurecibles y prensadas en caliente; en forma de placas, tubo o barras; los papeles endurecidos resisten temperaturas hasta de 120°C. Se emplean como material aislante y constructivo, a veces también en aceite para transformadores; las propiedades eléctricas dependen de la impregnación con resina.

### **La fibra:**

Se fabrica a partir de hojas de papel, con ello las distintas hojas de papel se convierten en una masa única que una vez lavada y secada se transforma por prensado.

La fibra absorbe humedad fácilmente; por lo general se emplea en casos en que se precisa buena propiedad mecánica y en los que no es posible entrada de humedad.

**Caucho:**

Es un material blando y elástico y su uso más generalizado es para forrar conductores eléctricos.

**Aceites aislantes:**

Los aceites aislantes al igual que las masas para fusión e impregnación, tienen por objeto mejorar el aislamiento y llenar posibles huecos. No deben atacar a los materiales aislantes impregnados (papel, tejidos) y deben impregnar a su vez aquellos materiales aislantes que presenten huecos, protegiéndolos así de la humedad.

**Aceite para transformadores:**

Tiene por objeto el aislamiento y la disipación de las pérdidas producidas en el paquete de chapas y en los devanados.

Los aceites para transformadores deben mantener por largo tiempo sus buenas propiedades iniciales. Su envejecimiento ha de ser mínimo. Dicho envejecimiento se produce generalmente por descomposición, gelatinización y acidificación del aceite.

**Barnices:**

Los barnices llenan, en general los cometidos siguientes:

Incrementar la duración del aislante y su resistencia al calor, acrecentar las propiedades aislantes del material e impedir la reabsorción de la humedad.

Unir y consolidar los conductores entre sí confiriendo mayor rigidez y resistencia mecánica a los devanados.

**Alambre esmaltado (para motores):**

El encintado de conductores con algodón, seda o fibra de vidrio se puede substituir por un barnizado. Generalmente, los hilos conductores barnizados tienen un diámetro exterior inferior al de los encintados.

El barniz para alambre debe secarse o endurecer rápidamente, a fin de poder aplicar varias capas sucesivas muy delgadas, que eliminan los posibles defectos del aislamiento debido a poros.

**Barnices con silicón:**

Presentan muy buenas propiedades mecánicas y eléctricas, y son resistentes hasta temperaturas de 180 °C, pero adhieren mal al cobre. Por lo tanto los hilos barnizados con silicón se encintan primero con lana de vidrio.

**Barnices de impregnación:**

Los devanados una vez listos, se impregnan por inmersión en baños de barniz en el correspondiente horno de secado. Se fijan en su sitio de devanados, asegurándoles contra la fuerza centrífuga y las vibraciones; para evitar defectos los encintados se protegen de la entrada de aire y humedad. Los barnices de impregnación deben penetrar en todos los agujeros del devanado, rellenándolos.

**Barnices de revestimiento:**

Los barnices de revestimiento tienen por objeto dar a los componentes eléctricos ya terminados, un revestimiento de protección. Existen barnices de protección contra humedad y contra efectos químicos. El revestimiento contra la humedad se usa para motores y transformadores instalados en lugares húmedos.



## CLASIFICACION DE LOS AISLANTES

Las normas de NEMA clasifican los aislantes empleados en la construcción de equipo de acuerdo con la mayor temperatura que pueden soportar sin destruirse. La temperatura normal de funcionamiento se toma a 40°C.

### Clasificación

- a) Clase O
- b) Clase A
- c) Clase B
- d) Clase C
- e) Clase H

### Clase O

Consiste en aislamientos de algodón, seda, papel o materiales orgánicos similares, sin impregnación alguna. Rango de operación hasta 90°C.

### Clase A

- a) Son materiales del tipo “O” pero impregnados en baño de algún líquido dieléctrico.
- b) Son materiales moldeados o laminados conteniendo fibras de celulosa, resinas fenólicas o similares.

c) Películas y láminas de acetato de celulosa o sus derivados.

d) Barnices y lacas orgánicas aplicadas a conductores. Rango de operación hasta 105°C.

### Clase B

Comprende mica, amianto, fibra de vidrio y materiales similares inorgánicos, combinados con aglutinantes orgánicos.

Incluye el asbesto y fibra de vidrio. Rango de operación 130°C.

### Clase C

Comprende exclusivamente mica, porcelana, vidrio, cuarzo y materiales inorgánicos similares.

NO se ha fijado límite de funcionamiento en °C.

### Clase H

Consiste en mica, asbesto, fibra de vidrio y materiales inorgánicos similares, dispuestos con aglutinantes o materiales compuestos de silicones.

Rango de operación 180°C.



## FUNDAMENTOS ELECTRONICOS

### A LA ELECTRICIDAD COMO ENERGIA

Es posible la comprobación de la electricidad como energía por los efectos que causa, ya que por medio de ella, se puede producir luz, calor, magnetismo y fuerza de movimiento. Estos efectos se basan en el movimiento de electrones libres contenidos en pequeñas partículas de la materia, o sea en el átomo.

Cuando un cuerpo, por fricción, por medios químicos, por calor, por luz y sobre todo por efectos magnéticos, es capaz de producir un exceso de electrones, su carga será negativa, y si por el contrario hay una escasez de electrones, la carga generada será positiva.

Entre las cargas obtenidas por cualquiera de las formas anteriores, existe una tensión que exige una pronta liberación, y si fuese posible lograr ésta, agregando a la fuente de energía, un conductor, por éste circulará una corriente eléctrica; moviéndose entonces los electrones de la carga negativa hacia la positiva, aunque en la práctica se indique, sin embargo la dirección de la corriente en sentido inverso.

**Los cuerpos o materias, en que la movilidad de los electrones se facilita, son llamados buenos conductores.** Citándose como ejemplo, los metales y entre ellos: la plata, el cobre, el aluminio, el cinc, el hierro, etc.

Lo contrario del caso anterior, lo constituyen los **malos conductores o aislantes**, tales como: vidrio, plástico, porcelana, etc., donde los electrones pueden moverse con muchísima dificultad o no moverse, y oponen así un bloqueo total al paso de la corriente eléctrica.

### B DIFERENCIA ENTRE CORRIENTE CONTINUA Y CORRIENTE ALTERNA

Se entiende por **corriente continua**, aquella en la cual, la dirección polar es siempre la misma, o sea del polo positivo al polo negativo, pudiéndosele conservar en forma química o sea en un acumulador de batería, para luego ser transformada nuevamente en energía eléctrica.

La **corriente alterna**, es la que cambia polaridad constantemente, de positivo-negativo, siendo la medida base para este tipo de corriente, el hertz o ciclo, o sea los cambios o alternancias de polaridad por segundo.



## APLICACION DE EMPALMES

Esta operación consiste en unir conductores de alambre o cables para prolongar líneas o unir los conductores en todo tipo de instalaciones.

Es necesario conocer y hacer varios empalmes de diversas clases, y es de suma importancia en instalaciones nuevas como de conservación y reparación en los diferentes métodos correctos de empalmes y soldar conductores.

Los empalmes bien hechos y bien soldados durarán el mismo tiempo que el conductor o su aislamiento, pero si no es así, serán fuente de dificultades; recalentándose, quemando la cinta aisladora y produciendo en los circuitos elevados, resistencias y a veces incendios.

### Los requisitos para un buen empalme son:

Primero estar mecánica y eléctricamente seguro antes de soldarlo, así se reforzará con ello su conductibilidad, pero principalmente, su objetivo es evitar la corrosión y la oxidación del conductor.

### Pelado y limpieza de los conductores:

En alambres o cables, en el pelado de los conductores, se debe de seguir la técnica de acuerdo con la figura 52, para no dañar el conductor, ya que esto reduce el aire conductor y se facilita mucho la rotura.

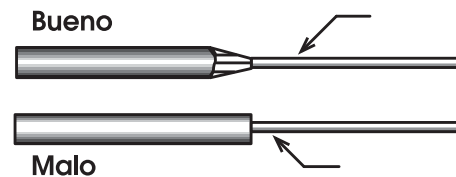


Fig. 52

Asimismo es importante quitar bien, con el reverso del filo de la navaja, todo el residuo de aislamiento de hule en el alambre o cable pelado. Debe de quedar bien limpio y brillante.

Si en caso estuviera estañado hay que rasparlo suavemente sin botar la estañadura, pues quedaría después una mala soldadura, si al conductor le quedara caucho, suciedad o grasa.

## EMPALMES Y SUS APLICACIONES

### Empalme trenzado o cola de ratón con conductores de alambres:

Deben trenzarse ambos conductores entre sí, dándole como mínimo cinco vueltas bien apretadas entre sí, doblando luego el extremo hacia atrás para impedir que lastime o agujeree la cinta aisladora que se pondrá después.

Pueden conectarse juntos tres o más conductores por medio de un empalme trenzado.

Este empalme es de uso común para empalmar los extremos de los conductores en las cajas de salida y en los lugares en que los conductores no tienen que soportar esfuerzo. (Fig. 53)

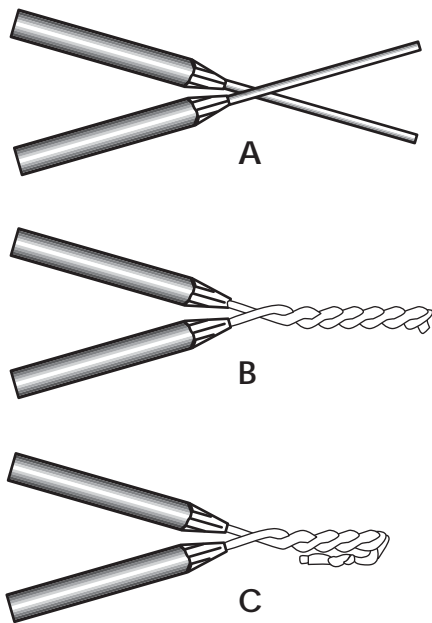


Fig. 53

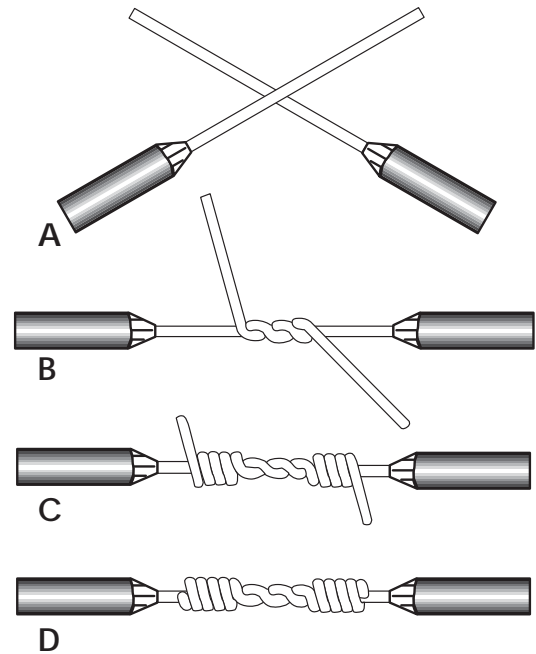


Fig. 54

### Empalme en prolongación:

Es uno de los más antiguos y de uso más común para empalmar conductores tendidos rectos y es un empalme muy fuerte y resiste una tracción o tensión bastante considerable en los conductores. Puede usarse en conductores de alambre o cables. (Fig. 54)

Al hacer un empalme doble en prolongación todo es igual al simple en prolongación, lo único es escalonar siempre los empalmes para que no queden paralelos, de modo que cada conductor pelado del empalme se apoye en el aislamiento intacto del otro conductor y no abulten mucho al recubrirlos en la cinta aislante procurando al empalmarse de modo que no quede uno de los dos alambres más corto que el otro. (Fig. 55)

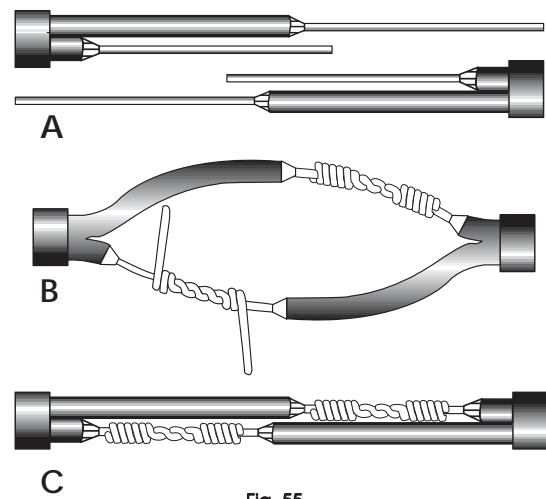


Fig. 55



## Empalme de derivación, conductor con alambre:

Se aplica cuando hay que conectar a un conductor corrido principal y se necesita alimentarla de éste.

Cuando la derivación tiene probabilidades de que se le aplique alguna tensión o esfuerzo al conductor, puede emplearse el empalme en derivación, que no puede soltarse fácilmente; esto se consigue dándole al conductor una vuelta del lado del conductor derivado opuesto, al lado que se hará el grupo de vueltas principal, doblando después hacia el otro lado alrededor del conductor derivado y enrollando el resto de vueltas en dirección opuesta alrededor del conductor principal. Asegurando con esto la primera vuelta para que sea difícil deshacer el empalme. Ver figura 56.

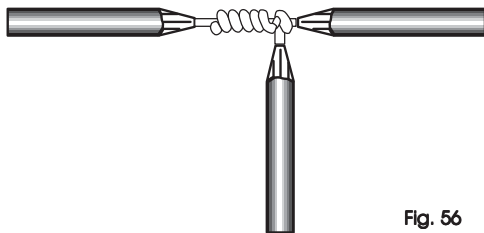


Fig. 56

## LA CINTA AISLANTE

Se denomina cinta aislante a una tira plana, larga y angosta, que por su gran resistencia eléctrica, se utiliza para cubrir los empalmes de conductores (Fig. 57), o cuando se necesita reemplazar el aislamiento original.

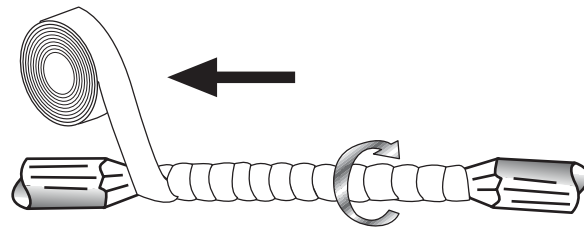


Fig. 57

### Constitución

Las cintas aislantes se fabrican con materiales plásticos, gomas o con telas impregnadas en compuestos especiales que a la vez son aislantes y adhesivos.

### Tipos

Las cintas aislantes se clasifican en:

- de fricción
- de hule
- de plástico o vinil

### Cinta de fricción

Es una tira de tela muy resistente, impregnada en un compuesto aislante y adhesivo.

### Cinta de hule

Es una tira elástica fabricada con diversos compuestos de caucho.

### Cinta de plástico

Es una tira compuesta totalmente de material plástico y con una cara adhesiva. Se fabrican de diversos colores.



### Características comerciales

Las cintas aislantes se presentan en rollos de diferentes tamaños y anchos. Ver figura 58.

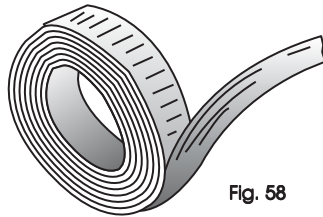


Fig. 58

### Condiciones de uso

Un buen aislamiento debe llevar primero una capa de cinta de goma y sobre ella otro recubrimiento de cinta de fricción. Cuando se utiliza cinta plástica no es necesaria la capa de cinta de goma.

## LAS PROPIEDADES DE LAS CINTAS AISLANTES

Tienen la propiedad de proteger los empalmes o conexiones eléctricas contra la corrosión, humedad, esfuerzos mecánicos y contra vapores o químicos existentes cerca de los conductores, en especial cuando son de cobre.

Son varias las cintas que se usan para proteger empalmes, las más usuales son:

### Cinta aislante de hule

Evita la corrosión y la humedad, sirve también para moldear o hacer la figura al empalme con dimensiones de 1 1/2" x 61". No proporciona protección mecánica.

### Cinta plástica

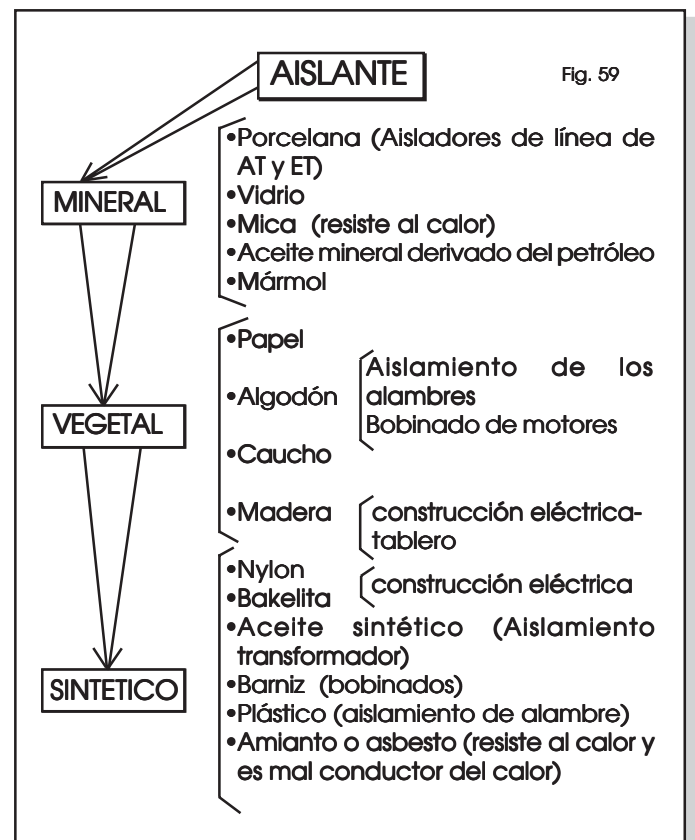
Resistente al agua, aceite, ácidos e intemperie.

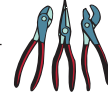
### Cinta de hule sintético o plásticos

Son especiales para altos voltajes y en casos de corto circuito o sobrecargas, soportan, aproximadamente al calor, 400 horas a 100°C.

### Cinta plástica de vinil

Proporcionan protección mecánica y contra el fuego, evitan la corrosión, humedad y ácidos. Todas tienen gran variedad de ancho y largo, dependiendo del diámetro de los conductores. En electricidad los materiales aislantes están contruidos de varios componentes a base de mineral, vegetal y sintético para diferentes trabajos eléctricos. (Fig. 59)





Materiales aislantes, son aquellos que, por su gran resistencia eléctrica, son considerados como no conductores de la electricidad.

Se emplean para aislar los conductores y en la construcción de aparatos y accesorios eléctricos.

### **Tipos usuales**

Los materiales aislantes más utilizados son:

- Resinas sintéticas (plásticos)
- Vidrio
- Porcelana
- Caucho
- Papeles
- Mica
- Talco

### **Resinas sintéticas**

Son materiales fáciles de moldear o modelar por la acción del calor y la presión. Se emplean en el revestimiento de conductores y en la construcción de accesorios eléctricos, tales como: interruptores, tomacorrientes, portalámparas, etc. El material empleado en estos últimos se conoce con el nombre de baquelita.

### **Vidrio**

Es un material duro y frágil, generalmente transparente. Con el se fabrican aisladores para líneas aéreas, bulbos y tubos para lámparas de iluminación, etc.

Con fibras de vidrio muy finas y tejidas, se fabrican conductos flexibles, que se emplean para aislar los conductores eléctricos, protegiéndolos del calor y los agentes químicos.

### **Porcelana**

Es un material cerámico, de masa vitrificada muy compacta, blanca y por lo general revestida con una capa de esmalte fino.

Con la porcelana se fabrican aisladores de diversos tipos y numerosas piezas para aparatos eléctricos.

### **Caucho**

Es un material blando y elástico y su uso más generalizado es para forrar conductores eléctricos.

### **Papeles**

Son hojas delgadas que se obtienen laminando una pasta de fibras vegetales y minerales, y sus muchas variedades corresponden a numerosas aplicaciones. Generalmente se emplean en los bobinados.

### **Mica**

Es un mineral que se encuentra en láminas muy finas y transparentes.

Se emplean generalmente como aislante termoeléctrico, y con ella se fabrica aislantes para resistencias eléctricas y separadores, en la fabricación de los colectores para máquinas eléctricas giratorias.



## **SOLDADURA CON ESTAÑO**

El cobre se oxida rápidamente cuando está expuesto al contacto del aire o de la humedad y se corroe también muy rápidamente en contacto con ciertos productos o vapores químicos.

### **EL OXIDO DE COBRE Y SU EFECTO EN LOS EMPALMES DE LOS CONDUCTORES**

Un alambre de cobre brillante se recubre pronto de una película parduzca de óxido si no está estañado o cubierto de alguna forma que impida su contacto con el aire o la humedad. Esta película se formará incluso en los puntos en que los alambres están en contacto el uno con el otro. El óxido de cobre ofrece una resistencia muy elevada al paso de la corriente eléctrica y una cantidad muy pequeña de él que pasará casi desapercibida, aumentará bastante la resistencia de un empalme. Esto probablemente dará lugar a un calentamiento considerable de la junta después de transcurrir un período de varias semanas o unos cuantos meses, aunque el empalme ofreciera una resistencia baja cuando se hizo.

#### **Condiciones de aplicación**

De los fundentes para limpieza, para obtener una buena soldadura, los elementos a soldar deben estar limpios, libres de óxidos y recubiertos con desoxidantes.

El desoxidante más utilizado es la resina, la cual la venden por libra o fracción de libra.

Se puede utilizar también pastas que no contengan ácidos o sales corrosivas.

La sal de amoníaco se usa solamente para limpiar la punta de cobre del soldador; la venden en trozos de libras o fracción de libra.

El electricista hace frecuentemente soldaduras con aleaciones de estaño y plomo para obtener un buen contacto eléctrico y rigidez mecánica en uniones de conductores, terminales y manguitos.

#### **Características**

Las aleaciones de estaño y plomo se presentan en forma de barras de unos 35 cms. de largo, o de alambres con núcleos de resina. (Fig. 60)

Las barras o los carretes de alambres tienen indicado el porcentaje de estaño que contiene la aleación. Por dicho porcentaje se las denomina comercialmente.

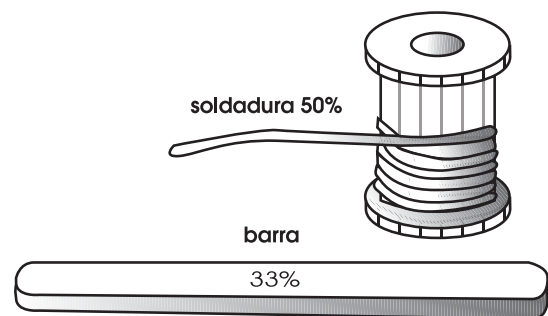


Fig. 60



Las aleaciones utilizadas comúnmente, su aplicación y las temperaturas de fusión, se indican en la tabla siguiente:

ALEACION		Temperatura de fusión	Ampliación
Estaño	Plomo		
33%	67%	250°C	Soldaduras en cables, terminales y manguitos.
50%	50%	215°C	Soldadura en alambres y terminales pequeños.

Las piezas soldadas no deben moverse hasta que la aleación, que es de color plateado brillante, cuando esté fundida adquiera un color plateado opaco. Eso indicará que ya se ha endurecido.

## **SOLDADOR ELECTRICO**

El soldador eléctrico está compuesto de una punta de cobre, fijada a un tubo metálico, dentro del cual está ubicada la resistencia calentadora.

El tubo tiene acoplado un mango aislante; de éste sale un cordón.

El soldador se utiliza para efectuar soldaduras con estaño. La cabeza de cobre del soldador, debe calentarse hasta que su temperatura alcance a fundir el estaño.

El electricista los usa para realizar conexiones eléctricas. El soldador regularmente consta de: Ver figura 61.

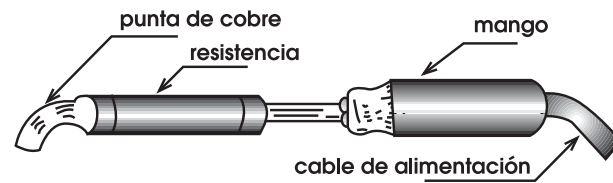


Fig. 61

Las puntas de cobre pueden tener diversas formas. (Fig. 62)

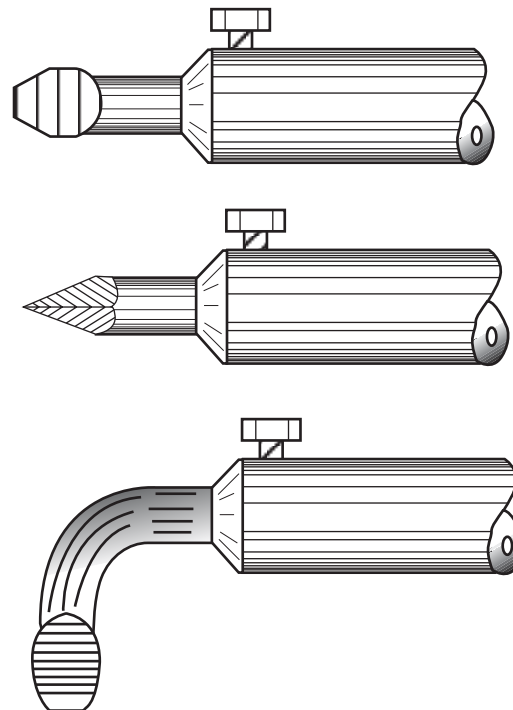


Fig. 62



## Condiciones de uso

Para soldar correctamente, la punta del soldador debe estar estañada. El estañado de la punta debe realizarse en la siguiente forma:

- Elimine la escoria hasta dejar el cobre limpio.
- Caliente el soldador.
- Aplique en la punta pasta desoxidante o resina. (Fig. 63)



Fig. 63

- Estañe la punta. El estaño fluirá cuando la punta tenga el grado de calor requerido. (Fig. 64)

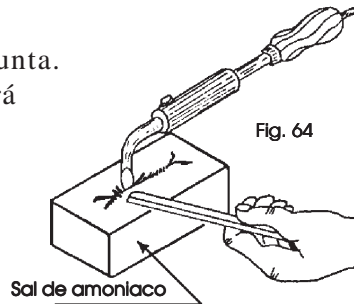


Fig. 64

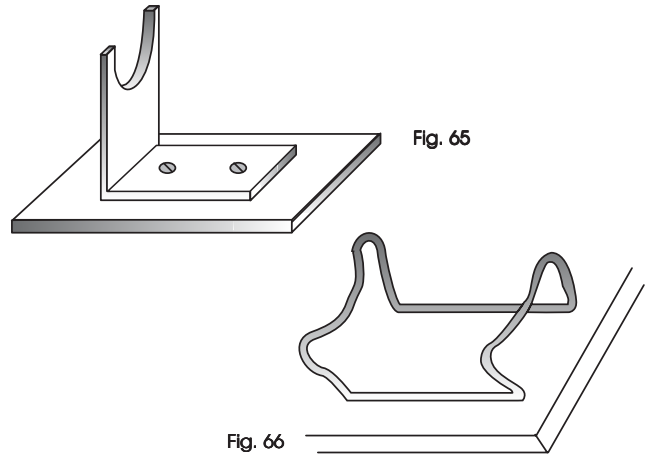
## OBSERVACION

Cuando se deja de usar el soldador caliente debe colocarse en un soporte metálico. (Figs. 65 y 66)

## Mantenimiento

Cuando no utilice el soldador, desconéctelo. Desmonte periódicamente las puntas de los soldadores para quitar la corrosión.

**Tenga precaución con el soldador, puede quemarse.**

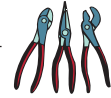


## PRECAUCIONES DE QUEMADURAS con soldador o soplete

Es importante que un electricista pueda usar el soplete y el soldador, pero a la vez, es importante evitar quemaduras con ellos al estar usándolos.

### Recomendaciones para evitar quemaduras con el soplete:

- Al encender el soplete tener cuidado de ver que la dirección del soplete no haya material inflamable o personas.
- Al depositar combustible en la copa de goteo, no derramarlo en el suelo o parte del soplete pues al encenderlo, correría la llama hasta esos lugares.



3. *No tocar el quemador, en especial el cañón después de usarlo, pues tarda en enfriarse.*
4. *No tocar el empalme, los conductores o las piezas que se han calentado con el soplete. Hay que esperar que se enfríen.*
5. *Cuando la pieza o conductores se han calentado o soldado y se necesita encintar rápido y no se puede esperar, se aplica un trapo mojado para enfriarlo y poder seguir trabajando.*
6. *Cuando termine de usar el soplete y antes de almacenarlo vacíe el resto del combustible.*
7. *Coloque el soplete después de usarlo en un lugar que no lo toquen personas que ignoren que esté caliente.*
5. *Cuando termine de usar el soldador, colóquelo sobre el soporte y en un lugar en el cual no lo toquen otras personas.*
6. *Algunas personas para probar si el soldador está ya caliente, acostumbran acercárselo a la mano o al brazo, así pueden quemarse; es más seguro introducir la punta en la pasta y si ésta se funde, esto indica que sí está lo suficientemente caliente.*
7. *Cuando suelde, no toque la soldadura enseguida, espere que se enfríe.*
8. *Cuando suelde en alto, esté atento de no poner parte del cuerpo debajo, porque puede caerle una gota de soldadura y quemarse.*

### **Recomendaciones para evitar quemaduras con el soldador:**

1. *Evitar tocar la punta cuando se esté usando.*
2. *No tocar la punta, resistencia o el vástago tubular, solamente por el mango, cuando se esté usando.*
3. *Cuando termine de usarlo, colóquelo en el soporte para que la punta o parte metálica del soldador no toque superficies que se puedan quemar.*
4. *Después de usarlo déle el tiempo necesario para que se enfríe y poder tocarlo en su parte metálica.*



# UNIDAD II

## INSTRUMENTOS Y APARATOS DE MEDIDA

Para probar los aparatos eléctricos y localizar las averías con rapidez y precisión, es indispensable disponer de buenos instrumentos de medida y comprobación y conocer el procedimiento a emplear en cada caso.

En esta unidad nos vamos a ocupar de los instrumentos de medida en general y del procedimiento elemental que debe seguirse para comprobar cualquier circuito eléctrico. Adelante se explica detalladamente la manera de comprobar determinados componentes del sistema eléctrico, y por último, se explica como se hace la comprobación de todo el equipo eléctrico de la máquina.

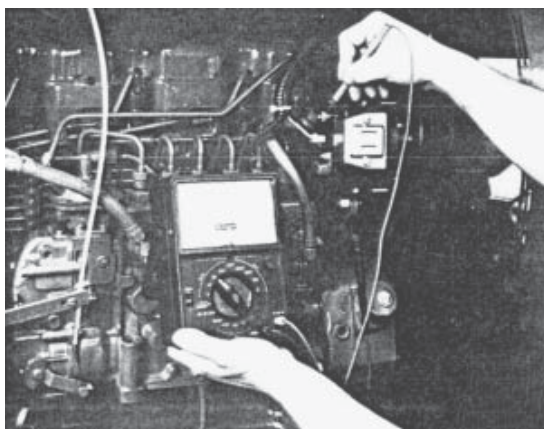


Fig. 1. Banco de prueba de aparatos eléctricos en un taller.

## EMPLEO DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Para la localización de las averías de cualquier circuito eléctrico es fundamental servirse de un instrumento de medida.

Si no se miden el voltaje, la corriente y la resistencia con aparatos de medida adecuados, lo único que se podrá hacer será suponer, con mayor o menor acierto, el tipo de avería que podría tener el circuito.

### **NOTA:**

Existen aparatos de medida en los que se combina el voltímetro, el amperímetro y el ohmetro en un sólo instrumento, como el aparato especial para comprobar la batería y el circuito de arranque.

## VOLTIMETROS

Casi todos los voltímetros son de bobina móvil. Constan de un imán permanente en forma de herradura y una bobina móvil. La corriente que atraviesa la bobina reacciona con el campo magnético y hace que la bobina gire venciendo la débil fuerza de un muelle.

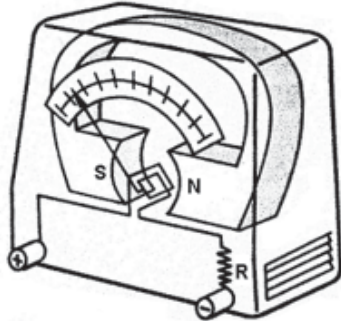


Fig. 2. Voltímetro

El ángulo de giro de la bobina es directamente proporcional a la corriente que pasa por ella, y esta corriente es proporcional, a su vez, al voltaje aplicado a las bornes del voltímetro. La aguja unida a la bobina se mueve sobre una escala calibrada en

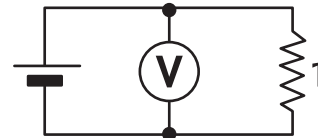
voltios, que permite hacer la lectura directa de la tensión que se quiere medir.

Por ser muy pequeña y sensible la bobina del voltímetro, tiene que limitarse a un valor muy reducido la intensidad de la corriente que la atraviesa. Para ello, todos los voltímetros llevan en su interior una resistencia en serie de la bobina. El calibrado de la escala se hace de forma que se pueda leer directamente el voltaje medido.

**La resistencia propia del voltímetro suele indicarse en la escala en ohmios por voltio.** Si la resistencia del voltímetro es de 1.000 ohmios por voltio y se está empleando la escala de 20 voltios, la resistencia interna del voltímetro será de  $1.000 \times 20 = 20.000$  ohmios.

Los voltímetros de escalas múltiples llevan un selector para poner en serie con la bobina móvil distintas resistencias, según el voltaje que se pretende medir. Para utilizar la escala de 10 voltios, por ejemplo, el selector pone en serie una resistencia de 10.000 ohmios, si el instrumento es de 1.000 ohmios por voltio.

Los voltímetros se conectan en paralelo con el voltaje que se quiere medir (Ver la figura 3). Por tener el voltímetro mucha resistencia, el ponerlo en paralelo no supone ninguna carga para el circuito y permite leer el voltaje del mismo, que no resulta afectado al conectar el voltímetro.



Voltímetros conectados en paralelo  
1. Carga

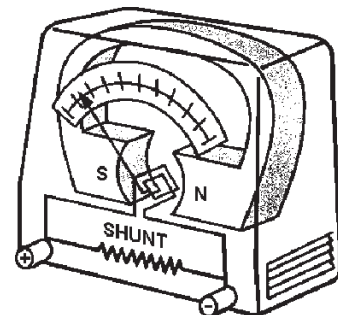
Fig. 3. Conexión del voltímetro en paralelo

## AMPERIMETROS

Un amperímetro mide en amperios el flujo de corriente eléctrica. Se usan dos tipos, de resistencia en puente y de pinzas.

### AMPERIMETRO DE RESISTENCIA EN PUENTE

Los amperímetros también suelen ser de bobina móvil y se diferencian de los voltímetros en que llevan una resistencia de bajo valor conectada en puente entre sus bornes, por dentro o por fuera del instrumento.

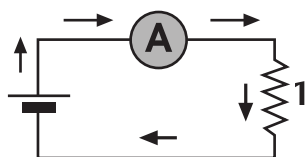


Resistencia en puente (shunt)  
Fig. 4 Amperímetro



Esta resistencia está, por lo tanto, en paralelo con la bobina móvil y es atravesada por la mayor parte de la corriente que se está midiendo, dejando que pase por la bobina del instrumento una pequeña fracción de la misma.

La escala del amperímetro está calibrada en amperios por indicar directamente la corriente total del circuito.



Amperímetros conectados en serie  
1. Carga

Fig. 5. Amperímetro se conecta siempre en serie.

Por ser el amperímetro un instrumento de muy poca resistencia, se debe conectar siempre en serie en el circuito y NUNCA en paralelo con la fuente de tensión. Si se conectara en paralelo con la fuente de tensión, como puede ser la batería, el amperímetro se averiaría inmediatamente. Por su baja resistencia no altera las características eléctricas del circuito cuando se conecta en serie y permite medir directamente la corriente que circula.

## AMPERIMETROS DE TIPO PINZAS

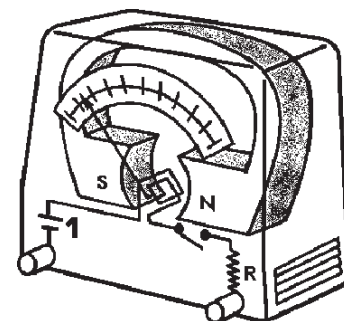
Miden el campo magnético que está alrededor del conductor que lleva la corriente. Los circuitos electrónicos del amperímetro de tipo pinzas energiza un mecanismo de bobina móvil que está calibrada en amperios para indicar la corriente en el conductor.

Los amperímetros de tipo pinzas permiten las pruebas sin desconectar cualquier alambre.

Para medir el flujo de corriente, sólo se debe abrir las pinzas y colocarlas sobre el alambre.

## OHMETROS

El ohmetro también puede ser de bobina móvil y consta, además de una resistencia, de una pila seca que lleva en su interior.



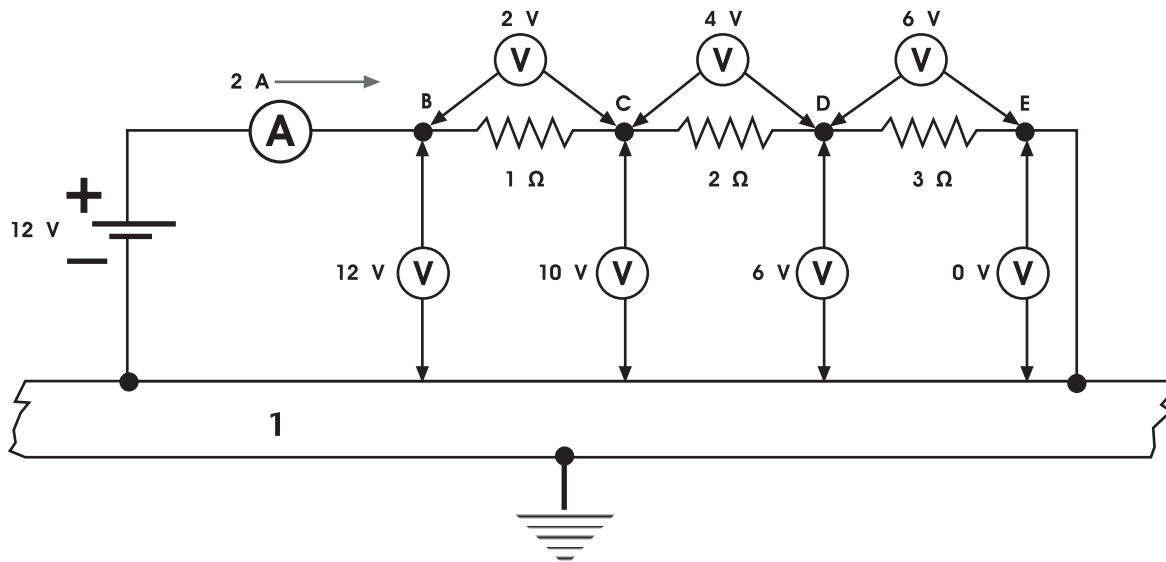
1. Pila

Fig. 6 Ohmetro

Conectando una resistencia a las bornes del ohmetro, pasa una corriente por su bobina móvil que depende del valor de la resistencia.

El valor de la resistencia interna y la escala se calculan de forma que se pueda hacer directamente en esta última la lectura del valor de la resistencia medida.

Los voltímetros no deben conectarse nunca a una fuente de tensión porque podría dañarse el mecanismo de giro de la bobina móvil.



1. Bastidor del vehículo

Fig. 7 Lecturas normales del instrumento de medida conectada para localizar puntos de interrupción del circuito, masas o cortocircuitos

## MEDIDAS ELEMENTALES DE LOS CIRCUITOS ELECTRICOS

Las medidas que se hacen en los circuitos eléctricos tienen por objeto localizar alguna de las siguientes averías más fundamentales:

- **circuito abierto**
- **masa**
- **cortocircuito**

El **circuito está ABIERTO** o interrumpido por haberse soltado un cable o aflojado una conexión, que no hace buen contacto.

Se produce una **MASA** cuando algún cable del circuito toca inadvertidamente el bastidor del vehículo.

Se habla de masa cuando el contacto entre el cobre y el hierro del bastidor o la carrocería es accidental.

**EL CORTOCIRCUITO** se produce cuando el cobre toca con el cobre, caso que puede darse cuando está rozado el aislamiento y los cables próximos se tocan.

### Análisis del circuito

Para localizar alguna de las tres averías fundamentales que puede presentar el circuito, se conectan el voltímetro y el amperímetro en los puntos indicados en la figura 7.



Si el circuito no está abierto, ni hay masas o cortocircuitos, las lecturas deben ser las que se indican al lado de cada instrumento. Si el circuito está abierto por alguna parte, el amperímetro no indicará paso de corriente.

Si está abierta la resistencia de un ohmio, un voltímetro conectado entre el punto C y masa indicará que no hay tensión ninguna.

En cambio, conectando el voltímetro entre los puntos B y C se obtendrán 12 voltios. Ello se debe a que la batería, el amperímetro, el voltímetro, la resistencia de 2 ohmios y la resistencia de 3 ohmios están todos conectados en serie.

Las resistencias de 2 y 3 ohmios apenas influyen en el circuito de alta resistencia, y al no reducir la corriente que pasa a través de la alta resistencia del voltímetro, la aguja de éste indica los 12 voltios.

Para ilustrar de otra manera la razón de esta lectura de 12 voltios, supongamos que la que está abierta es la resistencia de 2 ohmios en lugar de la de un ohmio, y que el voltímetro se conecta entre el punto C y masa. La lectura también será de 12 voltios, porque la resistencia de un ohmio que queda así en serie con el voltímetro, no afecta a la lectura de éste.

Si el circuito está abierto entre el punto E y masa, el voltímetro conectado entre los puntos B, C, D, o E y masa, indicará 12 voltios. En este mismo caso, el voltímetro conectado en puente con cualquiera de las 3 resistencias, de B a C, de C a B o de D a E no indicará tensión ninguna, porque no puede haber caída de tensión al no haber paso de corriente, como está indicando el amperímetro.

En la figura 8 puede verse lo que ocurre al cortocircuitar la resistencia de 2 ohmios. El amperímetro indicará una corriente de 3 amperios ya que:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{12}{1+3} = 3 \text{ amperios}$$

Las lecturas del voltímetro serán las que se indican. Aplicando la ley de Ohm se confirmarán estos resultados.

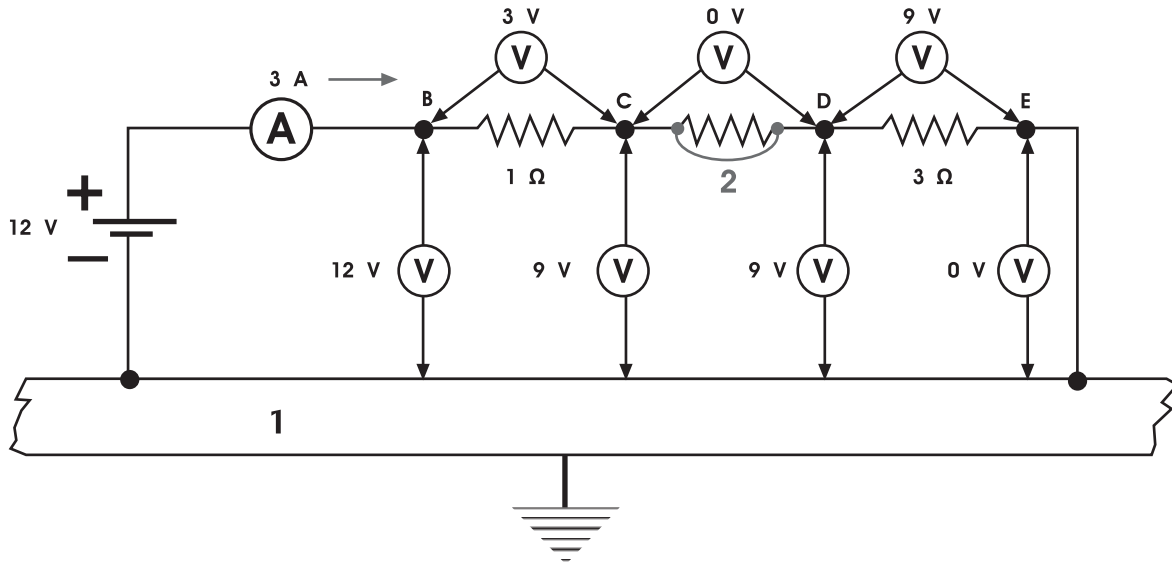
La figura 9 indica lo que ocurre al poner a masa el punto D. El amperímetro indicará una corriente de 4 amperios, ya que:

$$I = \frac{12}{3} = 4 \text{ amperios}$$

Por la resistencia de 3 ohmios no pasará ninguna corriente y los voltímetros indicarán las tensiones anotadas en la figura.

Estos ejemplos que se han puesto ilustran la manera de emplear los instrumentos de medida para localizar las averías más fundamentales de los circuitos eléctricos típicos.

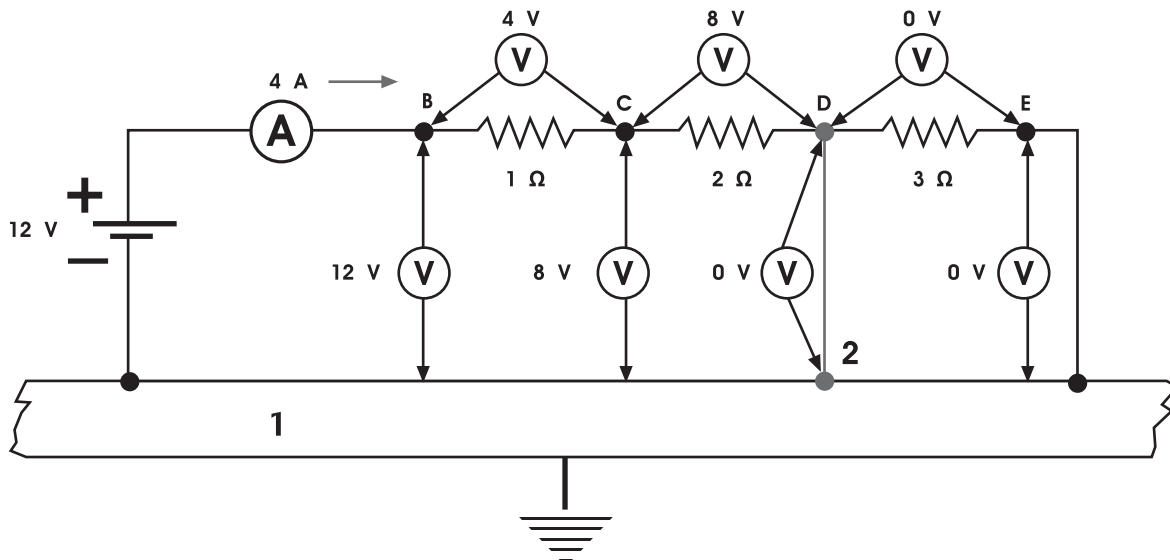
También se puede emplear un ohmetro, desconectando la batería de 12 voltios, para medir la resistencia en ohmios de cada una de las 3 resistencias.



1. Bastidor del vehículo

2. Cortocircuito

Fig. 8. Lecturas de corriente y tensión que se obtienen en un circuito eléctrico típico con la resistencia de 2 ohmios.



1. Bastidor del vehículo

2. Masa

Fig. 9. Lecturas de corriente y tensión que se obtienen en un circuito eléctrico típico, cuando el punto D hace más.



# UNIDAD III

## MAGNETISMO

El fenómeno del magnetismo se descubrió al observar que la calamita o piedra-imán, que se encuentra en la naturaleza, atraía otras piezas de hierro. (Fig. 1)

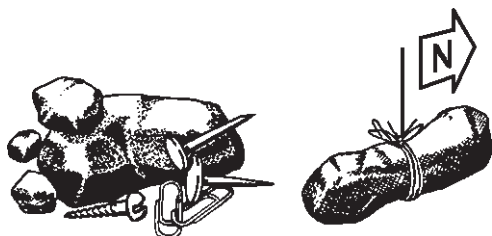


Fig. 1. Magnetismo

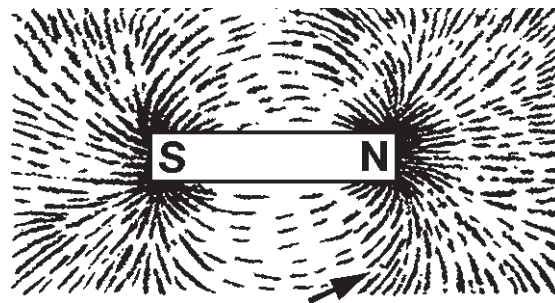
También se observó que un trozo de piedra-imán alargado, suspendido de un hilo, giraba y se orientaba siempre de forma que uno de sus extremos apuntaba al Polo Norte de la tierra. Ese extremo de la piedra-imán se llamó Polo Norte o **Polo N**, mientras el opuesto se llamó polo sur o **Polo S**. Por lo tanto, se obtuvo así lo que se llamó un **imán natural**, que fue la base de la brújula magnética que se ha venido empleando durante más de mil años como ayuda para la navegación.

## CAMPOS MAGNETICOS

El estudio más detenido del fenómeno del magnetismo permitió descubrir, por medio de limaduras de hierro, que el efecto de atracción se ejerce también a distancia. De aquí se infiere que existe una fuerza alrededor del imán. El espacio ocupado por esta fuerza que atrae las limaduras de hierro, se llama **campo magnético**.

El campo magnético se define diciendo que está formado por las líneas de fuerza invisibles que salen del polo N para entrar en el polo S.

Las líneas de fuerza del campo magnético se pueden visualizar espolvoreando limaduras de hierro sobre un papel colocado sobre una barra imantada. Sacudiendo suavemente el papel, las limaduras acaban por reproducir exactamente las líneas de fuerza del campo magnético. (Fig. 2)



Limaduras de hierro

Fig. 2. Campo magnético de una barra de imán

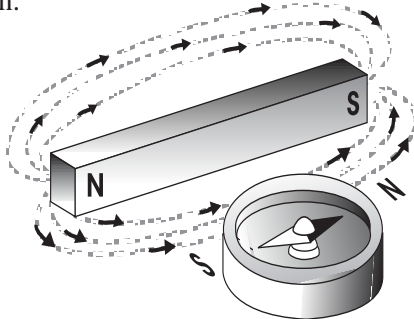
Se puede ver así que las líneas de fuerza se concentran en los polos N y S del imán, desde los que salen en todas las direcciones del espacio. El número de líneas de fuerza de cada polo es idéntico, siendo también la misma fuerza de atracción que ejerce cada uno. Obsérvese que esta fuerza de atracción es mayor donde mayor es la concentración de líneas de fuerza. En una barra imantada esta concentración es mayor en los dos polos.

Ya hemos dicho que las líneas de fuerza salen siempre del polo N y entran por el polo S del imán. La aguja de una pequeña brújula (que también es un imán) situada en un campo magnético, se orienta



paralelamente a las líneas de fuerza del campo creado por el imán grande (Fig. 3). La brújula se alinea así forzosamente porque las líneas de fuerza del campo magnético tienen que entrar por el polo S y salir por el polo N de la aguja imantada de la brújula. Vemos así también que los polos opuestos de dos imanes se atraen.

Fig. 3  
Las líneas de fuerza del campo magnético salen del polo N para ir al polo S



Para demostrar la atracción entre los polos opuestos de un imán, basta disponerlos unos frente a otros y ver como aumenta la fuerza de atracción cuando más se aproximan (Fig. 4).

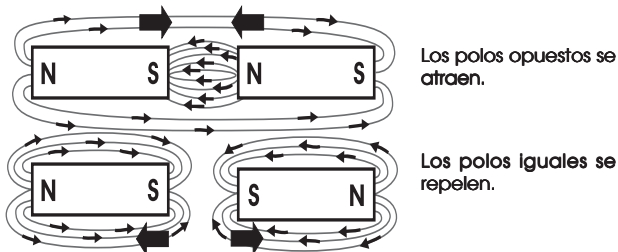


Fig. 4. Líneas de fuerza magnética entre los polos de dos imanes

Por otra parte, si se oponen los polos S de dos imanes se observa que aparece una fuerza que tiende a separarlos, tanto más intensa cuanto más se aproximan.

Estos experimentos permiten deducir una ley fundamental del magnetismo: **Los polos opuestos se atraen y los polos iguales se repelen entre sí.**

## TEORIAS DEL MAGNETISMO

Hay una o dos teorías con las que se explica perfectamente lo que es el magnetismo y el campo magnético a que da lugar.

**Según la Teoría No. 1,** el imán está formado por un gran número de pequeñas partículas imantadas o pequeñísimos imanes. Una barra de hierro sin imantar está formada por un montón de partículas caprichosamente orientadas (Fig. 5). Pero basta imantar la barra de hierro para que las pequeñas partículas magnéticas o pequeños imanes de que está formada se orientan todas en el mismo sentido, sumándose su fuerza magnética.

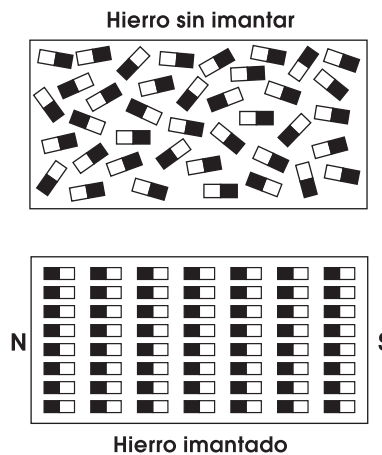


Fig. 5. Primera teoría del magnetismo  
-Las partículas se orientan-

**Según la Teoría No. 2,** el magnetismo depende de los electrones. El electrón crea un pequeño campo de fuerza al girar en su órbita y cuando todas las órbitas se orientan en el mismo sentido



dentro de la barra de hierro, se suman los efectos de todos los campos de fuerza de los electrones y la barra se convierte en imán.

El hierro es uno de los metales magnéticos más conocidos. Recuérdese, sin embargo, que existen muchos materiales no magnéticos, que no se pueden imantar de ninguna manera. Algunos de estos materiales no magnéticos son la madera, el papel, el vidrio, el cobre y el cinc.

## CONSTITUCION DE LOS IMANES

Una barra de hierro se puede convertir en un imán de varias maneras.

Uno de los procedimientos consiste en tocar la barra con otra barra imantada. La barra de hierro se imanta en este caso por inducción magnética.

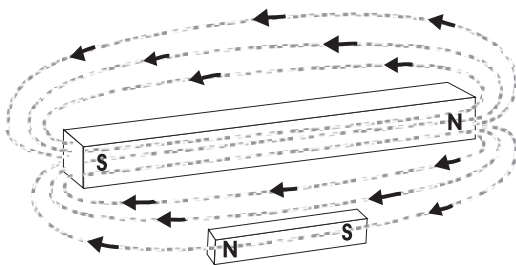


Fig. 6. Inducción magnética de una barra de hierro

Otro procedimiento consiste en poner la barra de hierro dentro de un potente campo magnético (Fig. 6).

Las líneas de fuerza que atraviesan la barra de hierro la convierten en un imán mientras permanece dentro del campo magnético. Si al sacar la barra del campo magnético continúa reteniendo una parte del magnetismo inducido en ella, se dice que ha sido permanentemente magnetizada o se ha hecho de ella un imán permanente.

Casi todos los imanes permanentes se hacen con aleaciones de metales duros, porque los metales blandos apenas retienen el magnetismo. Algunas de las aleaciones más corrientemente empleadas son las de níquel-hierro y aluminio-níquel-cobalto.

Los imanes permanentes se fabrican de formas diversas, incluida la forma de herradura, que permite concentrar las líneas de fuerza del campo entre los dos polos muy próximos. (Fig. 7)

Los imanes de este tipo se emplean mucho en voltímetros y amperímetros.

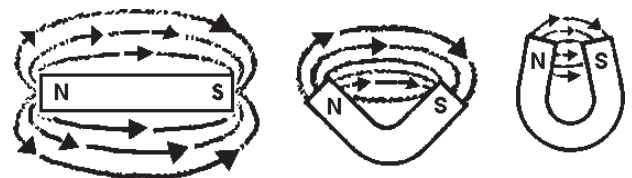


Fig. 7. Forma de obtener un imán en herradura

El procedimiento más eficaz para imantar cualquier material con objeto de obtener un imán permanente, consiste en emplear la inducción electromagnética. En el apartado siguiente nos vamos a ocupar del campo magnético creado por la corriente eléctrica, es decir, del electromagnetismo.



Fig. 8. Virutas de hierro y acero atraídas por un imán en herradura

## ELECTROMAGNETISMO

Hasta el año 1820 no se descubrió la relación que existe entre electricidad y magnetismo. Antes de aquel año se creía que el magnetismo era una propiedad de la calamita o del mineral de hierro, sin que hubiera relación alguna entre la electricidad y el magnetismo.

Con una brújula y un hilo atravesado por una corriente eléctrica se demuestra la relación que existe entre la electricidad y el magnetismo.

Aproximando la aguja del hilo, aquella se orienta en sentido perpendicular a ésta. (Fig. 9)

Como quiera que la única fuerza capaz de mover la aguja de la brújula es la fuerza magnética, se deduce lógicamente que la corriente que atraviesa el hilo engendra un campo magnético a su alrededor.



Fig. 9. La corriente eléctrica engendra un campo magnético

La forma del campo magnético engendrado por la corriente se puede hacer visible disponiendo el hilo atravesado por la corriente en la forma que puede verse en la figura 10 y espolvoreando con limaduras de hierro el rectángulo de cartón. Las limaduras de hierro se disponen, como puede verse, en círculos concéntricos al hilo.

### RESUMEN: MAGNETISMO

- *Todo imán tiene un polo N y un polo s y crea un campo de fuerza que lo envuelve.*
- *Los materiales magnéticos acusan la presencia de campo de fuerza magnético.*
- *Los polos opuestos se atraen y los polos iguales se repelen.*
- *Cualquier trozo de hierro se puede imantar por inducción magnética.*



Estos círculos están más concentrados cerca del hilo que hacia la periferia. Si bien de esta forma se representa el campo magnético en un plano, debe recordarse que las líneas de fuerza del mismo envuelven concéntricamente al hilo que conduce la corriente, en toda su longitud.

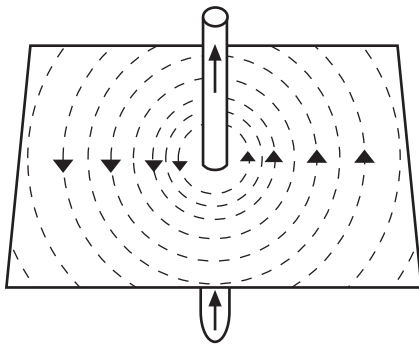


Fig. 10. Disposición de las líneas de fuerza del campo magnético engendrado por una corriente eléctrica

En la figura 11, vemos que cuando la corriente circula por el hilo en la dirección indicada por la cruz, el polo N de la aguja de la brújula apunta en una dirección. En cambio, cuando la corriente circula en el sentido opuesto, indicado por el círculo negro, la aguja de la brújula gira y apunta en la dirección opuesta también.

Como quiera que la aguja imantada se orienta siempre de acuerdo con las líneas de fuerza del campo magnético o líneas de flujo, de forma que entre por su polo S y salgan por su polo N, podemos ya sacar la siguiente conclusión:

**Las líneas de fuerza del campo magnético creado por una corriente eléctrica, cambian de sentido al invertirse el sentido en que circula la corriente eléctrica.**

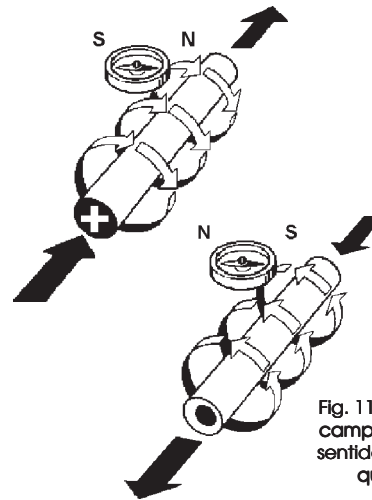


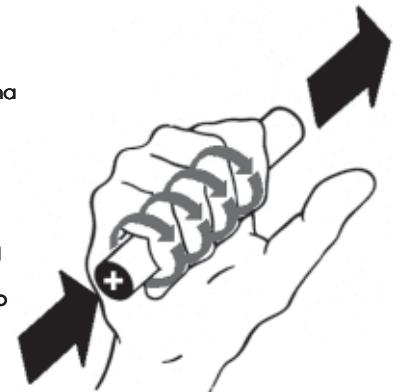
Fig. 11. Las líneas de fuerza del campo magnético cambian de sentido al cambiar el sentido en que circula la corriente

Para conocer el sentido de las líneas de fuerza alrededor del hilo conductor de la corriente, se puede emplear la regla de la mano derecha.

Para aplicar esta regla se coge el hilo con la mano derecha y el pulgar apuntando en la dirección convencional en que circula la corriente (desde el positivo hacia el negativo); los dedos de la mano que cogen el hilo apuntan en la misma dirección de las líneas de fuerza que rodean el hilo. (Fig. 12)

Regla de la mano derecha para un hilo conductor rectilíneo.

Fig. 12. La regla de la mano derecha indica el sentido de las líneas de fuerza del campo creado por la corriente que atraviesa un conductor rectilíneo.



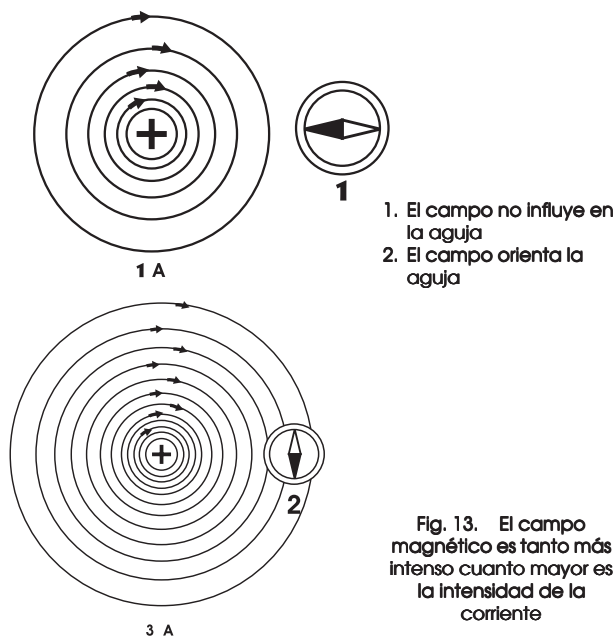


Estas líneas de fuerza están siempre en un plano perpendicular al conductor, y la aguja de la brújula confirma que se orientan en el sentido indicado por la regla de la mano derecha.

El número de líneas de fuerza o flujo magnético aumenta con la intensidad de la corriente que atraviesa el conductor.

Separando la brújula del conductor, se encuentra una distancia en la que el campo ya no influye en la aguja (Fig. 13). Pero basta aumentar la corriente para que el campo influya de nuevo en la aguja, haciendo que se oriente en el sentido de las líneas de fuerza, como puede verse en la figura.

El número de líneas de fuerza y el espacio ocupado por el campo magnético en torno al conductor, aumentan al aumentar la corriente que circula por este último.

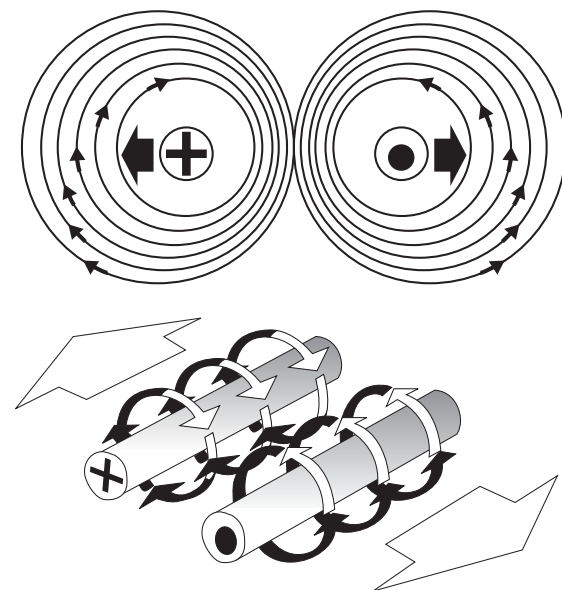


### En otras palabras:

A mayor intensidad de la corriente, mayor es la fuerza del campo magnético.

Cuando dos conductores paralelos llevan corriente que circula en sentido opuesto, se forma un campo de sentido horario en uno de los conductores, y de sentido antihorario en el otro (Fig. 14). Las líneas de fuerza están más concentradas entre los conductores que por fuera de los mismos. Las líneas de ambos campos se suman para formar un fuerte campo magnético. En estas condiciones ambos conductores tienden a separarse; de lo que se puede sacar la siguiente conclusión:

**Todo conductor atravesado por una corriente tiende a salir de un campo magnético intenso, haciéndolo hacia el campo más débil.**



Los conductores tienden a separarse  
Fig. 14. Influencia mutua de los campos magnéticos intensos creados por dos conductores



En la figura 15, se han representado dos conductores de un inducido situado entre los polos N y S de un potente imán. La corriente circula en sentido opuesto por ambos conductores. Como puede verse, se forma un campo magnético intenso y otro débil por los lados opuestos de cada conductor.

Aplicando la regla de la mano derecha, vemos que la corriente que atraviesa el conductor de arriba crea unas líneas de fuerza que por la parte inferior del conductor tiende a salirse hacia arriba, hacia la parte más débil del campo, imprimiendo un giro horario al inducido.

De modo similar, la corriente que sale por el conductor de la parte inferior crea un campo más intenso por arriba de éste y más débil por debajo, que hace que tienda a salir hacia abajo, imprimiendo un giro horario al inducido.

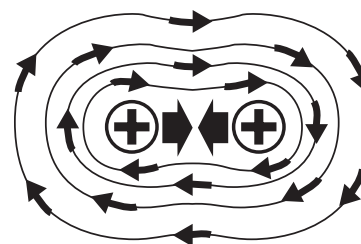
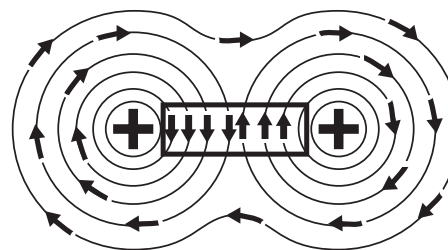
Por lo tanto, la corriente que atraviesa el asa formada por los conductores, imprime a ésta un movimiento de rotación. Este es el principio en que se basa el motor de arranque. (Fig. 15)



Principio del motor eléctrico  
Fig. 15. Principio del motor de arranque

Cuando la corriente que atraviesa los dos conductores paralelos, lo hace en ambos en el mismo sentido (Fig. 16), se produce el fenómeno opuesto al anterior. El campo magnético que rodea cada conductor tiene las líneas de fuerza orientadas en el mismo sentido horario. Entre los dos conductores las líneas de fuerza son de sentido opuesto, por lo que el campo magnético se anula. Los dos conductores tienden a aproximarse, o sea, a salir del campo magnético más intenso, hacia el más débil.

El campo magnético entre los dos conductores, se anula.



Los conductores se atraen mutuamente.

Fig. 16. Efecto sobre dos conductores próximos de la debilitación del campo magnético



Dos conductores paralelos atravesados por la misma intensidad de corriente y en el mismo sentido, crean un campo magnético equivalente al de un solo conductor atravesado por una corriente de intensidad doble. (Fig. 17)

Juntando varios conductores se aumenta la intensidad del campo magnético al sumarse las líneas de fuerza que rodean el conjunto de varios conductores.

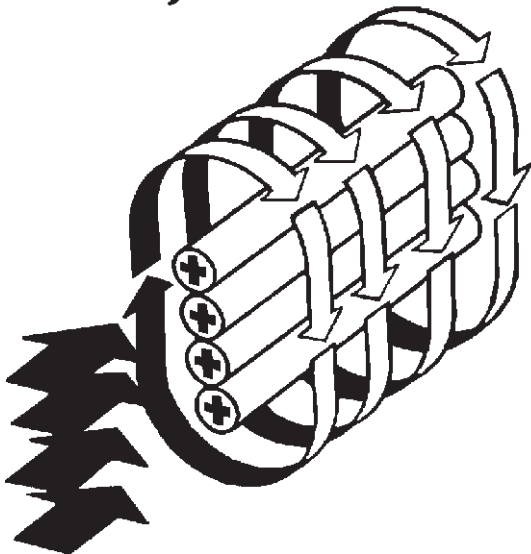
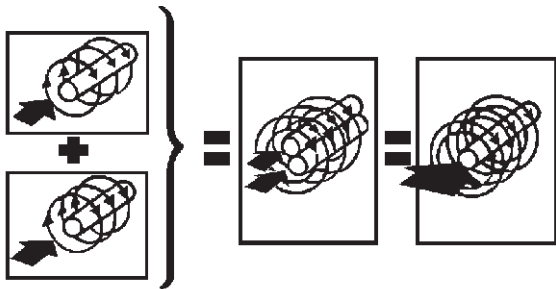
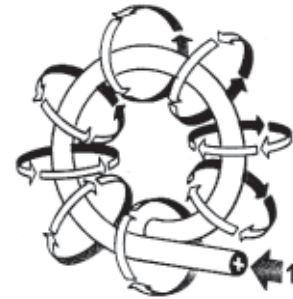


Fig. 17. Dos o más conductores adyacentes aumentan el campo magnético

Si se toma un hilo atravesado por una corriente y se forma con él una espira, continúa rodeado por un campo magnético de la misma intensidad que antes de arrollarlo (Fig. 18).



1. Sentido en que circula la corriente

Fig. 18. El conductor arrollado en una sola espira no crea un campo magnético más intenso

Aplicando la regla de la mano derecha vemos que todas las líneas de fuerza entran por un lado de la espira y salen por el otro como se indica en la figura. Las líneas de fuerza están más concentradas por dentro de la espira. Una espira de hilo atravesada por una corriente eléctrica constituye un **electroimán elemental**.

## **FUNCIONAMIENTO DE LOS ELECTROIMANES**

¿Pero, qué ocurrirá si el hilo se arrolla para hacer una bobina de cierto número de espiras, como la de la figura 19?. En este caso, el campo magnético resultante es la suma de los campos magnéticos de cada espira aislada, ya que ocurre lo mismo que cuando se juntan paralelamente varios conductores atravesados por la corriente en el mismo sentido. Como las líneas de fuerza entran por un extremo de la bobina y salen por el opuesto, en los extremos de la bobina aparecen un polo norte y polo sur, lo mismo que una barra de hierro imantada.

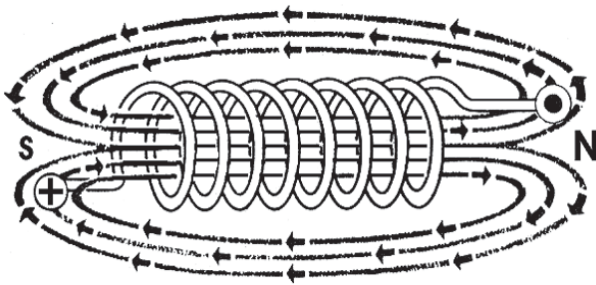
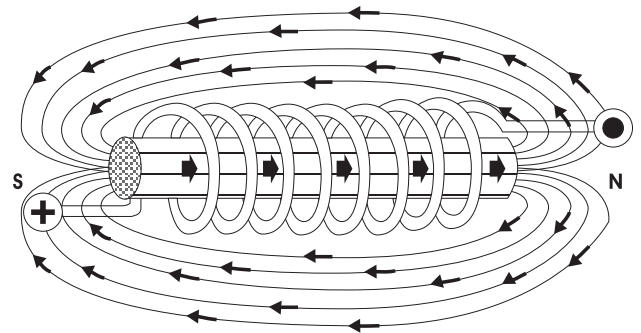


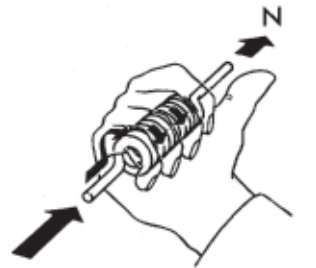
Fig. 19. Arrollando un conductor en multiples espiras se multiplica la intensidad del campo magnético



El núcleo de hierro aumenta el campo magnético

Fig. 21. Empleo de un núcleo de hierro para aumentar el campo magnético de una bobina y formar un electroimán

Para conocer la polaridad magnética de los extremos de la bobina se aplica la regla de la mano derecha para bobinas, cogiendo ésta con el dedo pulgar apuntado en la dirección en que circula la corriente. El pulgar apunta entonces al polo N de la bobina, como puede verse en la figura 20. Si se invierte el sentido de la corriente a través de la bobina, se invierte también la polaridad magnética de sus extremos.



Sentido en que circula la corriente

Fig. 20. Regla de la mano derecha para bobinas

en cambio el hierro tiene una gran permeabilidad magnética. En términos relativos, la mayor permeabilidad magnética del hierro permite aumentar en unas 2,500 veces la fuerza del campo magnético, en comparación con el aire.

La fuerza electromagnética de los polos de un electroimán es directamente proporcional al número de espiras y a la corriente en amperios que atraviesa la bobina, como se indica en la figura 22.

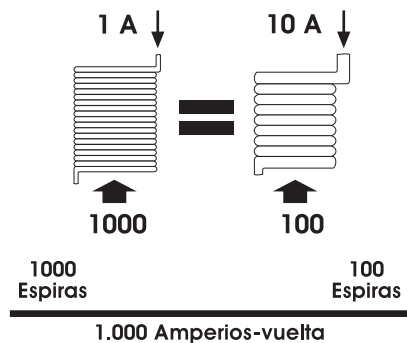


Fig. 22. La fuerza del campo electromagnético depende del número de espiras

Arrollando una bobina sobre un núcleo de material magnético como el hierro, se obtiene un electroimán práctico. (fig. 21)  
Con el núcleo de hierro se aumenta considerablemente la fuerza del campo magnético en los polos N y S. La explicación de este fenómeno es que el aire es un mal conductor para las líneas de fuerza magnéticas, y



Fig. 23. Electroimán utilizado para manipular chatarra de hierro

Un electroimán de 1,000 espiras atravesando por una corriente de un amperio y otro electroimán de 100 espiras atravesado por 10 amperios, crean un campo magnético de una fuerza de 1.000 amperios-vuelta. Cualquiera de los dos electro-imanés, es atraído con la misma fuerza.

De la misma manera que la corriente eléctrica necesita que se cierre el circuito para circular, así también se tienen que cerrar las líneas de fuerza del campo magnético. Como quiera que por el polo N salen el mismo número de líneas de fuerza que tienen que entrar por el polo S, ambos deben completar el circuito magnético.

La resistencia ofrecida al flujo magnético se llama **reluctancia**. La reluctancia es comparable a la resistencia de un circuito eléctrico.

A los circuitos electromagnéticos se les puede aplicar una fórmula similar a la de la ley de Ohm para los circuitos electrónicos. La fórmula es la siguiente:

El número de líneas de fuerza magnética es proporcional al coeficiente:

$$\frac{\text{amperios-vuelta}}{\text{reluctancia}}$$

De esta fórmula se deducen dos hechos importantes:

1) El número de líneas de fuerza o intensidad del campo magnético es directamente proporcional al número de amperios-vuelta. En un electroimán el campo es tanto más intenso cuando mayor es la corriente que lo atraviesa.

2) El número de líneas de fuerza o intensidad del campo magnético es inversamente proporcional a la reluctancia; es decir, a mayor reluctancia, menor intensidad del campo. Como quiera que casi todos los circuitos magnéticos están formados por un núcleo de hierro con un pequeño entrehierro, la reluctancia de este circuito en serie es igual a la reluctancia del hierro, más la reluctancia del aire del entrehierro.

El efecto del entrehierro en la reluctancia total de un circuito magnético, es muy acusado. Ello se debe a que el aire del entrehierro tiene una reluctancia mucho mayor que el hierro.

Para ilustrar este hecho considérese un circuito magnético con un pequeño entrehierro que tenga un flujo de 10.000 líneas de fuerza (Fig. 24). Basta doblar la anchura del entrehierro para que la reluctancia sea casi el doble, y el flujo magnético se reduzca a unas 5.000 líneas de fuerza. A pesar de que el entrehierro es un espacio muy corto en comparación con el resto del circuito magnético, basta aumentarlo de, por ejemplo, 2,5 mm a 5 mm, para que el flujo magnético se reduzca casi a la mitad.

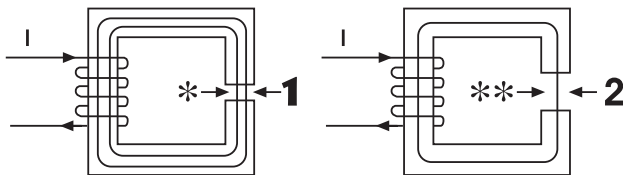


Fig. 24. Efecto del entrehierro en la reluctancia magnética de un circuito

## RESUMEN: ELECTROMAGNETISMO

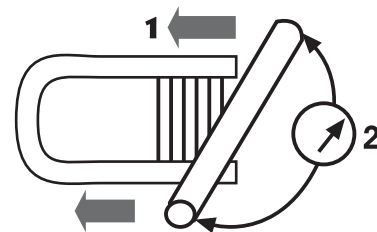
- La electricidad y el magnetismo son dos fenómenos relacionados, porque siempre que un conductor es atravesado por una corriente, se crea un campo magnético a su alrededor.
- Todo el electroimán tiene un polo N en un extremo y un polo S en el extremo opuesto del núcleo de hierro, lo mismo que una barra imantada.
- Todo campo magnético está constituido por líneas de fuerza que se cierran sobre si mismas.
- El campo electromagnético es tanto más intenso, cuanto mayor es la intensidad de la corriente que pasa por la bobina.

## INDUCCION ELECTROMAGNETICA

En todo conductor que se mueve dentro de un campo magnético, se induce una corriente eléctrica. Este es el principio de la inducción electromagnética.

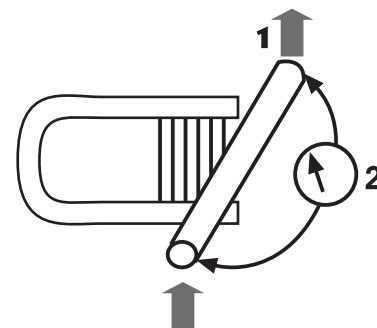
## MODO EN QUE SE INDUCE EL VOLTAJE

Para demostrar este fenómeno basta mover un conductor dentro de un campo magnético o entre los polos de un imán (Fig. 25). Conectando un voltímetro sensible a los extremos del conductor, la aguja del instrumento indicará un pequeño voltaje al mover el hilo.



1. Movimiento del conductor 2. El voltímetro indica tensión.  
Fig. 25. Manera de inducir una corriente en un conductor

En cambio, si el hilo se mueve en sentido paralelo a las líneas de fuerza del campo, no se induce en él ningún voltaje (Fig. 26). Para inducir un voltaje en cualquier conductor es indispensable que se mueva cortando las líneas de fuerza.

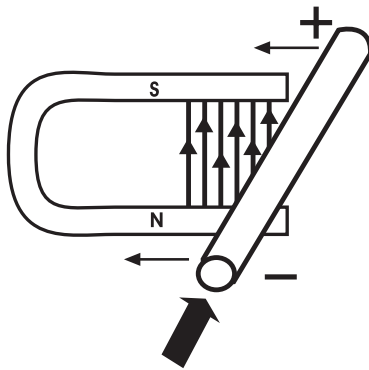


1. Movimiento del conductor  
2. El voltímetro no indica tensión  
Fig. 26. Moviendo el conductor paralelamente a las líneas del campo magnético no se induce ninguna corriente eléctrica



Al hacer este experimento hemos observado que el voltaje inducido tiene una polaridad determinada. También hemos convenido en que la corriente circula desde el terminal positivo de la fuente, a través del circuito externo, hasta el terminal negativo de la fuente. Pues bien, a diferencia de lo que ocurre con una batería, la polaridad de la corriente inducida en el hilo no es constante, porque depende del sentido en que se mueve el hilo y del sentido de las líneas de fuerza del campo magnético.

Para conocer la polaridad de la corriente que atraviesa un conductor, considérese un hilo moviéndose hacia la izquierda a través de un campo magnético, en la forma que ilustra la figura 27. Por moverse el hilo hacia la izquierda, corta las líneas de fuerza con su cara izquierda, que es en este caso su frente.



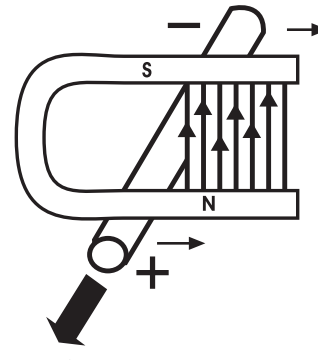
Sentido de la corriente

Fig. 27. Forma de hallar la polaridad de la corriente inducida

Por medio de la regla de la mano derecha para corrientes inducidas, se puede conocer la polaridad de la corriente y el sentido en que esta circula, de la siguiente manera: agarre el conductor con los dedos sobre el frente del hilo y apunte en el sentido de las líneas de fuerza del campo magnético. El pulgar extendido apunta en el sentido en que circula la corriente.

En la figura 27, se indica que la corriente circula hacia el papel, es decir, alejándose del lector. Esto quiere decir que la polaridad de los extremos del hilo tiene que ser la que se indica, para que se pueda cumplir la condición de que la corriente circula desde el lado positivo de la fuente, a través del circuito externo, para retornar al lado negativo de la fuente.

Al cambiar el sentido del movimiento del conductor, desplazándolo hacia la derecha, el frente del mismo está por ese lado (Fig. 28). Basta aplicar la regla de la mano derecha para comprobar que se invierte el sentido de la corriente en comparación con la figura 27. Esto quiere decir que se ha invertido la polaridad de los extremos del conductor.



Sentido de la corriente

Fig. 28. Inversión de la polaridad de la corriente inducida

Si en los experimentos anteriores movemos el campo magnético hacia la derecha mientras permanece fijo el conductor, se induce el mismo voltaje, y la corriente circula en el mismo sentido que cuando se mueve el hilo hacia la izquierda. Lo mismo vale para el campo magnético cuando se desplaza hacia la izquierda, porque en el caso anterior y en éste, el frente del conductor que



corta las líneas de fuerza del campo magnético y el sentido de estas no han cambiado. De aquí se llega a la conclusión siguiente: En todo conductor se induce un voltaje siempre que corta las líneas de fuerza de un campo magnético en un movimiento relativo entre ambos. Puede moverse el conductor o puede ser el campo magnético el que se mueve.

## MAGNITUDES DEL VOLTAJE INDUCIDO

Ahora que ya sabemos de que depende la polaridad del voltaje inducido en un hilo, veamos que factores son los que determinan la magnitud del voltaje inducido (Fig. 29). Estos factores son los siguientes:

1. La fuerza del campo magnético.
2. La velocidad con que el conductor corta las líneas de fuerza.
3. El número de conductores que cortan las líneas de fuerza.

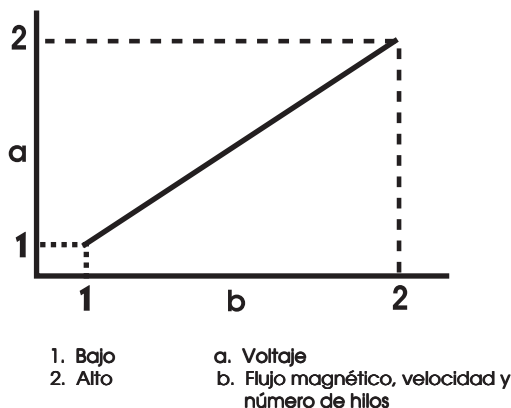


Fig. 29. Factores que determinan la magnitud del voltaje inducido

Si el flujo magnético es más intenso, es decir, si el electroimán tiene más fuerza, el conductor cortará más líneas en la unidad de tiempo y el voltaje inducido será más alto.

Si el movimiento relativo entre conductor y campo magnético se acelera, también cortará más líneas de fuerza en la unidad de tiempo y se inducirá un voltaje más alto.

Si el hilo se arrolla en forma de bobina, todas las espiras están en serie, por lo que el voltaje inducido será la suma de los voltajes inducidos en cada una de las espiras.

## EN RESUMEN

- *Más flujo magnético = voltaje más alto inducido.*
- *Movimiento relativo más rápido = voltaje más alto.*
- *Mayor número de conductores = más voltaje.*

## MÉTODOS PARA INDUCIR CORRIENTES

La inducción electromagnética puede aprovecharse de las tres maneras siguientes:

- **Para generar corriente**
- **En autoinducción**
- **En inducción mutua**

Veamos en que consiste cada uno de estos tipos de inducción.



## Generación de corriente

El generador de corriente continua consiste en unas espiras de hilo que giran dentro de un campo magnético estacionario.

Veamos como funciona el generador de corriente continua más elemental, consistente en una espira de hilo que gira entre los polos N y S de un campo magnético fijo. (Fig. 30)

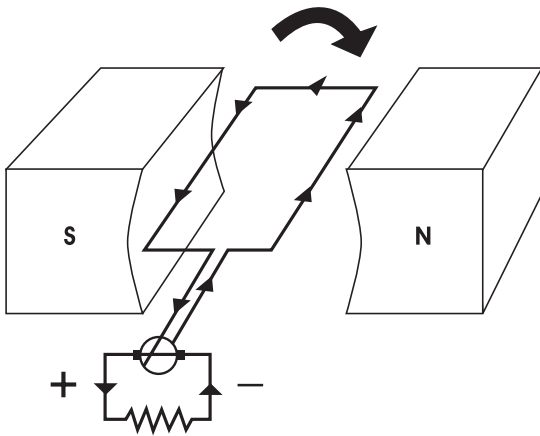


Fig. 30. Generador de corriente continua elemental

Aplicando la regla de la mano derecha para corrientes inducidas a las dos ramas de la espira, se comprueba que la corriente circula en la dirección que indican las flechas de la figura, apareciendo un voltaje entre las dos delgas del colector a que se han conectado los extremos de la espira. La corriente la toman de las delgas dos escobillas y circula por la carga exterior, teniendo el voltaje de polaridad indicada en la figura.

En los generadores de corriente alterna o alternadores, el campo magnético gira dentro de unos conductores estacionarios, en los que induce voltaje y corriente.

En la figura 31 se ha representado un generador elemental de corriente alterna, con un imán que gira dentro de una espira de hilo fija.

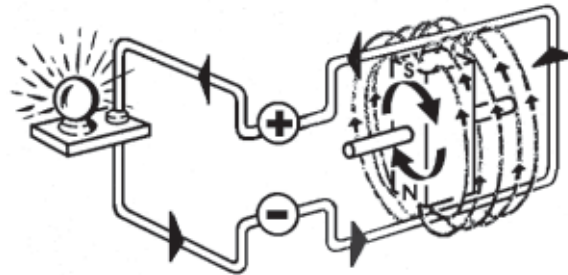


Fig. 31. Alternador elemental

Aplicando la regla de la mano derecha y con el campo magnético en la posición representada en la figura, la corriente inducida en la espira circulará en el sentido que indican las flechas y con la polaridad que también se indica.

Por lo que, tanto si se mueve el conductor, como si se mueve el campo, **se genera un voltaje**, siendo este principio el que se aprovecha en dínamos y alternadores.

## Autoinducción

La autoinducción es el fenómeno por el que se autoinduce un voltaje en un hilo cuando varía la corriente que lo atraviesa.

Hasta ahora nos hemos servido de un campo magnético separado, como puede ser un imán, para inducir corriente en un conductor. La autoinducción



no precisa de ningún campo magnético independiente; en el campo magnético cambiante lo crea la variación de la corriente a través del propio conductor, con lo que induce un voltaje en el que, en este caso, se dice que es **autoinducido**.

La razón de que se induzca un voltaje en un conductor al cambiar la corriente que lo atraviesa es la siguiente: la corriente crea un campo magnético de líneas de fuerza concéntricas alrededor del conductor, que se expande o contrae al aumentar o disminuir la intensidad de la corriente. Más, como estos círculos magnéticos cortan el conductor, inducen en él un voltaje. En efecto se cumple la condición necesaria de que entre el campo y el conductor haya movimiento relativo.

### Autoinducción de una bobina

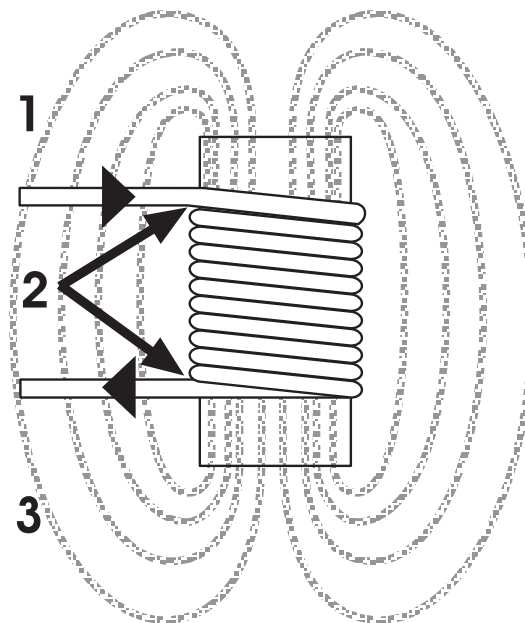
Tomemos un hilo bobinado a espiras juntas sobre un núcleo de hierro (Fig. 32). Al aumentar la corriente a través de una espira, la expansión del campo magnético cortará algunas o todas las espiras más próximas, induciendo en ellas un voltaje. Estas bobinas con núcleo de hierro se suelen llamar **inductancias** y tienen la propiedad de poderse inducir en ellas un sobrevoltaje variando la corriente.

#### Polaridad del voltaje inducido en una bobina

Empezaremos por hacer una afirmación sobre la polaridad del voltaje que aparece por autoinducción en un conductor o en una bobina, para explicarla a continuación.

La polaridad del voltaje inducido es tal, que se opone a todo cambio de la corriente que lo produce.

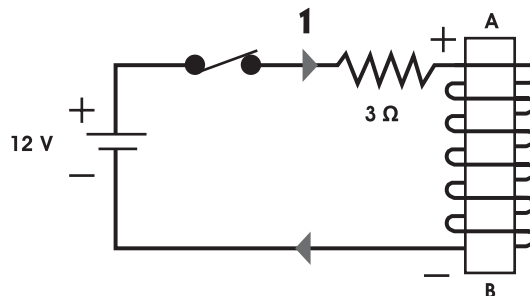
“Cambio de la corriente” quiere decir que ésta aumenta o disminuye de intensidad.



1. Corriente cambiante
2. Voltaje Inducido
3. Campo magnético cambiante

Fig. 32. Autoinducción de una bobina

En la figura 33 se ha dibujado un circuito con una bobina (inductancia).



1. Aumento de la corriente

Fig. 33. Autoinducción en un circuito al aumentar la corriente



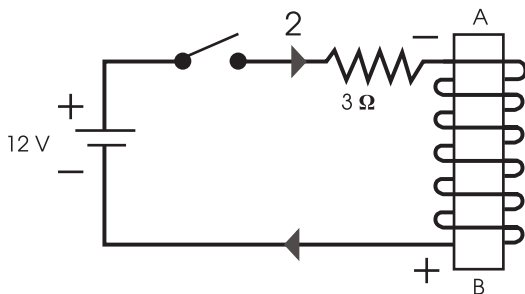
Al cerrar el interruptor, la corriente aumenta desde cero hasta su valor máximo, que vamos a suponer que es de 4 amperios. Mientras la corriente aumenta de intensidad se induce un voltaje en la inductancia que se opone a que aumente la corriente; la propia inductancia se convierte en una fuente de voltaje que intenta evitar el aumento de la corriente a través del circuito.

Para oponerse al aumento de la corriente, la inductancia genera un voltaje opuesto al de la batería, es decir positivo en el punto A y negativo en el punto B. El voltaje inducido se opone al cambio de la corriente; o sea, que el voltaje inducido intenta mantener la situación de reposo, en que no circula la corriente de la batería, en el momento de cerrar el interruptor.

La polaridad del voltaje inducido es, por lo tanto, la que indica la figura.

Sin embargo, la batería acaba por vencer la autoinducción y mantener una corriente continua de 4 amperios de intensidad.

Al abrir el interruptor (Fig. 34) la corriente disminuye de 4 amperios a cero. Este cambio de la corriente induce un voltaje en la bobina, que también ahora, trata de mantener la corriente inalterada.



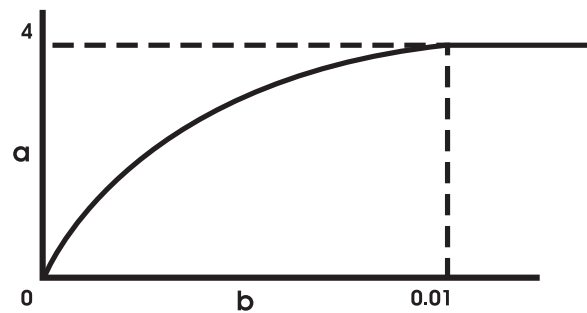
2. Disminución de la corriente

Fig. 34. Autoinducción en un circuito al disminuir la corriente

La polaridad del voltaje inducido en la bobina tiene que ser la que se indica en la figura, ya que la bobina intenta seguir entregando corriente en la misma dirección en que la estaba haciendo circular la batería. Intenta mantener la misma corriente de 4 amperios, siendo esta la causa de que se forme un arco al abrir el interruptor.

Obsérvese que la polaridad del voltaje inducido para cualquier sentido en que circule la corriente, depende de que ésta aumente o disminuya. Por ejemplo:

	Voltaje Inducido	
	A	B
Aumento de la corriente (Fig. 33)	+	-
Disminución de la corriente (Fig. 34)	-	+



a. Corriente en amperios      b. Tiempo en segundos

Fig. 35. Retardo producido por el voltaje inducido

Aunque el voltaje inducido se oponga a todo cambio de la intensidad de la corriente, el voltaje de la batería y el interruptor abierto o cerrado llegan a establecer una corriente constante. Sin embargo, el voltaje inducido retrasa el momento en que la corriente alcanza su valor definitivo después de abrir o cerrar el interruptor. (Fig. 35)



Consideremos primero el caso del cierre del interruptor. Por la autoinducción de la bobina, la corriente alcanza lentamente su intensidad máxima de 4 amperios. Al alcanzar esta intensidad ya no varía el campo magnético que crea, no se induce ningún voltaje y la resistencia de carga es la única determinante de la intensidad de la corriente. Aplicando la ley de Ohm al circuito representado en la figura tendremos: **4 amp. =  $\frac{12 \text{ voltios}}{3 \text{ ohmios}}$**

En toda inductancia atravesada por una corriente hay cierta cantidad de energía almacenada. Esta energía es directamente proporcional a la intensidad de la corriente y al valor de la inductancia, que se representa por la letra **L**. La inductancia de una bobina depende, principalmente del número de espiras que tenga, de la separación entre espiras y de la calidad magnética de su núcleo. La energía almacenada en una inductancia se obtiene por la siguiente fórmula:

$$\text{Energía de la inductancia} = \frac{\text{Inductancia} \times \text{corriente} \times \text{corriente}}{2} = \frac{L \times I \times I}{2}$$

Por esta fórmula se ve que cuanto mayor es la inductancia y la corriente, más energía queda almacenada en la bobina.

### Aprovechamiento de la autoinducción en las bobinas de encendido

Los sistemas de encendido por bujías de los automóviles aprovechan la energía almacenada en el primario de la bobina de encendido. Al separarse los platinos, la corriente se reduce repentinamente a cero y de la fórmula anterior se deduce que la energía

almacenada en el primario también se reduce bruscamente a cero. Una parte de esta energía se transfiere por inducción mutua al secundario de la bobina de encendido, y esta energía es la que se disipa en forma de arco entre los electrodos de la bujía.

En el circuito de encendido tiene mucha importancia el retardo introducido por la auto-inducción de la bobina al cerrarse los platinos.

En efecto, si el retardo en alcanzar la máxima corriente es tal que los platinos se abren antes de alcanzarse aquella, no se almacena toda la energía posible en la bobina de encendido y la chispa es más pobre.

Aunque la autoinducción de la bobina no cause más que un retardo de una fracción de segundo, este puede ser demasiado largo en comparación con el tiempo que permanecen cerrados los platinos.

### Inducción mutua

Si el flujo magnético cambiante creado por la corriente que atraviesa una bobina, corta las espiras de una segunda bobina, induce en ésta un voltaje.

La inducción de un voltaje en una bobina por el cambio de la corriente en otra se llama **inducción mutua**.

### Inducción mutua entre bobinas

En la figura 36 se ilustra el principio de la inducción mutua, con una bobina en el secundario (línea negra), arrollada sobre un núcleo de hierro, y otra bobina en el primario (línea gris), arrollada sobre el secundario.

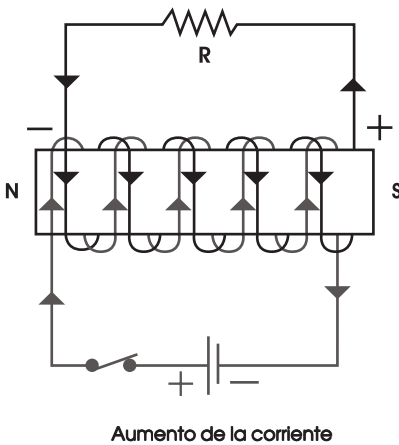


Fig. 36. Inducción mutua entre el primario y el secundario de una bobina.

Al cerrar el interruptor aumenta la corriente en el primario y la expansión de las líneas de fuerza magnéticas corta las espiras del secundario, induciendo en él un voltaje.

Análogamente, al abrir el interruptor, el cese brusco de la corriente que atraviesa el primario induce un voltaje en el secundario. La bobina secundaria (línea negra) se convierte en fuente de voltaje y hace pasar una corriente por la resistencia R.

### Polaridad del voltaje inducido en el secundario de una bobina

Hay diferentes maneras de hallar la polaridad del voltaje inducido en el secundario de una bobina.

Uno de los métodos más sencillos consiste en observar el sentido de la corriente en el primario y tener en cuenta que el sentido de la corriente en el secundario tiene que ser tal, que se oponga a cualquier cambio de la corriente en el primario. Por lo tanto, cuando la

corriente aumenta en el primario, la corriente del secundario tiene que circular en sentido opuesto con objeto de oponerse al aumento, siendo la polaridad del voltaje la que se indica en la figura 36.

En cambio, cuando la corriente del primario disminuye, la corriente del secundario tiene que circular en el mismo sentido alrededor del núcleo, para oponerse al cambio; es decir, intentando impedir que cambie la densidad del flujo que atraviesa el núcleo. En este caso la polaridad es la que se indica en la figura 37.

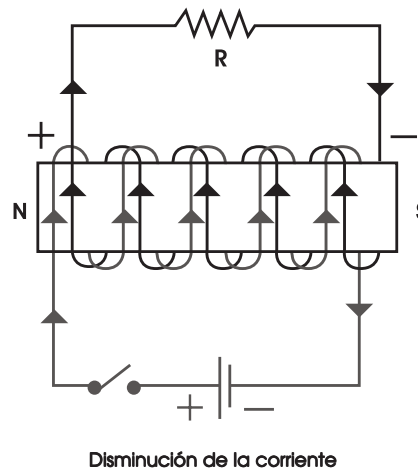


Fig. 37. Polaridad de las corrientes en las dos bobinas cuando disminuye la corriente del primario

Otro método para conocer la polaridad del voltaje inducido en el secundario, consiste en aplicar la regla de la mano derecha para corrientes inducidas. Tomando una sección longitudinal de la bobina, al aumentar la corriente que atraviesa el primario, las líneas de fuerza circulares del campo magnético creado por la corriente se expanden y tocan los hilos del secundario por la cara de arriba.



Empleando la regla de la mano derecha para corrientes inducidas, vemos que el sentido de éstas tiene que ser el que se indica en las figuras 38 y 39.

Como se ha dicho antes, la corriente circula por ambos bobinados en sentidos opuestos alrededor del núcleo, cuando la corriente primaria aumenta. (Fig. 38)

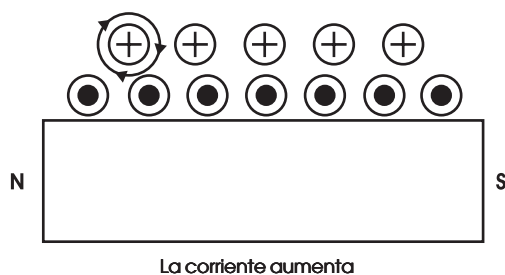


Fig. 38. Determinación de la polaridad del voltaje inducido en el secundario cuando la corriente aumenta.

Cuando la corriente primaria disminuye (Fig. 39), las líneas circulares de fuerza tocan las espiras del secundario por la cara inferior y la corriente circula en el mismo sentido alrededor del núcleo por el primario y por el secundario. La polaridad del voltaje queda determinada por los puntos de salida y entrada de la corriente.

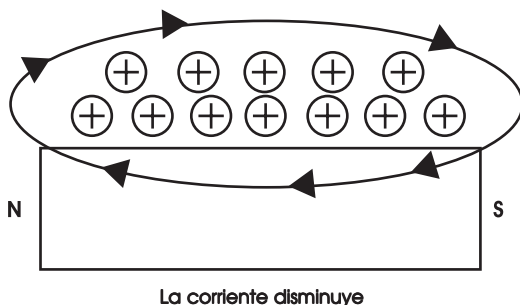


Fig. 39. Determinación de la polaridad del voltaje inducido en el secundario cuando la corriente disminuye

La magnitud del voltaje inducido en el secundario depende de las espiras del primario y del secundario. La bobina de encendido de los motores de explosión aprovecha la inductancia mutua entre los arrollamientos primario y secundario.

## RESUMEN: INDUCCION ELECTROMAGNETICA

- *Moviendo un conductor a través de un campo magnético se induce en él una corriente.*
- *El conductor tiene que cortar las líneas de fuerza del campo, y no ha de moverse paralelamente a las mismas.*
- *El conductor y el campo se tienen que mover en relación mutua.*
- *Mayor velocidad = mayor voltaje.  
Más conductores = más voltaje.  
Más fuerza magnética = más voltaje.*
- *Tres modos de inducir voltajes: por el movimiento, por autoinducción y por inducción mutua.*
- *El voltaje inducido por movimiento se emplea en dínamos y alternadores.*
- *La autoinducción crea su propio voltaje al cambiar la corriente (como ocurre en el primario de las bobinas de encendido).*
- *La inducción mutua tiene lugar cuando el cambio de la corriente en una bobina, induce un voltaje en una segunda bobina (como entre los dos arrollamientos de las bobinas de encendido).*



## CIRCUITOS DE CARGA

El circuito de carga cumple dos funciones:

- **Carga de batería**
- **Entrega corriente durante el trabajo**

Hay dos tipos de circuito de carga:

- **Circuitos de carga por dínamo**
- **Circuitos de carga por alternador**

En ambos circuitos se generan corrientes alternantes, diferenciándose uno de otro únicamente por el modo de rectificar esta corriente para convertirla en corriente continua (c. c.)

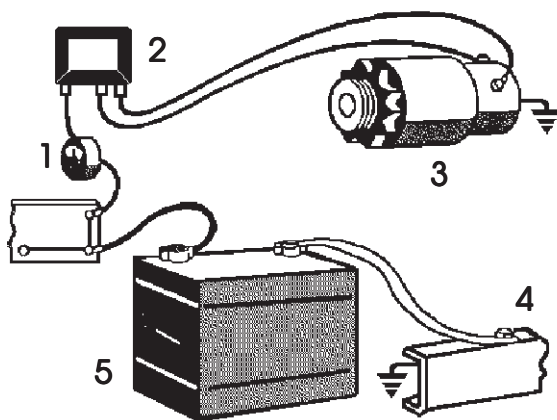
## LOS CIRCUITOS DE CARGA POR DINAMO

Transforman la corriente alternante en corriente continua por medio del colector del inducido y llevan un regulador. (Fig. 40)

La corriente la recogen las escobillas aplicadas sobre el colector y pasa a través del regulador.

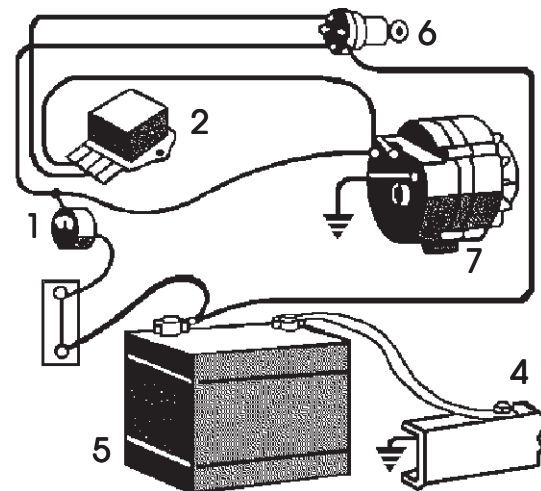
El regulador cumple tres funciones en este tipo de circuitos:

- 1) Abre y cierra el circuito de carga;
- 2) evita que la batería se cargue demasiado y
- 3) limita la tensión de salida de la dínamo.



Circuitos de carga por dínamo

- |                |            |
|----------------|------------|
| 1. Amperímetro | 4. Masa    |
| 2. Regulador   | 5. Batería |
| 3. Dínamo      |            |



Circuitos de carga por alternador

- |                      |
|----------------------|
| 6. Llave de contacto |
| 7. Alternador        |

Fig. 40. Dos tipos de circuitos de carga



## LOS CIRCUITOS DE CARGA POR ALTERNADOR

Transforman la corriente alternante en corriente continua por medio de diodos rectificadores y llevan también un regulador. (Fig. 40)

El alternador produce corriente alterna sinusoidal, que se rectifica por medio de diodos. Los alternadores suelen ser de tamaño más reducido que el dínamo para una misma potencia de salida, y son capaces de producir mayores intensidades de corriente con el motor menos revolucionado.

**El regulador** de los circuitos de carga por alternador limita el voltaje de éste a un valor preestablecido. En los modernos circuitos de carga se emplean reguladores totalmente transistorizados.

## FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CARGA

Todos los circuitos de carga trabajan de tres modos distintos:

- Durante el arranque del motor, la batería es la única que entrega corriente a la carga.
- Durante los momentos de máximo consumo de corriente, la batería suplementa la corriente entregada por el dínamo.
- En trabajo normal, el dínamo suministra toda la corriente que se consume y recarga la batería.

En ambos tipos de circuitos de carga la batería es la primera en activarlo para poder arrancar el motor. Una vez en marcha el motor, éste hace girar el dínamo o el alternador que producen la corriente necesaria para el encendido, las luces y las cargas accesorias de todo el sistema.

En los momentos de máximo consumo, en que la carga es excesiva para el dínamo o el alternador, la batería entrega también corriente al sistema.

Por lo tanto, una vez está en marcha el motor, es el dínamo o el alternador el que realiza todo el trabajo, que consiste en suministrar corriente a todo el sistema eléctrico.

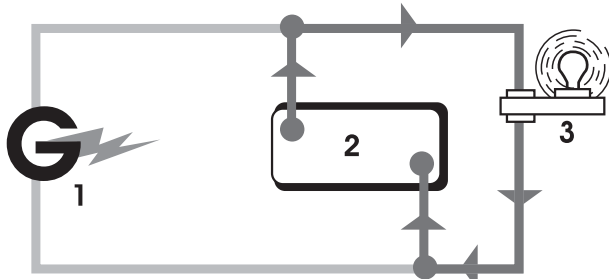
El dínamo produce esta corriente mientras el motor está acelerado. Cuando el motor se deja en marcha lenta o se para, la batería continúa entregando la misma corriente que entregaba antes el dínamo.

En la figura 41, que se presenta en la página siguiente, se ilustra esquemáticamente los tres modos diferentes en que puede trabajar el circuito de carga.

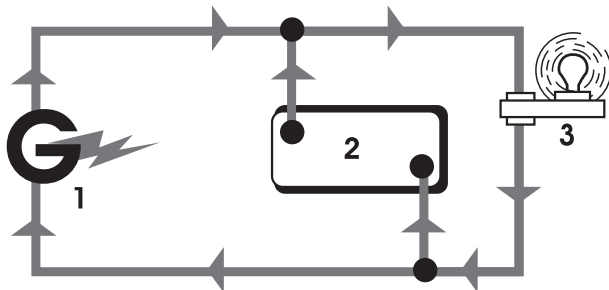
**En el esquema de arriba se indica la circulación de la corriente en el momento de arrancar el motor.**

**En el esquema del centro se indica la circulación de la corriente en el momento en que una gran carga consume toda la corriente del dínamo y una parte de la del acumulador.**

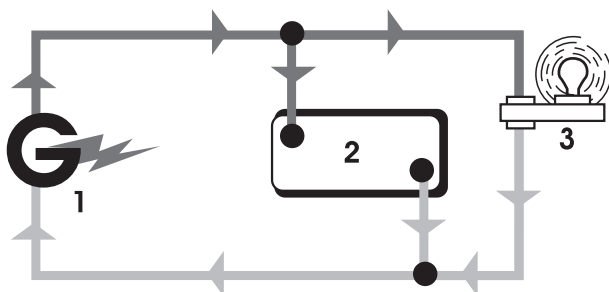
**En el esquema inferior se indica la circulación de la corriente durante el trabajo normal en que el dínamo, además de suministrar toda la corriente para la carga, recarga la batería.**



La batería suministra toda la corriente



El dínamo y la batería suministran conjuntamente la corriente



El dínamo suministra toda la corriente y carga la batería

1. Dínamo    2. Batería    3. Carga

Fig. 41. Tres modos de trabajar el circuito de carga

En esta unidad vamos a estudiar cada uno de los dos sistemas de carga que hemos citado, empezando por los circuitos de carga por dínamo.

## **DINAMO**

El dínamo es el corazón del circuito de carga por dínamo.

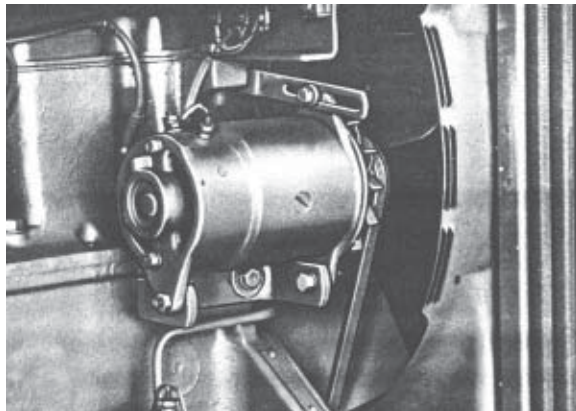


Fig. 42. Dínamo

## **FUNCIONAMIENTO DEL DINAMO**

El dínamo produce energía eléctrica por inducción electromagnética.

Por lo tanto, lleva un conductor de corriente que corta las líneas de fuerza de un campo magnético estacionario.

Construyamos un dínamo elemental y veamos como funciona.



Este dínamo elemental consta de dos partes (Fig. 43):

- **Un inducido: Formado por una espira de hilo que gira (el conductor)**
- **Los polos magnéticos: Campo magnético estacionario.**

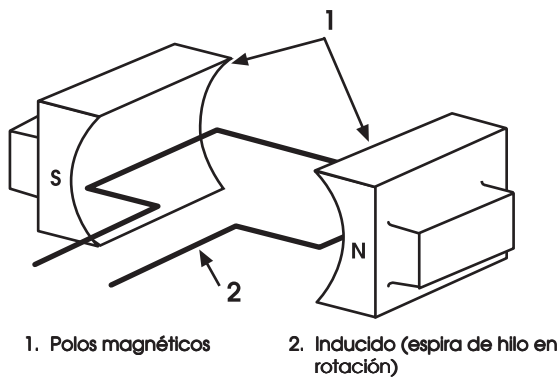


Fig. 43. Elementos de que se compone el dínamo

Pongamos ahora en movimiento este dínamo elemental (Fig. 44).

Al girar el inducido cortando las líneas de fuerza del campo magnético, se produce una corriente.

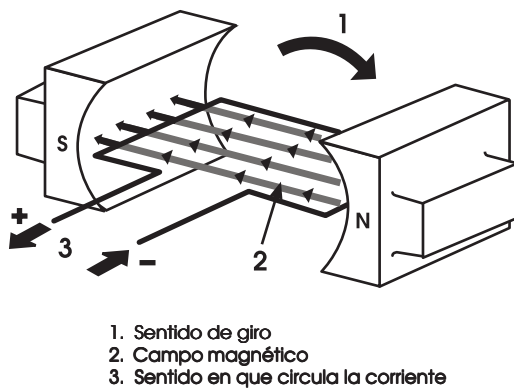


Fig. 44. Corriente Inducida en la espira

Aplicando la regla de la mano derecha vemos que la corriente sale hacia nosotros por el lado izquierdo de la figura 44 y se aleja de nosotros entrando por el lado derecho.

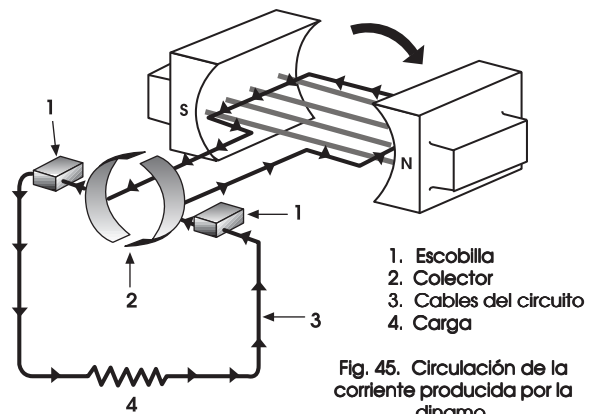
De acuerdo con lo convenido, esto significa que el extremo izquierdo de la espira que constituye el inducido se hace positivo, mientras que el extremo derecho es el negativo.

Para que la corriente pueda circular, tenemos que añadir tres elementos más. (Fig. 45)

Los extremos de la espira los conectamos a dos medios anillos que forman el colector.

Sobre este colector aplicamos dos escobillas de las que salen los cables que llevan la corriente a la carga.

De esta forma queda cerrado el circuito eléctrico y la corriente puede circular.



Para conseguir una mayor intensidad de corriente, tenemos que añadir a nuestro dínamo algo más. (Fig. 46)

Los polos de imán crean un campo magnético débil, con lo que el voltaje inducido es muy bajo.

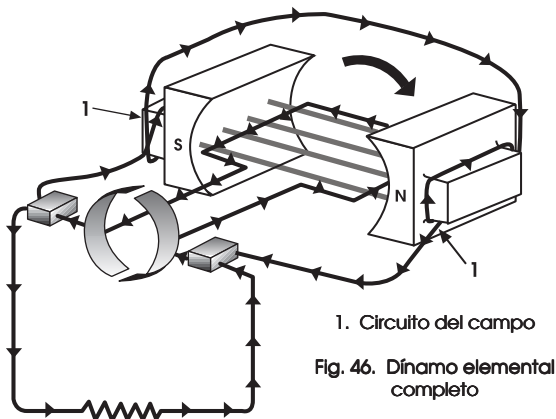
Para hacer más fuerte el campo magnético arrollamos



un conductor alrededor de cada polo magnético en la forma en que ilustra la figura 46.

Los extremos de hilo arrollados sobre los polos del dínamo se conectan a las escobillas. De esta forma, la corriente producida por el dínamo refuerza el campo magnético. Por eso se llama **arrollamiento de campo del dínamo**.

Con ello ha quedado completo nuestro dínamo elemental.



## RECTIFICACION DE LA CORRIENTE ALTERNANTE PRODUCIDA POR EL DINAMO

Nuestro dínamo produce en realidad una corriente alternante debido a que, al girar la espira, **se invierte** cada vez la polaridad de la corriente inducida en el. (Fig. 47)

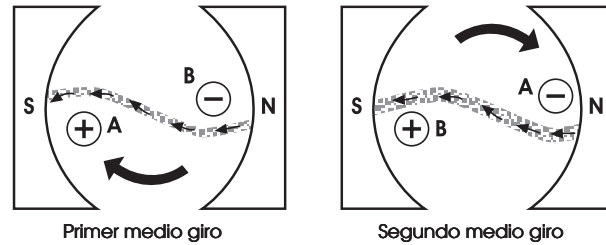


Fig. 47. Cambio de la polaridad por el medio giro de la espira

Durante el primer medio giro, la parte de arriba del conductor **A** corta primero las líneas de fuerza del campo magnético, mientras que por el lado contrario el conductor **B** las corta primero por su parte inferior. Empleando la regla de la mano derecha vemos que la corriente “entra” por **A** y “sale” por **B** lo que, de acuerdo con lo convenido, quiere decir que el punto **A** es positivo y el punto **B** negativo.

Durante la segunda mitad del giro, es la parte de arriba del conductor **B** la primera en cortar las líneas de fuerza por el otro lado, las corta primero la parte inferior del conductor **A**. Si aplicamos ahora la regla de la mano derecha vemos que en este momento **B** es positivo y **A** negativo.

Por lo tanto, la polaridad de los extremos de la espira que gira se invierte a cada revolución.

**Resultado: Se genera una corriente alternante.**

¿Cómo se puede transformar esta corriente alternante en corriente continua?

El colector es el elemento encargado de que la corriente circule siempre en el mismo sentido a través de la carga. (Fig. 48)

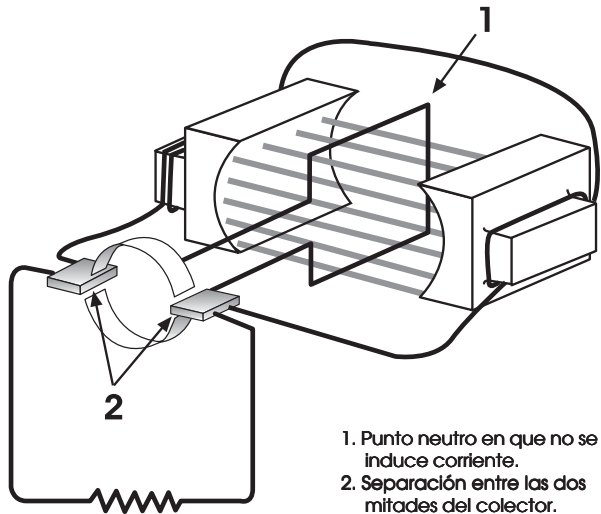


Fig. 48. Transformación de C. A. en C. C. por el colector del dínamo

En cada giro completo, la espira inducida pasa dos veces por una posición vertical a las líneas de fuerza del campo magnético. En esos dos momentos el conductor no corta líneas de fuerza magnéticas y no se induce corriente en él. **Es el punto neutro.**

El colector consiste en dos medios anillos separados precisamente en el punto que coincide con la posición neutra de la espira inducida. Esto significa que en ese momento la escobilla pasa de un medio anillo del colector al otro. Por lo tanto, el colector se encarga de invertir la corriente que toman las escobillas cada vez que se invierte la polaridad de la corriente inducida en la espira.

**Resultado: Las escobillas toman corriente continua.**

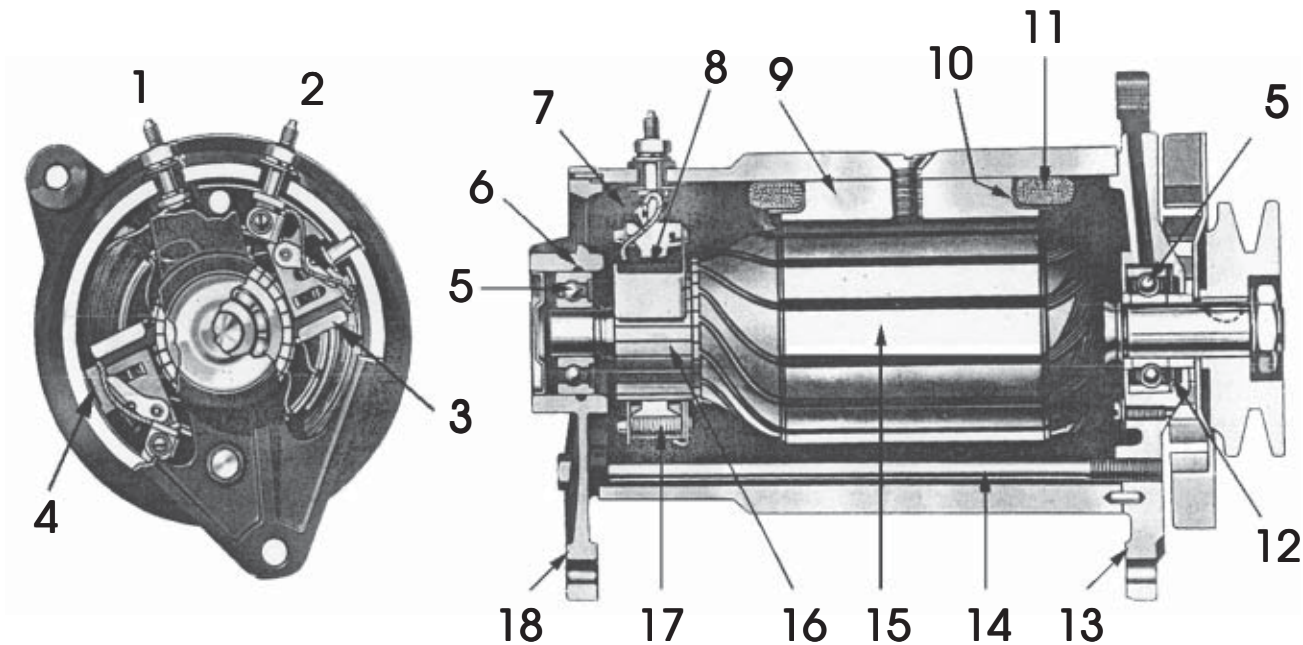
Esta es la forma en que el dínamo transforma una corriente alternante en corriente continua. Son tres los factores que determinan la cantidad de corriente producida:

1. La **fuerza** del campo magnético.
2. El **número** de conductores del inducido.
3. La **velocidad** de giro.

## RESUMEN: FUNCIONAMIENTO DEL DINAMO

- *Moviendo un conductor a través de un campo magnético se tiene un dínamo elemental.*
- *El dínamo elemental consta de un inducido (que gira) y polos magnéticos (fijos).*
- *El circuito se cierra a través del colector y las escobillas.*
- *Los arrollamientos de campo aumentan la fuerza de los polos magnéticos.*
- *El colector convierte la corriente alternante en corriente continua.*

Veamos ahora con más detalle la construcción de un dínamo práctico.



- 1. Terminal del campo
- 2. Terminal del Inducido
- 3. Portaescobillas aislado
- 4. Portaescobillas puesto a masa
- 5. Rodamiento de bolas
- 6. Anillo seeger

- 7. Brazo de la escobilla
- 8. Escobilla
- 9. Zapata del polo
- 10. Aislamiento
- 11. Bobina de campo
- 12. Placa del retén del fieltro

- 13. Tapa delantera
- 14. Tornillo pasante
- 15. Inducido
- 16. Colector
- 17. Muelle
- 18. Tapa posterior

Fig. 49. Sección longitudinal y transversal de un dínamo

## INDUCIDO

Está formado por multitud de espiras para obtener un voltaje mayor.

Las espiras se arrollan sobre un núcleo de láminas de hierro dulce como el que puede verse en la figura 49. El núcleo del inducido es atravesado por el eje de accionamiento del dínamo.

El núcleo se forma con láminas de hierro magnético, en lugar de fundirse de una sola pieza, para reducir las pérdidas en el hierro, que hacen que se caliente. Si fuera de una sola pieza se inducirían corrientes en él. Estas corrientes, que representan una pérdida, se llaman corrientes de “Eddy”.



## COLECTOR

La sección del colector tiene que ser tal que se corresponda con la sección del hilo del inducido. El colector es un anillo formado por barras de cobre llamadas delgas (ver figura 49). Va montado sobre el extremo del inducido y cada delga está aislada de las dos adyacentes. Los extremos de cada espira se conectan a dos delgas adyacentes.

## ESCOBILLAS

Se fabrican de distintos materiales, según la potencia y las características del dínamo. Los portaescobillas constan de un brazo y un muelle que aplica la escobilla sobre el colector con una determinada fuerza de flexión.

## ZAPATAS DE LOS POLOS

Las zapatas de los polos son imanes permanentes que se fijan a la pared interior de la caja del dínamo. Las dos zapatas quedan una enfrente de la otra, formando un débil campo magnético.

## ARROLLAMIENTO DE CAMPO

El arrollamiento o bobina de campo consta de varias espiras sobre cada uno de los polos. Uno de los extremos del arrollamiento se conecta a una escobilla; el extremo opuesto se conecta al terminal de campo del dínamo.

## CAJA

Todas las piezas del dínamo van dentro de una caja. La caja suele ser cilíndrica con una tapa por cada extremo provista de ventanas para que pueda circular el aire. La polea de accionamiento del dínamo suele llevar unas paletas que fuerzan el aire a través del interior del dínamo.

### Polarización de generadores de corriente continua:

Cuando el generador se monta por primera vez, después de realizar en él trabajos de reparación o después de haber tenido lugar variaciones inadvertidas del sentido de rotación, tiene que polarizarse de nuevo, es decir, tiene que producirse en las piezas polares el magnetismo remanente necesario para producir la tensión. Para esto se hace funcionar el generador brevemente como motor en el sentido de rotación deseado. El polo positivo de la batería se enlaza con el polo positivo del generador y el polo negativo de la batería con el polo negativo del generador. (Fig. 50)

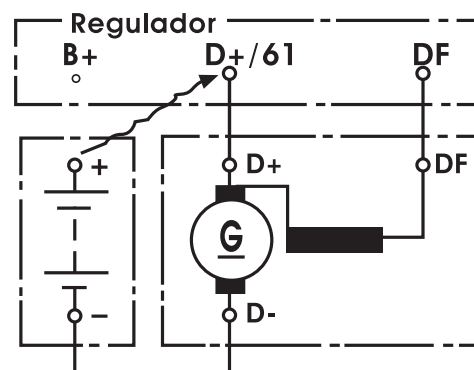


Fig. 50. Polarización del generador de corriente continua



## Magnitudes características de los generadores:

La **tensión nominal** es la tensión normalizada de la batería, 6V, 12V, 24V.

La **tensión del generador**, es la tensión con la cual por lo general funciona el generador, 7V, 14V, 28V.

La **intensidad máxima**  $I_{\text{máx}}$  (Fig. 51), es la intensidad de la corriente que puede dar el generador sin sobrepasar la temperatura admisible.

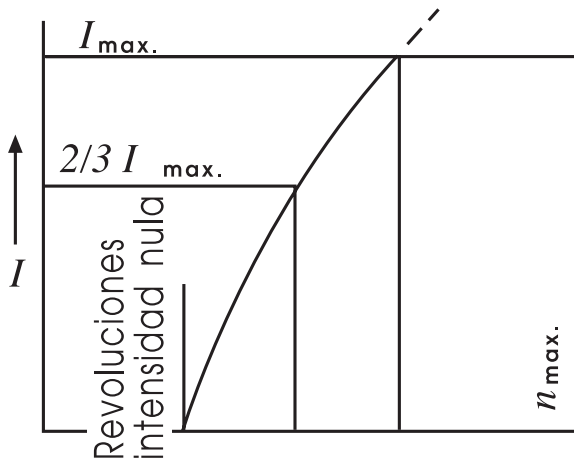


Fig. 51. Línea característica de la intensidad.

El **número de revoluciones de intensidad nula** es el número de revoluciones del generador al cual, en estado caliente, alcanza la tensión del generador sin dar potencia. El generador y la batería se enlazan solamente a esta tensión mediante el conector del regulador.

El **número de revoluciones a los  $2/3 I_{\text{máx}}$**  es el número de revoluciones al cual pueden obtenerse los  $2/3$  de la intensidad máxima.

El **número máximo admisible de revoluciones** es el número de revoluciones sobrepasado, el cual puede producir daños mecánicos.

La **placa de características**, compuesta por letras y cifras, informa sobre el tamaño y clase de construcción y sobre los valores eléctricos del generador.

## EN RESUMEN

- *Carga total + 10-20 por ciento = potencia del dínamo que se necesita.*
- *Polvo y suciedad = se requiere un dínamo cerrado.*
- *Ambiente caluroso = se requiere un dínamo bien ventilado.*
- *Multiplicación = elegir la relación correcta de poleas.*
- *Multiplicación fija = elegir el dínamo de la velocidad correspondiente.*
- *Demasiada velocidad de giro = exceso de voltaje para el regulador.*
- *Falta de velocidad = falta de voltaje.*



## **REGULADORES PARA DINAMO**

El regulador es indispensable para que el dínamo no produzca demasiada corriente y voltaje a grandes velocidades del motor. También debe impedir que la batería se descargue a través del dínamo cuando el motor está parado.

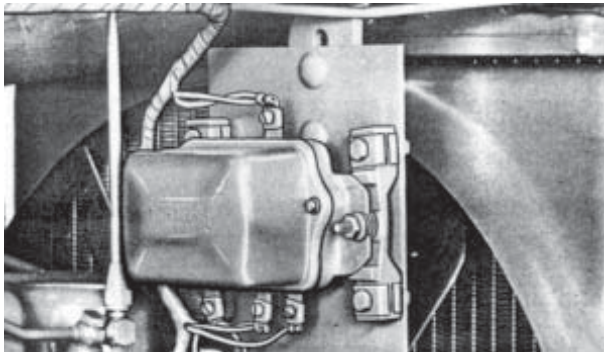


Fig. 52. Regulador para dínamo

El regulador realiza tres funciones:

- **Corta el paso de corriente**
- **Regula el voltaje**
- **Regula la corriente**

El paso de la corriente lo corta el **DISYUNTOR**, para evitar que la batería se descargue. Se cierra cuando el dínamo produce corriente, para que se cargue la batería.

**EL REGULADOR DE VOLTAJE** limita el voltaje máximo que produce el dínamo.

**EL REGULADOR DE CORRIENTE** limita la intensidad de corriente máxima entregada por el dínamo. Como veremos más adelante, los reguladores de voltaje y de corriente trabajan alternativamente.

Ambos controlan la energía eléctrica producida por el dínamo variando la fuerza de su campo magnético. Los reguladores pueden llevar una, dos o tres de estas unidades combinadas en una sola caja.

## **REGULACION DE LOS GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA**

La tensión de un generador tiene que mantenerse prácticamente constante a su valor correcto a todo los números de revoluciones y en todos los casos de carga, con el fin de que los consumidores y la batería no estén sometidos a fluctuaciones de tensión. Por lo tanto, la tensión de un generador tiene que poder regularse.

La tensión producida en un generador es dependiente del número de revoluciones y de la corriente de excitación. Además, la corriente de carga del generador produce una caída de tensión interna en el inducido. La regulación de la tensión se efectúa por medio del elemento regulador de tensión que intensifica y debilita el campo magnético de excitación mediante la correspondiente variación de la corriente de excitación.



## REGULACION DE LA TENSION

En los generadores de corriente continua se emplea usualmente un regulador de tensión de dos contactos, es decir, que el regulador de tensión tiene dos pares de contactos. (Fig. 53)

El accionamiento de los pares de contactos se efectúa mediante el elemento regulador de tensión electromagnético a través de una armadura solicitada por resorte.

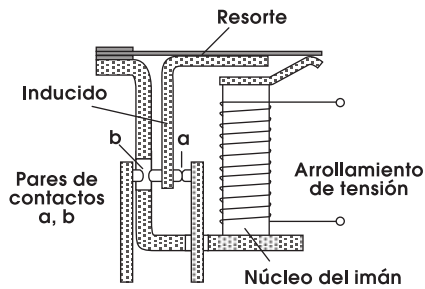


Fig. 53. Constitución del elemento regulador

La regulación se efectúa en tres etapas: Inferior, media y superior. (Fig. 54)

### Etapa inferior (Fig. 54/a).

Con números de revoluciones bajos el par de contactos *a* está cerrado por la fuerza del resorte; la resistencia de regulación *R* está puenteada. El arrollamiento de excitación está conectado directamente a masa; el generador está totalmente excitado y la tensión comienza a ascender.

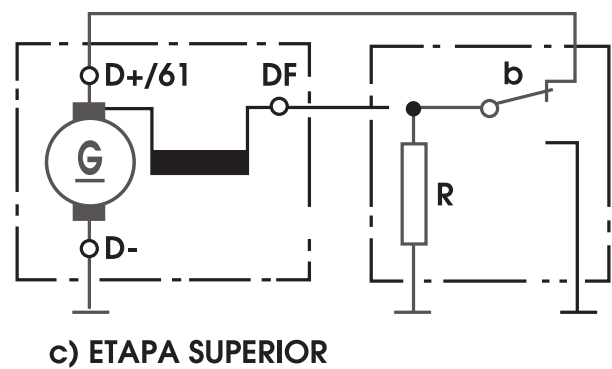
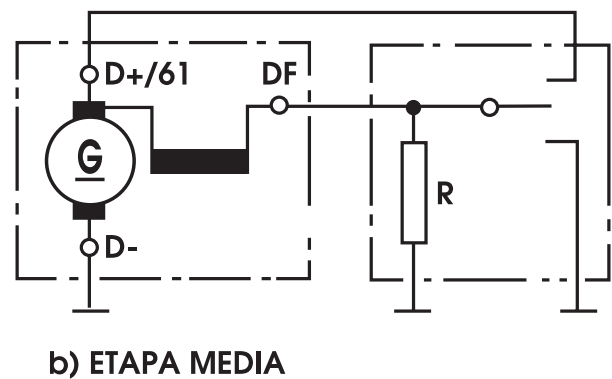
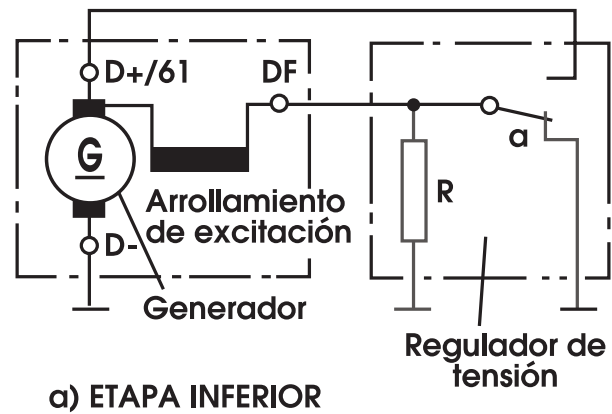


Fig. 54. Elemento regulador de tensión (esquema)



### **Etapa media** (Fig. 54/b).

Si la tensión sobrepasa un valor determinado, se intensifica el campo magnético de la bobina del elemento regulador de tensión. La armadura de regulador es atraída y el par de contactos se abre. De este modo la resistencia de regulación  $R$  está conectada delante del arrollamiento de excitación (conexión en serie), es decir, el arrollamiento de excitación queda conectado a masa a través de la resistencia de regulación  $R$ . A causa de que se ha aumentado la resistencia pasa una corriente de excitación reducida y desciende la tensión del generador.

### **Etapa superior** (Fig. 54/c).

Si la tensión del generador sigue ascendiendo conforme aumenta el número de revoluciones, se sigue intensificando también el campo magnético de la bobina del elemento regulador de tensión. La armadura del regulador es atraída todavía más, hasta que queda cerrado el par de contactos  $b$ . Ambos extremos del arrollamiento de excitación se enlazan con el positivo, es decir, el arrollamiento de excitación se pone en cortocircuito y se efectúa una regulación completa hacia abajo por falta de excitación del generador.

Cuando decrece la tensión del generador disminuye la corriente en la bobina del elemento regulador de tensión; debido a esto disminuye asimismo la fuerza de atracción sobre la armadura solicitada por resorte, que cae volviendo a la etapa media o bien a la etapa inferior. Mediante la corriente de excitación que va siendo ahora cada vez mayor, asciende la tensión en el generador y la armadura del elemento regulador de tensión es atraída de nuevo.

La frecuencia de conmutación (frecuencia de regulación) de los contactos de regulación es del orden de 50 a 200 por segundo. No es posible una mayor frecuencia de conmutación a causa de la inercia de masas de los contactos mecánicos. Con esta frecuencia de regulación la tensión entregada por el generador se mantiene aproximadamente constante.

La regulación de la tensión del generador por medio de reguladores mecánicos, por cierre y apertura de contactos es sólo posible porque la autoinducción del arrollamiento de excitación impide un aumento brusco de la corriente de excitación cuando se cierran los contactos; asimismo cuando se abren los contactos del regulador.

## **REGULADORES PARA GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA**

Los reguladores para generadores de corriente continua pueden distinguirse según los siguientes criterios:

Según la **colocación** (montados en el generador o lejos de él), según el **número de pares de contactos** (reguladores de un par de contactos o de dos pares de contactos), según el **número de elementos** (reguladores de dos elementos o reguladores de tres elementos), según la **característica de regulación** (característica inclinada, característica quebrada, característica de variado).



Los reguladores para pequeñas potencias (hasta 20 W) constan del elemento regulador de tensión y del disyuntor. Los reguladores para generadores de potencias mayores tienen además del elemento regulador de tensión una protección contra sobrecarga para el generador.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS REGULADORES DE CONTACTO

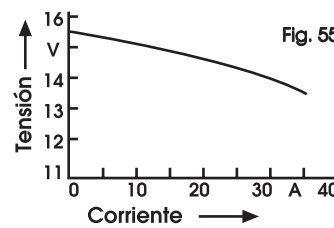
El transcurso de la tensión del generador de corriente continua en dependencia de la carga, se denomina característica de regulación.

### Reguladores con característica inclinada (Fig. 55)

Para evitar la sobrecarga del generador, toda la corriente de éste pasa por un arrollamiento de una a dos espiras (bobina de corriente), que se encuentra sobre el elemento regulador de tensión.

Debido a esto, al aumentar la corriente de carga se refuerza el campo magnético del elemento regulador de tensión mediante la bobina de corriente. Los contactos del elemento regulador de tensión son movidos ya con menor tensión del generador a la posición media o bien a la superior, regulándose hacia abajo la tensión del generador. La inclinación de la característica puede modificarse con la correspondiente selección del regulador. En este caso, estando la batería descargada y conectados todos los consumidores, no debe sobrepasarse la corriente de

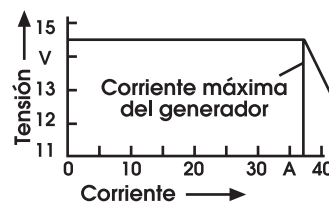
generador máxima admisible. Cuando la batería está cargada no debe producirse sobrecarga. No existe en este tipo de regulador protección específica contra sobrecarga para el generador.



### Reguladores con característica quebrada (Fig. 56)

La característica quebrada se produce mediante un elemento regulador de corriente adicional. La tensión del generador permanece casi constante desde la marcha en vacío hasta que se alcanza la corriente de generador máxima admisible.

Cuando se alcanza la corriente de generador máxima admisible se regula hacia abajo pronunciadamente la tensión y debido a ello disminuye la potencia suministrada (el producto de multiplicar la tensión por la corriente). El generador está de este modo protegido con seguridad contra sobrecarga.





El polo fijo del par de contactos del elemento para la etapa inferior de regulación del regulador de tensión no está conectado a masa directamente, sino al polo fijo del par de contactos del elemento regulador de corriente (Fig. 57). Hasta que se alcanza la corriente máxima admisible trabaja solamente el elemento regulador de tensión que en este tipo de construcción del regulador lleva un sólo arrollamiento.

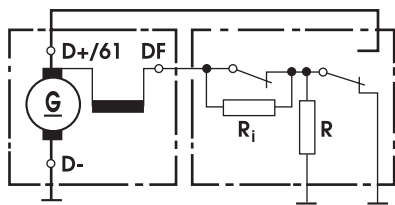


Fig. 57. Regulador con característica quebrada (esquema de conexiones)

Cuando se alcanza la corriente de generador máxima admisible, el par de contactos del elemento regulador de tensión se encuentra en la posición inferior a causa de la caída de tensión en el generador, se abre el par de contactos del elemento regulador de corriente y conecta una resistencia en el circuito de excitación (comienzo de la actuación del elemento regulador de corriente).

El arrollamiento de excitación se conecta ahora a masa a través del par de contactos de etapa interior del elemento regulador de tensión y de la resistencia de regulación  $R_i$  conectada por el elemento regulador de corriente.

Debido a esto se reduce la corriente de excitación y se regula así hacia abajo la tensión.

## Característica de reguladores de variado (Fig. 58)

La característica de un regulador de variado se asemeja a la de un regulador con característica quebrada, pero la regulación hacia abajo no se efectúa de forma tan pronunciada. Un regulador de variado consta del elemento regulador de tensión y del disyuntor. En el elemento regulador de tensión está dispuesto adicionalmente un arrollamiento de mando conectado en serie con un diodo (variado).

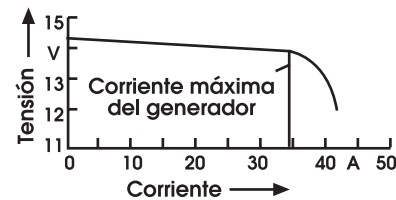


Fig. 58 Característica del regulador de variado

El arrollamiento de mando y el variado están conectados en paralelo a una resistencia (resistencia de mando) situada en el circuito principal (circuito de carga). La resistencia de mando se forma por la línea de conexión que va del generador al regulador. (Fig. 59)



Fig. 59 Regulador de variado (esquema del elemento regulador de tensión)



Con un valor pequeño de carga del generador, la caída de tensión que aparece en la resistencia de mando, es pequeña y el variado no deja pasar corriente por la derivación. Cuando se alcanza la corriente de generador máxima admisible, la caída de tensión en la resistencia de mando es tan grande que el variado conectado en paralelo se hace conductor, de manera que pasa corriente también por el arrollamiento de mando.

A consecuencia de la caída de tensión en el inducido del generador, que aparece durante la carga máxima, el polo móvil del elemento regulador de tensión se encuentra en la posición de la etapa de regulación inferior. El campo magnético producido en el arrollamiento de mando refuerza ahora el campo magnético de la bobina del elemento regulador de tensión. El contacto móvil del elemento regulador se mueve por esto en dirección “posición media” o bien “posición superior”. La tensión del generador se regula hacia abajo.

### Disyuntor (interruptor de corriente inversa)

El disyuntor tiene el cometido de enlazar el generador con la batería cuando se alcanza una determinada tensión de generador. Cuando la tensión de generador desciende por debajo de la tensión de batería, el disyuntor tiene que abrir automáticamente el enlace entre el generador y la batería. Mediante esto se impide que en estado de parada el generador se conecte como motor y pueda llegar a destruirse; además se descargaría la batería. (Fig. 60)

La tensión de generador está aplicada a la bobina de tensión del disyuntor. Cuando se alcanza la tensión de conexión (la tensión de generador y la tensión de batería tienen aproximadamente el mismo valor) la armadura es atraída y se pasa por el arrollamiento de corriente del disyuntor y refuerza el campo magnético de la

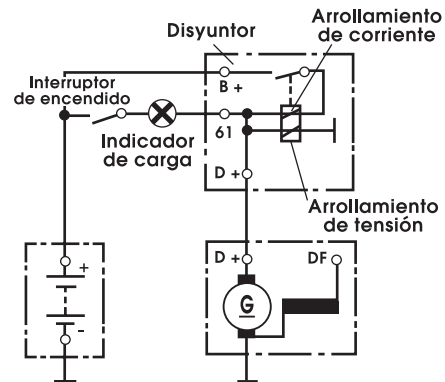


Fig. 60. Interruptor de corriente inversa (disyuntor)

bobina de tensión, con lo cual se alcanza la necesaria presión de cierre del disyuntor. Cuando la armadura está atraída, es decir, que el contacto del disyuntor permanece cerrado al haber una tensión pequeña.

Cuando la tensión del generador desciende por debajo de la de la batería, pasa una corriente, la **corriente inversa**, de la batería al generador, a través de la bobina de corriente del disyuntor.

Esta corriente produce en el arrollamiento de corriente un campo magnético opuesto al del arrollamiento de tensión. Debido a esto, en la armadura predomina la fuerza del resorte, y el contacto del disyuntor se abre, con lo que se interrumpe el circuito de corriente de carga.

### Lámpara indicadora de carga

Está conectada entre el borne D+/61 y el polo positivo de la batería (borne 30) a través del interruptor de encendido y arranque. La lámpara indicadora de carga se enciende cuando están abiertos los contactos del disyuntor y se apaga cuando la tensión de generador es igual a la tensión de batería, o bien cuando los contactos del disyuntor están cerrados.



# UNIDAD IV

## GENERADORES DE CORRIENTE TRIFÁSICA

Los generadores de corriente trifásica tienen, respecto a los de corriente continua, las ventajas siguientes: Pueden suministrar potencia ya con el motor al ralentí, poco desgaste, mínimo mantenimiento, bajo peso por unidad de potencia, la corriente de generador se toma de bornes fijos; por las escobillas de carbón y los anillos del colector sólo fluye una pequeña corriente de excitación; con un ventilador apropiado son independientes del sentido de rotación, no necesitan disyuntor (interruptor de corriente inversa); pueden utilizarse sencillos reguladores mecánicos, y no necesitan protección contra sobrecarga.

## CONSTITUCION

Un generador de corriente trifásica (sistema Bosh) consta del estator de chapas con arrollamiento trifásico, los diodos de potencia (tres diodos positivos y tres diodos negativos) con conexiones del circuito de carga fijas, los tres diodos de excitación con los polos de garra y dos anillos colectores. Tiene además dos placas de cojinete en las que puede ir incorporado el regulador de tensión (Fig. 1).

### ARROLLAMIENTO DEL ESTATOR

Consta de las tres bobinas (fases) independientes unas de otras, que están distribuidas equidistantes en el interior del estator y generalmente conectadas en estrella. El arrollamiento del estator está enlazado con 6 diodos de potencia (diodos de silicio) y 3 diodos de excitación.

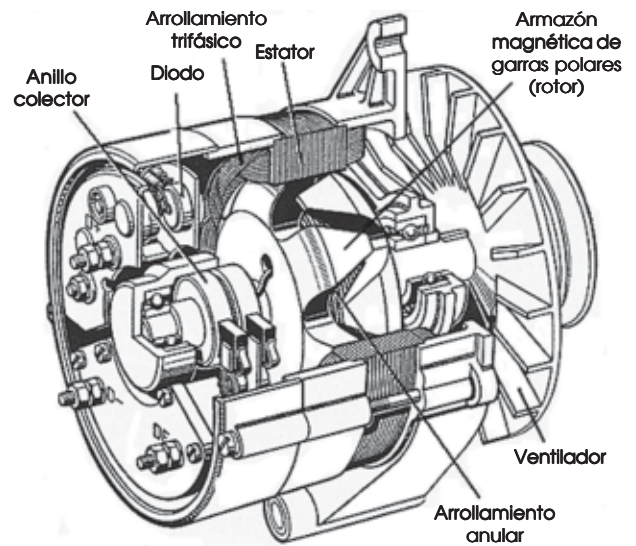


Fig. 1. Generador trifásico (vista en corte)

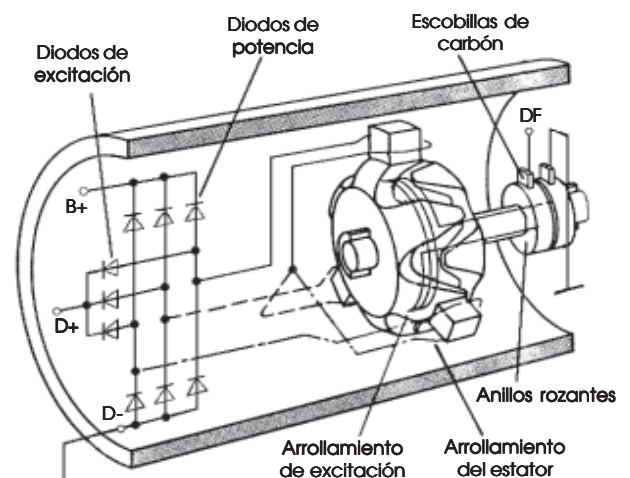


Fig. 2. Esquema de la constitución de un generador trifásico

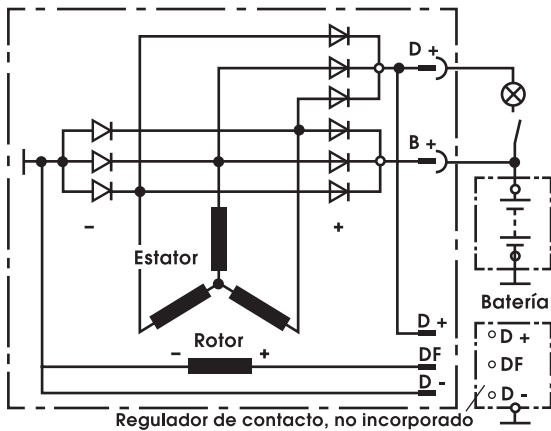


Fig. 3. Conexiones de un generador trifásico

## ROTOR DE POLOS Y GARRAS

Consta de un arrollamiento de excitación anular y de dos mitades polares configuradas a modo de garras que se encajan sobre la bobina y engranan una en otra (Fig. 1). Normalmente disponen de 12 polos o bien 6 pares de polos. El arrollamiento y las mitades de polos se encuentran sobre el árbol del rotor. Los extremos del arrollamiento de excitación van a dos anillos aislados del árbol del rotor.

**En el generador trifásico se distinguen tres circuitos de corriente: Circuito de carga, circuito de excitación y circuito de excitación previa.**

**Circuito de carga:** En el circuito de carga se encuentran tres diodos positivos, y tres diodos negativos, conectados en puente trifásico que rectifican la corriente trifásica. En el borne B + se toma el circuito de carga. Los diodos positivos sustituyen al disyuntor de corriente inversa. Cuando la tensión del generador es menor que la tensión de la batería, se impide que pase la corriente de la batería al generador (corriente inversa).

**Circuito de excitación:** La corriente de excitación se deriva del arrollamiento del estator y se rectifica por medio de un circuito puente trifásico que consta de tres diodos de excitación y los tres diodos negativos del circuito de carga, y se conduce al borne D+. De este borne la corriente de excitación se conduce a masa a través de los contactos del regulador y del arrollamiento de excitación.

**Circuito de excitación previa:** Como el pequeño magnetismo remanente que existe en el rotor necesita un número alto de revoluciones para inducir una tensión que sea mayor que la tensión umbral de los diodos, tiene que haber un circuito de excitación previa que excite al generador hasta que se alcanza la tensión umbral. Si la lámpara indicadora de la carga absorbe suficiente corriente, se produce un campo magnético que se suma al remanente existente.

## FUNCIONAMIENTO DEL ALTERNADOR

Empecemos por compararlo con un dínamo:

- **Dínamo:** Conductores de corriente que cortan las líneas de fuerza de un campo magnético estacionario, induciéndose en ellos corriente.
- **Alternador:** Campo magnético que gira dentro de unos conductores estacionarios induciendo en ellos corriente.

Veamos ahora como funciona el alternador.



En la figura 4 vemos una espira y un campo magnético, es decir, los mismos elementos básicos de que se compone el dínamo. Pero ahora la espira de hilo es estacionaria y el que gira es el campo magnético.

En el alternador elemental que estamos considerando, el campo magnético (círculos grises) lo crea una barra imantada que gira.

La espira, está conectada a la carga (en este caso, una bombilla).

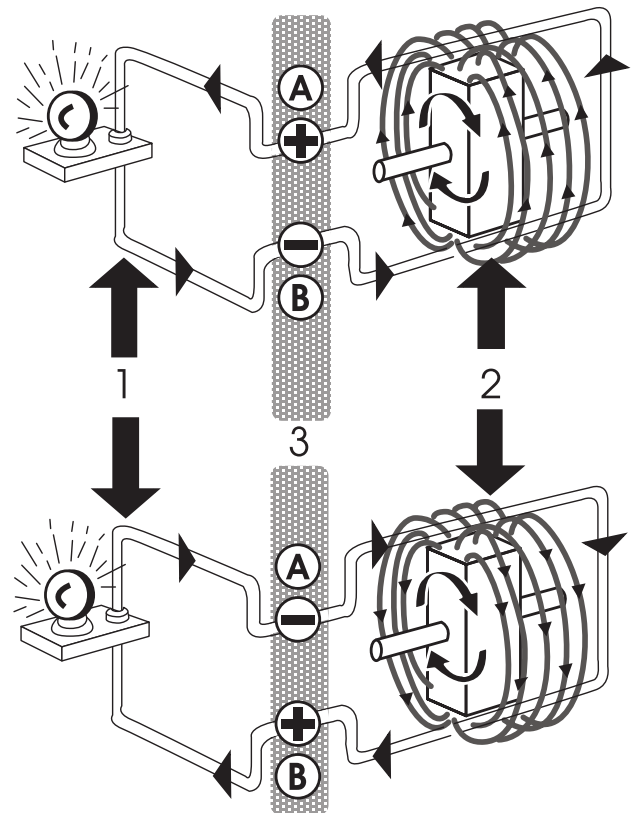
Veamos como funciona. Al girar el imán, las líneas de fuerza de su campo magnético cortan el hilo de la espira e inducen en ella una corriente. Por estar cerrado el circuito, la corriente circula, pero ¿En qué sentido?

Esto nos lleva a otra de las leyes de la inducción, las líneas de fuerza magnética salen por el polo norte de un imán y entran por su polo sur.

En el esquema de la figura 4, cuando el polo sur corta la rama superior de la espira girando en el sentido que indican las flechas, induce una corriente que circula en el sentido indicado por las flechas negras. A su vez, el polo norte opuesto induce una corriente del mismo sentido en la rama inferior de la espira.

Por haber convenido que la corriente circula desde el positivo hasta el negativo, tenemos que el extremo superior de la espira es positivo, mientras el inferior es negativo, tal como se ha representado en la figura.

Veamos ahora lo que ocurre en la segunda mitad de la revolución, que es el momento representado en el esquema de figura 4.



1. Circuito de carga
2. Campo magnético giratorio
3. Polaridad cambiante

Fig. 4. Alternador elemental

La barra de imán ha invertido los polos, con lo que se invierte también el sentido de la corriente inducida. Es decir, en este momento el extremo superior de la espira se ha hecho negativo, mientras el inferior es positivo.



## EN RESUMEN

A cada revolución completa la corriente atraviesa la carga, primero en un sentido y después en el sentido inverso. Esta es precisamente la llamada **corriente alterna**, que da su nombre al **alternador**.

## FORMA EN QUE SE INDUCE EL VOLTAJE

Sin embargo, un alternador fabricado con un magneto en barra girando dentro de un espiral simple de alambre no es práctico, pues se produce muy poco voltaje y corriente.

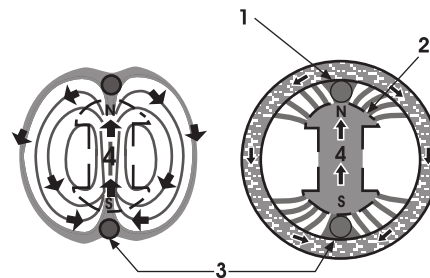
El rendimiento se mejora cuando el espiral de alambre y el magneto se colocan dentro de un bastidor de hierro. El bastidor de hierro no sólo provee un lugar en que se puede montar el espiral de alambre, sino que también actúa como un paso conductivo para las líneas magnéticas de fuerza.

Sin el bastidor de hierro, el magnetismo del polo norte del magneto de barra giratorio debe pasar a través del aire para llegar al polo sur (Fig. 5).

Debido a que el aire tiene una reluctancia alta de magnetismo, sólo unas pocas líneas de fuerza salen del polo norte y entran al polo sur.

Como el hierro conduce magnetismo con facilidad, la adición del bastidor de hierro aumenta grandemente el número de líneas de fuerza entre el polo norte y el polo sur.

Esto significa que más líneas de fuerza pasan a través del conductor que yace entre el magneto en barra y el bastidor.



Paso de Aire  
Alta Reluctancia

1. Campo Fuerte  
2. Campo Débil

Bastidor de Hierro  
Baja Reluctancia

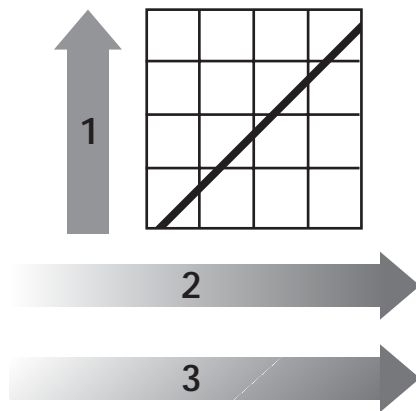
3. Conductor  
4. Rotor

Fig. 5 Líneas Magnéticas de Fuerza

Es importante observar que un número muy grande de líneas magnéticas de fuerza están en el centro de la punta del magneto, mientras que sólo unas pocas líneas de fuerza están en los bordes delanteros y traseros de las puntas. Así, existe un campo magnético más fuerte en el centro y uno más débil en los bordes delanteros y traseros.

Esta condición resulta cuando la distancia, llamada el espacio de aire, entre el magneto y el bastidor de campo es mayor en los bordes delanteros y traseros que en el centro del magneto.

La cantidad de voltaje inducida en un conductor es proporcional al número de líneas de fuerza que pasan a través del conductor en un lapso de tiempo dado.



1. Incremento de voltaje
2. Incremento de líneas de fuerza o
3. Incremento de velocidad o rotor

Fig. 6. Incremento de voltaje

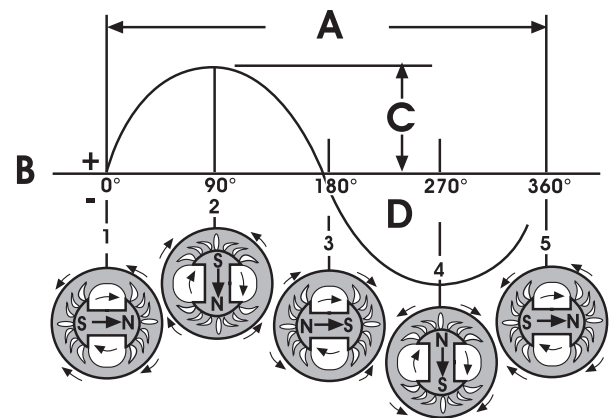
Por lo tanto, si el número de líneas de fuerza se duplica, el voltaje inducido se duplica. (Fig. 6)

El voltaje también aumenta si el magneto en barra gira más rápido porque las líneas de fuerza pasan a través del alambre en un período de tiempo más corto.

Asegúrese de recordar que, ya sea el aumento de voltaje de rotación del magneto en barra o el aumento del número de líneas de fuerza que pasan a través del conductor, resultarán en un aumento de voltaje.

En forma similar, la disminución de la velocidad de rotación o disminución del número de líneas de fuerza causarán una disminución de voltaje.

Tal como vimos anteriormente, el magneto que está girando en un alternador se llama **rotor**, y el espiral de alambre y el conjunto del bastidor externo se llama **estator**.



- A. Un ciclo  
B. Voltaje generado  
C. Valor máximo  
D. Grados de rotación del rotor

Fig. 7. Patrón del voltaje generado durante cada revolución

La figura 7 muestra las diferentes posiciones del rotor a medida que gira a una velocidad constante. En la parte superior está la curva que muestra la magnitud del voltaje generado en el espiral de alambre a medida que gira el rotor.

La curva de voltaje muestra el voltaje generado o presión eléctrica que pueden medirse a través de los extremos del alambre de la misma manera que puede medirse el voltaje a través de los bornes terminales de la batería.

Con el rotor en la primera posición (1), no se está generando voltaje en el espiral de alambre porque no hay líneas magnéticas de fuerza pasando a través del conductor.

A medida que gira el rotor y se aproxima a la posición (2), el campo magnético bastante débil en el borde delantero del rotor comienza a pasar a través del conductor y aumenta el voltaje.

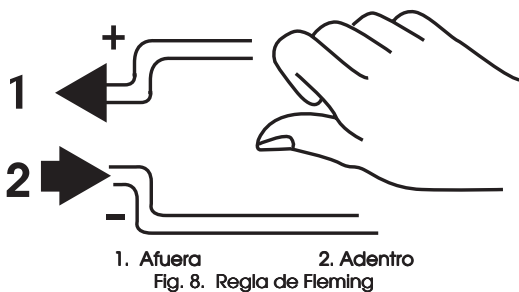


Cuando el rotor alcanza a la posición (2), el voltaje generado ha alcanzado su valor máximo, tal como se muestra encima de la línea horizontal de la ilustración. El voltaje máximo ocurre cuando los polos del rotor están directamente debajo del conductor. Es en esta posición que el conductor es atravesado por la concentración más pesada de líneas magnéticas de fuerza.

Observar que la magnitud del voltaje varía porque la concentración de líneas magnéticas de fuerza pasan a través del espiral de alambre.

La curva de voltaje mostrada no es el resultado de un cambio en la velocidad del rotor, porque en la ilustración se considera que el rotor está girando a una velocidad constante.

Al aplicar la regla de Fleming a la posición (2), la dirección de corriente en el espiral de alambre saldrá por el extremo superior del conductor, y al interior del extremo inferior (Fig. 8). Así, el extremo superior del conductor será positivo, y el inferior negativo.



La curva de voltaje mostrada encima de la línea horizontal de la figura 7, representa el voltaje positivo en el extremo superior del espiral de alambre generado a medida que el rotor gira desde la posición (1) a la posición (3).

A medida que el rotor gira de la posición (2) a la posición (3), el voltaje disminuye hasta que en la posición (3) se vuelve cero.

A medida que el rotor gira de la posición (3) a la posición (4), notar que el polo norte del rotor está pasando debajo de la parte superior del espiral de alambre, y que el polo sur está en la parte inferior.

Tomando en cuenta la regla de Fleming, el extremo superior del espiral de alambre es ahora negativo y el extremo inferior es positivo. El voltaje negativo en el extremo superior del espiral se ilustra mediante una curva que está debajo de la línea horizontal.

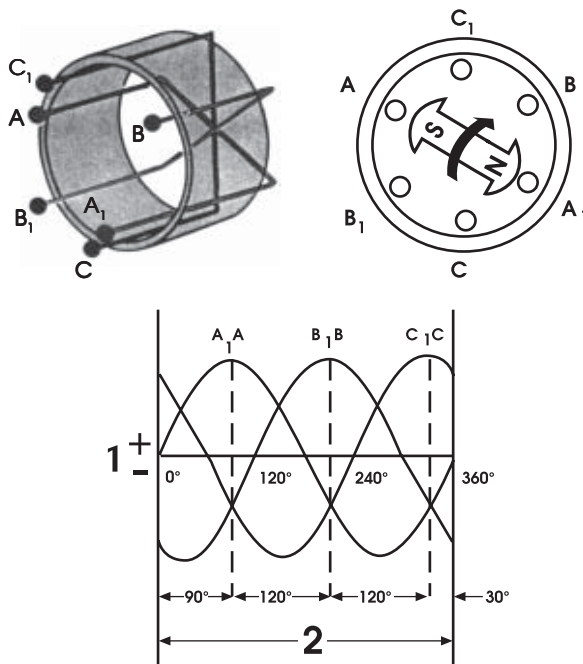
El voltaje nuevamente vuelve a cero cuando el rotor gira de la posición 4 a la posición 5.

La curva de voltaje de la ilustración representa una vuelta completa o ciclo del rotor.

Con el rotor efectuando 60 vueltas completas en un segundo, existirán 60 curvas como éstas, una después de la otra desde la derecha, resultando en 60 ciclos por segundo. El número de ciclos por segundo se llama frecuencia. Como la velocidad del generador a menudo varía, la frecuencia también varía.

En la figura 9, el espiral de alambre simple actuando como devanado del estator, y el magneto en barra actuando como rotor, muestran la forma en que se produce el voltaje c.a. en un alternador básico.

Cuando dos espirales de alambre separados espaciados a una distancia de  $120^\circ$ , se agregan a nuestro alternador básico, se producen dos voltajes separados más.



1. Voltaje de bucle

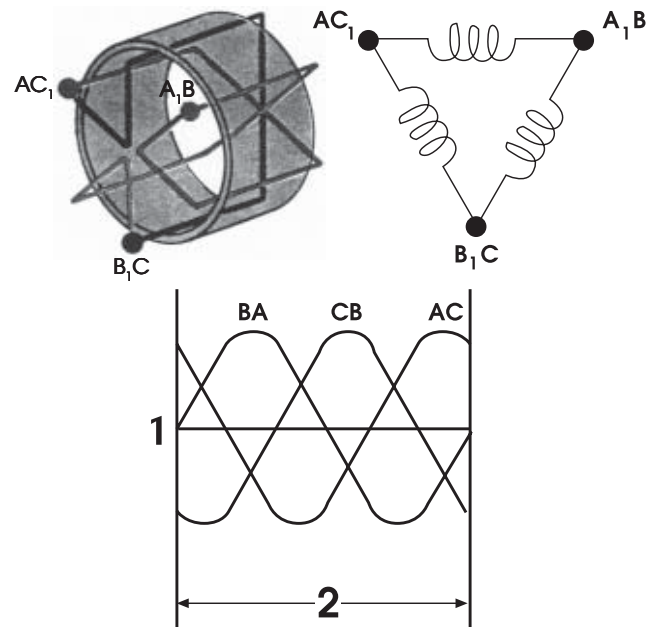
2. Un ciclo

Fig. 9. Voltaje de bucle

Con el polo sur del rotor directamente debajo del conductor A, el voltaje en A, será el máximo en magnitud y de polaridad positiva.

Después que el rotor ha girado  $120^\circ$ , el polo sur está directamente debajo del conductor B y el voltaje en B será el máximo positivo. En forma similar, 12 grados más tarde, el voltaje en C será el máximo positivo.

Esto significa que los voltajes de pico positivos en A, B y C en cada espiral de alambre ocurre cada  $120^\circ$ . En la figura 9 se muestran estas curvas de voltaje de bucle.



1. Voltaje de fase

2. Un ciclo

Fig. 10. Voltaje de fase (estator delta)

Cuando los extremos de los espirales de alambre marcados A, B y C (Fig. 10) están conectados a los extremos B, C y A respectivamente, se forma un estator conectado en “delta” trifásico básico.

Los tres voltajes c.a. disponibles desde el estator conectado en delta son idénticos a los tres voltajes previamente discutidos, y ahora se les puede denominar como voltajes desde B a A, C a B, y A a C, o simplemente BA, CB, y AC.

Inspeccionar la ilustración para ver la lógica de esto.

**Ejemplo:** El voltaje antiguamente llamado A1A, se llama ahora BA.



Cuando los extremos de los espirales de alambre marcados  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$ , están conectados juntos, se forma un estator conectado en “estrella”, trifásico básico (Fig. 11).

Los tres voltajes disponibles del estator conectado en estrella se llaman BA, CB y AC.

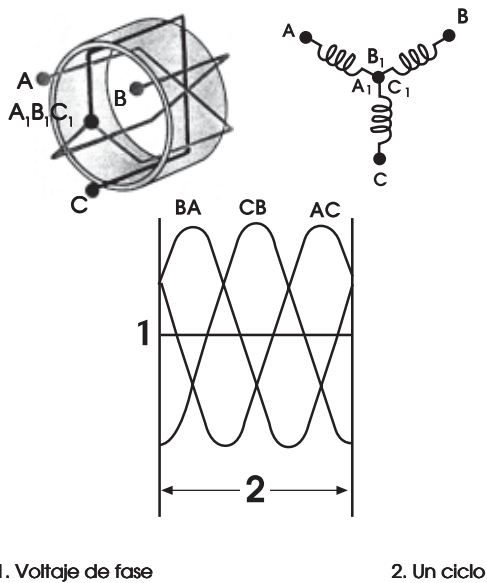


Fig. 11. Voltaje de fase, estator en estrella

En la ilustración se puede ver que cada uno de estos voltajes consiste de voltajes en dos espirales de alambre agregados juntos. Por ejemplo, el voltaje medido de B a A consiste de voltajes en los primeros  $B_1B$  y  $A_1A$  sumados juntos.

Esta adición entrega una curva de voltaje BA de forma similar a los voltajes de bucle individuales, excepto que la curva de voltaje BA será aproximadamente 1,7 veces más grande en tamaño que un voltaje de bucle individual.

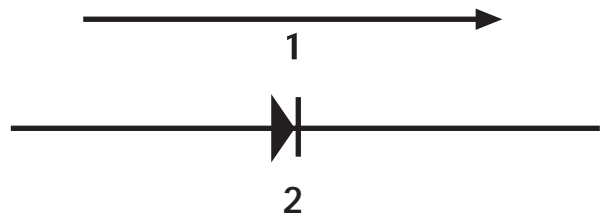
Recordar que los tres voltajes c.a. espaciados  $120^\circ$  unos de otros están disponibles del estator en estrella, tal como se ilustra. A continuación se detallarán estas curvas de voltajes.

Hemos desarrollado dos tipos básicos de devanados estatóricos y hemos mostrado la forma en que desarrollan los tres ciclos completos separados de voltaje c.a. espaciado  $120^\circ$  para cada revolución completa del rotor.

Ahora veremos el diodo y la forma en que seis diodos conectados al devanado estatórico cambian los tres voltajes c.a. a un voltaje c.d. simple, necesario para el sistema eléctrico c.d.

## FORMA EN QUE LOS DIODOS CAMBIAN CA A CD

Necesitamos saber solamente que **un diodo es un dispositivo eléctrico que permite que la corriente pase a través de él solamente en una dirección.** El diodo a menudo se indica mediante el símbolo mostrado en la figura 12 y la corriente puede pasar a través del diodo solamente en la dirección indicada por la flecha.



1. Flujo de corriente

2. Símbolo del diodo

Fig. 12. Símbolo del diodo



Cuando se conecta un diodo a una fuente de voltaje c.a. que tiene los extremos marcados A y B, la corriente pasa a través del diodo cuando A es positivo (+) y B es negativo (-). Se dice que el diodo está “en bias hacia adelante” (Fig. 13), y con la polaridad del voltaje a través del diodo, tal como se muestra, conducirá corriente.

Cuando el voltaje en A es negativo y B es positivo, el diodo está en “bias inverso” y no conduce corriente. El flujo de corriente que se obtiene de esta disposición se ilustra en la figura 13.

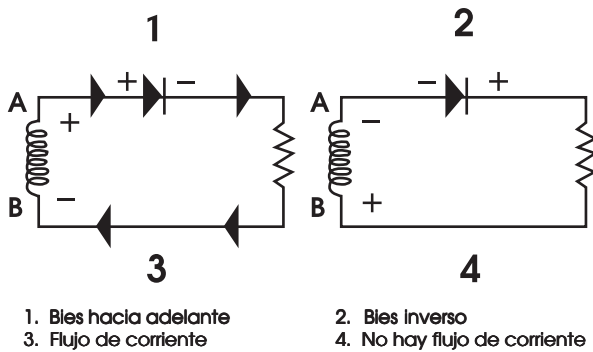


Fig. 13. Bias hacia adelante e inverso

Como la corriente pasa solamente la mitad del tiempo, el diodo provee lo que se llama “rectificación del semiciclo” (Fig. 14). Un generador que tiene solamente un diodo provee una salida muy limitada.

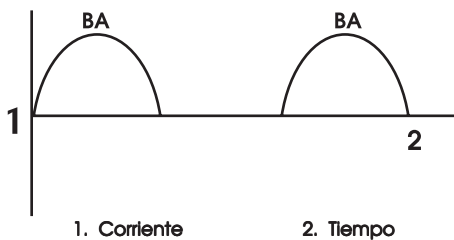


Fig. 14. Rectificación del semiciclo

La salida se aumenta cuando se usan cuatro diodos para proveer “rectificación de onda completa” (Fig. 15). Observar que la corriente es más continua que con un diodo, pero la corriente varía de un valor máximo a un valor cero.

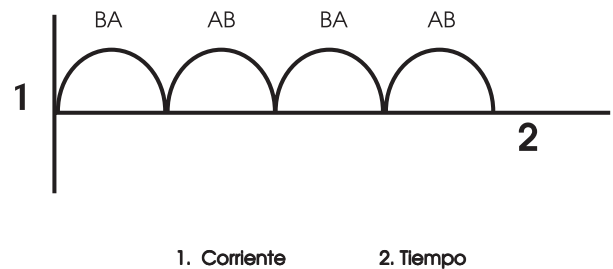
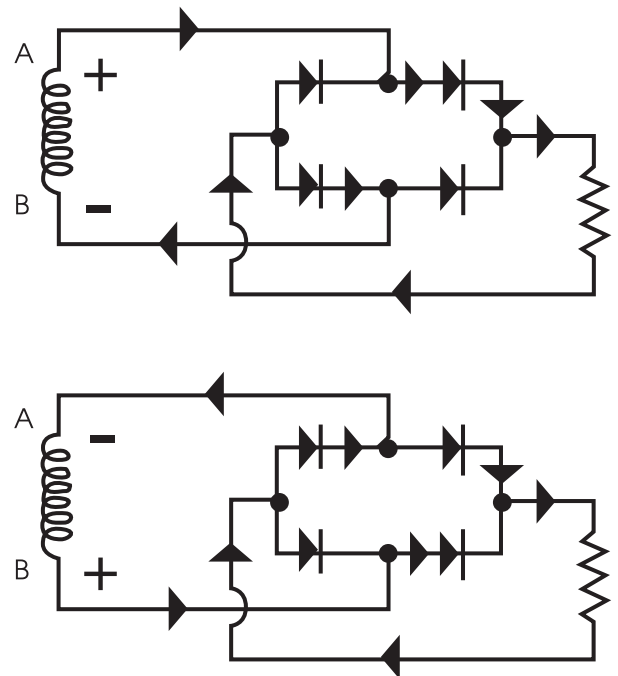


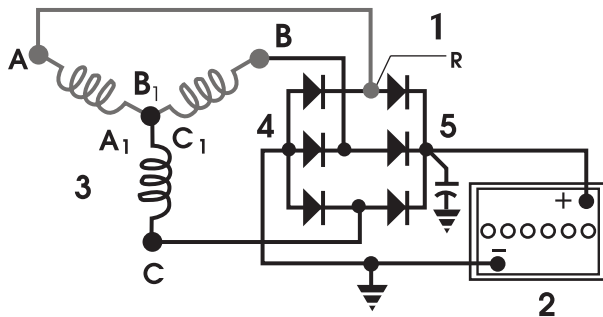
Fig. 15. Rectificación de onda completa



Es muy importante observar que el paso de corriente a través del resistor de carga externo es solamente en una dirección. El voltaje y corriente c.a. han, por lo tanto, sido rectificadas a un voltaje y corriente c.d. o unidireccional.

Esta disposición de circuito puede usarse para cargar una batería c.d., pero no produce la potencia de salida obtenida en un generador.

Para poder obtener una potencia de salida más alta y un voltaje corriente más suaves, se conecta un estator trifásico a seis diodos que juntos forman “un rectificador de puente de onda completa trifásico”. (Fig. 16)



- |                           |            |
|---------------------------|------------|
| 1. Rectificador           | 2. Batería |
| 3. Estator                | 4. Tierra  |
| 5. Terminal de la batería |            |

Fig. 16. Rectificación de onda completa, trifásica

Primero se ilustra la operación del estator conectado en estrella, luego la del estator conectado en delta. Una batería conectada al terminal de salida c.d. tendrá su energía reestablecida a medida que el alternador provee la corriente de carga.

Observar que la acción de bloqueo de los diodos impide que la batería se descargue directamente a través del rectificador.

Para explicar la dirección del paso de corriente en la combinación estator-rectificador, revisaremos brevemente nuestra discusión anterior respecto a las tres curvas de voltaje c.a. producidas en el devanado estático conectado en estrella (Fig. 17). Nuestra primera referencia fue que los voltajes se desarrollaban en cada espiral. Estas curvas de voltaje de bucle  $A_1A$ ,  $B_1B$  y  $C_1C$  se producen aquí para referencia. Sin embargo, estos voltajes de bucle individuales no aparecen a través de los diodos del rectificador, porque el rectificador está conectado solamente a los terminales A, B, y C del estator. Por lo tanto, los voltajes que aparecen a través de los diodos del rectificador son voltajes BA, CB y AC.

Las curvas de voltaje de fase BA, CB y AC también se producen aquí, y se obtienen tal como se explicó previamente sumando juntos cada par de voltajes de bucle. (Fig. 17)

Como un ejemplo, el voltaje de fase BA se obtiene sumando juntos los voltajes en los espirales  $A_1A$  y  $B_1B$ . Para obtener la curva de fase BA, sumamos juntos el voltaje de B a  $B_1$ , y el voltaje de  $A_1$  a A. Considerar el instante cuando el voltaje en la curva BA está en la magnitud máxima y de polaridad positiva. En el mismo instante el voltaje  $B_1B$  es menos 8, o el voltaje de B a  $B_1$  es más 8. Este valor sumado al voltaje de bucle  $A_1A$  de más 8 voltios para la curva BA. Tomando diferentes instantes de tiempo, toda la curva BA y las curvas CB y AC pueden obtenerse de la misma manera.

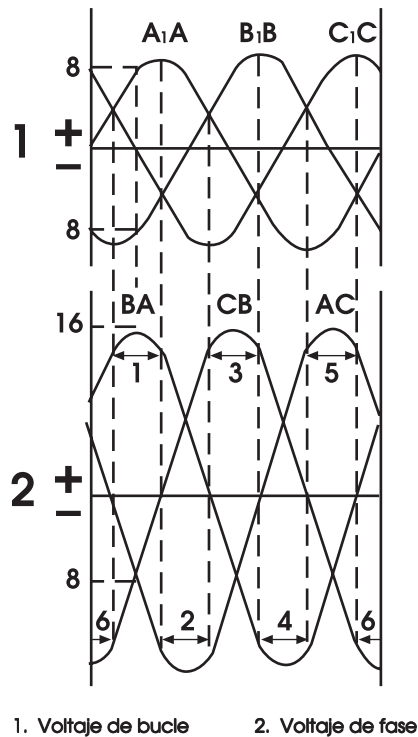


Fig. 17. Curvas de los voltajes de bucle y fase

## CURVAS DE VOLTAJE ESTATOR CONECTADO EN ESTRELLA

Para mayor conveniencia, las tres curvas de voltaje c.a. provistas por el estator conectado en estrella para cada revolución del estator han sido divididas en seis períodos, 1 al 6. Cada período representa un sexto de una revolución del rotor, ó 60 grados.

Una inspección de las curvas de voltaje durante el período 1 demuestra que el voltaje máximo inducido aparece a través de los terminales estáticos BA.

Esto significa que el paso de corriente será desde B hasta A en el devanado estático durante este período, y a través de los diodos tal como se ilustra.

Para ver más claramente por qué la corriente pasa durante el periodo asumamos que el voltaje de fase pico desarrollado de B a A es de 16 voltios (Fig. 18). Esto significa que el potencial en B es cero voltios y que el potencial en A es de 16 voltios.

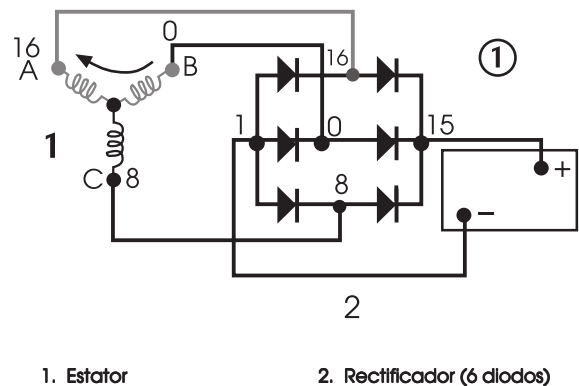


Fig. 18. Estator en Estrella, período ①

En forma similar, de las curvas del voltaje de fase de C a B en este instante es menos 8 voltios. Esto significa que el potencial en C es 8 voltios, pues C a B u 8 a cero representa un mínimo de 8 voltios.

En este mismo instante el voltaje de fase de A a C es también menos 8 voltios. Esto es verdadero, pues A a C, ó 16 a 8, representa menos 8 voltios.

Dejando de lado las caídas de voltaje en el alambrado, y asumiendo una caída de un voltio en los diodos conductores, los potenciales de voltaje se observan en el rectificador.



Solamente dos de los diodos conducen corriente, pues estos diodos son solamente en los que la corriente puede pasar en la dirección hacia adelante. Los otros diodos no conducen corriente **porque son en bias invertido**.

Por ejemplo, el diodo inferior derecho es de bias invertido por 7 voltios ( $15 - 8 = 7$ ), y el diodo central derecho es bias invertido por 15 voltios ( $15 - 0 = 15$ ). **(Es la desviación de los diodos individuales provista por el estator, la que determina la forma en que la corriente pasa en la combinación estator-rectificador).**

En todo período 1 la corriente pasa tal como se indica, porque la dirección en bias a través de los diodos no cambia de la mostrada. Aunque los potenciales de voltaje a través de los diodos varían numéricamente, esta variación no es suficiente durante el período 1 para cambiar un diodo de bias invertido a bias hacia adelante y de bias invertido.

Inspeccionar las curvas de voltaje de fase en la figura 17 y se verá que entre los períodos 1 y 2 el voltaje máximo impreso a través de los diodos cambia desde fase BA a fase AC. Esto significa que a medida que el voltaje máximo cambia, el paso de corriente cambia de BA a CA.

Es importante observar en la figura 19 que el voltaje máximo producido en los devanados estatóricos durante el período 2 aparece a través de la fase AC y que este voltaje es negativo de A a C.

Tomando el instante de tiempo en que este voltaje es de 16 voltios, el potencial en A es 16 y el potencial en C es cero (A a C, ó 16 a 0, es negativo o menos 16).

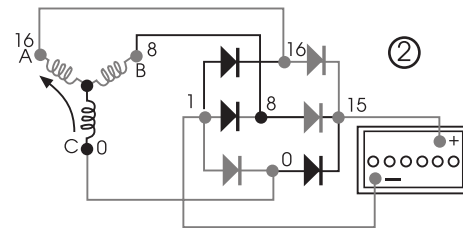


Fig. 19. Estator en estrella, período 2

En forma similar, en el mismo instante, el voltaje a través de la fase BA es de 8 voltios, y a través de la fase CB es de 8 voltios. Esto significa que el potencial en B es de 8 voltios, tal como se muestra. Se ilustra la dirección del paso de corriente durante el período 2.

Siguiendo el mismo procedimiento para los períodos 3-6, se puede determinar el paso de corriente, y se muestran en las figuras 20 y 21.

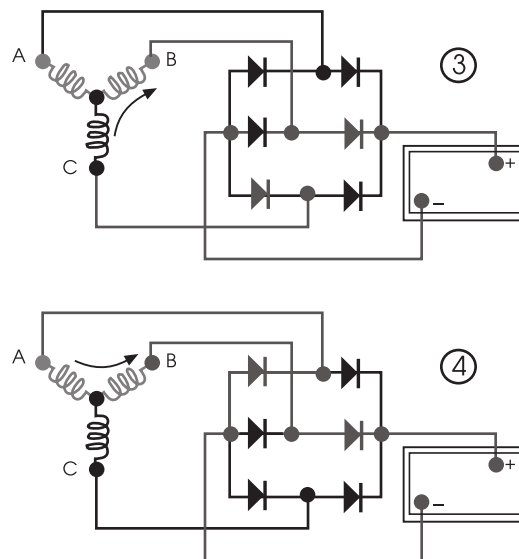


Fig. 20. Estator en estrella, períodos 3 y 4

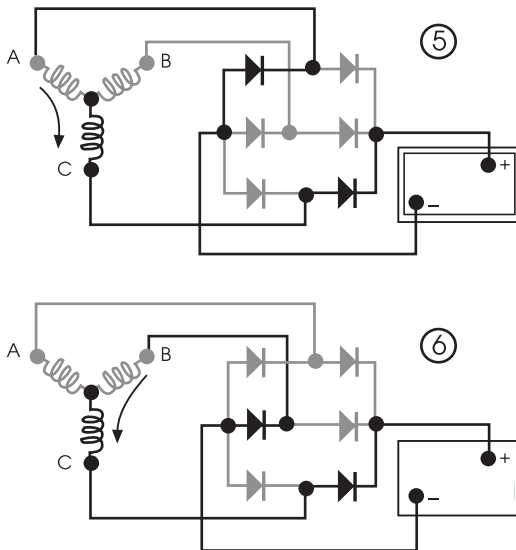


Fig. 21. Estator en Estrella, períodos 5 y 6

Estas son las 6 condiciones principales de flujo de corriente para la combinación del rectificador y estator conectado en estrella trifásico.

El voltaje obtenido de la combinación estator-rectificador cuando se conecta a una batería no es perfectamente “plana” pero es tan suave (Fig. 22) que para todo propósito práctico la salida puede considerarse como un voltaje c.d. sin variación. El voltaje, por supuesto, se obtiene de las curvas de voltaje de fase, y se ilustra como sigue.

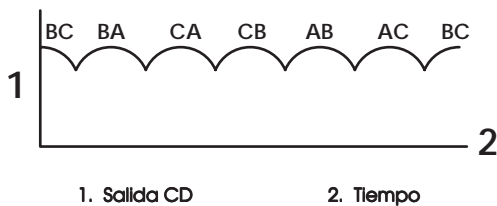


Fig. 22. Salida de corriente CD

Un método alternativo para establecer la dirección del paso de corriente a través del rectificador para un estator conectado en estrella es referirse a la ilustración que muestra las curvas de voltaje de bucle. (Fig. 22)

Durante el período 1, los dos devanados de bucle que tienen los voltajes más grandes son  $A_1A$  y  $B_1B$ , con el voltaje en el espiral  $C_1C$  siempre menor que los voltajes en los otros dos espirales. Como el voltaje en  $A_1A$  es positivo, y en  $B_1B$  es negativo (positivo del B a  $B_1$ ), la corriente pasa de B a A durante el período 1. La curva de voltaje de fase BA por supuesto, es simplemente un cuadro del voltaje real que los dos voltajes de bucle  $A_1A$  y  $B_1B$  sumados juntos imprimen a través de los diodos del rectificador.

Refiriendo nuevamente a las curvas de voltaje de bucle, los dos devanados de bucle tienen los voltajes más grandes durante el período 2 son  $A_1A$  y  $C_1C$ . Como el voltaje en  $A_1A$  es positivo y  $C_1C$  es negativo (positivo desde C a  $C_1$ ), la corriente pasa de C a A durante el período 2.

De la misma manera, las direcciones del flujo de corriente pueden determinarse por los cuatro períodos restantes.

Aunque este método alternativo de usar los voltajes de bucle puede usarse para determinar las direcciones del flujo de corriente, no puede usarse para explicar porque la corriente fluye como lo hace a través de la combinación estator-rectificador.

Para explicar porqué, es necesario determinar los voltajes que realmente existen en el rectificador, porque son estos voltajes y las desviaciones de los diodos que determinan las direcciones del paso de corriente.

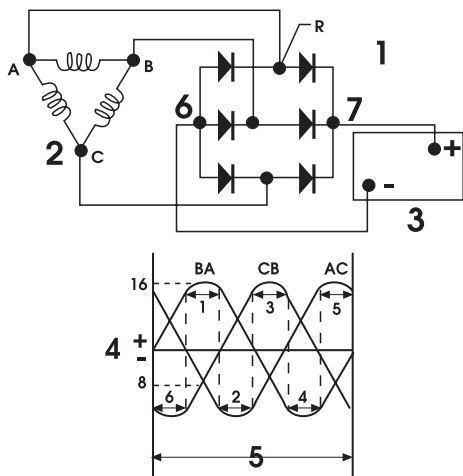


Estos voltajes están representados por las curvas de voltaje de fase, y son los voltajes que realmente aparecen en los diodos del rectificador.

Nuevamente, como ya hemos visto, las curvas de voltaje de fase son simplemente las curvas del voltaje de bucle sumadas juntas.

## CURVAS DE VOLTAJE ESTATOR BOBINADO EN DELTA

Un estator conectado en delta bobinado para proveer la misma salida que el estator conectado en estrella también provee una salida de corriente de voltaje suave cuando se lo conecta a un rectificador de 6 diodos. (Fig. 23)



- |                           |             |            |
|---------------------------|-------------|------------|
| 1. Rectificador           | 2. Estator  | 3. Batería |
| 4. Voltaje de fase        | 5. Un ciclo | 6. Tierra  |
| 7. Terminal de la batería |             |            |

Fig. 23. Estator bobinado en delta

Para mayor conveniencia, las curvas de voltaje c.a. trifásico obtenidas de la conexión delta básica para una revolución de rotor son producidas aquí y han sido divididas en seis períodos.

Durante el período 1 (Fig. 24), el voltaje máximo desarrollado en el estator es en la fase BA.

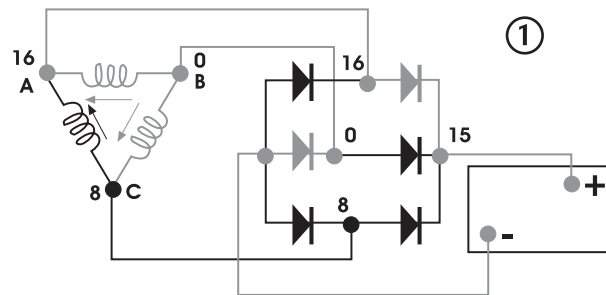


Fig. 24. Estator en delta, período 1

Para determinar la dirección del paso de corriente, tomar en consideración el instante en que el voltaje durante el período es el máximo, y asumir que este voltaje es de 16 voltios. El potencial en B es cero, y en A es 16.

Desde la curva, se puede ver que el voltaje de la fase CB es negativo o menos 8 voltios. Por lo tanto, el potencial en C es 8 (C a B u 8 a 0 es menos 8 voltios).

En forma similar, el voltaje de fase AC es menos 8 voltios. Esto es verdadero, pues A a C, ó 16 a 8, es menos 8. Estos voltajes potenciales se muestran en la figura 24.

El paso de corriente a través del rectificador es exactamente el mismo para el estator conectado con estrella, pues los potenciales de voltaje en los diodos son idénticos.



Una inspección del estator en delta, sin embargo, revela una diferencia mayor del estator en estrella. Mientras que el estator en estrella conduce corriente solamente a través de dos devanados durante todo el período 1, el estator en delta conduce corriente a través de los tres. La razón para esto es aparente, pues la fase BA está en paralelo con la fase BC más CA. Observar que como el voltaje B a A es 16, el voltaje de B a C a A también debe ser 16. Esto es verdadero pues se desarrollan 8 voltios en cada una de estas dos fases.

Durante el período 2 (Fig. 25), el voltaje máximo desarrollado es en fase AC, y los potenciales de voltaje se muestran en la ilustración en el instante de que el voltaje es máximo.

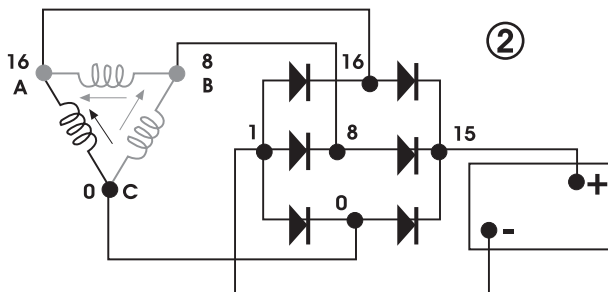


Fig. 25. Estator en delta, período 2

También se muestran los otros voltajes de fase, y nuevamente, el paso de corriente a través del rectificador es idéntico al estator en estrella, pues los voltajes a través de los diodos son iguales. Sin embargo, igual que durante el período 1, las tres fases delta conducen corriente tal como se ilustra.

Siguiendo el mismo procedimiento para los períodos 3-6, en la figura 26 se muestran las direcciones del flujo de corriente.

Tenemos seis condiciones principales del flujo de corriente para el estator delta.

Esto concluye nuestro estudio de los principios fundamentales según los cuales se desarrolla el alternador básico y rectifica los tres voltajes c.a. a un flujo de corriente y voltaje c.d.

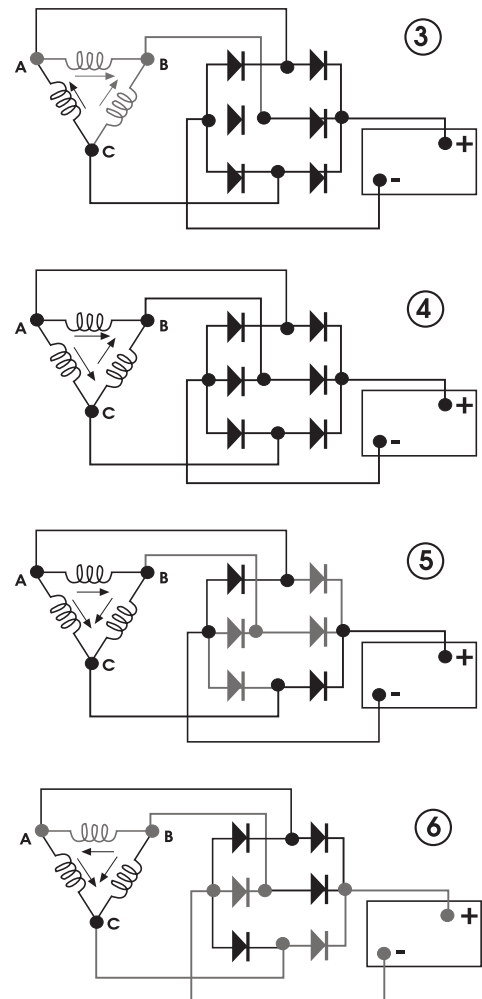
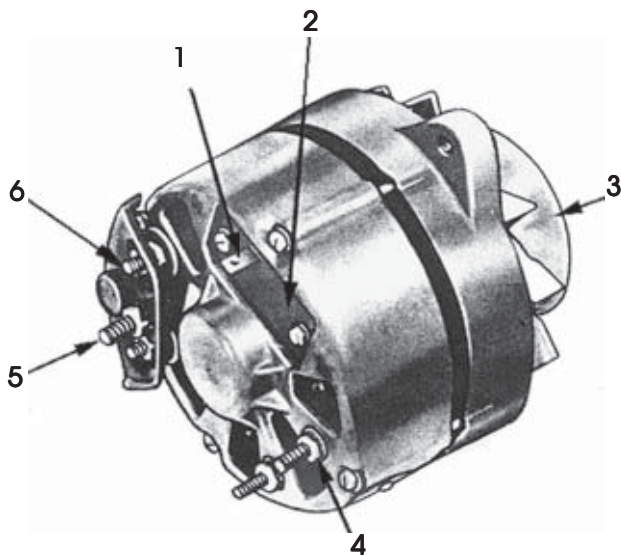


Fig. 26. Estator delta, períodos 3, 4, 5 y 6



## CONSTRUCCION DEL ALTERNADOR

Veamos ahora las piezas reales de un alternador típico.



1. Terminal de campo
2. Cubierta escobilla y portaescobilla
3. Polea
4. Terminal a tierra
5. Terminal de salida
6. Terminal del regulador (auxiliar)

Fig. 27. Alternador completo

Los alternadores tienen tres unidades principales:

- **Conjunto del rotor: campo magnético que gira.**
- **Conjunto del estator: conductores que son estacionarios.**
- **Conjunto del rectificador: diodos que cambian la corriente c.a. a la corriente c.d.**

La figura 28 muestra las partes de un alternador típico.

## CONJUNTO DEL ROTOR

El **conjunto del rotor** realiza el mismo trabajo que el conjunto de la pieza polar y la bobina de campo en el generador c.d. La diferencia está en que el conjunto del rotor gira mientras que el conjunto de la pieza polar y la bobina de campo está estacionario.

El conjunto del rotor consiste de una **bobina de alambre enrollada alrededor de un núcleo de hierro y montada en un eje giratorio.** (Fig. 28).

La bobina está encerrada entre dos secciones de hierro blando interconectadas. Los extremos de la bobina están conectados a dos **anillos** deslizantes montados en un extremo del eje.

Las **escobillas** pequeñas se montan en los anillos deslizantes. Una de las escobillas está conectada a tierra. La otra está aislada y está conectada al terminal de campo del alternador. Este terminal está conectado a través del regulador y del interruptor del encendido a la batería.

Cuando se enciende el interruptor de encendido una pequeña corriente de la batería pasa a través del regulador hacia la escobilla aislada, a través de uno de los anillos deslizantes, al interior de la bobina, saliendo a través de otro anillo deslizante y la otra escobilla a tierra.

La corriente a través de la bobina crea un campo magnético que hace el rotor como un campo magnético multipolar giratorio.

Cada dedo en la sección de hierro se vuelve un polo magnético.

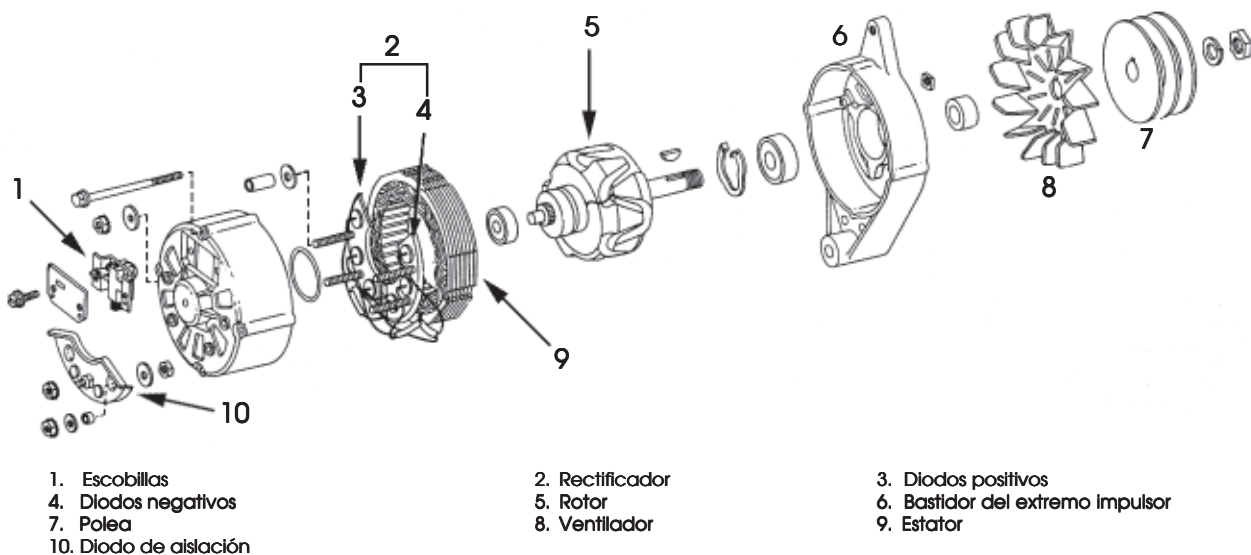


Fig. 28. Vista detallada de un alternador típico

Los polos del rotor no retienen magnetismo (diferentes a las piezas polares del generador). La corriente directa de la batería debe pasar a través de la bobina del rotor para magnetizar los polos antes que el alternador comience a cargar.

El rotor o el campo del alternador es, por lo tanto, **externamente excitado**.

## CONJUNTO DEL ESTATOR

El **conjunto del estator** efectúa el mismo trabajo que el inducido en el generador c.d. Sin embargo, el estator está fijo mientras que el inducido gira. En la figura 29 se muestra un conjunto del estator real.

El conjunto del estator es un **anillo de hierro** blando laminado con tres grupos de bobinas o devanados en las ranuras.

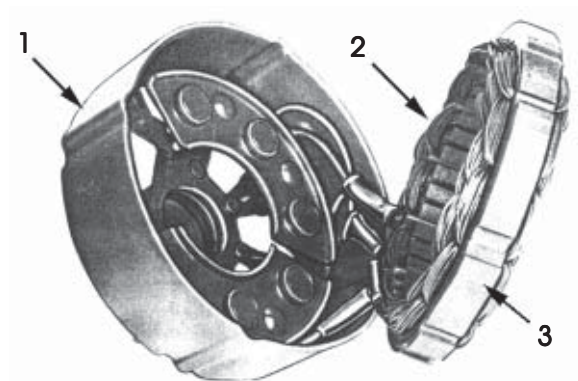


Fig. 29. Conjunto del estator



Cada grupo está hecho de 8 a 16 bobinas, dependiendo del diseño.

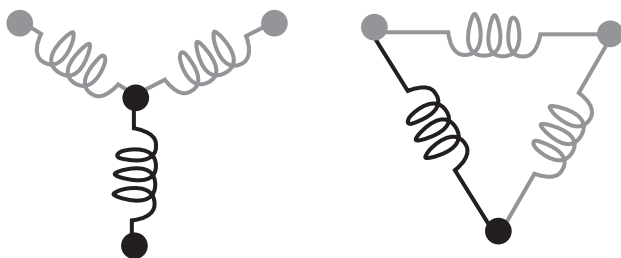
Un extremo de cada devanado estático está conectado a un diodo positivo y uno negativo.

Tal como vimos anteriormente, los otros extremos de los devanados estáticos están conectados por una de las siguientes maneras. (Fig. 30)

- **Devanados estáticos conectados en estrella.**
- **Devanados estáticos conectados en delta.**

El alternador conectado en delta puede usarse para operaciones de trabajo pesado donde se necesita bajo voltaje, pero alto amperaje.

El alternador conectado en estrella generalmente provee un voltaje más alto y amperaje moderado.



Y - Estator conectado en estrella

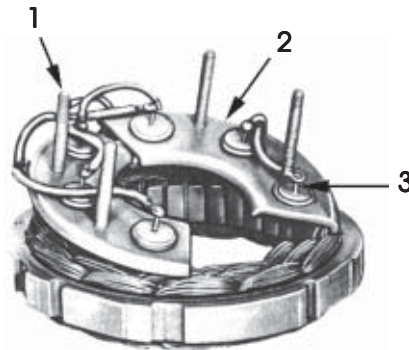
Delta - Estator conectado en delta

Fig. 30. Dos conexiones de devanados estáticos trifásicos

## CONJUNTO DEL RECTIFICADOR (DIODOS)

Para convertir la corriente c.a. a c.d., se usan rectificadores o diodos.

En un alternador trifásico, hay montados seis diodos en el extremo del anillo deslizante de la caja del alternador (Fig. 31). Los tres diodos negativos están montados en el bastidor del extremo o en el disipador de calor empernado al bastidor de extremo. Los tres diodos positivos están montados en el disipador de calor que está aislado desde el bastidor del extremo.



1. Conjunto del diodo negativo

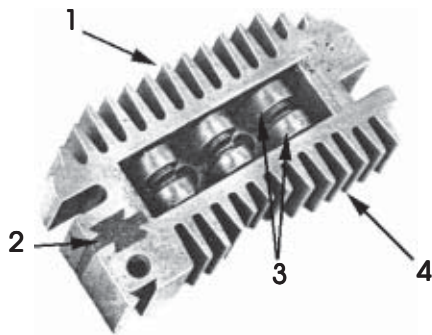
2. Conjunto del diodo positivo

3. Diodo

Fig. 31. Conjuntos de diodos en el alternador

Algunos alternadores tienen los seis diodos montados en un conjunto, llamado puente rectificador (Fig. 32)

**NOTA:** En los alternadores a tierra negativos, los diodos positivos están montados en el **disipador de calor aislado**, así como los diodos negativos en los alternadores a tierra positivos.



1. Disipador de calor, negativo  
2. Aislación  
3. Diodos  
4. Disipador de calor, positivo

Fig. 32. Puente rectificador

## DIODO DE AISLACION

Algunos alternadores usan un conjunto de diodo adicional en el circuito. Este diodo se llama el diodo de aislación.

Su función principal es actuar como un interruptor automático entre la batería y el alternador. Bloquea cualquier paso de corriente de la batería devuelta al alternador y regulador cuando el alternador no está funcionando.

El diodo de aislación está montado en un bastidor metálico de disipador de calor. (Ver la figura 28). (Los diodos en paralelo se usan en algunos alternadores de alto amperaje.)

Debido a que la salida pasa a través de este diodo, se pueden anticipar altas temperaturas. Por esta razón, el diodo y el armazón están montados en el bastidor del extremo del anillo deslizante para permitir la libre circulación de aire alrededor de él.

La luz indicadora de carga está colocada en paralelo con el diodo de aislación y conectada entre el terminal del regulador y el interruptor encendido.

La luz suministra la corriente inicial al regulador para excitar el campo del rotor. Esto se muestra cuando se enciende mientras está arrancando el motor.

La mayoría de los alternadores tienen un resistor en paralelo con la luz de modo que cuando se quema la bombilla, el alternador todavía está energizado y carga las baterías.

El diodo de aislación y la luz indicadora de carga funcionan como sigue:

1. Con el interruptor de encendido apagado, no hay voltaje en ninguno de los extremos de la luz indicadora. La luz está apagada y el diodo de aislación bloquean la corriente de la batería al alternador.
2. Cuando el interruptor de encendido está conectado, se aplica voltaje a un lado de la luz indicadora. Esto hace que una pequeña cantidad de corriente pase a través del regulador hacia el campo del rotor y enciende la luz indicadora.
3. Una vez que el campo del rotor es excitado y el motor comienza girar, se genera voltaje en los devanados estatóricos y la salida a través de los rectificadores aumenta en forma constante.
4. Pronto el voltaje generado excede el potencial de voltaje de la batería. En este momento la luz indicadora se apaga y el regulador de voltaje toma en control el voltaje de campo y corriente.



## RESUMEN: OPERACION DE LOS ALTERNADORES

- *Un alternador es generador c.a.*
- *Rectifica la corriente para los diodos que utilizan c.d.*
- *El voltaje es generado por un campo en movimiento en un conductor estacionario.*
- *Esto es lo contrario del principio del generador.*
- *Alternador = rotor (en movimiento) + estator (fijo) + rectificador (diodos).*
- *El rotor-estator produce corriente c.a.*
- *Los diodos del rectificador convierten la corriente a c.d.*

## REGULADORES PARA ALTERNADOR

El regulador c.a. controla el voltaje y la intensidad de la corriente entregada por el alternador. Sin el regulador el alternador produciría un voltaje excesivo.

El regulador realiza esta función intercalando más o menos resistencia en el circuito de excitación del que forma parte el rotor del alternador. El principio es el mismo en que está basada la regulación del dínamo.

**¿En qué consiste, por lo tanto, la diferencia entre el regulador para dínamo y el regulador para alternador?**

1. En que el alternador no necesita regulador de corriente, porque él mismo limita la máxima corriente que produce por el campo magnético opuesto que se crea durante su funcionamiento.
2. En que el regulador para alternador es, a menudo, un simple regulador de voltaje.

Hay casos especiales en los que se emplean reguladores combinados o relés para la excitación en los circuitos de carga por alternador, pero éstos son excepcionales.

**Se distingue entre reguladores de contactos y reguladores electrónicos.**

## REGULADORES DE DOS CONTACTOS (Fig. 33)

### Posición inferior:

El arrollamiento de excitación obtiene la totalidad de la tensión del generador a través de D+.

### Posición media:

El arrollamiento de excitación está enlazado con D+ del generador a través de una resistencia de regulación R. La excitación está reducida a causa de la menor corriente de excitación.

### Posición superior:

Ambos extremos del arrollamiento de excitación están conectados a masa: el arrollamiento de excitación está ponteadado; se efectúa una regulación completa hacia abajo del generador.

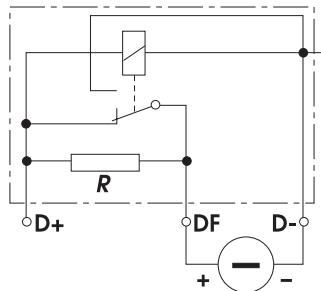


Fig. 33. Regulador de dos contactos

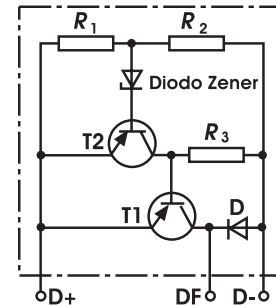


Fig. 34. Regulador transistorizado

## REGULADORES ELECTRONICOS

(Fig. 34).

Estos reguladores se denominan también reguladores de transistores. En el regulador de transistores el transistor  $T_1$  está conectado en sentido de paso (emisor en el polo +, colector en el polo - a través del arrollamiento de excitación, base negativa respecto al emisor). El generador se excita y asciende la tensión de generador. Tan pronto como la tensión sobrepasa el valor preestablecido, por ejemplo 14,6 V se hace conductor el diodo Zener, en el transistor  $T_2$  la base se hace negativa y pasa una corriente emisor-colector que se limita mediante la resistencia  $R_3$ .

De este modo la base del transistor  $T_1$  está aplicada a una tensión positiva. El transistor  $T_1$  se hace no conductor y se interrumpe la corriente de excitación.

La tensión del generador cae por debajo del valor preestablecido. El diodo Zener bloquea nuevamente el transistor  $T_2$ ; el transistor  $T_1$  se hace conductor y se establece de nuevo el estado de partida.

Este proceso se repite en rápida sucesión con lo que la tensión del generador oscila en torno al valor preestablecido.

## Dispositivo de protección contra sobretensión (Fig. 35).

El dispositivo de protección contra sobretensión debe proteger de sobretensiones a los diodos en generadores trifásicos de 28 V. Los bornes D + y D - están enlazados uno con otro mediante un tiristor. Entre un divisor de tensión (resistencias  $R_1, R_2, R_3$ ) y el electrodo de mando del tiristor hay un diodo Zener.

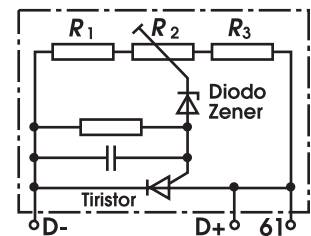


Fig. 35. Dispositivo de protección contra sobretensiones

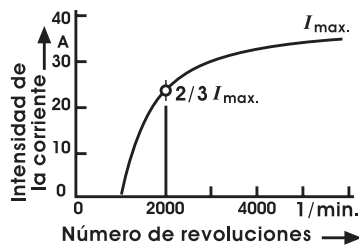
Cuando un pico de tensión sobrepasa el valor de 31 V el diodo Zener se hace conductor y “enciende” el tiristor. Los bornes D + y D - están entonces cerrados en corto; el generador suministra sólo una pequeña tensión proporcionada por la excitación previa. La lámpara indicadora de la carga se enciende. El tiristor, una vez encendido, no deja de ser conductor hasta que se para el motor y se desconecta el interruptor de encendido y arranque.



## Protección contra sobrecarga

En virtud del dimensionamiento electromagnético (poco hierro en el rotor) la curva revoluciones-corriente a tensión de generador constante asciende muy rápidamente hasta que se alcanza la corriente nominal y transcurre luego muy plana hasta los números de revoluciones más altos. En esta zona el hierro está saturado (Fig. 36). De este modo la corriente del generador se limita mediante el dimensionamiento electromagnético del mismo.

Fig. 36. Característica de un generador trifásico



El regulador **transistorizado** para alternador es el más corrientemente empleado. Es una unidad completamente electrónica que consta de resistencias, diodos, diodo Zener, transistores y termistores. Todos estos componentes se alojan en una caja herméticamente cerrada (Ver figura 37). Esto significa que no necesita ajustes y se elimina la posibilidad de averías o fallos debidos a humedad o suciedad.

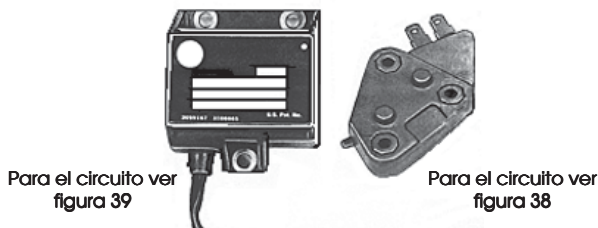


Fig. 37. Dos tipos de reguladores transistorizados.

Este regulador lleva algunos componentes que todavía no hemos mencionado en esta unidad. El funcionamiento básico de esta unidad se ha descrito en la unidad 1. Aquí nos limitaremos a describir brevemente los elementos de que consta.

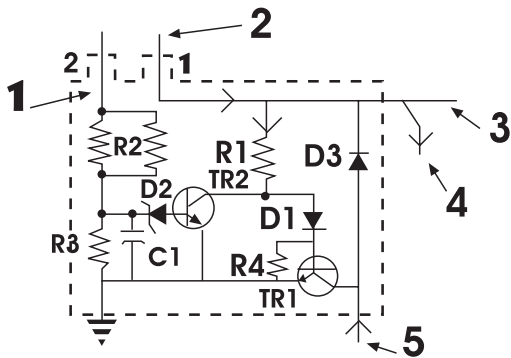
- 1. Resistencias:** Son de carbón o de hilo y oponen resistencia al paso de la corriente.
- 2. Diodo Zener:** Es un diodo inversamente polarizado, que se comporta como un diodo corriente, mientras el voltaje aplicado al mismo no alcanza un determinado valor. Por encima de ese valor el diodo deja pasar la corriente en sentido inverso.
- 3. Transistor:** Semiconductor por medio del cual se controla el paso de la corriente.
- 4. Termistor:** Resistencia que compensa los cambios de temperatura. Se intercala en el circuito del diodo Zener para que aumente el voltaje aplicado al mismo en tiempo frío.

## Operación del regulador transistorizado

Básicamente, el regulador c.a. tiene dos funciones:

1. Permitir que la corriente de la batería excite las bobinas de campo del alternador.
2. Controlar el voltaje de carga a valores seguros durante la operación.

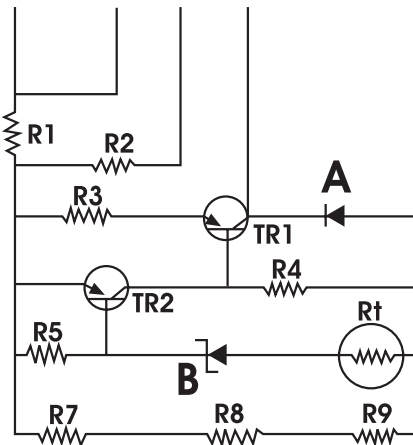
Las figuras 38 y 39 muestran los circuitos para dos alternadores típicos. Como todos los reguladores funcionan en forma similar, veamos al regulador de la figura 41 y su funcionamiento.



1. Desde el terminal de la batería
2. Desde la luz indicadora
3. Desde el triodo
4. Al campo
5. Desde el campo del alternador

Fig. 38. Circuito de un regulador transistorizado (con transistores NPN)

Código:  
R = Resistor  
TR = Transistor  
RT = Termistor

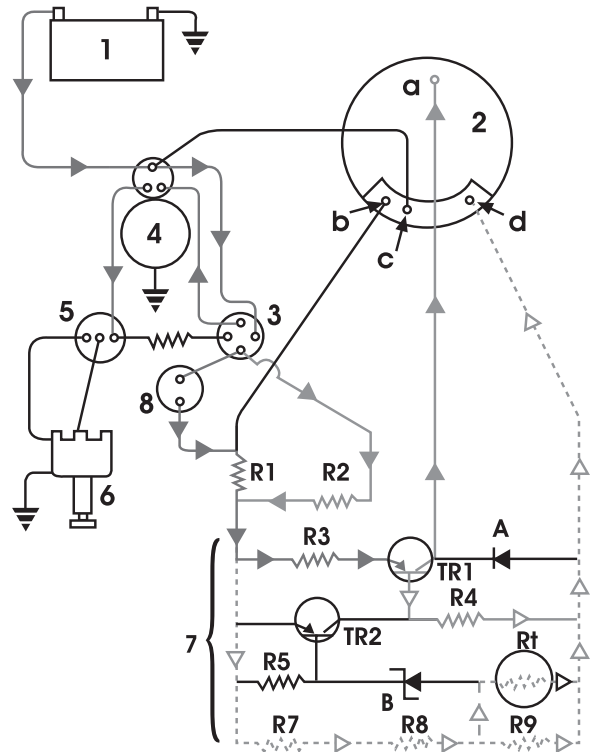


A. Diodo de descarga de la excitación

B. Diodo Zener

Fig. 39. Circuito de otro regulador transistorizado

### Cómo funciona el regulador durante el arranque.



1. Batería
2. Alternador
  - a. Terminal de la excitación
  - b. Terminal para el regulador
  - c. Terminal de salida
  - d. Terminal de masa
3. Llave de contacto y arranque
4. Motor de arranque
5. Bobina de encendido
6. Distribuidor
7. Regulador transistorizado
  - A. Diodo de descarga de la excitación
  - B. Diodo Zener
8. Luz testigo de carga

Fig. 40. Operación del regulador transistorizado durante el arranque



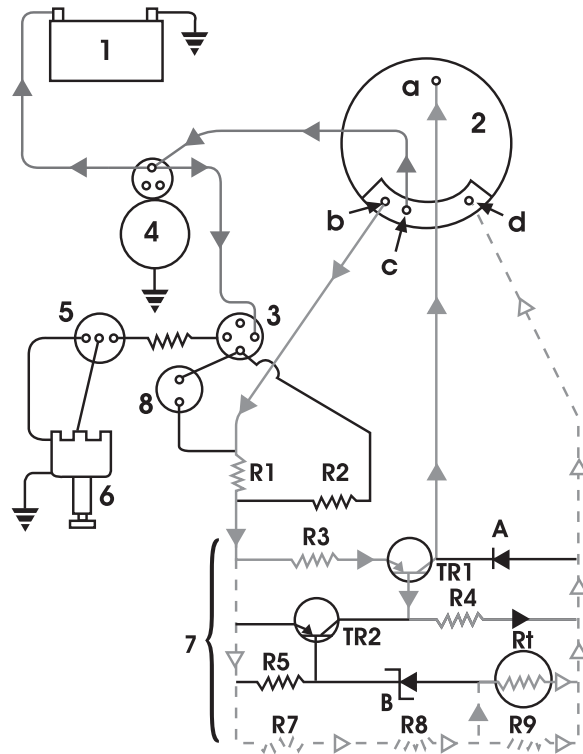
Cuando se enciende el interruptor de arranque, se completa el circuito (Fig. 40, en la página anterior). La corriente de la batería pasa al solenoide del arranque y al interruptor de arranque (encendido), tal como se muestra con las líneas grises. El solenoide de arranque envía la corriente a la bobina en encendido, mientras el interruptor de arranque envía la corriente a las luces indicadoras del alternador y al regulador.

A medida que la corriente pasa al regulador, los diferentes valores de voltaje gobiernan el curso de la corriente. El voltaje a través de los resistores R7 y R8 por ejemplo, está debajo del diodo Zener crítico o voltaje de perforación. Por lo tanto, el voltaje que se siente en la base de TR2 es el mismo que el voltaje en su emisor. De modo que la corriente no puede pasar a través de TR2 (como se muestra en las líneas negras). Así la diferencia de voltaje en el circuito emisor-base de TR1 permite el paso de corriente desde el emisor a través de la base y colector. La corriente del colector pasa entonces a excitar el campo del alternador (línea gris vertical). Al mismo tiempo una ligera cantidad de flujo de corriente viaja hacia la tierra del alternador como se muestra con la línea gris punteada.

### Cómo funciona el regulador durante la operación del motor.

La primera parte de la operación del motor (Fig. 41) es similar al período de arranque anterior excepto que a medida que el motor se acelera el campo del alternador alrededor del rotor genera voltaje que fluye al exterior para abastecer las cargas.

Sin embargo, los valores del voltaje todavía son los mismos y el transistor TR1 todavía conduce la corriente al campo del alternador, como se muestra con la línea gris vertical.

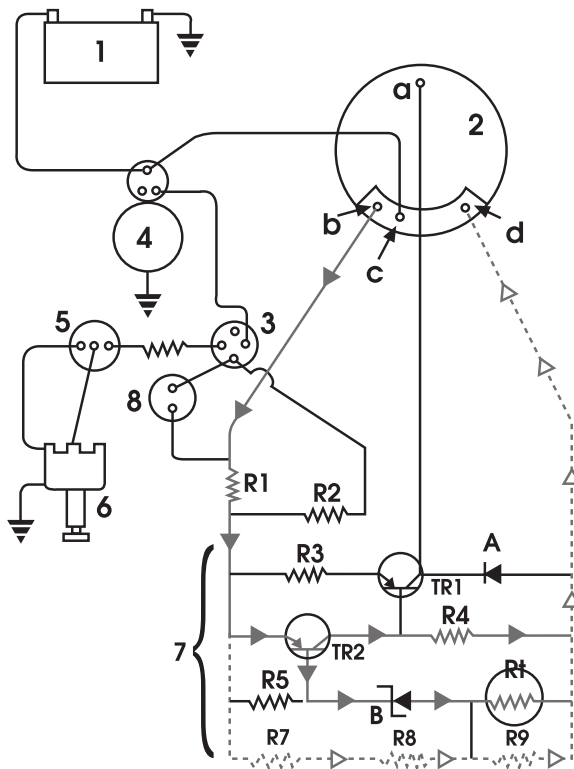


1. Batería
2. Alternador
  - a. Terminal de la excitación
  - b. Terminal para el regulador
  - c. Terminal de salida
  - d. Terminal de masa
3. Llave de contacto y arranque

Fig. 41. Operación del regulador - Transistor TR1 encendido

A medida que el motor funciona y los requisitos de carga comienzan a disminuir, se acumula el voltaje del alternador (Fig. 42).

Esto hace que el voltaje a través de los resistores también aumente. Luego el voltaje a través de R7 y R8 aumenta más que el voltaje crítico de diodo Zener.



4. Motor de arranque
5. Bobina de encendido
6. Distribuidor
7. Regulador transistorizado
  - A. Diodo de descarga de la excitación
  - B. Diodo Zener
8. Luz testigo de carga

Fig. 42. Operación del regulador - Transistor TR2 encendido

El diodo Zener inmediatamente “desconecta”, permitiendo que la corriente pase a través en dirección inversa. Esto “enciende” el transistor TR2 y la corriente puede pasar a través del emisor-base de TR2 y colector.

Cuando la corriente pasa a través de TR2, el voltaje en la base de TR1 es igual o mayor que en su emisor. Esto impide que la corriente pase a través de TR1 al campo del alternador.

Esto hace colapsar el campo y reduce la salida del alternador, protegiendo el circuito.

El voltaje del sistema cae debajo del voltaje crítico de diodo Zener y dejar de conducir. Esto apaga TR2 y enciende TR1 y la corriente pasa nuevamente al campo del alternador. Esta operación se repite muchas veces en un segundo.

En efecto, los dos transistores actúan como interruptores controlando el voltaje y salida del alternador.

Observar el diodo de descarga del campo en la figura 42. Este diodo evita dañar el transistor TR1.

Cuando TR1 se apaga, la corriente de campo del alternador no puede caer inmediatamente a cero, porque los devanados del rotor hacen que la corriente continúe pasando.

Antes de que el flujo de corriente alcance a cero, el voltaje del sistema y el regulador comienzan nuevamente el flujo de corriente.

Sin embargo, el flujo decreciente de corriente de campo induce un alto voltaje y esto puede dañar el transistor.

El propósito del diodo de descarga de campo es desviar un alto voltaje lejos del transistor.



## Operación del regulador con transistores NPN

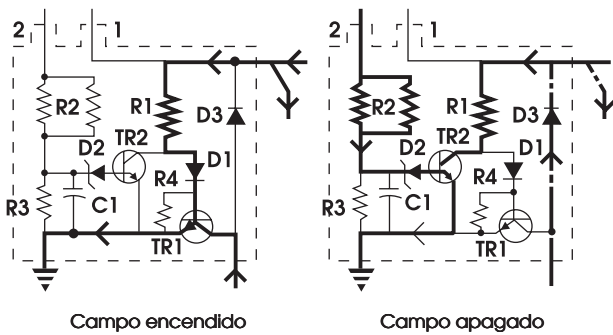


Fig. 43. Operación del regulador con transistores NPN

El segundo regulador típico que vimos en la figura 38 trabaja de la siguiente manera:

El alternador está generando corriente y abasteciendo su propia corriente de campo del triodo (Fig. 43). Cuando el voltaje aumenta hasta el voltaje crítico del diodo Zener (D2), el diodo conduce y se aplica un voltaje positivo al terminal base del transistor impulsor “TR2” y lo enciende. (El voltaje positivo en el terminal base enciende un transistor NPN)

Esto reduce el voltaje en el terminal base del transistor de potencia (TR1), que apaga el transistor de potencia.

## REGLAS PARA EL TRABAJO

- El generador trifásico no debe ponerse en servicio sin batería, ni regulador.
- Los bornes de las batería no deben soltarse durante el servicio; en virtud del magnetismo que desaparece se producen elevadas tensiones de

autoinducción que pueden traer como consecuencia la perforación de los diodos.

- En el caso de carga rápida de la batería tiene que desconectarse ésta del generador trifásico.
- El generador desmontado no debe someterse a verificaciones con tensiones superiores a 40 V.
- El sentido de rotación del generador trifásico es arbitrario; si se cambia el sentido de rotación habrá que cambiar el disco de ventilación, en caso de que vaya provisto el generador de ventilador de aletas.

## BATERIAS

### LO QUE HACE LA BATERIA

La batería almacena energía eléctrica para todo el equipo eléctrico de la máquina.

Cuando se cierra un circuito, la batería entrega corriente continua al componente conectado a sus terminales.

La corriente de la batería se produce por una reacción química que tiene lugar entre el material activo de las placas y el ácido sulfúrico del líquido, o electrolito.

Al cabo de cierto tiempo de utilización, la batería se descarga y ya no entrega corriente. Sin embargo, se puede volver a cargar mediante una fuente exterior

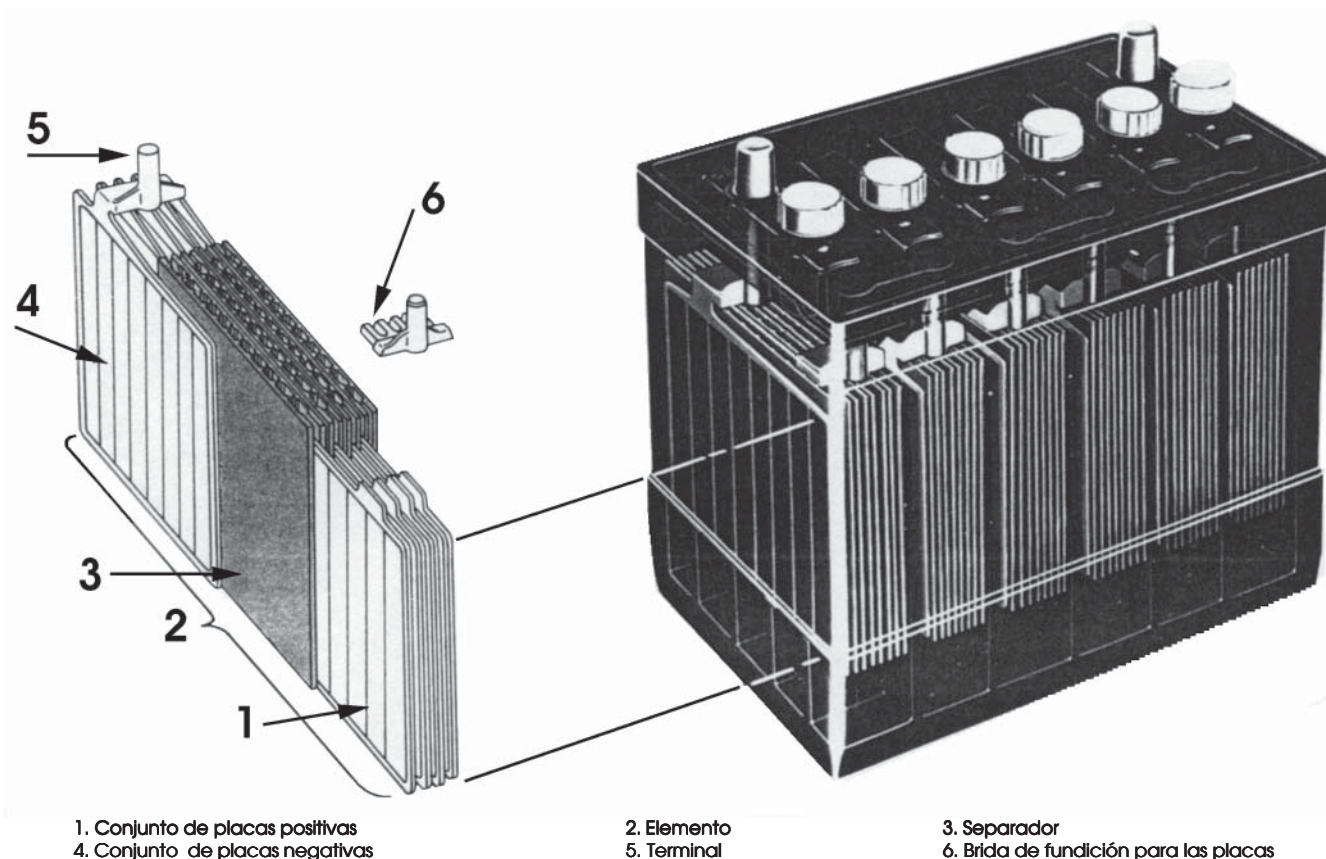


Fig. 44. Construcción de una batería

de corriente continua, haciendo circular la corriente de carga en sentido opuesto a aquel en que circula cuando la batería entrega corriente.

En régimen normal de funcionamiento, la batería se carga por la corriente producida por el dínamo o por el alternador.

La batería se necesita para que realice las tres funciones siguientes:

- **Suministrar corriente para el arranque del motor.**
- **Suministrar corriente cuando la demanda de ésta excede a la que es capaz de entregar el sistema de carga.**
- **Estabilizar el voltaje del sistema durante el funcionamiento.**

## CONSTRUCCION DE LA BATERIA

La batería consta de cierto número de elementos o **células**, dentro de una caja de ebonita (Fig. 44).

Cada célula contiene **placas positivas y placas negativas**.

Estas placas contienen el material activo sobre una rejilla plana. Las placas negativas cargadas contienen plomo esponjoso (Pb) que es de color gris. Las placas positivas cargadas contienen peróxido de plomo (Pb O<sub>2</sub>) que es de color marrón oscuro.

Cada **grupo de placas** va soldado a una brida (Ver Fig. 44).



Los grupos de placas de polaridad opuesta van entremetidos, alternándose una placa positiva con una placa negativa. Los grupos de placas negativas suelen tener una placa más que los grupos de placas positivas. De esta forma el conjunto de cada elemento lleva dos placas negativas por la parte exterior.

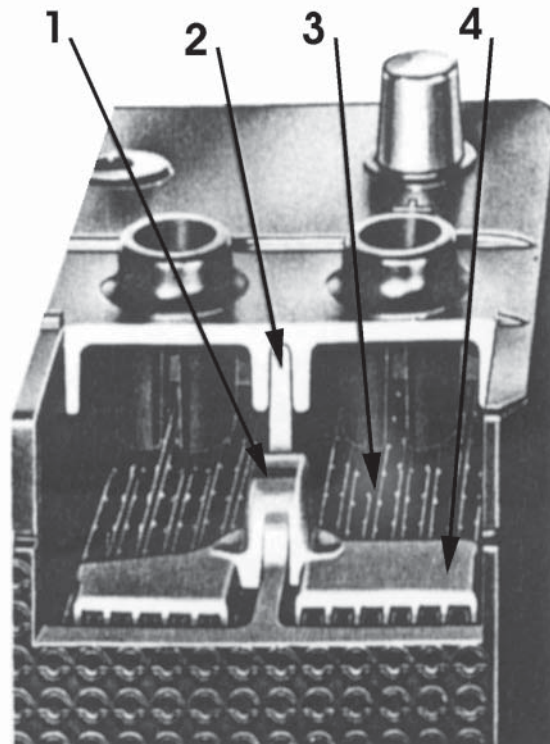
Para que las placas no se puedan tocar entre si se interponen unos separadores porosos, como los que pueden verse en la figura 44. Estos separadores permiten el paso del electrolito que puede bañar así todas las placas activas. Este conjunto constituye un **elemento**.

El elemento terminado se aloja en una célula de la caja de la batería.

En las baterías con tapa blanda, ésta se pone inmediatamente después de alojar el elemento en su celda. Por encima de la tapa se sueldan a continuación los puentes que unen los terminales positivos y negativos de los elementos continuos. Los elementos se conectan **en serie**. Finalmente se hace hermético el cierre de la tapa sobre la caja de la batería.

Las baterías con monotapa dura tienen la ventaja de que impiden que se formen depósitos de sales sobre la tapa, que dan lugar a la corrosión de los metales (Fig. 45). Estas baterías llevan unos conectores internos que atraviesan el tabique que separa las celdas. El conector que atraviesa la separación hace con ésta un cierre hermético para que el electrolito no pueda pasar de una celda a otra.

Esta construcción mejora el rendimiento de la batería al ser más cortos los puentes que unen los elementos y al lograrse un cierre más hermético con una tapa única de material duro.



1. Conector  
3. Elemento  
2. Separación  
4. Brida de las placas

Fig. 45. Batería con monotapa dura

Los terminales principales de la batería son el **positivo** y el **negativo**. El terminal positivo es de mayor diámetro con objeto de impedir que se pueda conectar la batería con la polaridad invertida.

La tapa de cada vaso lleva un **tapón** con un **orificio** de respiración; estos tapones tienen dos objetos:

- 1) Permitir comprobar el nivel del electrolito y añadir agua en caso necesario.
- 2) Proporcionar salida a los gases que se forman cuando la batería está cargándose.



Cada elemento de batería tiene un potencial de unos 2 voltios. Las baterías de 6 voltios llevan 3 elementos conectados en serie, mientras que las de 12 voltios, llevan 6 (Fig. 46, diagrama superior).

Para obtener voltajes mayores se conectan en serie varias baterías. Es frecuente conectar 2 de 12 voltios para obtener 24 voltios (Fig. 46, diagrama inferior).

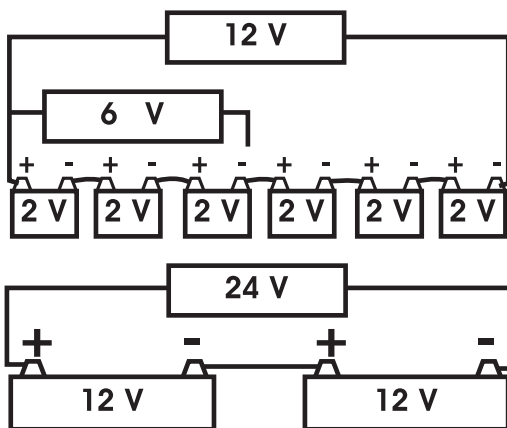


Fig. 46. Elementos de la batería y acumuladores conectados en serie.

## EN RESUMEN

- La batería consta de varias celdas.
- Cada celda tiene placas positivas y negativas.
- Las placas iguales van soldadas a una brida común.
- Los grupos de placas van entremetidos con separadores.
- Los separadores permiten que el electrolito bañe todas las placas.
- El conjunto así formado constituye un elemento de la batería y va alojado en una caja.

- Los elementos se conectan en serie.
- Los terminales principales de la batería son el positivo (+) y el negativo (-).
- Las baterías de 6 voltios constan de 3 celdas en serie.
- Las baterías de 12 voltios constan de 6 celdas en serie.
- Para obtener mayores voltajes es preciso conectar 2 o más baterías en serie.

## FUNCIONAMIENTO DE LA BATERIA

La batería produce corriente por una reacción química que tiene un lugar entre el material activo de las placas de distinta polaridad, y el ácido sulfúrico del electrolito (Fig. 47).

Mientras está teniendo lugar la reacción química, la batería se está **descargando**. Cuando casi todo el material activo ha terminado de reaccionar, la batería está **descargada**.

En esos momentos es preciso volverla a cargar para que dé corriente.

A continuación vamos a examinar con más detalles el proceso de carga y descarga de la batería, pero antes se debe conocer la composición del electrolito.

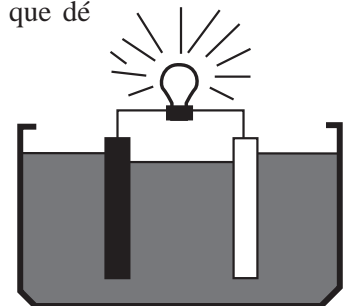


Fig. 47. Corriente almacenada por la batería



## EL ELECTROLITO

El **electrolito** de la batería completamente cargado es una solución concentrada de ácido sulfúrico en agua (Fig. 48). Su peso específico es, aproximadamente, de 1,270 a 27° C, lo que quiere decir que pesa 1,270 veces más que el agua. La solución contiene, aproximadamente, un 36% de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y un 64% de agua ( $H_2O$ ), como se puede ver en la figura.

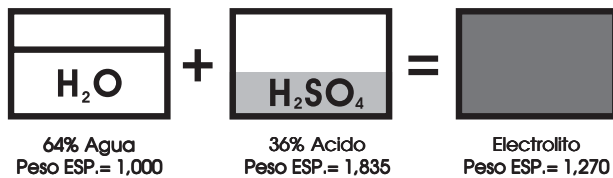


Fig. 48. Composición del electrolito de un acumulador

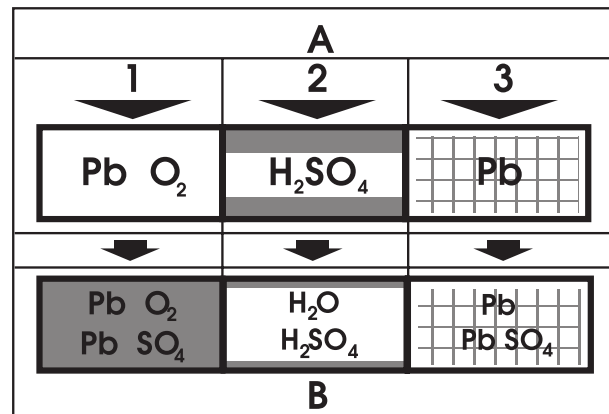
El voltaje de un elemento de batería depende de la diferencia química entre los materiales activos y también de la concentración del electrolito.

## CICLO DE DESCARGA DE LA BATERIA

Al conectar la batería a un circuito cerrado empieza a circular corriente y se inicia el ciclo de **descarga**. Esta corriente se produce por reacción química, de la siguiente manera:

El peróxido de plomo ( $PbO_2$ ) de la placa positiva está formado de plomo (Pb) y oxígeno ( $O_2$ ). El ácido sulfúrico se compone de hidrógeno ( $H_2$ ) y el radical

sulfato ( $SO_4$ ) que, a su vez, se compone de azufre (S) y oxígeno. El oxígeno del material activo de la placa positiva se combina con el hidrógeno del ácido sulfúrico y forma agua ( $H_2O$ ). Al mismo tiempo, el plomo del material activo de la placa positiva se combina con el radical sulfúrico para formar sulfato de plomo ( $PbSO_4$ ). Ver la figura 49.



1. Placa positiva
2. Electrolito
3. Placa negativa

- A. A plena carga
- B. Completamente descargado

Fig. 49. Reacción química en la batería

En las placas negativas tiene lugar una reacción parecida, combinándose el plomo (Pb) del material activo negativo con el radical sulfúrico para formar sulfato de plomo ( $PbSO_4$ ). Por lo tanto, al descargarse la batería se forma sulfato de plomo en las dos placas, mientras el ácido sulfúrico del electrolito se va diluyendo con agua.

Obsérvese que durante la descarga de la batería el material activo de las dos placas se va igualando químicamente al acumularse cada vez más sulfato de plomo. A este hecho se debe la pérdida de voltaje



que sufre el elemento al descargarse, por depender aquél de la diferencia entre los dos materiales activos. Al continuar la descarga llega un momento en que la dilución del electrolito y la acumulación de sulfato de plomo en las placas es tal, que cesa toda reacción. Por este motivo, no se agotan nunca por completo durante la descarga los materiales activos del elemento. En régimen de descarga ligera, la reacción es más completa que cuando la descarga es intensa, porque los materiales tienen más tiempo de ponerse en contacto. Cuando la batería ya no da el voltaje necesario, se dice que está descargada. En este caso y para poder ponerla de nuevo en servicio, se tiene que cargar antes con una fuente externa de corriente continua.

En resumen, consúltense la figura 50, en la que se ha representado el ciclo completo de descarga de la batería.

1. **Motor de arranque.**
2. **Encendido.**
3. **Luces.**
4. **Placa negativa:** Plomo esponjoso transformándose en sulfato de plomo.
5. **Placa positiva:** Peróxido de plomo transformándose en sulfato de plomo.
6. **Separador.**
7. **Electrolito:** El radical sulfúrico que contiene el ácido se combina con el material activo de las placas, reduciéndose la concentración del ácido. El hidrógeno del ácido y el oxígeno del peróxido del plomo se combinan para formar agua, que diluye el ácido.
8. **Dínamo o alternador.**
9. **Placa negativa:** El sulfato de plomo se transforma en plomo esponjoso. El sulfato forma ácido.
10. **El electrolito diluido se concentra por el radical sulfúrico que sueltan las placas.**
11. **Placa positiva:** El sulfato de plomo se transforma en peróxido de plomo. El radical sulfúrico vuelve al electrolito.

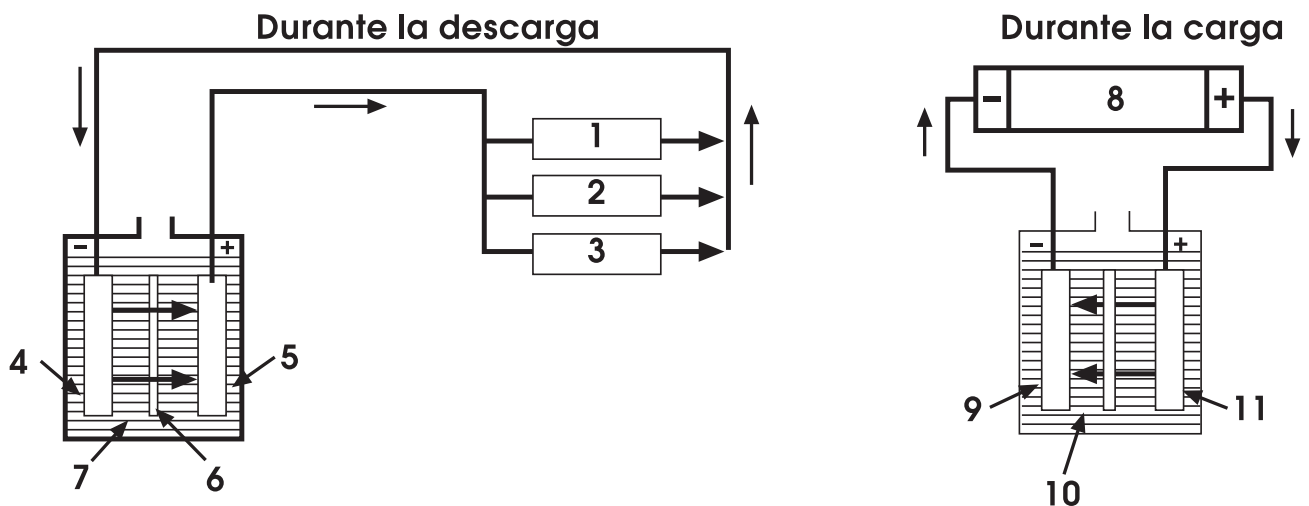


Fig. 50. Reacción química que tiene lugar en la batería durante la carga y la descarga



## CICLO DE CARGA DE LA BATERÍA

Las reacciones químicas que tienen lugar durante el ciclo de carga de la batería son, en esencia, inversas de las que ocurren durante la descarga. Ver las figuras 50 y 51.

El sulfato de plomo de ambas placas se separa en plomo y  $\text{SO}_4$  mientras que el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) se separa en hidrógeno, que forma  $\text{H}_2\text{SO}_4$  o ácido sulfúrico. Al propio tiempo el oxígeno se combina con el plomo de la placa positiva para formar  $\text{PbO}_2$  o peróxido de plomo.

Por estas reacciones se observa que el agua interviene activamente en el funcionamiento de la batería.

Es interesante hacer notar aquí que el peso específico del electrolito se reduce durante la descarga por dos razones:

- Porque se gasta ácido sulfúrico (que es más “pesado” que el agua) y se forma agua. Al cargarse la batería ocurre lo contrario: aumenta la densidad del electrolito.
- Se forma ácido sulfúrico y se consume agua.

Al medir la densidad del electrolito, después de dar una carga rápida a la batería, se observa que aquella continúa aumentando durante algún tiempo después de terminar de cargar, porque el ácido recién formado necesita tiempo para difundirse desde las placas hacia el electrolito. Por esta razón se obtiene una lectura errónea si se mide el peso específico estando el electrolito lleno de burbujas de gas.

Esta situación es la que hace suponer erróneamente que el peso específico del electrolito continúa aumentando después de terminada la carga.

Ya hemos visto que el agua desempeña un papel muy importante y activo en las reacciones químicas de la batería. Por eso, y a pesar de todo lo que se diga, lo mejor es emplear siempre agua destilada. Las impurezas disueltas en el agua afectan a la vida útil y al rendimiento de la batería.

## RESUMEN: COMO FUNCIONA UNA BATERÍA

- *La batería produce corriente por una reacción química.*
- *Esta misma reacción química tiene lugar durante la carga de la batería.*
- *Cuando ya no hay reacción química, la batería está descargando.*
- *La carga de la batería invierte la reacción química.*
- *Las que reaccionan son las placas con el electrolito.*
- *El electrolito es ácido sulfúrico disuelto en agua.*
- *Cuanto más ácido contiene el electrolito, más cargada está la batería.*
- *Cuanto mayor es la carga, mayor es el peso específico del electrolito.*
- *“Peso específico” equivale a densidad o concentración del ácido del electrolito.*



## LA BATERÍA Y EL CIRCUITO DE CARGA

La batería es el corazón del equipo eléctrico. Desempeña un papel fundamental en el funcionamiento del motor de arranque, de la carga, del encendido y otros circuitos accesorios.

Sin embargo, la batería no es más que una parte del circuito de carga.

La batería se combina con el dínamo o el alternador y trabaja del modo siguiente (Fig. 52):

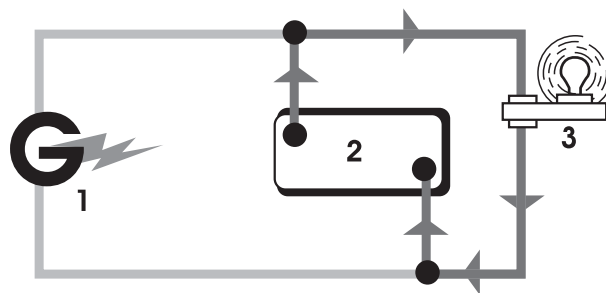
1. La batería entrega corriente al sistema eléctrico y se va descargando.
2. El dínamo manda corriente a la batería y la carga.
3. El regulador de voltaje limita el que produce el dínamo para evitar la sobrecarga de la batería a altas velocidades del motor.

El régimen de carga es distinto a diferentes velocidades del motor.

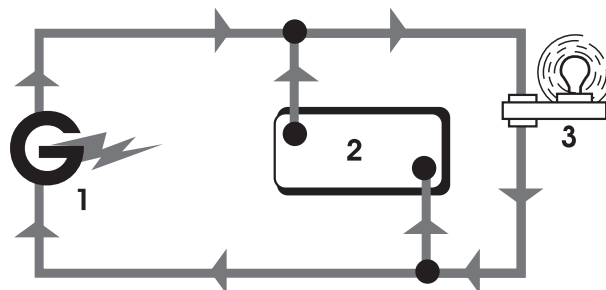
Cuando el motor está parado, la única fuente de corriente disponible es la batería.

A bajas velocidades entregan corriente la batería y el dínamo.

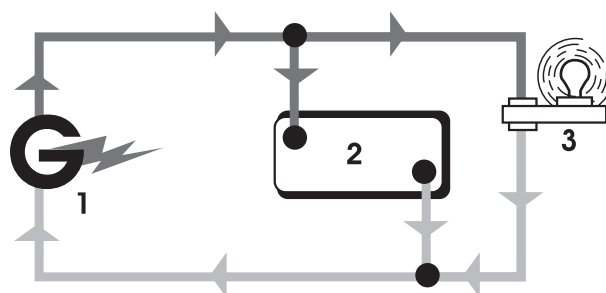
A velocidades más altas del motor, el dínamo se hace cargo del suministro de corriente y carga la batería, además de alimentar los circuitos que consumen corriente.



La batería alimenta la carga.



El dínamo y la batería alimentan la carga.



El dínamo alimenta la carga y recarga la batería.

1. Dínamo      2. Batería      3. Carga

Fig. 52. La batería y el circuito de carga



## TIPOS DE BATERIAS

Hay dos tipos de baterías:

- **cargadas en seco**
- **cargadas con electrolito**

Una y otra se distinguen por la forma en que salen preparadas de fábrica.

### BATERIAS CARGADAS EN SECO

La batería cargada en seco tiene todos sus elementos totalmente cargados, pero no contiene electrolito, que ha de añadirse cuando se desea ponerla en servicio. Por lo tanto, sale de fábrica completamente seca. Después de activada y puesto en servicio, su condición es la misma que la de cualquier otra batería.

Estas baterías se cargan en la fábrica del siguiente modo: la corriente continua se hace pasar por las placas de los elementos de la batería estando sumergidas en una solución diluida de ácido sulfúrico. Una vez cargadas las placas, se sacan del electrolito, se lavan en agua y se secan totalmente. Con estas placas así preparadas, se construye la batería.

La batería cargada en seco conserva indefinidamente la carga mientras no entre humedad en sus elementos. Si se guarda en un lugar fresco y seco se conserva indefinidamente sin deteriorarse.

#### Forma de activar la batería cargada en seco (Fig. 53)

La batería cargada en seco la puede activar el concesionario o el propio usuario en el momento de ponerla en servicio.

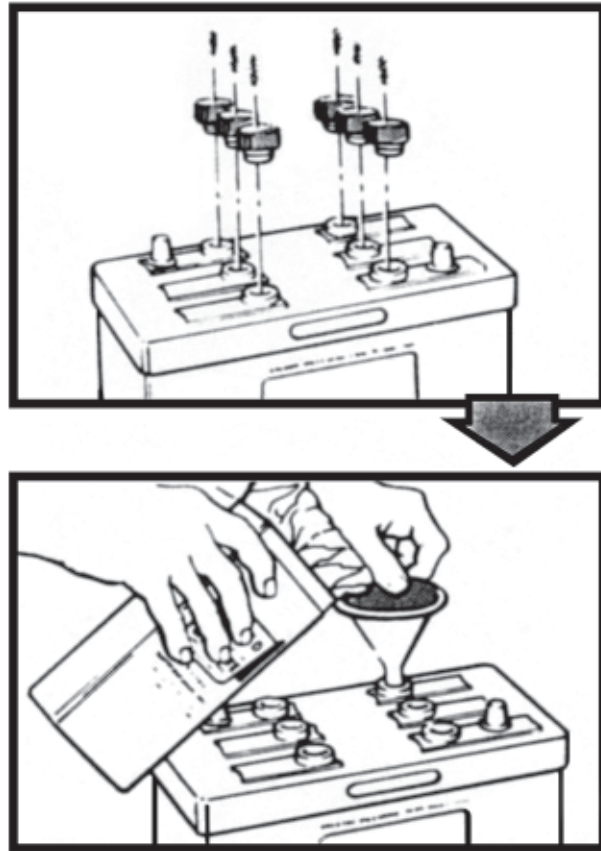


Fig. 53. Manera de activar una batería cargada en seco.

Para garantizar el empleo del electrolito correcto, muchos fabricantes lo entregan debidamente envasado y con las instrucciones pertinentes para poner la batería en servicio. Estas instrucciones deben seguirse al pie de la letra.

Normalmente, las baterías cargadas en seco se activan del modo siguiente:

1. Quitar los precintos de las bocas de las celdas y los tapones.



2. Con el cuidado necesario se llena cada celda, hasta el nivel recomendado, con el electrolito que se entrega con la batería. Examinar los orificios de respiración de los tapones antes de poner éstos en cada vaso.
3. Se mide el peso específico con un densímetro y se anota la lectura debidamente corregida.
4. Con un sello se graba la fecha en un lugar conveniente de la batería.
5. Déjese la batería en reposo durante unos cuantos minutos antes de revisar otra vez el nivel del electrolito en cada vaso. Si hiciera falta más, se añade electrolito (**no agua**).
6. Como medida de precaución se mide el voltaje de la batería estando el circuito abierto (Véase prueba de la batería). Como regla general, la batería se pondrá en servicio si da una tensión de 12 voltios o más, se cargará antes de ponerla en servicio si la tensión que da es de 10 a 12 voltios y se considerará en mal estado si da una tensión inferior a 10 voltios.
7. Como última prueba se mide de nuevo el peso específico del electrolito. Si se comprueba una caída de más de 30 puntos (0.030) en comparación con la lectura previa, se tiene que cargar la batería.
8. Es una buena práctica, si el tiempo lo permite, dar una carga lenta a toda batería recién activada. De esta forma puede garantizársele al cliente la recepción de una batería completamente cargada. Siempre que se disponga de una hora antes de la puesta en servicio de la batería recién activada, ésta deberá recargarse.

9. Toda batería en servicio debe rellenarse con agua.  
**No añadir nunca ácido.**

10. La batería en servicio requiere exactamente los mismos cuidados que todas las baterías cargadas con electrolito.

Las baterías cargadas en seco deben guardarse en lugares frescos y secos. Es necesario que la temperatura se mantenga entre 16° y 32° C (60° y 90° F). Bajo estas condiciones, una batería puede guardarse durante varios años y mantenerse una buena carga. Bajo condiciones adversas, la carga puede perderse en pocas semanas.

#### ¿Qué ventajas tienen las baterías cargadas en seco?

La principal es que no se sulfatan ni se corroen aunque se guarden almacenadas durante mucho tiempo.

**Tienen el inconveniente** de que para activarlas es preciso manipular el ácido y de que no es posible probarlas debidamente antes de hacer su entrega al cliente.

## BATERIAS CARGADAS CON ELECTROLITO

Las baterías cargadas con electrolito contienen elementos totalmente cargados y se llenan con electrolito en la fábrica. Las baterías cargadas con electrolito en la fábrica, no conservan la carga durante el almacenado y tienen que ser recargados periódicamente. Durante el almacenado y aunque la batería no esté en servicio, se produce una lenta reacción química que hace que la batería pierda parte de la carga. Se habla entonces de la **auto-descarga**.



La intensidad con que se produce esta auto-descarga depende de la temperatura del electrolito. Una batería guardada en una habitación a una temperatura de 38 °C (100° F) se descarga completamente al cabo de 90 días. La misma batería guardada a 16° C (60° F) sólo se habrá descargado un poco al cabo de los mismos 90 días.

Esta es la razón de que las baterías cargadas con el electrolito se deban almacenar en el lugar más frío posible, siempre que no llegue a congelarse el electrolito.

La batería completamente cargada no se congela a la misma temperatura a que se congela cuando está descargada. Por ejemplo, una batería descargada cuyo electrolito tenga un peso específico de 1.100 se congela a menos 8° C (18° F) mientras que cuando está completamente cargada y el peso específico del electrolito es de 1.260, no hay peligro de que se congele mientras la temperatura no baje de menos 103° C (-75° F). Véase el cuadro siguiente.

**TEMPERATURAS A QUE SE CONGELA EL ELECTROLITO  
 SEGUN SU PESO ESPECIFICO**

Estado de la batería	Peso específico del electrolito	Temperatura de congelación
Descargada	1,100	- 8° C
	1,140	- 13° C
Cargada	1,180	- 21° C
	1,220	- 35° C
	1,260	- 103° C

## Sulfatado de la batería

Las baterías cargadas con el electrolito y almacenadas durante largo tiempo sin recargarlas, pueden deteriorarse permanentemente por la oxidación de la rejilla de las placas positivas y la formación de cristales de sulfato de plomo en las placas, que forman una capa espesa y dura.

Si los cristales de sulfato de plomo no forman una capa demasiado espesa y dura, la batería todavía puede recuperarse dándole una carga lenta durante un período más largo de lo normal. En cambio, si la capa de sulfato es espesa y dura, la batería ya no se puede regenerar de ninguna manera.

El sulfatado se produce por la reacción química que tiene lugar durante la descarga de la batería. Ambas placas se cargan del sulfato de plomo ( $PbSO_4$ ) y el ácido se convierte en agua; la reacción se agota y la batería se descarga.

Si en este estado se deja a la batería sin recargarla durante un período de tiempo suficientemente largo (30 a 90 días) el sulfato de plomo se endurece y causa el sulfatado definitivo de las placas. (Fig. 54)

Los depósitos de sulfato endurecido sobre las placas son prácticamente irreversibles. El intento de carga de la batería con grandes intensidades de corriente, no sirve más que para calentarla porque las placas tienen la tendencia de desechar mucha de la corriente. Incluso la intensidad normal de carga resulta excesiva para una batería sulfatada. Por este motivo, una batería sulfatada se tiene que cargar a la mitad del régimen normal, o sea, a razón de medio amperio por placa positiva y por elemento.

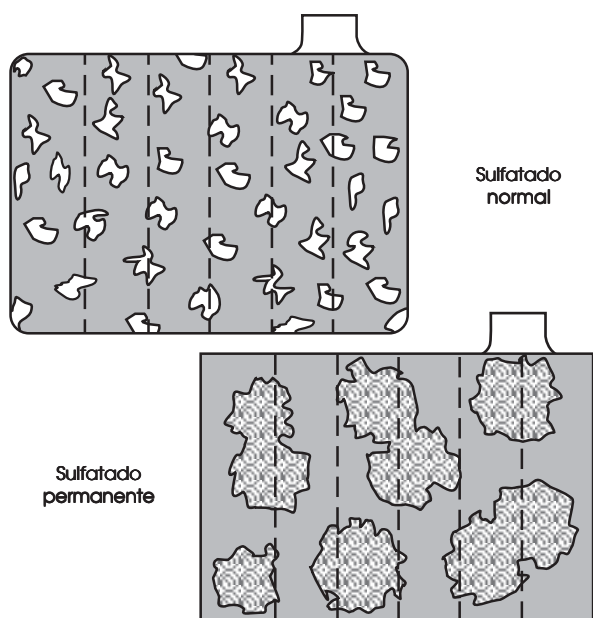


Fig. 54. Sulfatado de las placas de la batería.

Por ejemplo, una batería normal de 6 voltios tiene 12 placas negativas y 11 positivas por celda. Si está sulfatada se tendrá que recargar con la mitad de la intensidad.

**¿Cuánto tiempo se necesita para recargar una batería sulfatada?** Depende del grado de sulfatación y de la carga y de la edad de la batería. Cárguese a un régimen que no haga que la temperatura del electrolito pase de los 49° C y cárguese hasta que el peso específico del mismo sea el que corresponde a una batería completamente cargada. Para ello podrán necesitarse de 60 a 100 horas en el caso de una batería muy sulfatada. Si al cabo de este tiempo, el peso específico del electrolito no alcanza a ser el que corresponde a una batería completamente cargada, se tiene que cambiar por inservible.

Para que no se sulfaten, las baterías cargadas con el electrolito se tienen que recargar cada 30 días. Las baterías que se quitan de la maquinaria para guardarlas durante el invierno, deben guardarse en sitio frío. Se han ideado unos aparatos de carga mínima con los que la batería recibe una carga de algunos miniamperios, suficiente para neutralizar las pérdidas por auto-descarga.

**NOTA:** Esta carga de muy pequeña intensidad no debe aplicarse a la batería durante más de 60 días seguidos. El régimen de carga mínimo aplicado durante largos períodos de tiempo puede deteriorar permanentemente las rejillas de las placas positivas.

Guardar una batería en un lugar donde la temperatura del ambiente es elevada equivale a exponerla a un riesgo seguro de que se descargue y sulfate. Lo que conviene es guardar la batería en el lugar más frío posible, sin que se congele el electrolito. Debe guardarse en un lugar frío y seco.

## COMPROBACION DEL NIVEL DEL ELECTROLITO EN LAS CELDAS DE LA BATERIA

El nivel del electrolito en las celdas de la batería se tiene que revisar periódicamente. Estando la batería en servicio, esta revisión se tiene que hacer, por lo menos, una vez a la semana.

El nivel correcto es de 6 mm. a 15 mm. sobre los separadores de las placas (de modo que cubre el borde superior de las placas). (Ver la figura 55, en la siguiente página). La celda no debe llenarse con demasiado electrolito, pues puede derramarse el ácido.

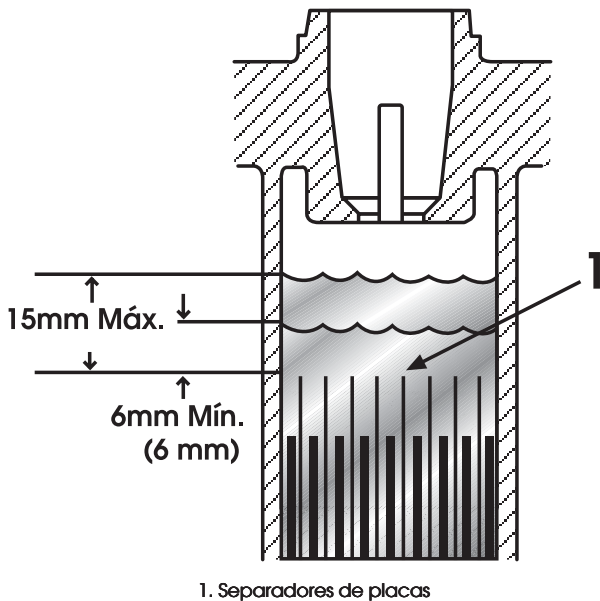


Fig. 55. Nivel correcto del electrolito en el vaso de una batería

La batería se rellena únicamente con agua destilada. Si no se dispone de agua destilada, se puede emplear agua limpia y blanda. **No emplear nunca un agua dura.**

### **LA BATERIA NO DEBE RELLENARSE NUNCA CON ACIDO, a no ser que éste se derrame.**

El peso específico debe medirse siempre antes de rellenarla con agua para obtener una lectura exacta. Si el nivel estuviera demasiado bajo y no se pudiera llenar el densímetro, se rellena primero con agua y se tiene después la batería en funcionamiento durante algunos minutos para que el agua se mezcle con el electrolito, antes de medir nuevamente la densidad.

La batería no debe rellenarse nunca con agua cuando el ambiente está frío, a no ser que se vaya a poner en servicio inmediatamente, para que el agua se mezcle con el electrolito.

### **BATERIAS QUE NO NECESITAN MANTENIMIENTO**

Las baterías que no necesitan mantenimiento funcionan en forma similar como las baterías convencionales. La construcción es un poco diferente de las otras baterías. Las placas de las baterías que no necesitan mantenimiento son de calcio-plomo, lo que reduce la producción de gas por lo menos 97 % sobre las baterías convencionales de placas de plomo-antimonio.

Las baterías que no necesitan mantenimiento están ventiladas, pero la mayoría no tiene tapas de ventilación. Esto reduce el derrame de ácido y por lo tanto reduce la potencia de corrosión de los terminales de la batería.

Se puede retirar la tira de ventilación de la parte superior de algunas baterías que no necesitan mantenimiento para exponer el electrolito. Se puede usar un densímetro para revisar la batería, y se puede agregar agua, si es necesario. Sin embargo, debido a la producción de gas menor en las baterías con placas de calcio-plomo, normalmente no se requiere agua adicional durante la duración de la batería.

La mayoría de las baterías que no necesitan mantenimiento con placas de calcio-plomo están activadas, cargadas y pueden ponerse en servicio al salir de la fábrica. Debido al régimen bajo de descarga, tienen más duración que las baterías convencionales cargadas con electrolito. Una batería que no necesita mantenimiento puede tener una duración de 12 meses o mayor, dependiendo de la temperatura de almacenamiento.



# UNIDAD V

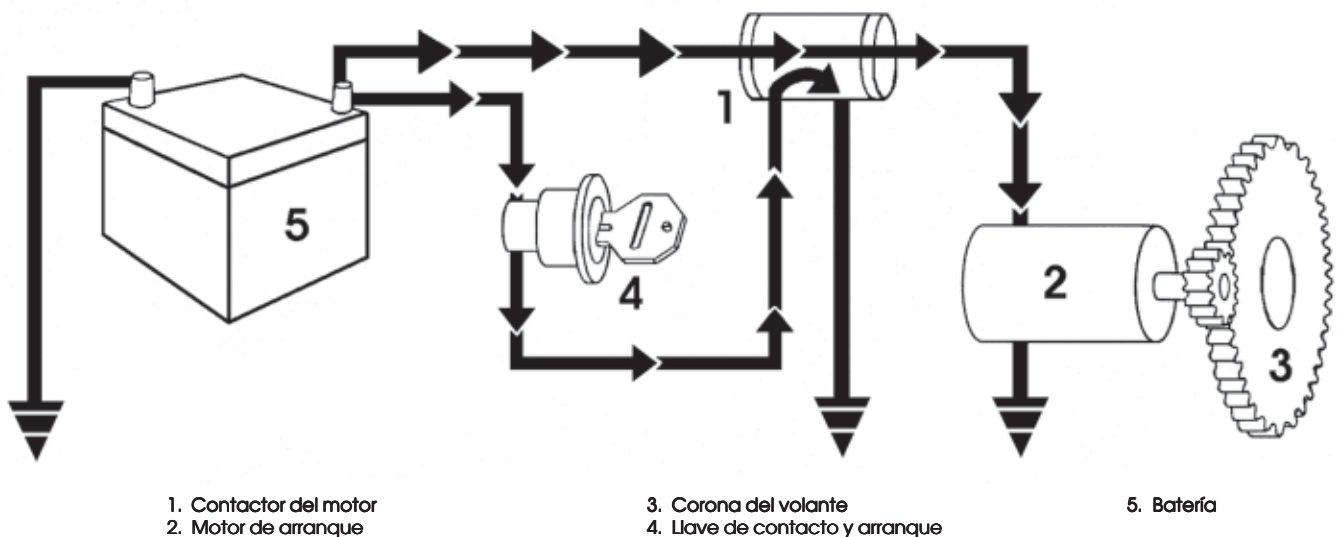


Fig. 1. Circuito de arranque elemental

## CIRCUITOS DE ARRANQUE

### COMO TRABAJA EL CIRCUITO DE ARRANQUE

El circuito de arranque transforma la energía eléctrica acumulada en la batería, en energía mecánica con la que se hace girar el cigüeñal del motor de combustión interna.

Todo circuito de arranque elemental consta de cuatro partes:

1. La **BATERIA** que suministra la energía eléctrica.
2. La **LLAVE DE CONTACTO** que activa el circuito.
3. El **ELECTROIMAN-CONTACTOR**, que acopla el piñón del motor de arranque con la corona del volante.
4. El **MOTOR DE ARRANQUE** que hace girar el cigüeñal.



## **Veamos ahora cómo funciona este conjunto de componentes.**

Las figuras 2, 3 y 4 ilustran tres momentos diferentes de este circuito en funcionamiento.

Al cerrar el conductor la llave de contacto (Fig. 2) se da paso a una pequeña intensidad de corriente que activa el electroimán-contactor y retorna al polo opuesto de la batería a través de masa.

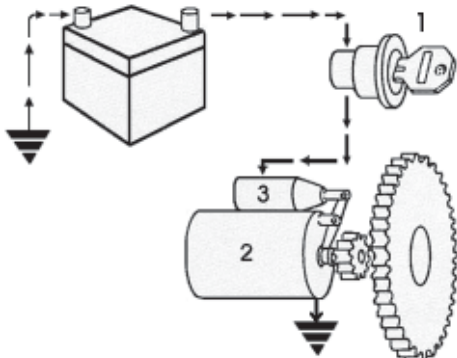


Fig. 2. Funcionamiento del circuito de arranque:  
1) cierre de la llave de contacto

Al activarse el electroimán por la corriente de la batería, éste atrae a su núcleo y desplaza el piñón, que se engrana con la corona del volante. (Fig. 3)

Por el extremo opuesto, el núcleo del electroimán cierra los contactos que dan paso directo a la corriente de la batería hasta el motor de arranque. Este circuito del motor de arranque también retorna a la batería a través de masa y está proyectado para conducir grandes intensidades de corriente.

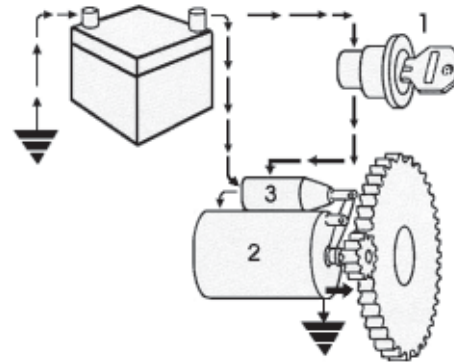


Fig. 3. Funcionamiento del circuito de arranque:  
2) El motor de arranque ataca a la corona del volante.

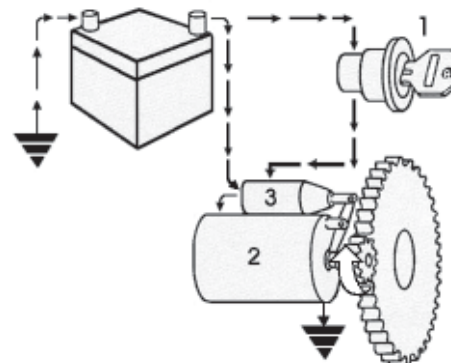


Fig. 4. Funcionamiento del circuito de arranque:  
3) El motor de arranque hace girar el cigüeñal.

El motor de arranque transforma la energía eléctrica acumulada en la batería en energía mecánica giratoria que hace dar vueltas al cigüeñal del motor. (Fig. 4)

De la batería nos hemos ocupado ya en la unidad 3 porque alimenta a todo el sistema eléctrico. Aquí se debe recordar ahora nada más que es la única fuente de energía con que se cuenta para arrancar el motor.



En el sistema típico que estamos describiendo hemos supuesto que se emplea un electroimán-contactor. Sin embargo, como veremos más adelante, también se emplean otro tipo de contactores para dar corriente a los motores de arranque.

Veamos ahora con más detalle como es el propio motor de arranque.

## **MOTOR DE ARRANQUE**

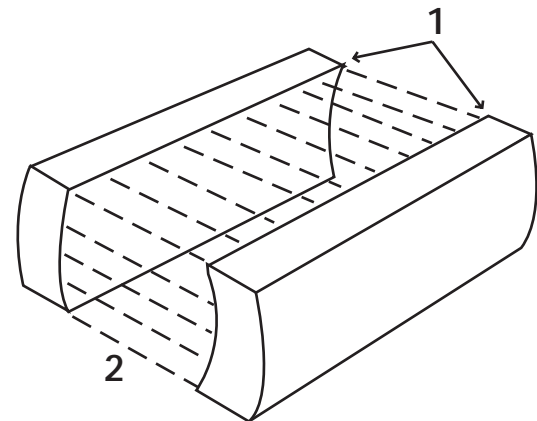
Es el encargado de hacer girar el cigüeñal. Es un motor eléctrico especial, por lo siguiente:

- 1) Está proyectado para funcionar con grandes sobrecargas durante períodos de tiempo muy cortos.
- 2) Es capaz de desarrollar una gran potencia en comparación con su reducido tamaño.

El motor de arranque elemental consta de un **electroimán-contactor**, a un **campo**, de un inducido y de un **mecanismo de accionamiento**.

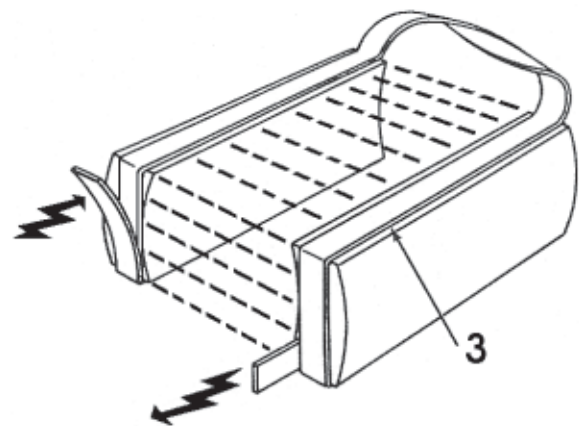
Veamos como trabajan todos estos elementos para transformar la energía eléctrica de la batería en energía mecánica.

Las **piezas polares** del motor de arranque crean un campo magnético (Fig. 5). Este campo magnético se refuerza mediante una bobina arrollada sobre la pieza polar, por la que se hace pasar corriente. (Fig. 6)



1. Piezas polares                      2. Campo magnético

Fig. 5. Campo magnético creado por las piezas polares



1. Piezas polares                      3. Bobina de campo  
2. Campo magnético

Fig. 6. Piezas polares con bobinas de campo para reforzarlo



Tomemos ahora una espira de hilo conductor (Fig. 7). Al hacer pasar la corriente de la batería a través de esta espira, también se crea un campo magnético a su alrededor.

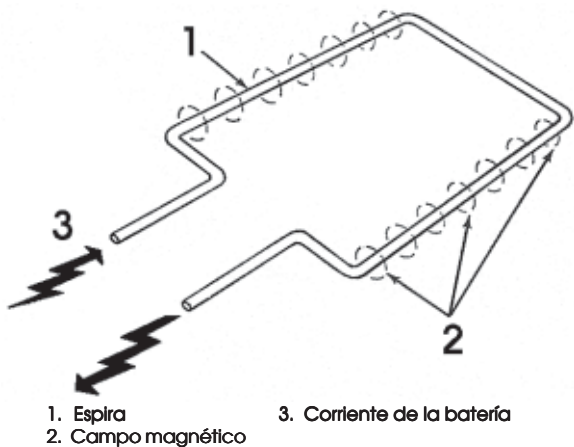


Fig. 7. Campo magnético de una espira de hilo atravesado por una corriente eléctrica.

Si se coloca una espira entre los polos del campo magnético y se hace pasar por ella una corriente, habremos formado un **inducido elemental** (Fig. 8). El campo magnético creado por la corriente que atraviesa la espira y el campo magnético fijo se repelen y obligan a la espira a girar.

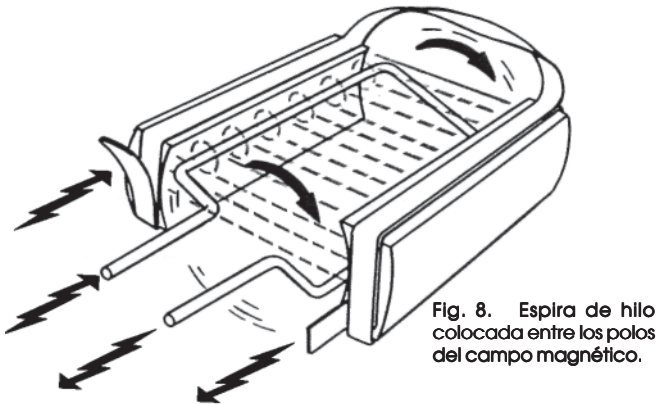
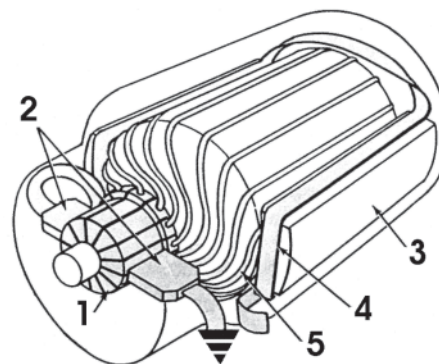
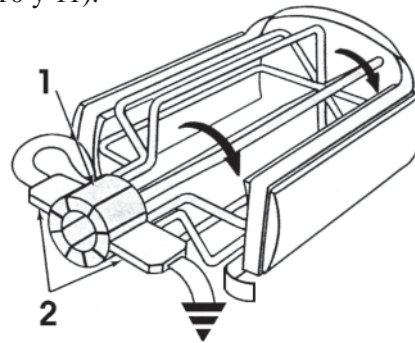


Fig. 8. Espira de hilo colocada entre los polos del campo magnético.

El inducido práctico consta de varias espiras (Fig. 9). Un extremo de cada espira se une a una delga del **colector**. Sobre el colector se aplican **dos escobillas**. Al pasar la corriente por la espira, es repelida, haciendo que gire el inducido y las delgas del colector, que van conmutando sucesivamente la espira que le toca tomar corriente.

Cada motor de arranque consta, por lo tanto, de escobillas, un inducido, bobinas de campo, piezas polares y un mecanismo de embrague o acoplamiento. (Figs. 10 y 11).



1. Colector  
2. Escobillas  
3. Piezas polares  
4. Bobina de campo  
5. Inducido

Fig. 9 y 10. Inducido y escobillas de motores de arranque

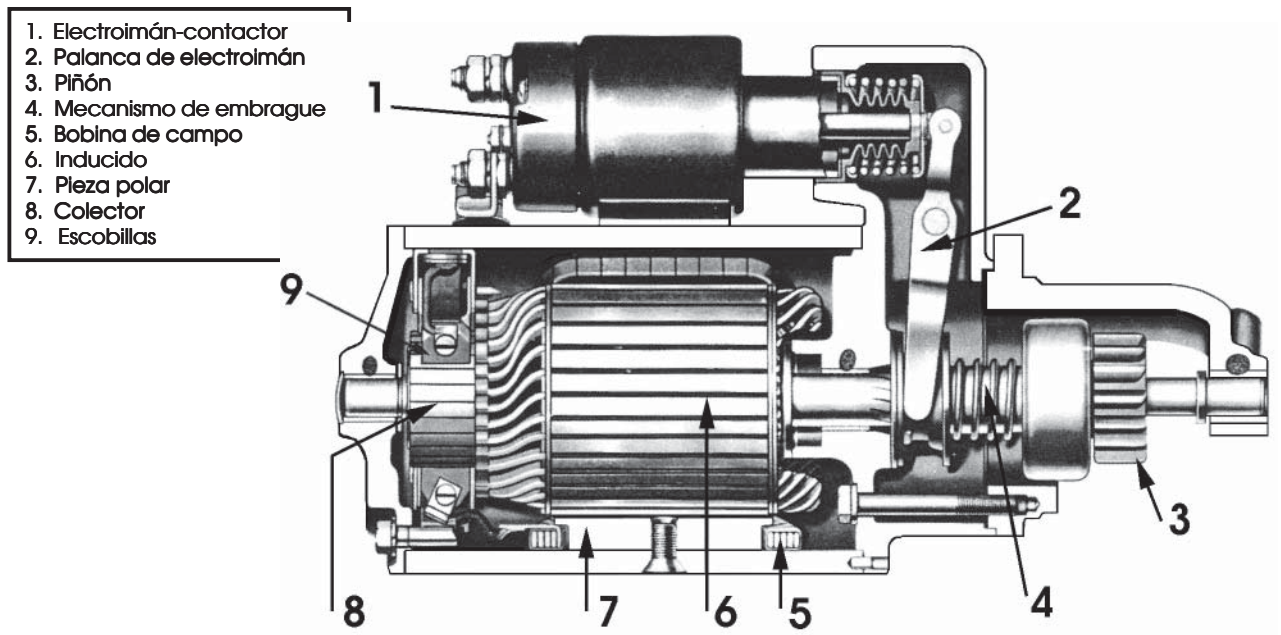


Fig. 11. Sección longitudinal de un motor de arranque

Partiendo de las nociones elementales de electricidad que se han explicado en la unidad 1, vamos a describir ahora con más detalle las fuerzas que hacen que gire el inducido del motor de arranque.

En la unidad 1 explicamos ya el comportamiento del campo magnético creado por la corriente que atraviesa un conductor. Todo cuanto allí se explicó constituye la base del funcionamiento del motor de arranque.

Al girar el inducido (Fig. 12) cada espira acaba pasando por un punto en el que ya no corta líneas de fuerza magnética. Esta posición de la espira es neutra o indiferente, por no actuar ya sobre ella ninguna fuerza que la repela.

En este momento se tiene que conmutar la corriente para hacerla pasar por otra espira, con objeto de que no se interrumpa el giro del inducido.

Esta conmutación la realiza a cada medio giro el colector. Después de pasar por la posición neutra, el colector invierte el sentido de la corriente que atraviesa la espira, así ésta continúa siendo atraída por los polos del campo magnético y obligada a girar en el mismo sentido.

Por lo tanto, para que el motor continúe girando se tiene que invertir a cada media vuelta el sentido de la corriente que atraviesa una misma espira. De esta forma, los campos magnéticos de los polos y de la espira se continúan repeliendo siempre en el mismo sentido.

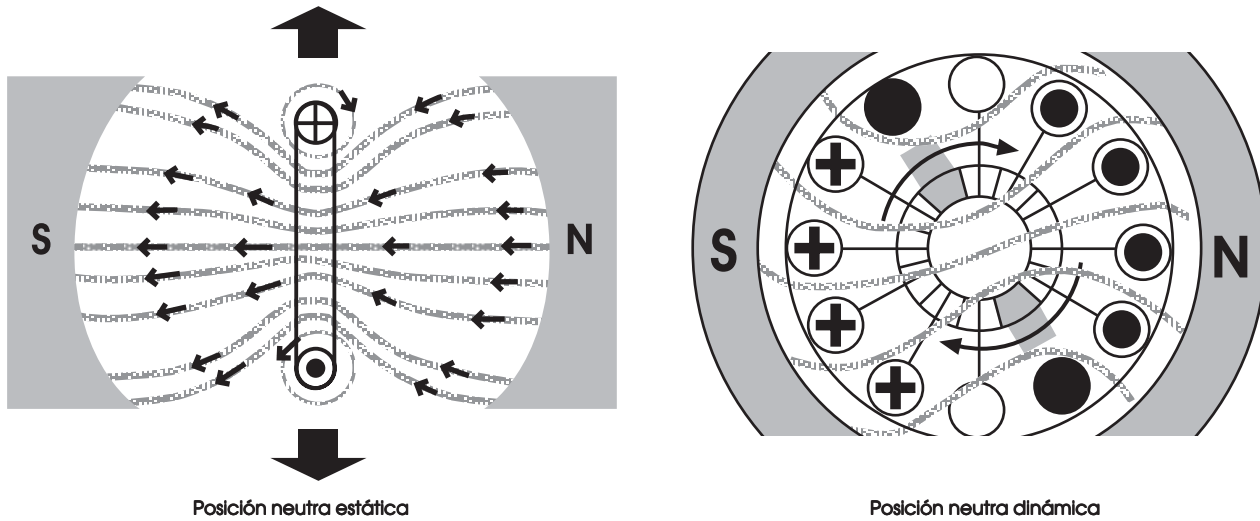


Fig. 12. Posiciones neutras de una espira del inducido en condiciones estática y dinámica

La **posición neutra estática** es siempre exactamente perpendicular a las líneas de fuerza del campo magnético creado entre dos polos. Esto es cierto, tanto si el motor tiene dos, como cuatro o seis polos. Sin embargo, en el momento en que las espiras del inducido son atravesadas por una corriente que crea un campo magnético alrededor del conductor, el campo magnético polar sufre una distorsión que hace que cambie la posición neutra. Este es el motivo de que las escobillas se retrasen en relación con el sentido de giro del inducido, para dejarlas en la **posición neutra dinámica**. Con las escobillas en esta posición se evita que se formen arcos demasiado intensos y se aumenta el rendimiento del motor.

Lo que importa recordar es que el campo magnético del inducido **distorsiona** el campo magnético estático haciendo que **cambie la posición neutra estática a la posición neutra dinámica**, lo que obliga a retrasar la posición de las escobillas del motor.

## RESUMEN: FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE ARRANQUE

1. Si se hace pasar corriente por una espira colocada dentro de un campo magnético, ésta tiende a girar. Este es el principio del motor de arranque.
2. Invertiendo el sentido de la corriente que atraviesa la espira, después de pasar ésta por la posición neutra, continúa siendo obligada a girar en el mismo sentido.
3. Para aumentar la potencia del motor se multiplica el número de espiras conectadas en serie con igual número de delgas del colector.



4. *El par motor se aumenta también aumentando la fuerza del campo magnético estático, estando en relación directa con el número de polos y con los amperios-vuelta de cada polo.*
5. *El motor de arranque es un motor eléctrico en serie, para corriente continua, proyectado para entregar grandes potencias de giro durante períodos de tiempo muy cortos, alimentado por la corriente de un acumulador. Casi todos los motores de arranque son de dos, cuatro o seis polos, tienen un inducido de varias espiras y llevan dos, cuatro o seis escobillas.*

## **MECANISMOS DE ARRANQUE**

Una vez activado el motor de arranque, se necesita algún mecanismo para acoplarlo a la corona del volante para que haga girar el cigüeñal.

Este **mecanismo de acoplamiento** es el último eslabón del circuito de arranque. Permite aprovechar la energía mecánica proporcionada por el motor de arranque.

Veamos como son estos mecanismos y examinemos algunos de ellos con más detalle.

## **Mecanismos de acoplamiento**

El inducido del motor de arranque gira a una velocidad relativamente alta. En cambio la velocidad a que tiene que girar el cigüeñal de un motor para ponerse en marcha, es relativamente lenta. Esta es la razón de que el motor de arranque lleve un piñón que ataca a una corona de diámetro mucho mayor. Se obtiene así una reducción tal, que el inducido da unas 20 vueltas por cada vuelta completa del volante del cigüeñal. Como es natural, la fuerza desarrollada es proporcionalmente mayor.

Ahora bien, al arrancar el motor se acelera rápidamente y alcanza muy pronto las 2000 rpm. Esta velocidad es excesiva para el motor de arranque, cuyo inducido se podría averiar.

Para evitar esto es para lo que se emplean los mecanismos de acoplamiento. Se trata de dispositivos montados sobre el extremo del eje del inducido, que acoplan el piñón del motor de arranque con la corona del volante y evitan que éste sea revolucionado peligrosamente cuando el motor está ya en marcha.

## **TIPOS DE MECANISMOS**

Existen dos tipos fundamentales de mecanismos de acoplamiento:

- **Los que actúan por inercia**
- **Los electromagnéticos**

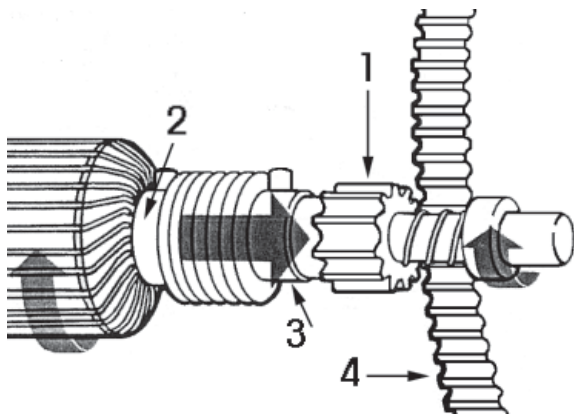
Los mecanismos de acoplamiento que actúan por **INERCIA** llevan un piñón cuya inercia se aumenta hasta que sea proyectado hacia adelante cuando empieza a girar el inducido del motor de arranque. **El Bendix** es un mecanismo de este tipo.



Los mecanismos de acoplamiento **ELECTRO-MAGNETICOS** emplean un electroimán para este fin. Ejemplo de ellos son el de piñón libre, el de embrague de dientes y el Dyer.

### BENDIX

El mecanismo de acoplamiento del tipo Bendix aprovecha la inercia de los contrapesos del piñón y la aceleración del inducido para hacer que el piñón engrane con la corona del volante. Ver la figura 13.



- |                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| 1. Piñón del motor de arranque | 3. Manguito |
| 2. Eje del Inducido            | 4. Volante  |

Fig. 13. Acoplamiento Bendix - El piñón ataca a la corona del volante.

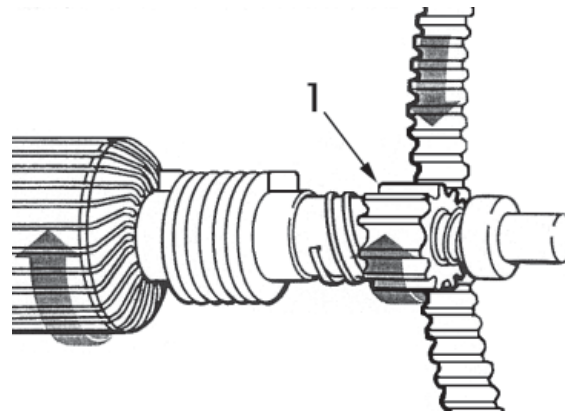
En posición de reposo, el piñón no está engranado con la corona. Al cerrar el botón de arranque, el inducido se acelera rápidamente. Por la inercia de los contrapesos, el piñón se desplaza hacia delante sobre el manguito con rosca espiral que gira hasta que engrana con la corona. (Fig. 13)

En otras palabras, el sistema Bendix aprovecha la inercia del piñón y la gran velocidad de arranque del inducido, para hacer que aquél engrane con la corona del volante.

En el momento en que el piñón ha engranado totalmente, deja de desplazarse hacia delante y gira solidario con el eje del inducido. Un muelle helicoidal amortigua el golpe en el momento en que el inducido, que ya está girando, poniendo en movimiento el volante del cigüeñal, que está completamente parado.

También amortigua el golpe de los dientes al engranar entre sí o cuando se produce un retroceso del motor en el primer intento de arranque.

Todo el conjunto gira solidario después de acoplado el piñón, como se ha ilustrado en la figura 14.



1. Piñón

Fig. 14. Sistema Bendix totalmente engranado



Al arrancar el motor de combustión interna, su volante gira más aprisa que el motor de arranque, con lo que el piñón es obligado a girar en sentido contrario relativo, retrocediendo sobre la rosca espiral del manguito, hasta que se desengrana totalmente (Fig. 15). De esta forma se evita que el motor de combustión interna obligue a girar a una velocidad excesiva al motor de arranque.

El efecto centrífugo del contrapeso lateral del piñón, mantiene a éste en una posición intermedia sobre el manguito, al salir del engrane con la corona, hasta que se suelta el botón de arranque y el inducido se para.

En efecto, mientras se mantiene apretado el botón de arranque, el piñón no puede retroceder del todo, por lo que se debe soltar el botón tan pronto haya arrancado el motor.

El sistema Bendix requiere que se adopten algunas precauciones para arrancar el motor. Si en las primeras explosiones se produce un retroceso con el piñón

engranado, las piezas del acoplamiento se ven sometidas a fuerzas opuestas momentáneas de gran magnitud, por girar el piñón en un sentido e intentar hacerlo el volante en el sentido opuesto a consecuencia del retroceso. Este conflicto de dos fuerzas encontradas llega a retrocer algunas veces el muelle del Bendix.

Con este sistema de acoplamiento se tiene que tener muy bien puesto a punto el encendido del motor para que no se produzcan retrocesos al arrancarlo.

Otra causa de averías puede ser el retroceso del motor cuando se ha vuelto a parar después de arrancado. Es frecuente que al pararse el motor, la compresión haga que el volante dé medio giro en sentido opuesto. Si el conductor aprieta el botón de arranque en ese momento, puede causar una avería importante, lo mismo que en el caso de producirse un retroceso durante el arranque.

Para que esto no ocurra, el conductor debe esperar siempre cinco segundos, por lo menos, antes de repetir el intento de arrancar el motor. De esta forma tendrá la seguridad de que está completamente parado.

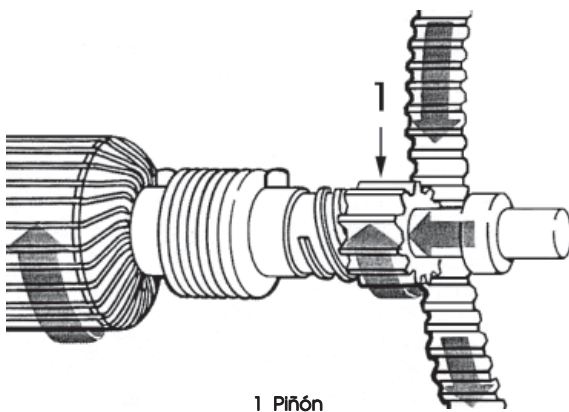


Fig. 15 Sistema Bendix en el momento de desengranarse el piñón

### Variantes del sistema Bendix

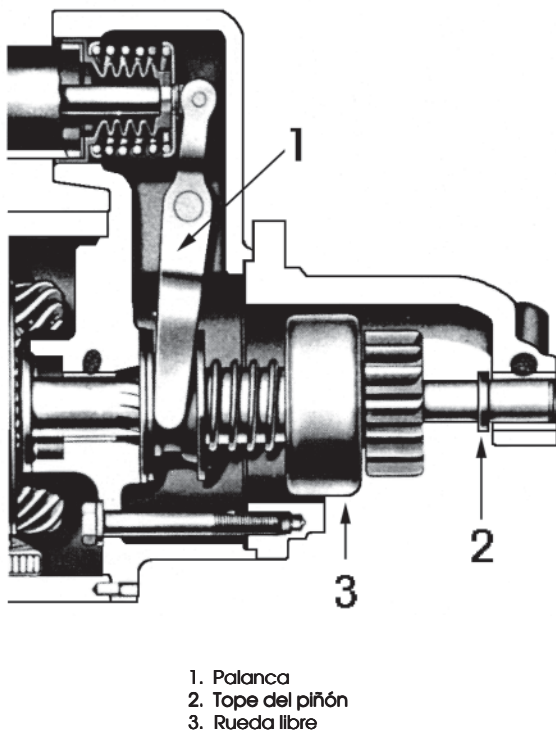
Hay otro tipo de acoplamiento Bendix que lleva un pasador que retiene el piñón en la posición de trabajo para que no se desengrane después de un arranque en falso. Una vez bien arrancado el motor adquiere ya la velocidad suficiente para desbloquear el piñón al hacer salir el pasador por la fuerza centrífuga.



Algunos motores de arranque para trabajo pesado emplean el sistema Bendix con embrague de fricción. Este tipo de acoplamiento lleva una serie de discos de embrague con muelles de amortiguamiento, en lugar del muelle helicoidal de los otros tipos. Los embragues patinan un poco y amortiguan así el golpe al producirse el acoplamiento.

El sistema de acoplamiento más generalizado de todos es a base de un piñón libre (Fig. 16). El piñón se hace engranar con la corona por medio de una palanca, que lo desplaza sobre el eje del inducido. Esta palanca puede actuarse a mano o por medio de un electroimán. El mecanismo funciona como se describe a continuación.

## ACOPLAMIENTO POR MEDIO DE PIÑÓN LIBRE



1. Palanca
2. Tope del piñón
3. Rueda libre

Fig. 16. Acoplamiento por piñón libre

Como ya hemos dicho, cuando el piñón está en reposo, no está engranado con la corona del volante. Al cerrar el botón de arranque, se activa el electroimán, que empuja al piñón por medio de la palanca. Si los dientes del piñón tropiezan con los que está cargado el piñón le hace girar el ancho de medio diente para que estos puedan engranar en el momento en que el inducido empieza a girar.

Al girar el inducido, la resistencia ofrecida por el volante del cigüeñal hace que unos rodillos queden aprisionados sobre el collarín que forma parte del piñón. Al aprisionarse los rodillos, el piñón queda rígidamente unido con el eje del motor de arranque, como se ilustra en la figura 17.

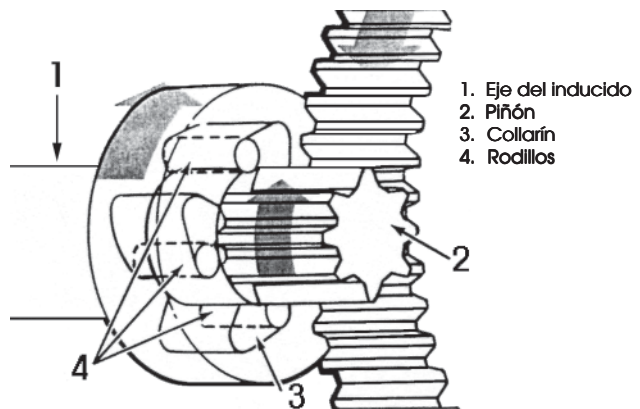


Fig. 17. Piñón libre acoplado a la corona del volante



Al arrancar el motor, su volante hace girar al piñón más aprisa de lo que gira el inducido, lo que hace que se suelten los rodillos y dejen libre el piñón. Al quedar libre, continua girando con el volante del motor sin resistencia alguna, hasta que se suelta el botón de arranque y la palanca lo desengrana. De esta manera se evita que el volante obligue al inducido a girar a una velocidad excesiva.

### SISTEMA DYER

Es un mecanismo de acoplamiento especial que engrana el piñón con la corona del volante antes de que se cierre el circuito que da corriente al motor de arranque y su inducido comience a girar.

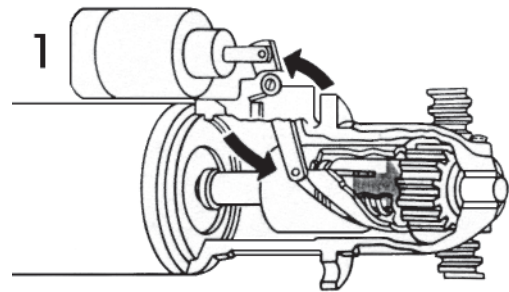
Se evita de esta manera que los dientes del piñón choquen con los de la corona y se puedan romper o deteriorar.

El sistema Dyer se emplea para el arranque de motores pesados, en los que es necesario acoplar el piñón antes de que empiece a girar el inducido del motor de arranque. Cuando el motor de arranque está en marcha es imposible acoplar el piñón por la gran potencia que desarrolla y por la enorme aceleración del inducido al cerrar el circuito.

### Este mecanismo funciona del modo siguiente:

El movimiento de la palanca de acoplamiento desplaza hacia delante el piñón con el manguito, a lo largo del eje del inducido, hasta que engrana con la corona.

Al continuar tirando de la palanca de acoplamiento, ésta termina por cerrar el circuito del motor de arranque, poniéndolo en marcha.



La palanca de acoplamiento empuja el manguito hacia delante, engranando el piñón con la corona.  
Interruptor de arranque cerrado: El núcleo del electroimán acciona la palanca de acoplamiento.  
El tope impide que el piñón siga hacia delante.

Fig. 18. Funcionamiento del sistema Dyer.

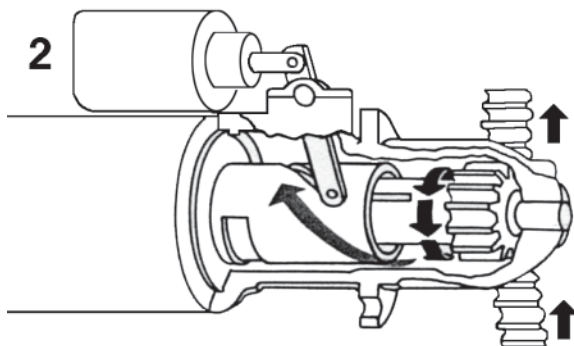
1) El núcleo del electroimán mueve la palanca de acoplamiento

El piñón resbala libremente sobre las estrias del eje del inducido mientras que la guía del piñón es obligada a salir hacia adelante por unas estrias en espiral. El movimiento de la guía se transmite al piñón por medio de dos tetones que lleva aquella. El piñón gira libremente, sin desplazarse, hasta que los tetones quedan alineados y se encajan en el piñón, empujándolo hacia delante y engranándolo con la corona como ilustra la figura 18.

Un tope impide que el piñón continúe siendo empujado hacia delante. Al llegar al final de su recorrido la palanca de acoplamiento, ésta cierra el interruptor que da corriente al motor de arranque.



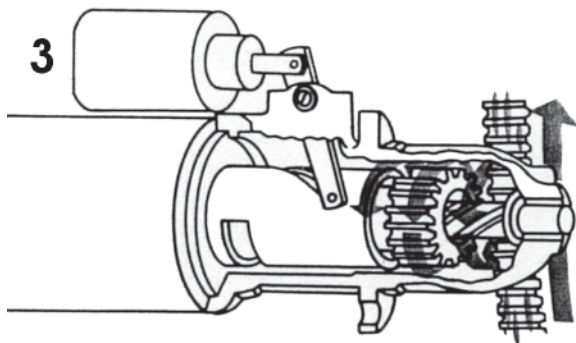
Al empezar a girar el motor de arranque, el manguito que empujó el piñón hacia delante, retrocede a su posición de partida como puede verse en la figura 19.



Al comenzar a girar el piñón, el manguito retrocede y se separa del piñón.  
Contactor cerrado: el inducido gira.  
El piñón acciona la corona.

Fig. 19. Funcionamiento del sistema Dyer:  
2) El piñón hace girar el volante.

Al arrancar el motor, el volante tiende a obligar al piñón a girar más a prisa que el inducido, y lo desengrana de esta manera de su corona (Fig. 20).



Al aumentar la velocidad de la corona, desengrana el piñón.  
El motor arranca.

Fig. 20. Funcionamiento del sistema Dyer.  
3) El volante desengrana el piñón.

En este momento es imposible realizar un nuevo intento de arranque, porque la palanca de acoplamiento todavía no ha retrocedido hasta su posición de reposo.

Sin embargo, en todo dispositivo de desengrane automático, siempre es prudente dejar pasar cinco segundos después de un intento de arranque infructuoso, antes de repetir el intento. Durante estos cinco segundos el motor se habrá parado por completo y será menos probable que se rompa algún diente por un mal engrane.

## EMBRAGUE DE DIENTES

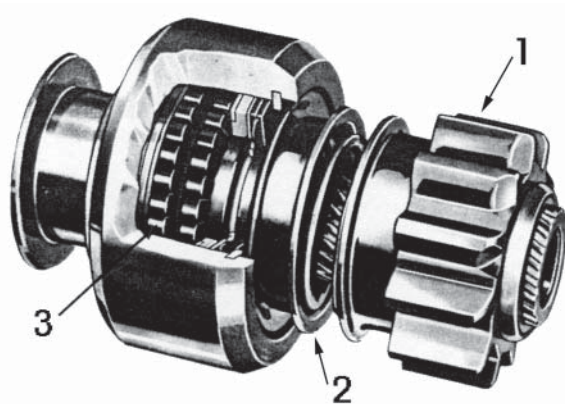
El embrague de dientes se parece y funciona como el embrague por medio de piñón libre, del que se diferencia en que lleva una serie de dientes en lugar de rodillos, entre el manguito y la caja. Estos dientes se aplican contra la caja y el manguito por la fuerza de un muelle. El conjunto gira solidario con el eje del inducido por medio de estrias y lleva un collarín, que hace de tope, en el extremo del manguito (Fig. 21).

### Este mecanismo funciona del modo siguiente:

La palanca de acoplamiento actúa sobre el collarín y desplaza el conjunto hacia adelante, a lo largo de las estrias, hasta que el piñón engrana con la corona. Si los dientes tropiezan por no estar bien alineados, el movimiento continuado de la caja con el manguito de estrias en espiral, hace que el piñón gire hasta que los dientes puedan engranar con los de la corona. Si los dientes no pueden engranar antes de que se embrague la fuerza, el movimiento de la palanca de



acoplamiento se detiene y el conductor tiene que repetir el intento desde el principio. De esta forma se evita que se cierre el interruptor que da corriente al motor de arranque sin estar el piñón engranado con la corona, lo que podría averiar los dientes. Al segundo intento el piñón engrana siempre bien.



1. Piñón                      2. Collarín desplazable                      3. Dientes

Fig. 21. Embrague de dientes

Con el piñón engranado y el interruptor cerrado, la fuerza de giro se transmite al piñón por intermedio de los dientes del embrague. Estos dientes se inclinan un poco y quedan aprisionados entre el manguito y la caja. Al arrancar el motor la corona hace girar el piñón a mayor velocidad que el motor de arranque, con lo que los dientes del embrague se inclinan ahora hacia el lado contrario, dejando al manguito con el piñón que giren libremente respecto de la caja solidaria con el eje del inducido. El piñón no debe girar con el volante demasiado tiempo, por lo que conviene soltar el botón de arranque tan pronto el motor se pone en marcha.

Este sistema de embragues de dientes se emplea, principalmente, en motores de arranque de gran potencia, utilizados para poner en marcha motores de alta relación de compresión.

## CIRCUITOS DE ARRANQUE COMPLETOS

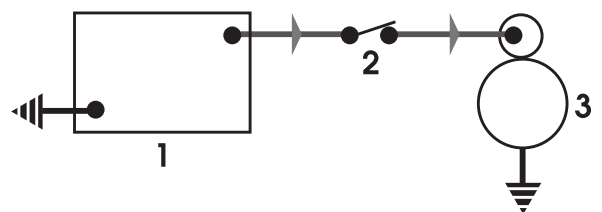
### Circuitos de arranque típicos

Constan de un cable de muy poca resistencia que une el acumulador con el motor de arranque a través de un interruptor.

El retorno de este circuito se hace por el bastidor del vehículo.

La gran intensidad de corriente que consume el motor de arranque obliga a emplear cables muy gruesos. Las conexiones tienen que estar perfectamente limpias y bien apretadas, para que no se produzcan en ellas caídas de tensión.

El cierre del interruptor completa el circuito, figura 22.



1. Batería                      2. Interruptor de arranque                      3. Motor de arranque

Fig. 22. Circuito de arranque típico (12 voltios)



La corriente va a la batería por el cable grueso, de aquí al interruptor y desde éste a las bobinas de campo del motor de arranque, desde las que continúa a través del inducido hasta la batería, a través de masa.

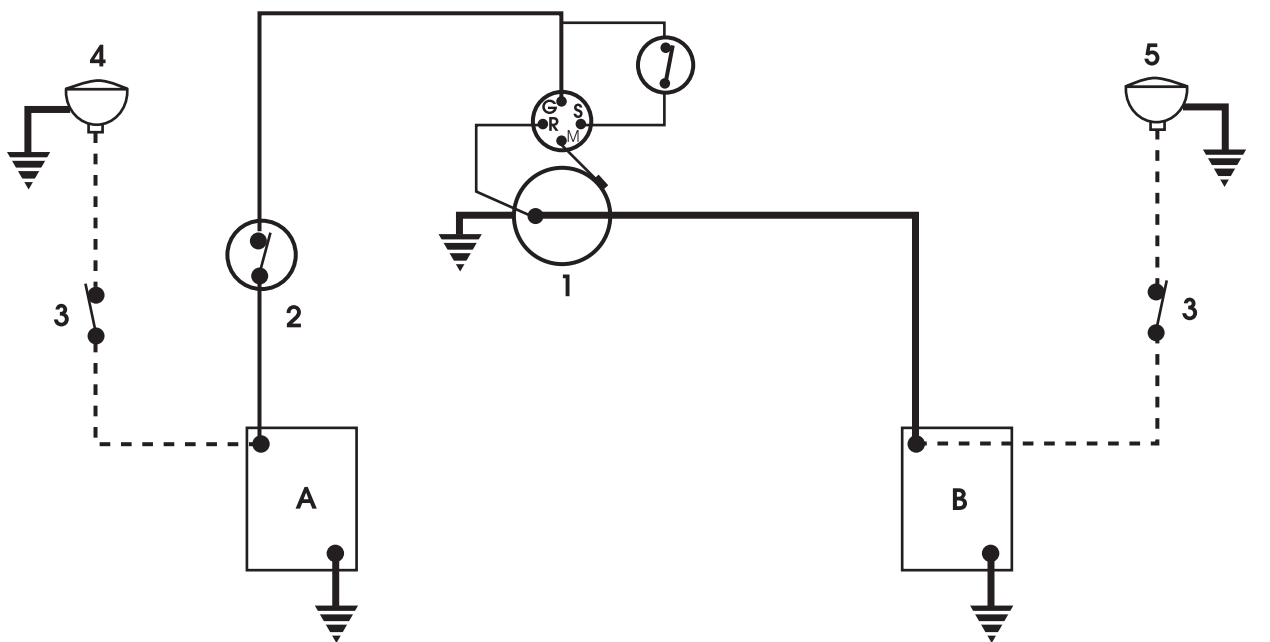
## CIRCUITO DE CARGA REPARTIDA

Ya se ha dicho que los motores diesel y otros motores pesados necesitan motores de arranque de gran potencia. También se ha dicho que, hoy por hoy, no se fabrican sistemas de luces que funcionen a 24 voltios.

Veamos ahora los dos métodos que se suelen emplear para disponer de mayor potencia en el arranque y del voltaje normalizado de 12 voltios para los accesorios. El primer método consiste en **repartir la carga** de un circuito de 24 voltios, en la forma que ilustra la figura 23.

Este circuito se denomina de carga repartida, porque las luces y los accesorios se conectan a los medios circuitos de 12 voltios, repartiendo la carga del modo más uniforme posible.

El circuito de luces de la derecha toma la corriente de la batería "A", mientras que el de la izquierda la toma de la batería "B".



A. Batería "A"  
B. Batería "B"

1. Motor de arranque  
2. Interruptor de arranque

3. Interruptor de las luces  
4. Luces izquierdas

5. Luces derechas

Fig. 23. Circuito de carga repartida



Las baterías y las luces de cada circuito se retornan a una masa común. El bloque del motor y el bastidor del vehículo suelen ser la masa común, formando así parte del circuito.

Al cerrar el interruptor de arranque se cierra un circuito en el que las dos baterías quedan conectadas en serie, disponiéndose de 24 voltios para el motor de arranque. Todo el circuito del motor de arranque está aislado de masa.

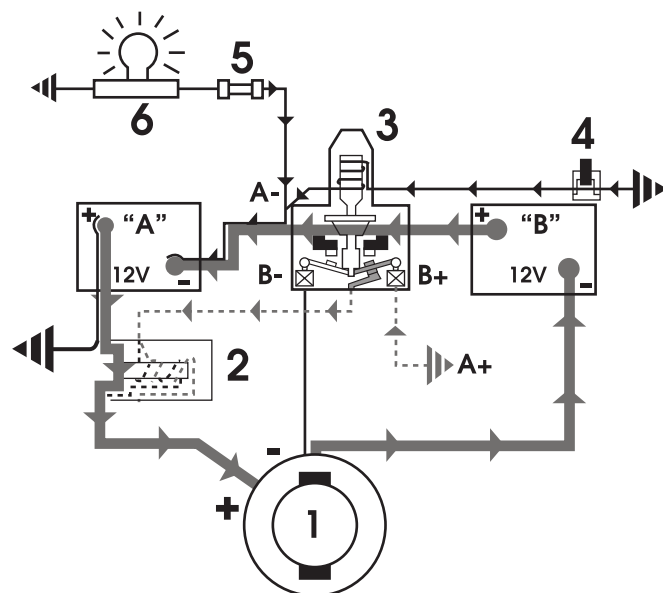
A pesar de estar conectadas las baterías en serie, los circuitos de luces conectados a cada una de ellas sólo reciben 12 voltios de tensión, por estar retornados a masa.

Al cerrar uno de los interruptores de luces, consume corriente de la batería a que está conectado, aunque esté cerrado en ese momento el interruptor de arranque. (Los interruptores de luces se han representado en el esquema en la posición de cerrado para ilustrar mejor la explicación. Sin embargo el motor arrancará mejor con las luces apagadas).

**NOTA:** En algunos circuitos de carga repartida se emplean 4 baterías de 6 voltios en lugar de 2 de 12. En este caso, cada rama de 12 voltios es alimentada por dos baterías en serie.

## CIRCUITOS SERIE-PARALELO

Otro método para disponer de 24 voltios consiste en emplear dos baterías de 12 voltios con un conmutador serie-paralelo como puede verse en la figura 24.



- |                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| A. Batería "A"           | 3. Conmutador serie-paralelo |
| B. Batería "B"           | 4. Botón de arranque         |
| 1. Motor de arranque     | 5. Fusible                   |
| 2. Electroimán-contactor | 6. Carga de 12 voltios       |

Fig. 24. Circuito serie-paralelo durante el arranque

En la unidad 1 se explicó ya lo que son circuitos en serie y en paralelo. Ya sabemos que dos baterías de 12 voltios conectadas en serie permiten obtener un voltaje doble con la misma intensidad de corriente.

Esto es lo que se consigue con el circuito de arranque serie-paralelo. Al cerrar el interruptor de arranque se activa el conmutador serie-paralelo, que pone en serie las dos baterías, como puede verse en la figura 25. Este circuito de arranque con las baterías en serie proporciona los 24 voltios que necesita el motor.

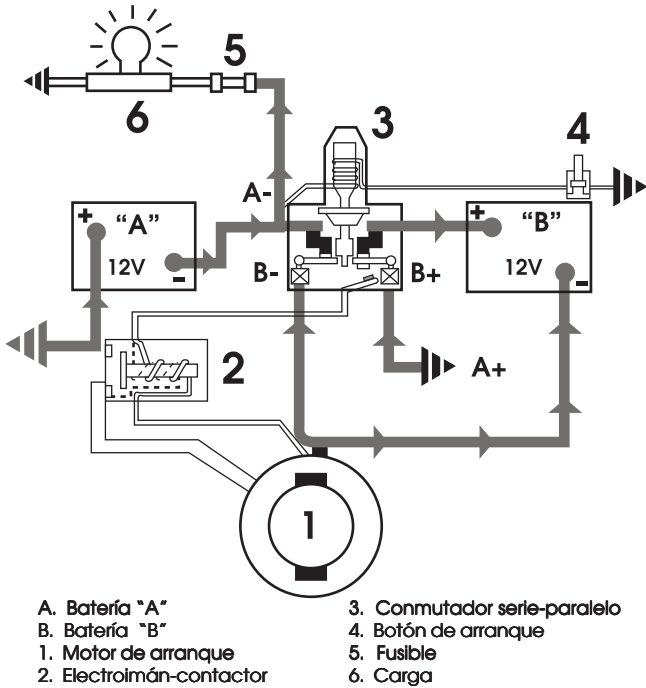


Fig. 25. Circuito serie-paralelo, conmutado en paralelo después del arranque

Después de arrancar el motor se suelta el botón de arranque, con lo que se desactiva el conmutador serie-paralelo, que interrumpe la conexión en serie entre las baterías y las pone en paralelo para alimentar las luces y accesorios, como se ha representado en el esquema de la figura 25.

Hasta hace poco tiempo no se había conseguido fabricar un motor de arranque para 12 voltios, que tuviera el par de motor requerido para arrancar un motor diesel de mediana potencia. En la actualidad se cuenta con los motores de arranque de gran potencia para 12 voltios, que son comparables a los de 24 voltios y no necesitan este circuito serie-paralelo que acabamos de describir.

## Arrancadores de piñón libre y movimiento rotatorio de engrane

El piñón va montado en una rosca de paso largo del árbol del inducido (Fig. 26). Cuando se acciona el arrancador obtiene éste inmediatamente toda la tensión y gira enseguida subiendo de velocidad, con lo cual el piñón, en virtud de su inercia y del efecto de tornillo de la rosca de paso largo, avanza y engrana en la rueda dentada del volante.

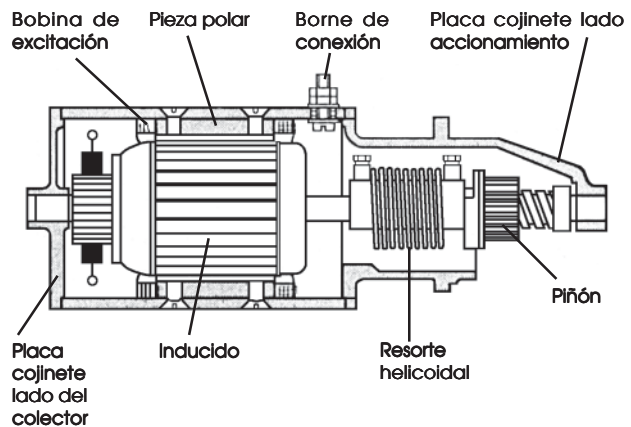


Fig. 26. Arrancador de piñón libre y movimiento rotatorio de engrane.

Entre el vástago del piñón y el árbol del inducido hay un resorte amortiguador enrollado de tal manera que se comprime cuando se realiza el engrane. Debido a esto el flujo de fuerza entre el piñón y la corona dentada no se establece bruscamente y se reduce algo la sollicitación mecánica mientras se realiza el engrane.

Cuando después del proceso de arranque el motor (la corona dentada) gira más de prisa que el piñón, éste se desplaza hacia atrás por la rosca de paso largo de su vástago y se desengrana de la corona dentada del volante.



Los arrancadores de movimiento rotatorio de engrane libre aprovechan el impulso del inducido que ya está muy acelerado antes de realizarse el engrane. A causa de esto, con poca potencia tienen un par de arranque grande.

### Arrancadores de piñón corredizo de una etapa

El árbol de inducido está dotado de ranuras longitudinales. El piñón va guiado en estas ranuras y es desplazable axialmente. El establecimiento del engrane del piñón en la corona dentada se efectúa por lo general mecánicamente, a través de un cable o de una palanca. Cuando se acciona el cable, la palanca de acoplamiento que encaja en el casquillo guía de un manguito desplazable, hace que se desplace el piñón axialmente hacia la corona dentada. Cuando el piñón está completamente engranado, la palanca de acoplamiento acciona el interruptor de arranque y de este modo el motor de arranque no recibe tensión hasta que el piñón está totalmente engranado. (Fig. 27)

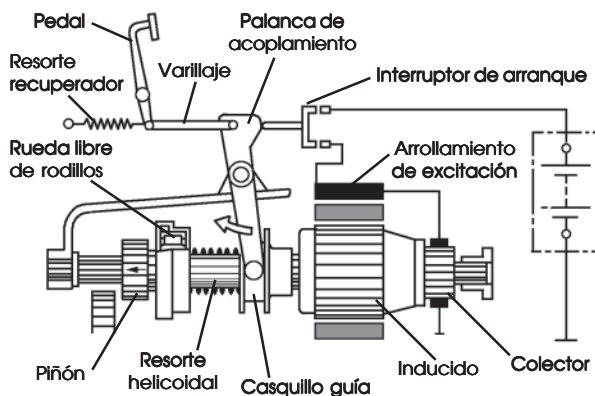


Fig. 27. Arrancador de piñón corredizo

Si cuando se va a establecer el engrane tropieza diente contra diente, el resorte de engrane, queda comprimido, el motor de arranque se conecta y comienza a girar y el piñón entra en la corona dentada por la tensión del resorte previamente comprimido.

Cuando después del proceso de arranque el motor (corona dentada) gira más de prisa que el piñón, éste seguirá engranado en tanto permanezca accionado el dispositivo de engrane. Para evitar que se destruya el inducido debido a las grandes fuerzas centrífugas, se incorpora entre el piñón y el árbol del inducido una rueda libre que posibilita en este caso la separación entre el motor y el arrancador.

### Rueda libre de rodillos

Consta del anillo de rueda libre con las curvas de deslizamiento de los rodillos, y de los resortes helicoidales. Los rodillos se deslizan sobre el vástago del piñón (Fig. 28). Las curvas de deslizamiento de los rodillos se van estrechando en un sentido.

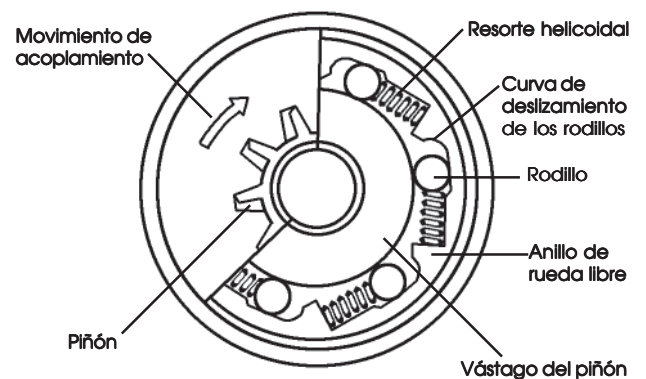


Fig. 28. Rueda libre de rodillos con cuña exterior



Cuando el anillo de rueda libre es accionado por el motor de arranque, los rodillos se presionan hacia la parte de las curvas de deslizamiento que se va estrechando; debido a ésto el vástago del piñón se acopla con el motor de arranque.

Después del proceso de arranque los rodillos son presionados en contra de la fuerza de los resortes a la parte más ancha de las curvas de deslizamiento por medio del piñón que se acciona ahora por el motor (corona dentada) con mayor velocidad; con ésto cesa el arrastre por fricción.

### Arrancador de piñón corredizo con movimiento rotatorio de engrane

En el arrancador de piñón corredizo con movimiento rotatorio de engrane (Fig. 29) se mueve sobre la rosca empinada del árbol de inducido, la pieza de arrastre acoplada con el piñón a través de un mecanismo de rueda libre.

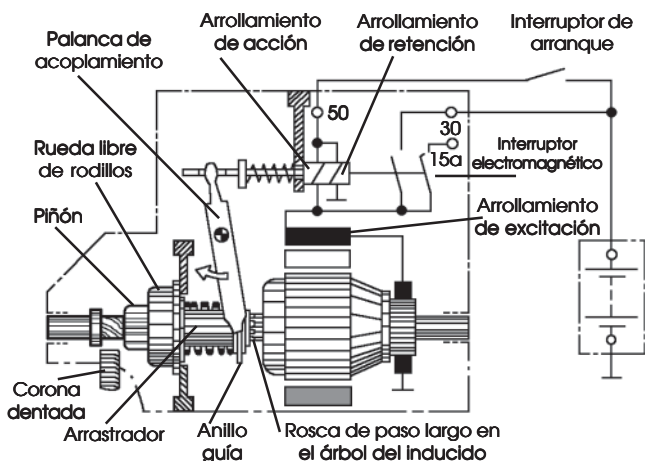


Fig. 29. Arrancador de piñón corredizo con movimiento rotatorio de engrane

La pieza de arrastre es empujada elásticamente hacia adelante por medio de la palanca de acoplamiento, movida por el conector magnético, y se pone en movimiento de rotación por medio de la rosca empinada. En cuanto el piñón se enfrenta con un diente a un hueco entre diente y diente de la corona, se establece inmediatamente el engrane. Si tropieza diente contra diente se comprime el resorte del lado del piñón hasta que el conector magnético conecta la corriente del inducido. El inducido gira y el piñón se corre sobre la superficie frontal de la corona hasta que se establece el engrane.

El conector tiene dos arrollamientos, uno de acción y otro de retención. Para la acción funcionan juntos ambos arrollamientos. Cuando se conecta la corriente del arrancador, se pone en cortocircuito el arrollamiento de acción, y el conector magnético se retiene ahora solamente mediante el arrollamiento de retención (Fig. 30). Una vez arrancado el motor, el piñón gira libremente a causa de la rueda libre de rodillos, pero permanece engranado con la corona dentada en tanto esté accionado el interruptor de arranque.

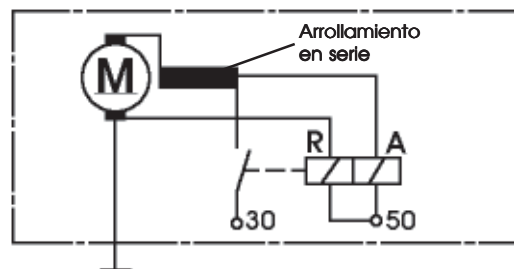


Fig. 30. Circuito interno de un arrancador de piñón corredizo con movimiento rotatorio de engrane



## Arrancador de inducido corredizo

En estado de reposo el inducido está desplazado axialmente saliéndose de los arrollamientos de campo. El piñón se acciona por medio del árbol del inducido, a través de un embrague de discos múltiples.

**El arrancador tiene 3 arrollamientos de campo:** el arrollamiento auxiliar, el arrollamiento de retención (arrollamiento en derivación) y el arrollamiento principal (arrollamiento de excitación en serie). Para posibilitar el movimiento axial del inducido, éste dispone de cojinetes largos y de un colector ancho. Están previstos además un resorte recuperador, un relé de mando con puente basculante y un trinquete con disco de disparo. (Figs. 31 A y B)

### PRIMERA ETAPA

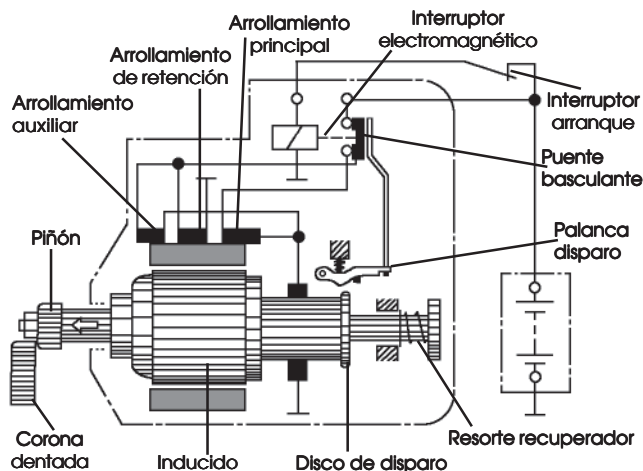


Fig. 31 A

### SEGUNDA ETAPA

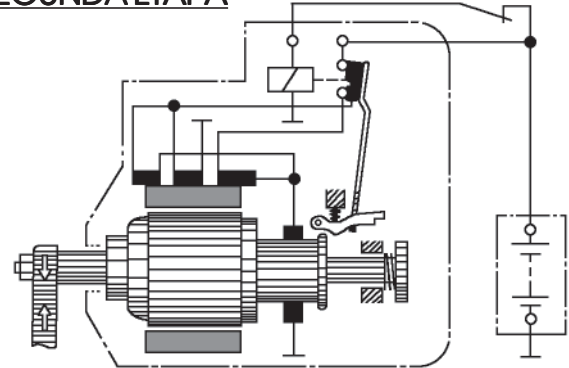


Fig. 31 B. Arrancador de inducido corredizo

El proceso de engrane se efectúa en dos etapas. En la primera etapa el inducido se desplaza axialmente mediante el campo magnético de los arrollamientos auxiliares y de retención, engranando el piñón de la corona dentada mientras gira lentamente el inducido.

Con esto el disco de disparo que se encuentra en el colector levanta la palanca de disparo y da paso a la segunda etapa de conexión en el relé de mando. El arrollamiento principal obtiene ahora tensión a través del puente basculante del circuito de mando. (Fig. 32)

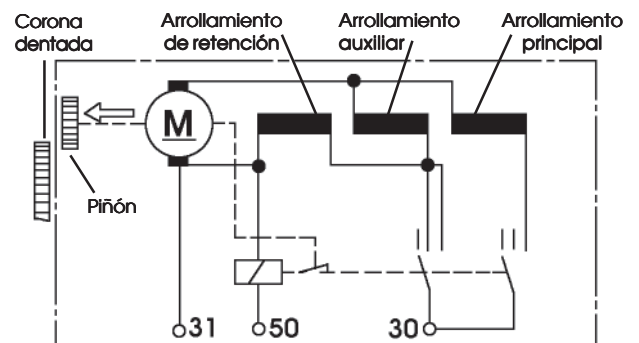


Fig. 32. Circuito interno de un arrancador de inducido corredizo



Entre el inducido y el piñón está incorporado un embrague de discos múltiples. Una vez engranado el piñón este embrague establece suavemente el flujo de fuerza entre el árbol del inducido y el piñón. Cuando la corona dentada adelanta al piñón, se suelta el embrague de discos múltiples actuando entonces como rueda libre. Con esta medida no pueden transmitirse al inducido fuerzas de aceleración peligrosas una vez arrancado el motor. Si se sobrepasa un momento de rotación determinado en el piñón, el embrague de discos múltiples interrumpe el flujo de fuerza entre el inducido y la corona dentada (protección contra sobrecarga) preservándose así el arrancador, el piñón y la corona dentada.

Los arrancadores de inducido corredizo se emplean sobre todo para grandes motores Otto y Diesel. Los arrancadores de gran potencia están dimensionados para una tensión nominal de 24 V, mientras que el resto del circuito eléctrico tiene frecuentemente una tensión nominal de 12 V. Con el motor en servicio están conectadas en paralelo dos baterías de 12 V; durante el proceso de arranque se conectan en serie las baterías por un conmutador y solamente el arrancador obtiene la tensión de 24 V.

### **Reglas para el trabajo**

- El colector tiene que estar limpio y poseer una superficie lisa. Los colectores no redondos tienen que rectificarse. No deben ser tratados con lima ni con papel de lija para pretender arreglarlos.
- El aislamiento entre laminillas debe aserrarse o fresarse hasta 1/2 de anchura de la rendija.
- Las escobillas deben poder moverse fácilmente en los portaescobillas. Las escobillas muy gastadas deben ser sustituidas y el colector torneado de nuevo.
- Los cojinetes generalmente están constituidos a modo de cojinetes autolubricantes. Estos cojinetes no deben ser lavados con medios de limpieza que disuelvan las grasas.



# UNIDAD VI

En todos los motores Otto la mezcla de combustible y aire se enciende por acción externa. Esto se realiza por medio de una chispa eléctrica que produce la instalación de encendido. La chispa ha de encender la mezcla de combustible y aire en el instante preciso, en todas las condiciones de funcionamiento. Para esto la tensión de batería de 6 V, o bien de 12 V, se transforma a la tensión de encendido de aproximadamente 6000 V a 24000 V, con el fin de que pueda saltar una chispa en los electrodos de la bujía. Además, el punto de encendido tiene que ajustarse automáticamente, conforme a las respectivas condiciones de revoluciones y de carga.

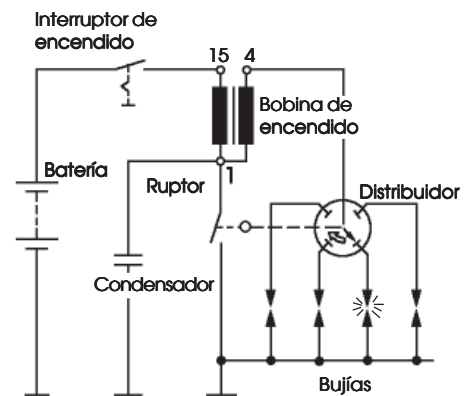


Fig. 1. Esquema de una instalación de encendido por batería

## **INSTALACIONES DE ENCENDIDO POR BOBINA Y RUPTOR MECANICO**

Constan de interruptor de encendido, bobina de encendido, el distribuidor de encendido con raptor, el condensador de encendido, los dispositivos de avance automático del punto de encendido por fuerza centrífuga y por depresión y las bujías (Fig. 1). Como fuente de energía se emplea la batería (instalación de encendido por batería).

## **BOBINA DE ENCENDIDO**

Tiene el cometido de transformar la tensión de batería a la tensión de encendido necesaria. En este caso la energía de encendido se acumula brevemente y luego se entrega a las bujías en forma de descarga de alta tensión a través de los cables de encendido. La bobina de encendido es en principio un transformador. El núcleo consta de chapa de hierro en láminas. Sobre el núcleo se encuentra el arrollamiento de alta tensión que es de alambre de cobre aislado, delgado, y por encima el arrollamiento primario que es de alambre de cobre aislado, más grueso (Fig. 2).

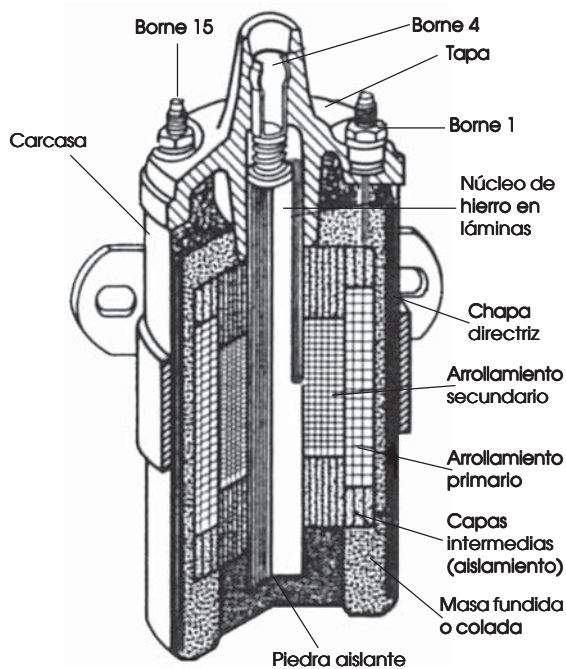


Fig. 2. Constitución y esquema de una bobina de encendido

Un extremo del arrollamiento primario y un extremo del secundario están unidos entre sí y van conjuntamente al borne 1, el extremo contrario del arrollamiento primario va al borne 15 y el extremo contrario del arrollamiento secundario va al borne 4. El circuito primario se abre y cierra por medio del ruptor.

### Procesos durante el cierre y la apertura del ruptor

Durante el cierre fluye desde B+ a masa, pasando por el borne 30, el interruptor de encendido, el borne 15 del primario, el borne 1 del primario y el par de contactos del ruptor una corriente que crea un campo magnético en el arrollamiento primario.

Durante la creación del campo magnético, se produce en el arrollamiento primario una tensión de autoinducción, dirigida en sentido contrario a la tensión aplicada y que por consiguiente retarda la rápida creación del campo magnético.

Al abrirse el par de contactos del ruptor el campo magnético trata de reducirse muy rápidamente e induce con ello en el arrollamiento primario una tensión de autoinducción de 200 V a 400 V aproximadamente que tiene el mismo sentido que la tensión de batería aplicada anteriormente.

La tensión de autoinducción actúa contra una descomposición brusca del campo magnético; además en el caso de no existir el condensador de encendido se formarían chispas en los contactos del ruptor (arco inverso).

## CONDENSADOR DE ENCENDIDO

El condensador de encendido impide que se formen chispas en los contactos del ruptor que se abre y de este modo se ocupa de interrumpir exactamente el circuito primario. Debido a esto se deshace rápidamente el campo magnético, con lo cual se alcanza una alta tensión de encendido en el arrollamiento secundario. De este modo se preservan los contactos del ruptor.

En el instante de abrirse el par de contactos el condensador absorbe y almacena la energía eléctrica producida por autoinducción y descarga de este



modo los contactos del ruptor. Esta carga eléctrica es entregada de nuevo al arrollamiento primario de la bobina con los contactos del ruptor separados y tiene como consecuencia una oscilación amortiguada entre el arrollamiento primario y el condensador de encendido. Cuando el condensador no trabaja perfectamente, se forman chispas en los contactos del ruptor. Esto tiene como consecuencia una mayor abrasión de los contactos, alterándose el ángulo de cierre y el punto de encendido.

## **DISTRIBUIDOR DE ENCENDIDO** (Fig. 3)

El distribuidor de encendido consta de la tapa con las conexiones para los cables de alta tensión y los electrodos fijos, el rotor del distribuidor, el árbol del distribuidor con levas, el portatactos con el ruptor, los equipos de avance del encendido centrífugo y de depresión, el condensador de encendido y el cuerpo del distribuidor.

## **RUPTOR**

Es un interruptor accionado por leva que consta de la palanca del ruptor (martillo), el yunque y la leva. La palanca del ruptor y el yunque están fijados sobre el portatactos y llevan los contactos que son por lo general de wolframio. Cuando la palanca del ruptor descansa por presión del resorte sobre el yunque, el circuito primario está cerrado.

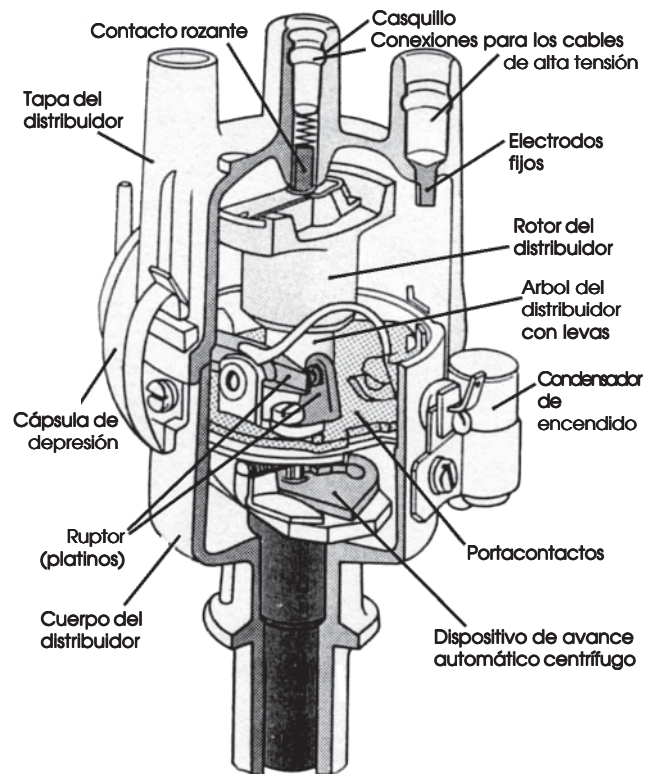


Fig. 3. Distribuidor de encendido

## **DISPOSITIVOS**

### **DISPOSITIVO DE AVANCE AUTOMÁTICO DEL PUNTO DE ENCENDIDO POR FUERZA CENTRÍFUGA**

Se ocupa automáticamente de variar correctamente el punto de encendido. Dado que para que se realice la combustión de la mezcla de combustible y aire se necesitan en todos los números de revoluciones del motor aproximadamente el mismo tiempo, de 1 m. a 2 ms.,



la chispa de encendido tiene que inflamar la mezcla en el momento oportuno para que la presión máxima de la combustión tenga lugar en el instante posterior al punto muerto superior.

A carga parcial existe una mezcla menos inflamable, que además arde todavía más lentamente. Por lo tanto se debe adelantar adicionalmente el encendido. Existen dispositivos de avance por fuerza centrífuga y por depresión.

## EL DISPOSITIVO DE AVANCE AUTOMÁTICO POR FUERZA CENTRIFUGA (Fig. 4).

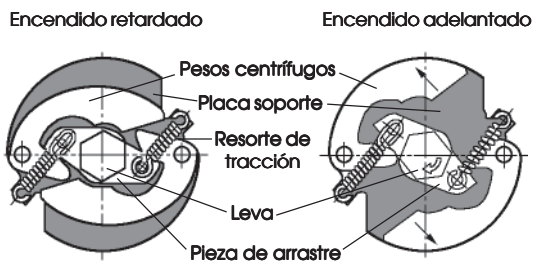


Fig. 4. Modo de funcionar el dispositivo de avance automático por fuerza centrífuga

Tiene el cometido de adelantar el punto de encendido del motor en dependencia del número de revoluciones. La característica de la variación del avance del punto de encendido se determina para las condiciones de funcionamiento del motor a plena carga.

El árbol del distribuidor con las levas del ruptor asienta en forma giratoria sobre el árbol de accionamiento del distribuidor.

Los pesos centrífugos del dispositivo son empujados hacia fuera por la fuerza centrífuga conforme va aumentando el número de revoluciones. Con esto giran las levas del ruptor en el sentido de rotación del árbol del distribuidor; los contactos del ruptor abren antes.

## EL DISPOSITIVO DE AVANCE AUTOMÁTICO POR DEPRESION (Fig. 5).

(Fig. 5).

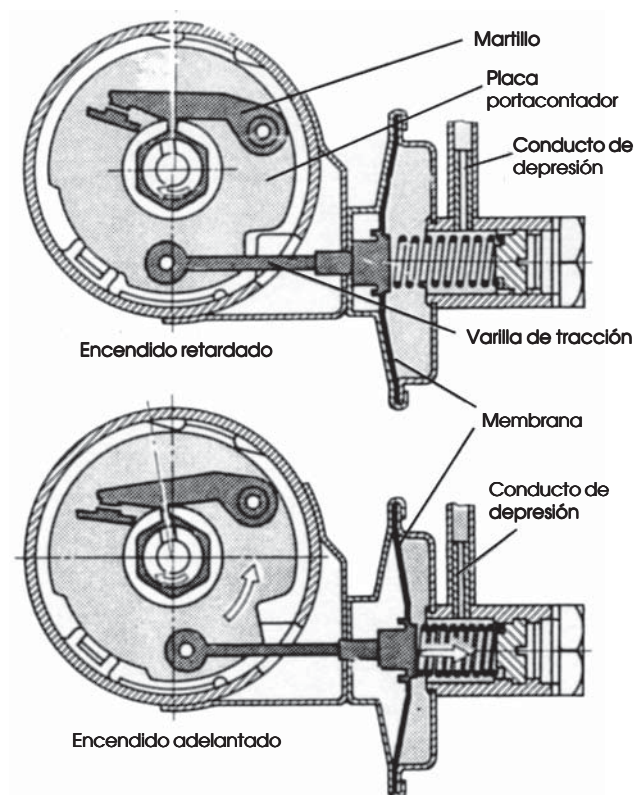


Fig. 5. Modo de funcionar el dispositivo automático por depresión



Tiene el cometido de adelantar el punto de encendido del motor en dependencia de la carga. Actúa generalmente sólo en la zona de carga parcial. La depresión reinante en el tubo de admisión, que depende de la carga respectiva del motor, se entrega a la cápsula de depresión del regulador. La modificación de la posición de la membrana que está tensada previamente por un resorte, se transmite a través de una varilla de tracción al portacontactos susceptibles de giro. El portacontactos con el ruptor gira en sentido contrario al del árbol del distribuidor; los contactos del ruptor se abren antes.

Con el dispositivo de avance automático por depresión con variación adicional para encendido retrasado (Fig. 6), se consigue mediante el retraso del punto de encendido a ralentí que el motor se caliente más y con ello arde mejor la mezcla rica en combustible y aire.

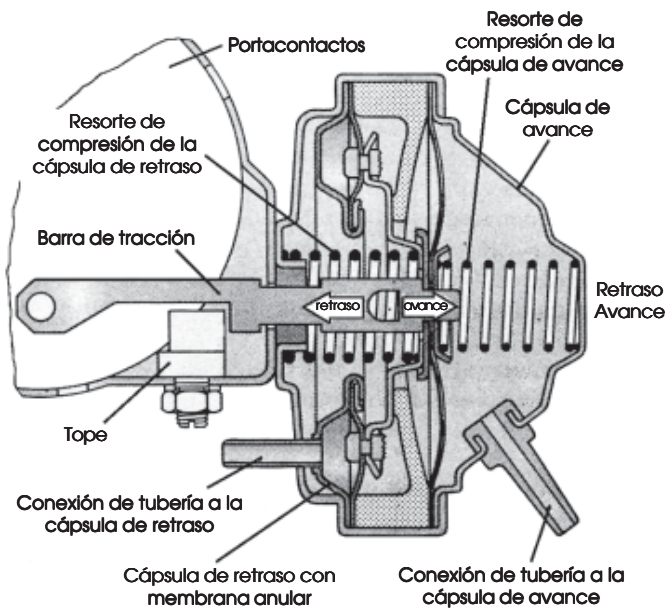


Fig. 6. Dispositivo de avance automático por depresión con cápsula de avance y cápsula de retraso.

### Angulo de cierre

El tiempo de cierre es el tiempo durante el cual están cerrados los contactos del ruptor. Dado que el tiempo de cierre es muy pequeño y además varía en función del número de revoluciones del motor, no es apropiado para realizar mediciones comparativas (ensayo del motor). Por lo tanto, se mide el ángulo de giro del árbol del distribuidor que es proporcional al tiempo de cierre. El ángulo de giro del árbol del distribuidor, que se recorre entre dos chispas de encendido, recibe el nombre de **distancia de encendido**  $\gamma$ . (Fig. 7)

$$\gamma = \frac{360^\circ}{\text{Número de cilindros}}$$

El ángulo de giro del árbol del distribuidor, para el cual se cierran los contactos del ruptor, se llama **ángulo de cierre**  $\alpha$ .

El ángulo de giro del árbol del distribuidor en que están abiertos los contactos del ruptor se llama **ángulo de apertura**  $\beta$

$$\gamma = \alpha + \beta$$

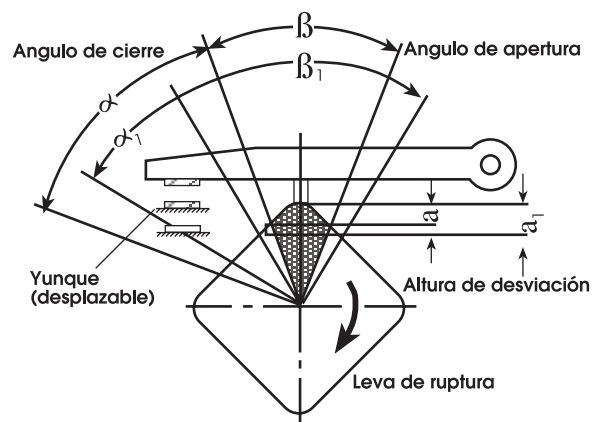


Fig. 7. Distancia de contactos y ángulo de cierre.



Frecuentemente el ángulo de cierre se indica también en porcentaje del ángulo  $\gamma$  (Fig. 8). En este caso el ángulo  $\gamma$  corresponde al 100%.

Con el fin de garantizar que se separen con seguridad los contactos del ruptor, no debe descenderse de las siguientes distancias de apertura máxima: 0,30 mm. en los motores de cuatro cilindros y 0,25 mm. en los motores de seis cilindros.

Cualquier modificación de la distancia de los contactos hace variar el ángulo de cierre y el punto de encendido.

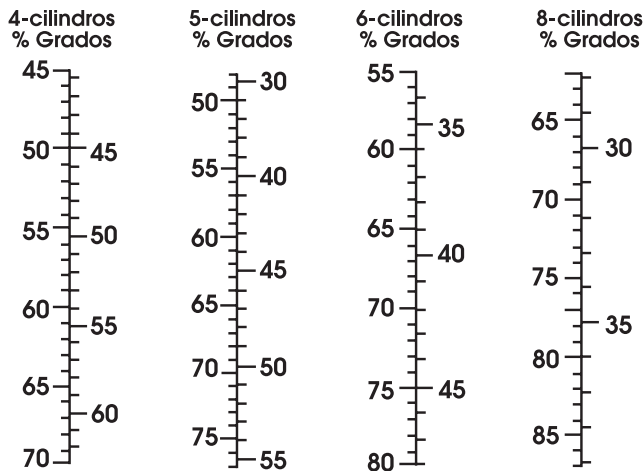


Fig. 8. Ángulo de cierre en porcentaje y en grados

Primeramente hay que ajustar la distancia de los contactos y con ello el ángulo de cierre después el punto de encendido.

La disminución de la distancia de los contactos produce un aumento del ángulo de cierre y simultáneamente un retraso del punto de encendido. El aumento de la distancia de contactos produce una disminución del ángulo de cierre y simultáneamente un adelanto del punto de encendido.

Cuando los contactos ya están adaptados entre sí no es posible ajustar el ángulo de cierre con una galga o calibre de espesores, a causa de la deformación de las superficies de contacto por el desplazamiento de material entre los polos; cuando se trata de contactos nuevos tampoco se produce un valor muy preciso.

El ajuste preciso del ángulo de cierre sólo es posible con el empleo del aparato de medición del ángulo de cierre electrónico.

## Bobinas de encendido de alta potencia

Estas bobinas se construyen para alta tensión de encendido y para alto número de chispas.

Para conseguir un número de chispas por minuto más alto con alta tensión de encendido, es necesario que la corriente primaria sea mayor y además ascienda más rápidamente (Fig. 9).

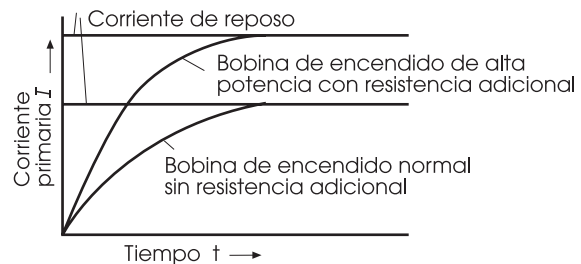


Fig. 9. Transcurso de la corriente primaria



### Esto se consigue mediante las siguientes medidas:

La corriente primaria aumenta por cuanto se reduce la resistencia del arrollamiento primario mediante el empleo de un alambre de cobre más grueso.

Se consigue un ascenso más rápido de la corriente y con ello también un ascenso más rápido del campo magnético en la bobina de encendido, mediante el empleo de materiales especialmente aleados para el núcleo de hierro, que opongan una resistencia menor a la variación del campo magnético.

Con tensión de autoinducción reducida, la corriente primaria asciende asimismo más de prisa. La tensión de autoinducción va reduciéndose con el cuadrado del número de espiras, es decir, si el número de espiras se reduce a la mitad, la tensión de autoinducción será solamente la cuarta parte de su valor primitivo. La reducción del campo magnético mediante la reducción del número de espiras se compensa de nuevo mediante elevación de la corriente primaria.

Durante el funcionamiento la corriente primaria fluye sólo brevemente a causa de la apertura y cierre permanente de los contactos del ruptor; además, la tensión de autoinducción impide que se consiga el valor máximo de la corriente primaria, que se denomina también corriente de reposo (Fig. 10).

Una corriente primaria mayor, tiene también como consecuencia mayores pérdidas de calor en el arrollamiento primario. Para hacer que la bobina de encendido sea segura a la corriente de reposo, la corriente primaria tiene que limitarse por medio de una resistencia adicional de 1 a 2  $\Omega$ . La resistencia adicional descarga térmicamente la bobina de encendido, porque una parte del calor se produce en ella y puede evacuarse fácilmente.

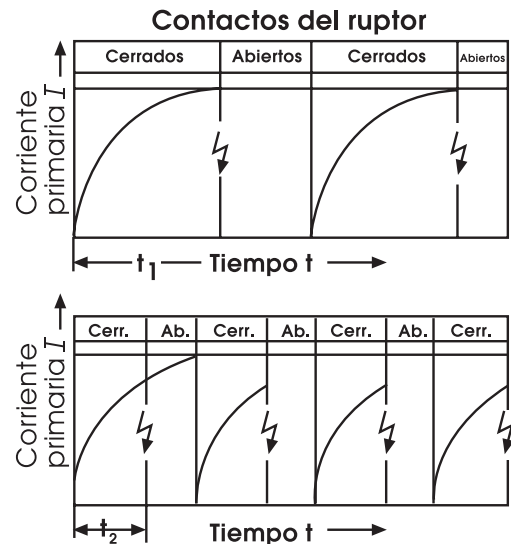


Fig. 10. Transcurso de la corriente primaria con frecuencias diferentes de chispas

Al arrancar el motor desciende la tensión de la batería, por lo cual la tensión de encendido y con ello la potencia de encendido, descienden también. Si se ponteaa la resistencia adicional mediante un relé (Fig. 11), o de un par de contactos especiales en el conector magnético del arrancador, se compensa la caída de tensión de la batería y asciende por lo tanto la tensión de encendido durante el proceso de arranque.

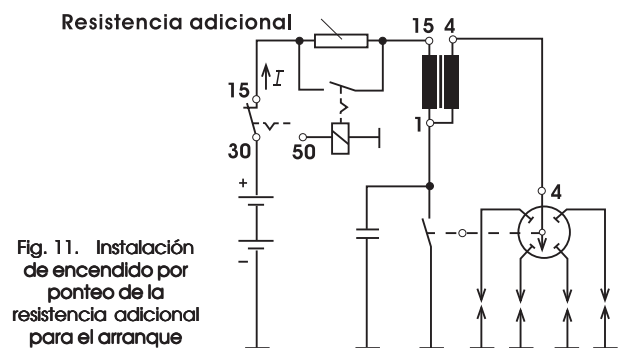


Fig. 11. Instalación de encendido por ponteoo de la resistencia adicional para el arranque



## BUJIAS DE ENCENDIDO

(Fig. 12)

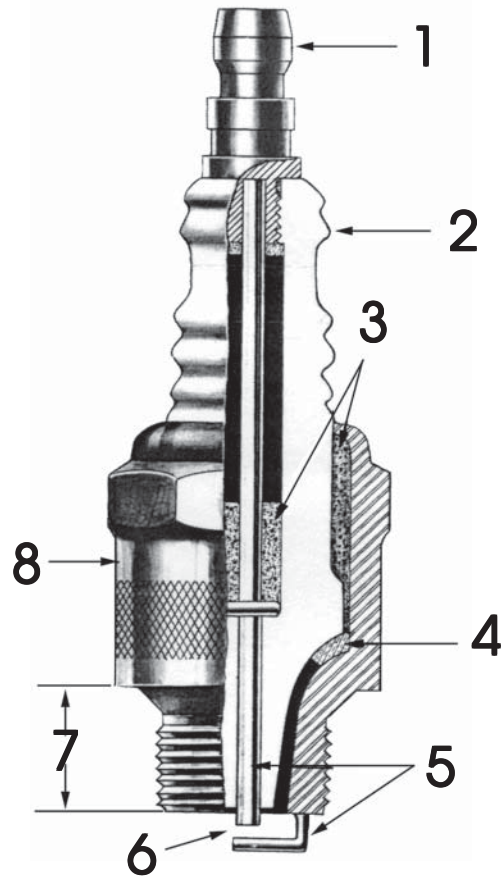
La bujía es la encargada de inflamar la mezcla en el cilindro del motor. Ya hemos visto que cuando un circuito está abierto, no hay paso de corriente. Esto es cierto siempre que no se cumplan determinadas condiciones. En efecto, si el punto en que el circuito está abierto tiene los dos extremos del circuito poco separados y el voltaje es suficientemente alto, puede saltar la chispa, estableciéndose así un puente que cierra el circuito. Esto es lo que ocurre entre los dos electrodos opuestos de la bujía.

### FUNCIONAMIENTO DE LA BUJIA DE ENCENDIDO

La bujía de encendido consta de dos conductores o **electrodos**. Uno de ellos, el central, se conecta por medio de un cable a uno de los terminales de la tapa del distribuidor, mientras que el otro, el lateral, está conectado directamente a masa. Ambos electrodos están dispuestos el uno frente al otro, con una pequeña **separación**. El impulso de alto voltaje inducido en la bobina se lleva desde esta hasta la tapa del distribuidor, que lo manda por otro cable al electrodo central de la bujía que le toca inflamar la mezcla. Este impulso de voltaje salta del electrodo central al electrodo lateral y completa así el circuito retornado por masa.

El hecho de que se cierre el circuito en ese momento tiene menos importancia, que el de que lo que cierre el circuito sea una chispa. Todo el sistema de encendido tiene por objeto hacer saltar esta chispa en el instante preciso.

Aparentemente, la producción de chispas no es difícil de lograr. Lo difícil es producirlas con el ritmo y la intensidad necesarias y este problema ha sido el que ha venido a resolver la bujía de encendido con sus características constructivas peculiares.



- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1. Terminal                             | 5. Electrodo                   |
| 2. Alisolador                           | 6. Separación entre electrodos |
| 3. Cemento que hace el cierre hermético | 7. Longitud                    |
| 4. Junta                                | 8. Cuerpos de acero            |

Fig. 12. Bujía de encendido



## CONSTRUCCION DE LA BUJIA DE ENCENDIDO

Cada pieza de la bujía de encendido cumple una función específica y esta es la razón de que exista gran diversidad de tipos.

La figura 12 ilustra una bujía de encendido típica. Todas las bujías constan de los mismos elementos, variando únicamente, de acuerdo con el tipo, la forma y las dimensiones de aquellos. Veamos las partes de que consta una bujía.

### Cuerpo metálico

Todas las bujías tienen un cuerpo metálico exterior. La mitad superior de este cuerpo se ha mecanizado en forma de tuerca exagonal para poder apretar la bujía con una llave al instalarla. El extremo inferior del cuerpo metálico está roscado y se enrosca en la culata. El electrodo lateral va soldado al borde inferior del cuerpo metálico de la bujía. El cuerpo de la bujía lleva una junta para hacer un cierre hermético con la culata. Esta junta es metálica para facilitar la disipación del calor de la bujía hacia el sistema de refrigeración. Hay bujías que no llevan junta. En este caso, el asiento del cuerpo de la bujía para la culata es ligeramente cónico.

La **longitud** de la parte roscada del cuerpo de la bujía (Fig. 12), tiene mucha importancia. La rosca larga puede asomar dentro de la cámara de combustión, con lo que, además de calentarse más, puede averiar el pistón. Una bujía de rosca demasiado corta no se calienta bastante y el encendido falla por la carbonilla que se acumula en los electrodos.

El diámetro de la rosca varía de acuerdo con el diámetro del taladro de la culata para la bujía.

En el manual de taller del motor se indica siempre el tipo exacto de bujía que necesita aquel.

### Aislador de la bujía

El aislador va montado dentro del cuerpo de acero de la bujía. Por el extremo exterior de éste asoma el terminal al que se conecta el cable. Suele ser de porcelana o cerámica blanca.

El aislador se mantiene unido al cuerpo metálico, sobre el que se apoya por una junta, mediante un cemento especial (Fig. 12).

El aislador sirve para sujetar el electrodo central y mantenerlo bien aislado de masa, a pesar del gran calentamiento que sufre la bujía, de las vibraciones y de los grandes cambios de temperatura.

La parte exterior visible del aislador se tiene que mantener limpia para que no se produzcan fugas de corriente. El aislador de muchas bujías lleva nervaduras para hacer más difíciles estas fugas de corriente.

### Electrodos de la bujía

Los electrodos suelen ser de una aleación especial que resiste muy bien las altas temperaturas y la erosión por la chispa. El electrodo central atraviesa el aislador y lleva un terminal por el extremo exterior, mientras que su otro extremo asoma por la punta del cono interior del aislador. El electrodo lateral va soldado al cuerpo metálico de la bujía. Está doblado de forma que pueda saltar la chispa inmediatamente por debajo de la punta del electrodo central.



El funcionamiento de la bujía depende muy primordialmente de la separación entre los dos electrodos. Esta separación tiene que ser siempre la que se especifique para el motor en cuestión.

Si la separación es insuficiente, la chispa será débil y se formará carbonilla al no quemarse bien la mezcla. La separación excesiva no afecta el funcionamiento del motor a pocas revoluciones. A muchas revoluciones, sin embargo, se puede producir fallos de encendido por no llegar a saltar la chispa.

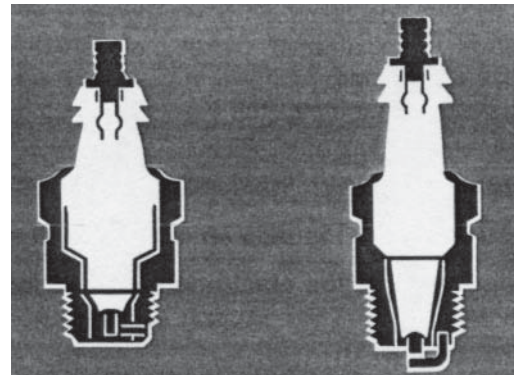
Las superficies opuestas de los dos electrodos deben quedar paralelas para facilitar el salto de la chispa.

## TEMPERATURA DE TRABAJO DE LA BUJIA

Las bujías se fabrican para trabajar a distintas temperaturas. Esta característica de la bujía es tan importante para el buen funcionamiento del motor, como la separación entre electrodos.

La **temperatura de trabajo** de una bujía se utiliza para clasificarlas. Este margen de temperatura indica la capacidad de la bujía para transferir el calor desde la punta del electrodo, hasta el sistema de refrigeración del motor. La mayor o menor capacidad de la bujía para transferir este calor, depende **de la distancia que tenga que recorrer el calor.**

Basta examinar la figura 13, para darse cuenta de que cuanto más largo es el cono del aislador, más largo es también el camino que tiene que recorrer el calor desde la punta del electrodo, hasta el sistema de refrigeración del motor. Por lo tanto, la bujía de cono largo trabajará a más temperatura, siendo una bujía caliente.



**Bujía fría:** Cono de aislador CORTO que transfiere con rapidez el calor, manteniendo la BUJIA FRÍA.

**Bujía caliente:** Cono de aislador LARGO que retiene el calor, manteniendo la BUJIA CALIENTE.

Fig. 13. Grado térmico de la bujía

Con un cono de aislador corto el calor se transfiere más a prisa y la bujía se mantiene más fría. En este caso se habla de una bujía fría.

**Según el motor de que se trate, así tendrá que llevar bujías frías o calientes.**

Por regla general, un motor que vaya muy revolucionado o tenga que trabajar siempre a plena carga, es decir, que se caliente más, necesitará bujías **frías** para disipar mejor el calor.

En cambio, un motor que tenga que trabajar mucho tiempo a bajo régimen de revoluciones y carga, necesitará bujías **calientes**. La bujía caliente quema mejor los residuos que se forman cuando el motor no está caliente. Para trabajo normal se suelen emplear bujías que no son ni calientes ni frías (Fig. 14).

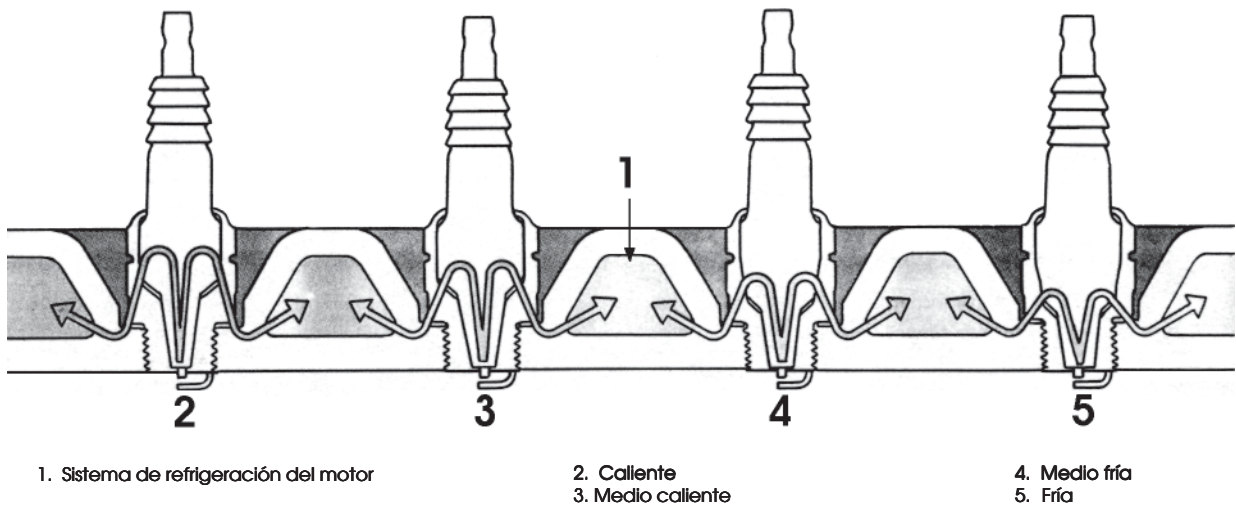


Fig. 14. Bujías para diferentes temperaturas de trabajo

## TIPOS ESPECIALES DE BUJIAS

Ya hemos dicho que las bujías de encendido se fabrican de tipos muy diversos. Además existen bujías para aplicaciones especiales que vamos a citar brevemente a continuación.

### Bujías con resistencia incorporada

Estas bujías llevan una resistencia entre el terminal y el electrodo central. Tienen por objeto evitar la interferencia de las emisiones de radio y televisión, originada por el encendido del motor.

### Bujías con disruptor

Estas bujías llevan un aro en lugar del electrodo lateral. La chispa salta desde el electrodo central a varios puntos del aro metálico. De esta forma se evita que los electrodos se ensucien de carbonilla. Sin embargo, este tipo de bujías requieren sistemas de encendido especiales, de alto voltaje.

### Bujías de cono aislante alargado

El cono del aislador de estas bujías es más largo de lo normal y penetra en la cámara de combustión. De esta forma se refrigera algo por la mezcla fresca que es aspirada en el cilindro y se barren los depósitos de carbonilla que puedan formarse por los gases calientes, durante el escape.



## FORMA DE QUITAR Y PONER LAS BUJIAS

Para quitar y poner bujías se tienen que observar las siguientes normas:

- 1) El cable de la bujía se debe quitar tomándolo por el terminal y **no tirando del cable.**
- 2) Después de aflojar la bujía y antes de quitarla del todo se deben limpiar sus alrededores con un trapo, un cepillo o soplando con aire comprimido (proteger los ojos). De esta forma se evitará que entre suciedad en el cilindro después de sacar la bujía.
- 3) Aflojar la bujía con una llave de tubo y sacar la junta con la bujía (caso de llevarla).
- 4) Si las bujías van a ser utilizadas de nuevo, conviene marcarlas para saber a que cilindro corresponden. El estado de la bujía informa mucho del comportamiento del correspondiente cilindro.
- 5) Cuando se tiene que cambiar una bujía lo mejor es **cambiarlas todas al mismo tiempo.**
- 6) Al aislar las bujías que llevan junta hay que cerciorarse siempre de que está en su sitio. La junta hace el cierre más perfecto y evita la pérdida de compresión por la bujía. Por otra parte, al no llevar su junta, la bujía penetra un poco más en la cámara de combustión y ya no trabaja en las mismas condiciones.
- 7) Los fabricantes de bujías recomiendan que se pongan siempre juntas nuevas, tanto si la bujía es nueva, como usada. La junta usada está aplastada y puede no hacer ya un buen cierre. Para poner una junta nueva se tiene que quitar primero la junta usada. **No emplear nunca dos juntas en una misma bujía, dejando la usada, porque la bujía calaría menos.**
- 8) Apretar las bujías con el par especificado y conectar los cables por el orden correcto. Si no se dispone de llave dinamométrica, la bujía se enrosca hasta que se nota que ha hecho asiento y después se le da de 1/2 a 3/4 de vuelta más. (Con juntas de acero se aprieta 1/4 de vueltas más, después de hacer asiento la bujía).

## PRUEBA Y LIMPIEZA DE LAS BUJIAS

La inspección ocular basta para juzgar el estado de una bujía. La prueba eléctrica se hace con el **analizador de bujías.**

### Fallos de las bujías (generalidades)

El primer síntoma de que una bujía falla es la marcha irregular del motor.

Es cierto que los fallos de encendido del motor no se producen únicamente por el mal estado de las bujías, pero siempre que ocurra esto se tiene que empezar por quitar las bujías para inspeccionarlas.



Las dos causas principales de que una bujía falle son:

- **La suciedad depositada en los electrodos.**
- **El desgaste de los electrodos (electrodos muy quemados).**

**Las bujías se ENSUCIAN** en la proximidad de los electrodos por falta de calor para quemar totalmente los restos de combustible depositados en el punto de ignición.

**EL DESGASTE** excesivo de los electrodos se produce por el exceso de calor en el punto de ignición.

Como veremos a continuación, son muchas las causas que pueden ensuciar o quemar excesivamente una bujía.

Recuerde que la bujía permite juzgar las condiciones en que trabaja el cilindro en que va instalado.

### **Fallos de las bujías (bujías sucias)**

En la figura 15 (en la siguiente página), pueden verse tres bujías sucias.

Con fines comparativos se ha incluido también en la figura una bujía que funciona normalmente. En esta se forma una fina capa de color marrón claro o gris sobre el cono del aislador y los electrodos parecen ligeramente gastados. Cuando la bujía presenta este aspecto indica que el motor está bien puesto a punto.

Toda bujía que presente este aspecto se puede limpiar, ajustar la separación de sus electrodos y volver a poner en el motor.

Arriba y a la derecha de la figura 15, se muestra una bujía engrasada. La presencia de depósitos de aceite quemado de aspecto húmedo, con un ligero desgaste de los electrodos puede indicar que sube aceite a la cámara de combustión. El aceite puede subir por haberse llenado en exceso el carter del motor, por holgura excesiva de los vástagos de las válvulas en sus guías o por segmentos de pistón rotos o que no asientan bien. Las bujías engrasadas también se pueden desengrasar, limpiar y reinstalar. Si los depósitos de aceite son mayores de los que se aprecian en la figura, es preferible cambiar la bujía.

Abajo y a la izquierda de la figura 15, se muestra una bujía sucia de carbonilla. Estos depósitos son de color negro y aspecto harinoso. Se forman cuando la mezcla es demasiado rica por estar estrangulada la admisión de aire, cosa que puede ocurrir al estar el purificador tupido por la suciedad. También se forma cuando la chispa es pobre por ser insuficiente el voltaje que da a la bobina. Después de eliminada la causa que ensució la bujía, ésta se puede volver a instalar una vez limpia y ajustada la separación entre sus electrodos.

Abajo y a la derecha de la figura 15, se reproduce una bujía llena de incrustaciones. Se trata de depósitos de aspecto pulverulento y que pueden ser de color rojo, pardo o amarillo. Son los subproductos de la combustión de gasolinas y aceites que llevan distintos tipos de aditivos. Estos depósitos pulverulentos no suelen ser perjudiciales, pero si son la causa de que se produzcan fallos de encendido cuando el motor trabaja a pleno régimen de revoluciones y carga. Cuando el aislador está muy cargado de este tipo de depósitos, se tiene que cambiar la bujía.

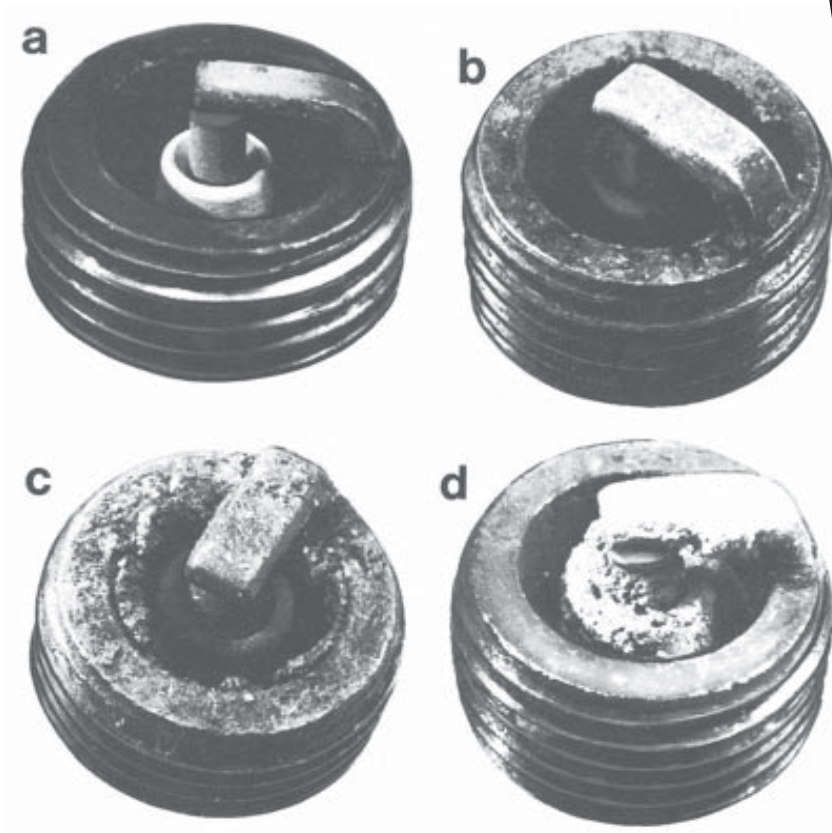


Los depósitos duros y arenosos (no se muestran en la figura 15), pueden originarse por un purificador de aire defectuoso o por trabajar el motor en atmósferas muy cargadas de polvo. Estas bujías se tienen que cambiar.

La bujía se puede ensuciar prematuramente cuando es una bujía “fría” instalada en un motor que trabaja la mayor parte del tiempo a poca marcha o en vacío. La bujía disipa el calor con tanta rapidez que no llega a quemar los depósitos que van acumulándose alrededor del punto de ignición, llegando un momento en que la bujía ya no inflama la mezcla.

Fig. 15. Bujía que quema bien (a) y tres casos de bujías que queman mal

- a) Funcionamiento normal.
- b) Formación de carbonilla.
- c) Bujía engrasada.
- d) Formación de incrustaciones.





### Averías de las bujías (erosión y rotura)

La erosión de los electrodos de la bujía se produce cuando se emplean bujías “calientes” en un motor que trabaja siempre a pleno régimen de revoluciones o de carga. El gran calor que se origina no se disipa con suficiente rapidez y hace que se quemen prematuramente los electrodos y la punta del cono del aislador.

La preignición o autoencendido también erosiona prematuramente los electrodos de la bujía (ver el centro de la figura 16). Los puntos calientes de la cámara de combustión, incluidos los depósitos de carbonilla calientes, los puntos calientes de la cabeza del pistón o de las paredes del cilindro, los bordes de válvula muy calientes o los electrodos de bujía que se ponen al rojo, pueden ser la causa del autoencendido. (La preignición o autoencendido es la inflamación de la mezcla provocada por un punto muy caliente, antes de que salte la chispa).

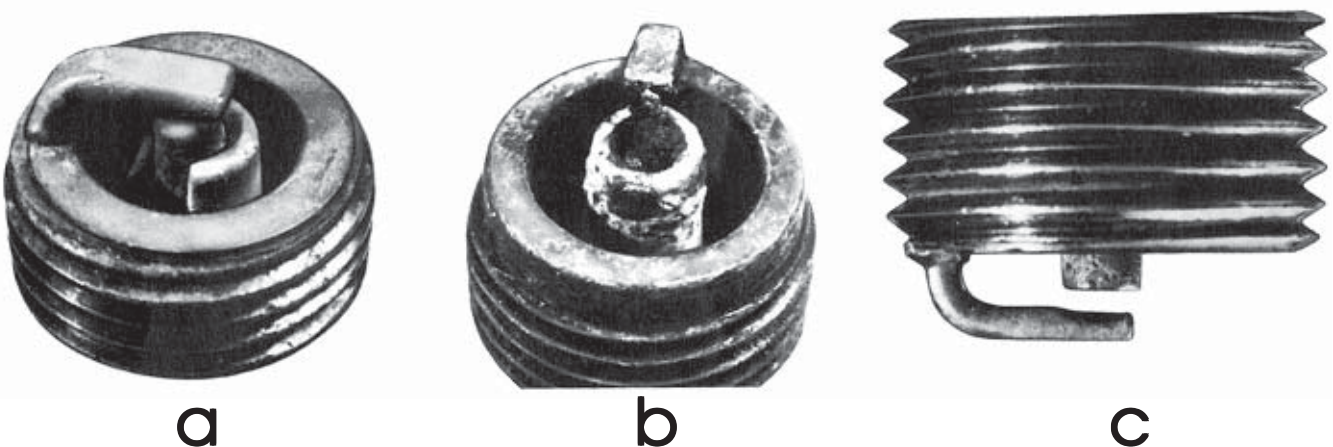
El autoencendido puede quemar el cono del aislador y los electrodos, como puede verse en la figura.

La erosión prematura de los electrodos se produce también cuando se queman constantemente mezclas pobres en combustible.

La inversión de la polaridad de la bobina es la causa de que se “excave” el electrodo lateral de la bujía, como puede verse a la derecha de la figura 16.

Fig. 16 Averías de las bujías (erosión y rotura)

- a) Rotura por calentamiento brusco.
- b) Erosión por autoencendido.
- c) Electrodo lateral “excavado” por estar invertida la polaridad de la bobina.





La rotura de la punta del cono del aislador y de los electrodos, se puede producir por las tres causas siguientes:

1. La punta del aislador se puede romper por el brusco calentamiento de la bujía (ver a la derecha de la figura 16). Para evitar este calentamiento brusco, conviene calentar el motor a revoluciones medias antes de ponerlo en carga, además de tener el encendido correctamente puesto a punto y emplear un combustible del octanaje requerido.
2. La punta del electrodo central puede romperse al ajustar la separación entre los electrodos, sobre todo si se intenta hacerlo doblando éste en lugar de doblar el electrodo lateral.
3. Los electrodos se pueden romper también al tropezar con el pistón o con las válvulas. Este problema no se presenta nunca instalando la bujía de la longitud de rosca correcta.

Toda bujía que tenga los electrodos y la punta del cono del aislador erosionados o rotos, se tiene que cambiar.

### Causas de que la bujía falle

En casi todos los casos en que una bujía falla, se tiene que corregir la causa antes de cambiar la bujía o de volverla a instalar después de limpiarla y ajustarla.

Si no se procede así, la bujía volverá a fallar muy pronto otra vez.

En la figura 17, se han ilustrado diversas causas por las que puede fallar el encendido. **Los casos representados en la figura son los siguientes:**

1. **Encendido normal:** Tiene lugar cuando se produce una chispa suficiente en el instante preciso.
2. **Encendido retardado:** Se produce cuando la chispa salta de un islote a otro, a lo largo de los depósitos acumulados sobre el aislador, acabando por inflamar la mezcla con retardo.
3. **Autoencendido:** Se produce cuando algún punto de la cámara de combustión se calienta hasta el extremo de inflamar la mezcla antes de que salte la chispa.
4. **La erosión excesiva** de la punta puede ser la causa de que no llegue a saltar la chispa.
5. **La suciedad** puede llegar a poner en contacto los electrodos, pasando la corriente sin saltar ninguna chispa.
6. **La chispa se puede derivar** por la superficie del aislador al humedecerse la suciedad acumulada sobre éste.
7. **Las roturas y grietas internas del aislador** pueden cortocircuitar a masa el electrodo central para la alta tensión.
8. **Los depósitos** acumulados sobre el cono del aislador también pueden derivar a masa la alta tensión.

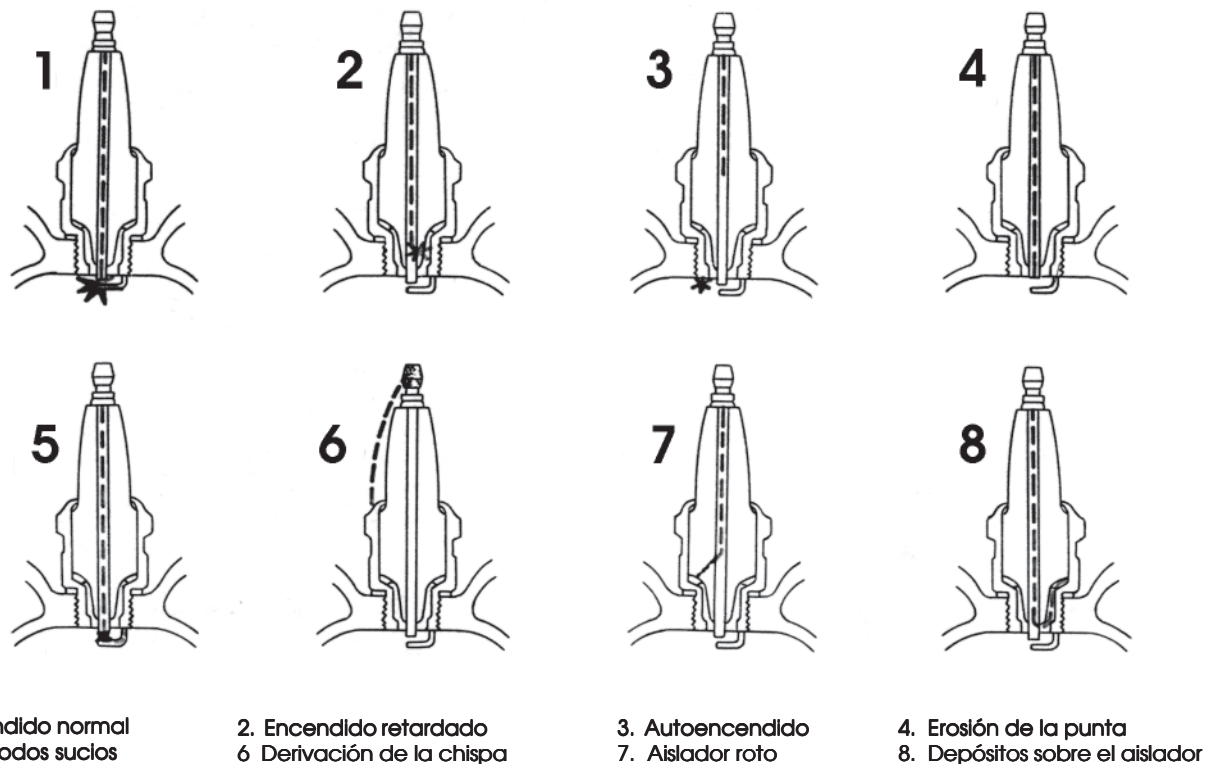


Fig. 17. Fallos de encendido causados por la bujía

## CUIDADO DE LAS BUJIAS (Fig. 18)

Las bujías requieren los siguientes cuidados:

- **Inspección**
- **Limpieza**
- **Ajuste de la separación entre los electrodos**

Casi todos los manuales de taller recomiendan que se revisen las bujías al cabo de un determinado número de horas de trabajo del motor. Estas revisiones periódicas recomendadas son muy importantes.

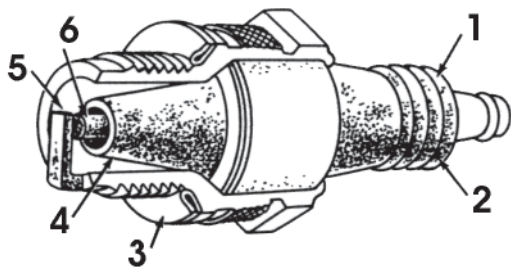
## Inspección de la bujía

Toda bujía debe inspeccionarse en busca de las señales de desgaste anormal que se han descrito antes. Esta inspección permite decidir si hay que cambiar la bujía o si se puede volver a instalar en el motor después de limpiarla y de ajustar la separación entre sus electrodos. Respecto a lo anterior, recuerde que si decide cambiar una bujía, es conveniente cambiarlas todas para aprovechar al máximo la mayor potencia y economía de combustible que puede conseguirse así.



Claro está que esta recomendación no es válida para aquellos casos en que se ha producido el fallo de una sola bujía a las pocas horas de estrenar un juego nuevo, por alguna causa extraordinaria.

Por regla general se tiene que cambiar el juego entero de bujías después de un largo período de servicio. El desgaste normal de una bujía puede hacer que ésta necesite un voltaje doble para funcionar correctamente, aún después de un período de servicio relativamente corto.



- |  |   |
|--|---|
| 1. Buscar grietas o roturas                            | 5. Limar y ajustar la separación entre electrodos |
| 2. Limpiar   | 6. Limpiar los electrodos                         |
| 3. Cambiar la junta                                    |   |
| 4. Limpiar el cono del aislador hasta que quede blanco |   |

Fig. 18. Cuidados que requiere la bujía

## Limpeza de las bujías

Se cuenta con dos tipos de aparatos para la limpieza de bujías, ambos igualmente eficaces. Uno de ellos utiliza un chorro de arena proyectado con gran fuerza para limpiar el cono del aislador y los electrodos. El otro aparato emplea para el mismo objeto un potente limpiador líquido.

Siempre que se limpie una bujía con chorro de arena, se tiene que inspeccionar después cuidadosamente para cerciorarse de que se ha eliminado todo el abrasivo.

Los residuos del abrasivo podrían causar el desgaste prematuro del motor al caer dentro de los cilindros.

**NOTA:** Ningún fabricante de bujías recomienda que se limpien éstas con un cepillo de púas de acero.

Las bujías muy sucias se deben cambiar. El chorro de arena o el líquido de limpieza no pueden eliminar en estos casos toda la suciedad.

La rosca de la bujía se limpia con un cepillo de púas de alambre.

Las bujías engrasadas se tienen que desengrasar primero con un disolvente como la gasolina, para limpiarlas después con el chorro de arena.

Antes de ajustar la separación ente los electrodos se tienen que preparar éstos con una lima para dejarlos lisos y rehacer sus aristas (Fig. 19). Los electrodos con aristas vivas (no redondeadas) necesitan menos voltaje para que salte la chispa, aumentándose así mucho más la eficacia de la bujía que con la sola limpieza.

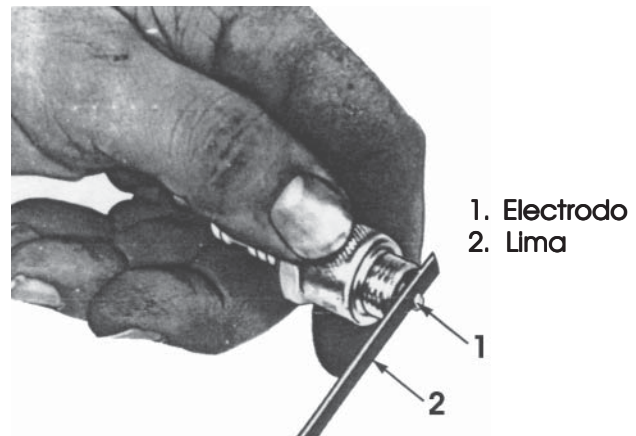


Fig. 19. Arreglo con la lima de los electrodos de la bujía



## Ajuste de la separación entre electrodos

Tanto si la bujía es nueva como usada, siempre se tiene que calibrar la separación entre electrodos. Esta separación se debe calibrar con una galga de alambre (Fig. 20). Con la galga de alambre se mide con exactitud la separación entre electrodos, aunque sus superficies no sean perfectamente planas.

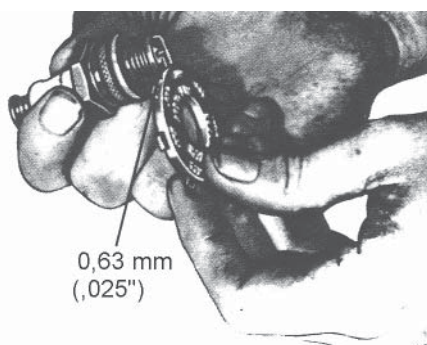


Fig. 20. Calibrado de la separación entre electrodos

Si esta separación ha llegado a ser muy grande, podrá ser necesario cambiar la bujía.

El ajuste de la separación se hace con una herramienta como la ilustrada en la figura 21, que suele formar parte del juego de galgas especiales para bujías.

Después de hecho el ajuste se tiene que comprobar el paralelismo de las superficies opuestas de los electrodos.

**No doblar nunca el electrodo central.** Si se hiciera esto se podrá agrietar o romper la punta del cono del aislador.

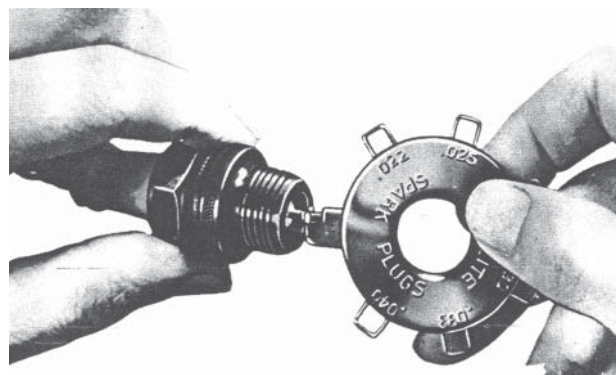


Fig. 21. Ajuste de la separación entre electrodos

## CABLES DEL SISTEMA DE ENCENDIDO

El estado de los cables del sistema de encendido afecta también al funcionamiento de éste.

El circuito **primario** se interconecta con cables de poca sección, porque es atravesado por una corriente de intensidad relativamente **baja**.

En el circuito **secundario**, en cambio, se emplean **cables con un grueso aislamiento** para la alta tensión, para conectar la bobina con la tapa del distribuidor y ésta con las bujías. Los cables de alta tensión suelen llevar terminales metálicos por ambos extremos: macho y hembra en los cables para bujías y macho en el cable que une la bobina con la tapa del distribuidor.

En algunos sistemas de encendido se intercala un **hilo de resistencia** en el circuito primario. Cuando el motor está en marcha, este hilo de resistencia está en serie con la bobina y reduce su voltaje. Con objeto de disponer de mayor voltaje para el arranque, este hilo de resistencia se patea momentáneamente.



## **CUIDADOS DE LOS CABLES**

- Los puntos de conexión se tienen que conservar limpios y apretados.
- Los cables también tienen que estar limpios y libres de grasa o aceite que podría pudrir el aislamiento.
- Revisar periódicamente el cableado para descubrir cables rotos y conexiones flojas.
- Instalar los cables de alta tensión de forma que no toquen ninguna masa ni se toquen entre si.

## **PRUEBA Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ENCENDIDO**

- El sistema de encendido se suele probar con los llamados analizadores, que pueden llevar un osciloscopio o instrumento de medida.
- Muchas de las pruebas que se realizan con estos aparatos se pueden efectuar con todos los componentes instalados en el motor.
- Debe seguirse el procedimiento recomendado por el fabricante del aparato y consultarse el manual de taller, donde se encontrarán las especificaciones pertinentes.

## **RELACION DE FALLOS ATRIBUIBLES AL ENCENDIDO**

El mal funcionamiento de un motor puede ser debido a causas mecánicas y eléctricas.

En la relación que se inserta en la página siguiente se hace referencia únicamente a los fallos del motor causados por el sistema de encendido.



PROBLEMA	CAUSA
1. Falta de potencia	<ul style="list-style-type: none"><li>• Puesta a punto incorrecta</li><li>• Ruptor muy picado</li></ul>
2. Arranque dificultoso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Chispa pobre</li></ul>
3. Sobrecalentamiento del motor	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mecanismo de avance engarrotado</li></ul>
4. El motor pica	<ul style="list-style-type: none"><li>• Puesta a punto incorrecta</li></ul>
5. Retroceso del motor	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mecanismo de avance engarrotado</li></ul>
6. Autoencendido del motor	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bujías defectuosas</li></ul>
7. Fallos de encendido	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bujías sucias</li><li>• Cables defectuosos</li><li>• Ruptor mal ajustado</li></ul>
8. Gasto excesivo de gasolina	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bujías sucias</li><li>• Puesta a punto incorrecta</li></ul>
9. Marcha irregular	<ul style="list-style-type: none"><li>• Encendido defectuoso</li></ul>
10. Aceleración lenta	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mecanismo de avance engarrotado</li><li>• Bobina o condensador defectuosos</li><li>• Ruptor defectuoso</li></ul>



PROBLEMA	CAUSA
11. El motor no arranca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bobina defectuosa</li> <li>• Condensador defectuoso</li> <li>• Ruptor defectuoso</li> <li>• Cable de alta tensión de la bobina suelto</li> <li>• Taza del distribuidor rota</li> <li>• Bujías defectuosas</li> <li>• Puesta a punto incorrecta</li> <li>• Cables de bujías intercambiados</li> </ul>
12. El motor arranca y se para	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bobina defectuosa</li> <li>• Condensador</li> <li>• Ruptor defectuoso</li> </ul>
13. Combustión incompleta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separación entre electrodos incorrecta</li> <li>• Bujías sucias</li> <li>• Cables defectuosos</li> <li>• Puesta a punto incorrecta</li> <li>• Ruptor defectuoso</li> <li>• Condensador defectuoso</li> <li>• Bobina defectuosa</li> <li>• Tapa o taza del distribuidor rotas</li> <li>• Conexiones flojas.</li> </ul>



## LOCALIZACION DE LAS AVERIAS DEL SISTEMA DE ENCENDIDO

Después de cerciorarse de que el sistema de encendido es el responsable del mal funcionamiento del motor, se revisa cada uno de sus componentes para localizar la avería.

En los apartados anteriores hemos explicado ya como se prueba cada uno de estos componentes. Generalmente se prueba en la máquina y fuera de ella. A modo de recordatorio, relacionamos a continuación las inspecciones y pruebas que deben realizarse.

### Inspección ocular, deben buscarse:

1. Cables y conexiones flojas o rotos.
2. Tapa de la bobina agrietada.
3. Tapa y taza del distribuidor rotas o agrietadas.
4. Trazos de carbón en la tapa del distribuidor.
5. Puntos de contacto del ruptor quemados o gastados.
6. Dado de levas del distribuidor gastado lo mismo que el bloque de baquelita del ruptor.

### Pruebas eléctricas, deben buscarse:

1. Bobina derivada a masa, en cortocircuito o cortada, o con la polaridad invertida.
2. Fuga de corriente por el condensador, alta resistencia en serie o capacidad incorrecta.
3. Angulo de leva (intervalo) del distribuidor.
4. Puesta a punto del distribuidor.

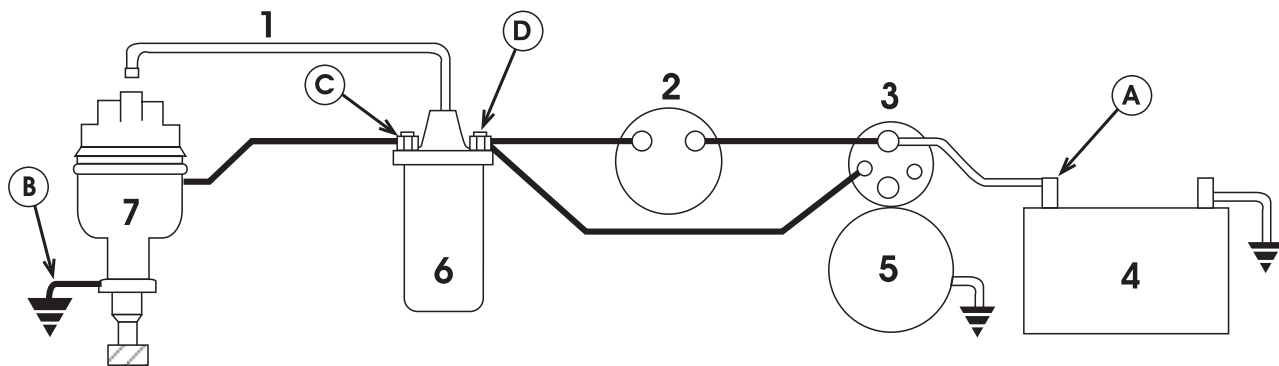
5. Fuerza de la chispa. (Esta prueba se hace desconectando el cable de alta tensión de la tapa del distribuidor y manteniendo su punta a 6 mm. de masa, mientras se hace girar el motor con el arranque. Si salta una chispa de suficiente intensidad, es probable que la avería esté en la tapa o en la pipa del distribuidor, en las bujías o en los cables).
6. Circuito primario con alta resistencia, cortado o derivado a masa. Véase la figura 22 en la siguiente página y las instrucciones siguientes para el detalle de la prueba de este circuito.

## PRUEBA GENERAL DEL SISTEMA DE ENCENDIDO

1. Emplear un voltímetro de 0.1 a 20 voltios.
2. Realizar todas las pruebas con las luces y los accesorios apagados.
3. En el cuadro que figura a continuación se indican las lecturas de voltaje que deben obtenerse en el caso de un sistema eléctrico de 12 voltios con el negativo puesto a masa.

## RESUMEN: CUIDADOS DEL SISTEMA DE ENCENDIDO

*Si se efectúan en el sistema de encendido las revisiones y cuidados periódicos y ajustes que se han descrito, y se hace trabajar al motor dentro de los límites especificados, el sistema de encendido trabajará durante muchas horas sin averiarse.*



1. Desconectar este cable y ponerlo a masa
2. Llave de contacto
3. Electroimán-contactor
4. Batería

5. Motor de arranque
6. Bobina
7. Distribuidor

Fig. 22. Puntos para la prueba eléctrica del sistema de encendido de 12 voltios, con el negativo a masa

## VOLTAJES DE LOS PUNTOS DE PRUEBA

Voltímetro conectado a los puntos:	Posición de la llave de contacto y arranque	Puntos de contacto del ruptor	Voltaje en condiciones normales
A - D	arrancando	----	1 voltio (máx.)
B - D	arrancando	----	10 voltios (aprox.)
B - D	cerrada	abiertos	voltaje de batería
B - D	cerrada	cerrados	4.8 voltios (aprox.)
B - C	cerrada	cerrados	0.2 voltios (máx.)



## EL ENCENDIDO TRANSISTORIZADO

El avance actual de la tecnología de los semiconductores, como diodos, transistores, etc., ha permitido finalmente resolver el problema y pueden superar las desventajas del sistema clásico de encendido.

Con este tipo de elemento esencial en el encendido electrónico se consiguen muchas mejoras, las que resultarían difíciles, con el sistema común.

### ALGUNAS DE SUS VENTAJAS

- Mayor duración que el sistema convencional.
- Mejor funcionamiento de bujía, debido a la excelente combustión de la mezcla, el salto de la chispa es más potente, y por lo mismo, los electrodos pueden llegar a tener una separación de 1 a 1,2 mm. (.300"), facilitando de esta manera, la inflamación de los gases, evitándose además los problemas derivados de la acumulación de carbonaza en las cámaras de combustión, válvulas y bujías.
- Se obtiene mayor rendimiento, por galón de gasolina.
- En el tipo convencional, la tensión de la corriente principia a disminuir, a partir de 1,000 rpm., siendo mayor la caída a 5,000 lo que no sucede con el sistema transistorizado, ya que dicha tensión, principia a ser menor aunque en forma apenas susceptible a partir de 4,500 rpm, llegando estable en esa mínima reducción, hasta las 7,000 rpm. Como todo nuevo descubrimiento, éste tiene sus pequeños inconvenientes:

- La batería y el alternador o dínamo deben de estar en perfecto estado de funcionamiento, ya que el sistema les exige siempre su máxima capacidad, puesto que necesita aproximadamente, el doble de la energía empleada por el tipo convencional.
- Debe emplearse además, bobina o transformador de alta tensión especial, para lograr las mejoras requeridas. En conclusión, la placa de transistores viene a llenar en forma casi completa, las necesidades de una chispa más potente y uniforme, a diferentes regímenes de funcionamiento del motor, lo que no sucede con el ruptor o platino que debe ser renovado con mayor frecuencia.

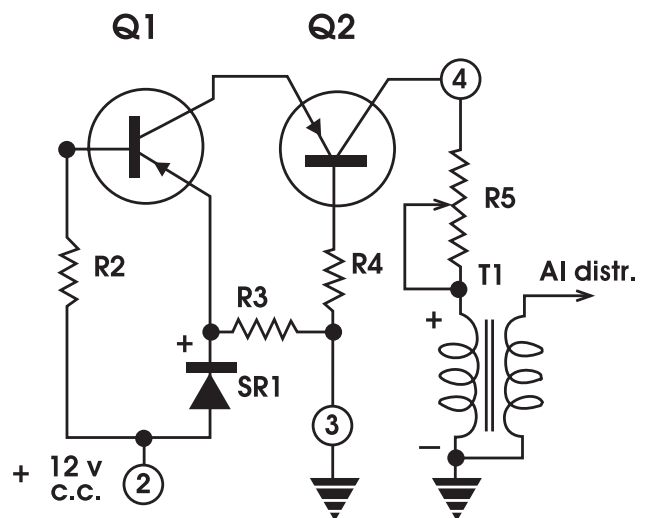


Fig. 23 . Esquema de un circuito de encendido transistorizado

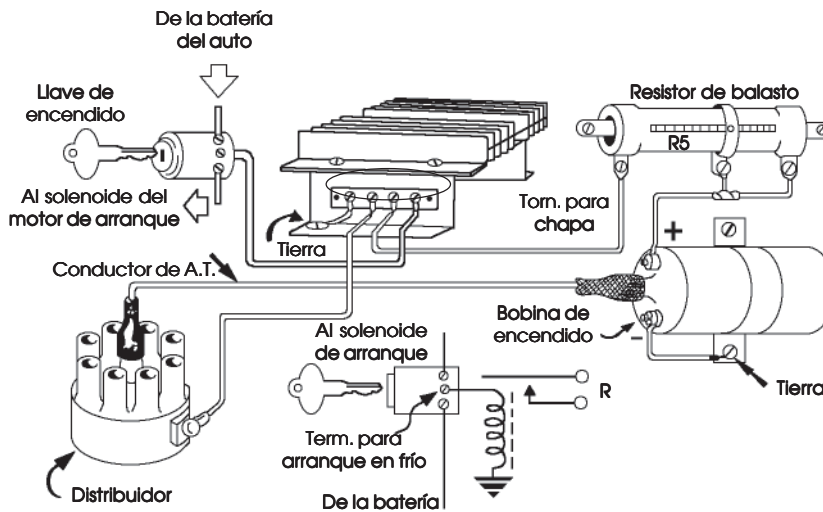


Fig. 24 . Circuito transistorizado Walter Henry (mixto)

## **E N C E N D I D O** **ELECTRONICO CON** **BOBINA CAPTADORA,** **Funcionamiento**

### **POSICION DE IGNICION**

Al accionar la llave de ignición se alimenta la bobina y el módulo de ignición; en este momento el motor no se encuentra girando, y la señal proveniente de la bobina captora no le indica al módulo de ignición que cierre o abra el circuito de masa de la bobina de ignición.

### **POSICION DE ARRANQUE**

Al girar el motor la bobina captadora produce una señal que es enviada al módulo de ignición, éste se activa con esta señal y empieza a flotar y pasar a tierra el circuito de masa de la bobina, produciéndose así el alto voltaje en la bobina de ignición.

Estos sistemas están basados en la conversión de señales analógicas y digitales, que aunque parezca un nombre un tanto complejo son muy fáciles de comprender. En estos sistemas la ausencia de un platino es cubierta por una bobina captadora que está siempre en el distribuidor. El módulo de ignición es un componente que no posee el sistema anterior, su función es la de interpretar lo que envía la bobina captadora.



Las bobinas de ignición son iguales, a excepción de que éstas no tienen una resistencia externa y la resistencia de la misma es muy baja comparativamente hablando. El módulo de ignición se encarga de que la estabilidad (refrescamiento) de la bobina entre disparo y disparo sea mucho mejor.

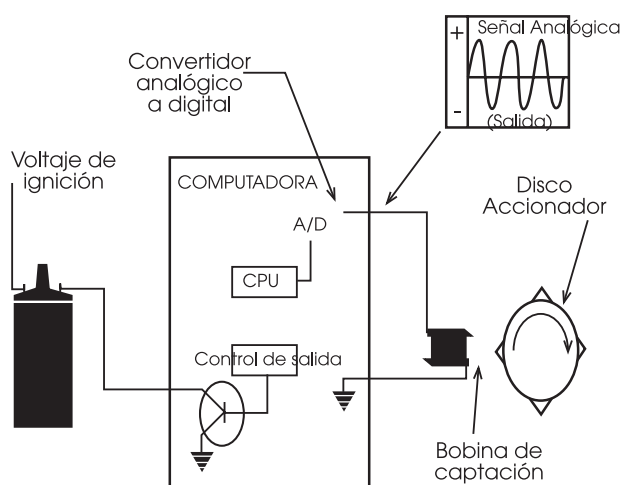


Fig. 25

## EL DISTRIBUIDOR

La construcción de éste es similar al sistema convencional, a excepción de la incorporación de un sistema de bobina captadora inductiva en vez del platino convencional. Este sistema también está dotado en algunos casos de avance centrífugo y por vacío.

### Los componentes son los siguientes:

1. Arrollamiento del inducido
2. Cuerpo de la bobina captadora
3. Arrollamiento del inducido
4. Rueda accionadora
5. Imán permanente
6. Conexiones eléctricas
7. Base de la bobina captadora
8. Avance centrífugo
9. Rotor.

Estos distribuidores vienen dotados de reflectores en algunos casos. Estos reflectores son mal empleados como cubre polvos, ya que, la función de estos convertidores es de deflecionar cualquier corriente parásita o de alto voltaje para que no se induzca en la bobina captadora que está adentro del distribuidor.

## COMPENSACION DEL TIEMPO DE ENCENDIDO POR ALTURA (HAC)

Al mismo tiempo que salieron los distribuidores electrónicos, también se desarrolló un sistema para eliminar un problema con los vehículos de ignición convencional. Este sistema se particulariza por tener una CAMARA DE VACIO DOBLE COLOCADA EN EL DISTRIBUIDOR. El problema a que nos referimos es el ajuste del tiempo de ignición, que en todas las ocasiones, variaba en un mismo vehículo dependiendo de donde el vehículo estaba operando, en pocas palabras a que altura operaba.



Ya que si por ejemplo, al vehículo se ajustaba el tiempo de ignición a 15 grados antes del PMS, a éste ajuste se le llama ENCENDIDO BASE, y esto fue hecho por ejemplo a una altura de operación de 1,300 metros SOBRE el nivel del mar, lo más seguro es que este mismo vehículo al nivel del mar presentaría un cascabeleo del motor (DETONACIONES), no porque el tiempo de ignición INICIAL no fuera el correcto, sino por la suma del ENCENDIDO BASE más el centrífugo sumado al avance por vacío, sin duda sería excesivo.

Muchos fabricantes optaron por fabricar vehículos para operar hasta cierta cantidad de altura sobre el nivel del mar, y recomendaban el cambiar componentes del distribuidor (CONTRAPESOS Y CAMARA DE VACIO) y hasta partes del carburador (BOQUILLAS) si el vehículo fuera a operar a otra diferente altura. Esto resultaba un tanto costoso para el dueño del automotor, y esto sin contar que la topografía de zonas como Latinoamérica son todo un inconveniente.

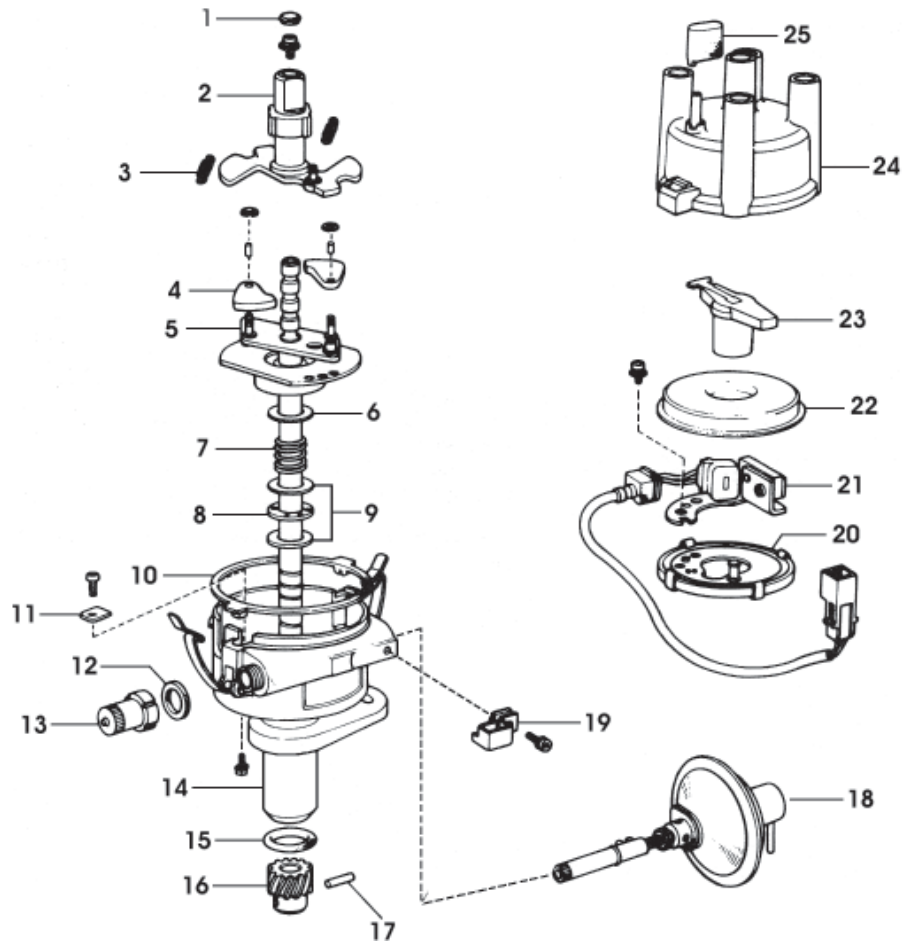


Fig. 26

- |                                       |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Retenedor de la grasa de la leva   | 14. Caja                    |
| 2. Rotor de señales                   | 15. Junta tórica            |
| 3. Resorte del regulador              | 16. Piñón dentadura espiral |
| 4. Peso del regulador                 | 17. Pasador                 |
| 5. Eje del regulador                  | 18. Avance de vacío         |
| 6. Arandela-disco                     | 19. Mordaza flexible        |
| 7. Resorte de la bobina de compresión | 20. Plato del rotor         |
| 8. Cojinete de empuje                 | 21. Generador de señales    |
| 9. Arandela                           | 22. Tapa guardapolvo        |
| 10. Empaquetadura guardapolvo         | 23. Rotor del distribuidor  |
| 11. Arandela-placa                    | 24. Tapa del distribuidor   |
| 12. Arandela de goma                  | 25. Caperuza de goma        |
| 13. Tapa del selector de octano       |                             |



Por este motivo muchos fabricantes incorporaron a estos sistemas de ignición un control que se le llamó COMPENSADOR DE ALTITUD ELEVADA mejor conocido como HAC (HIGH ALTITUDE COMPENSATOR). Este sistema no sólo mejora el tiempo de encendido, sino que también DISMINUYE LA CONTAMINACION AL MEDIO AMBIENTE, ya que el combustible es quemado más eficientemente (Fig. 27).

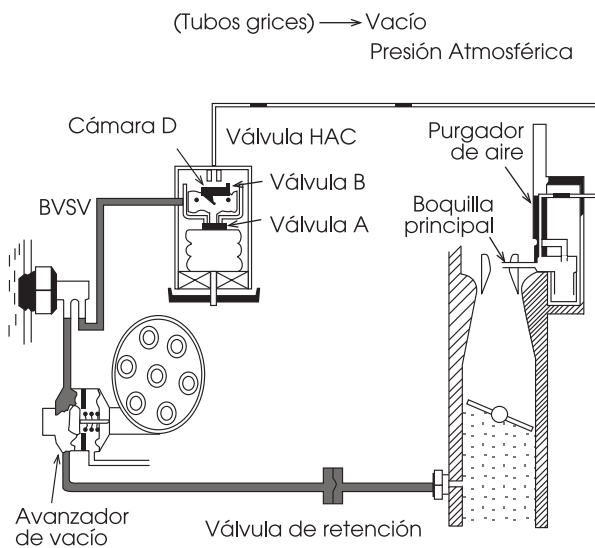


Fig. 27. Válvula de retención

En el dibujo de arriba podemos observar el diagrama típico de un sistema HAC. Esta Válvula HAC es un SENSOR BAROMETRICO, y su función es no dejar pasar vacío a una sub-cámara del distribuidor cuando el vehículo opera a baja altura; la altura la especifica el fabricante, de manera que el tiempo de encendido BASE no es adelantado, y la suma total de la BASE más el centrífugo y el vacío por aceleración no será excesivo.

**ES MUY IMPORTANTE HACER NOTAR QUE PARA AJUSTAR EL TIEMPO DE IGNICION DE ESTOS SISTEMAS, SE DEBE DESCONECTAR TODAS LAS MANGUERAS DE VACIO DEL DISTRIBUIDOR, Y TAPARLAS. ALGUNOS FABRICANTES NO ESPECIFICAN ESTE PROCEDIMIENTO CUANDO EXPLICAN EL TIEMPO DE ENCENDIDO.**

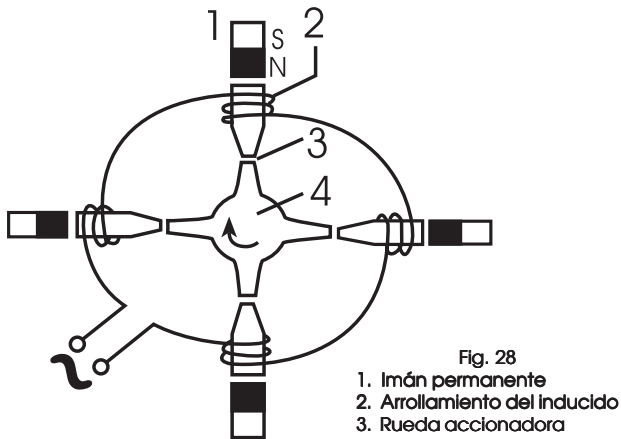
Lo anterior tiene lógica, ya que si no lo hacemos correctamente el tiempo BASE no será lo real, y el tiempo total de avance y retardo será muy diferente. También otra particularidad de este sistema es que además de dejar pasar vacío a la sub-cámara del distribuidor, también en ciertos casos permite una entrada de aire adicional al circuito de baja y alta del carburador.

Para probar el HAC lo único que hay que hacer es identificar las entradas y salidas del HAC, y por último comprobar que se encuentre abierto o cerrado dependiendo de la altura a donde se encuentre, también existe una manera de probarlo con una pistola de vacío, simulando las diferentes alturas de operación.

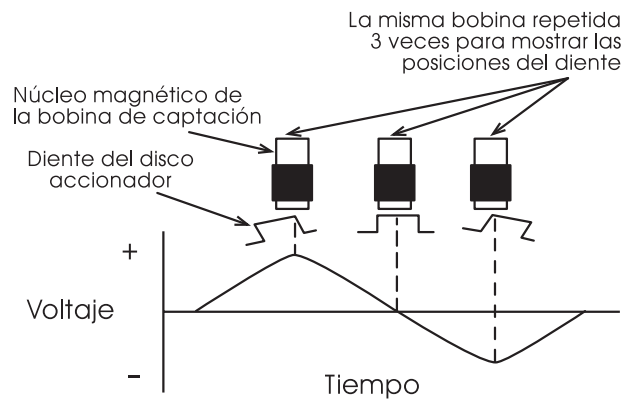
## **FUNCIONAMIENTO DE LA BOBINA CAPTADORA** (Fig.28)

Esta bobina captadora es un generador de pulso de corriente alterna. Pensemos en este componente como un alternador en escala miniatura. Y decimos miniatura porque genera un bajísimo voltaje de corriente alterna. Está compuesto por:

1. **Imán permanente**
2. **Arrollamiento del inducido**
3. **Rueda accionadora.**



y los valles indicarán el tiempo de circuito abierto de la bobina de ignición. Es decir cuando la bobina no dispara, la bobina captadora está en un VALLE (señal AC negativa) (Fig. 29).



La interrupción del campo magnético generada por la rueda accionadora interrumpiendo el campo magnético provoca que en la bobina captadora se induzca una señal análoga de corriente alterna, la cual aunque es muy baja, es lo suficiente para que le indique al módulo de ignición que el motor está girando.

Para que esta señal sea generada lo único que necesita la bobina captadora, además de los componentes anteriormente mencionados, es una MASA en uno de los hilos a cables de arrollamiento, esta masa debe de ser brindada por el módulo de ignición, y se le conoce como MASA DE REFERENCIA. Sin esta masa la señal puede que sea defectuosa o no exista del todo.

Esta señal que genera la bobina captadora le indica al módulo de ignición que debe de activar la bobina de ignición.

Al ser una señal análoga, está compuesta por CRESTAS Y VALLES. Las crestas indicarán el tiempo de conexión a masa de la bobina de ignición,

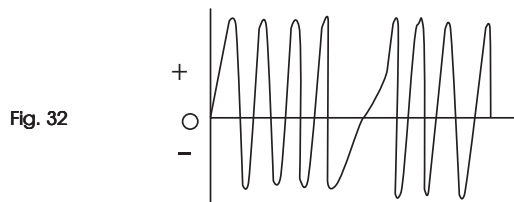
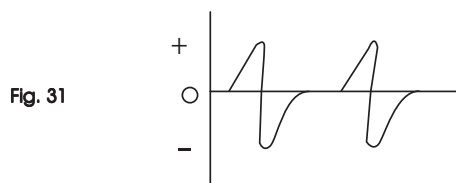
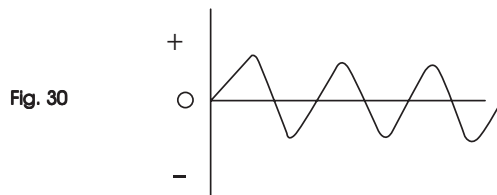
En algunos vehículos de años posteriores a 1980, la luz entre la bobina captador y la rueda de activación era ajustable. Pero, esto se consideró un tanto como volver hacia atrás, debido a que estar calibrando esta luz, era como calibrar los platinos, y lo que se quería era un sistema lo más libre en mantenimiento posible. La calibración de esta luz no es necesaria en los vehículos posteriores a estos años.

Dado que la señal que genera la bobina captadora es una señal de corriente alterna (AC), y lo que interesa al módulo de ignición no es la cantidad de voltaje, sino que, la forma (integridad) de la señal. Es decir, si faltara alguna de estas crestas, el módulo tan solo la interpretará como que el motor no gira, y por lo tanto no activará la bobina para que dispare. Por este motivo el medir el voltaje que la bobina captadora produce, no será en la mayoría de los casos un indicativo de que esté buena.



Para poder estar seguros de que este generador de pulso (bobina captadora) está operando correctamente, necesitamos la ayuda de un **osciloscopio de trazo para uso automotriz**. Solamente observando la integridad de la imagen nos daremos cuenta a ciencia cierta de que este generador de pulso opera correctamente.

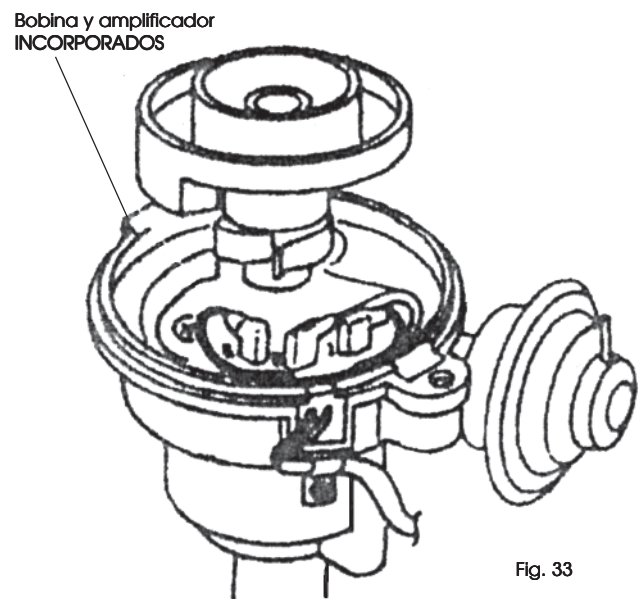
La señal que deberemos de esperar en la pantalla del osciloscopio tendrá algunas variantes, debido a que los diferentes fabricantes de vehículos diseñan las ruedas activadoras con diferentes formas, provocando que la señal se vea un tanto diferente en la pantalla. En las siguientes gráficas se pueden observar algunas de las señales generadas por varias marcas de vehículos.



Algunos sistemas incorporan la bobina captadora conjuntamente con el módulo de ignición, todo adentro del distribuidor complicando un tanto las pruebas de medición de la señal de la bobina captadora. En estos casos el uso de pinzas intrusoras es la mejor manera de pinchar el cable. Estas pinzas intrusoras son las que se usan en electrónica de radio y televisión, son pequeñas y muy finas, facilitando la medición de estas señales.

Como regla fundamental siempre debemos medir la resistencia de la bobina captadora, ya que si está fuera de rango lo lógico será que la señal que brinde no será la correcta.

**POR REGLA GENERAL NUNCA DEBEMOS ASUMIR QUE SI LA RESISTENCIA DE LA BOBINA CAPTADORA ES CORRECTA, LA SEÑAL SERA BUENA. SIEMPRE DEBEMOS OBSERVAR LA INTEGRIDAD DE LA SEÑAL.**





## EL MODULO DE IGNICION

Este componente es conocido también como: Igniter, módulo electrónico, caja transistorizada, y en algunos casos los mismos fabricantes de automóviles le dan nombres muy propios como es el caso de General Motors que lo llaman Módulo HEL.

Pero el principio de operación es el mismo. Se le puede encontrar dentro o fuera del distribuidor, de no ser con equipo especial (osciloscopio de trazo para uso automotriz) es muy difícil comprobar su correcto funcionamiento.

### CUMPLE DIRECTAMENTE LA FUNCION DE CERRAR O ABRIR EL CIRCUITO A MASA DE LA BOBINA DE IGNICION.

Existen varios tipos de interacción de estos módulos de ignición, algunas veces podremos encontrarlos comandados o activados por una bobina captadora, como el ejemplo de la figura 34.

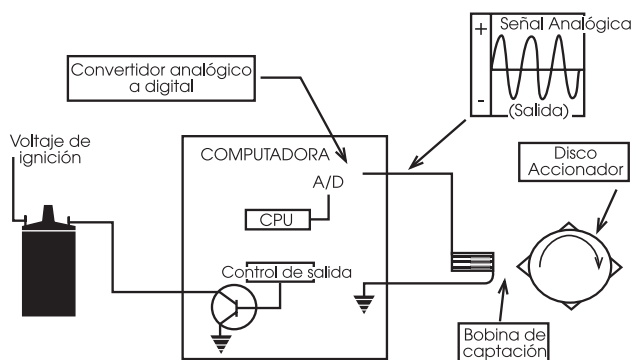


Fig. 34

En este caso la señal de la bobina captora entra directamente en el módulo de ignición, el módulo procesa la señal análoga y con esto sabe cuando activar la bobina de ignición para que dispare. Vale la pena mencionar que lo que las bobinas captoras necesitan para generar su pulso del tipo AC es tan solo una tierra de referencia, que en este caso se la da el módulo de ignición.

También el módulo de ignición necesita de positivo y negativo para su funcionamiento. El tiempo de avance o retardo del tiempo de ignición es comandado por el distribuidor, o sea por las contrapesas centrífugas o el avance por vacío del mismo distribuidor.

Pero en otros casos puede que este módulo sea activado por otro módulo o mejor dicho una computadora, como por ejemplo en un sistema de inyección electrónica de combustible.

El cuadro siguiente nos muestra este proceso (Fig. 35).

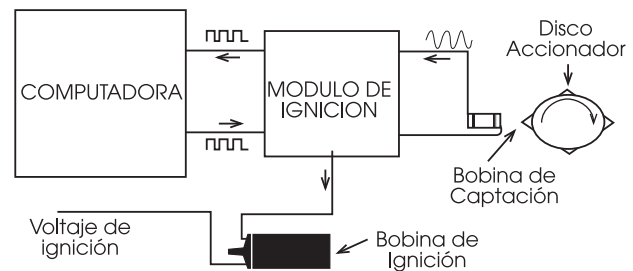


Fig. 35



Realmente aquí la única diferencia es que la señal de la bobina captora entra en la computadora de inyección. Después esta activa el módulo de ignición, y éste a su vez activa la bobina de ignición.

En este caso el tiempo de avance o retardo de ignición es comandado por la computadora de inyección, basado en parámetros como, altura, presión barométrica, temperatura de motor, cantidad de aire entrando al motor, etc.

En la mayoría de los casos el distribuidor no tiene ni contrapesos ni avance por vacío. No todos los sistemas de inyección controlan la ignición, pero el 100% de los vehículos fabricados en los años 1990 en adelante todos controlan la ignición, ya sea por medio de un módulo de ignición o algunos otros controlan directamente la bobina de ignición, como por ejemplo todos los sistemas Bosch Motronic y algunos vehículos de la marca Chrysler.

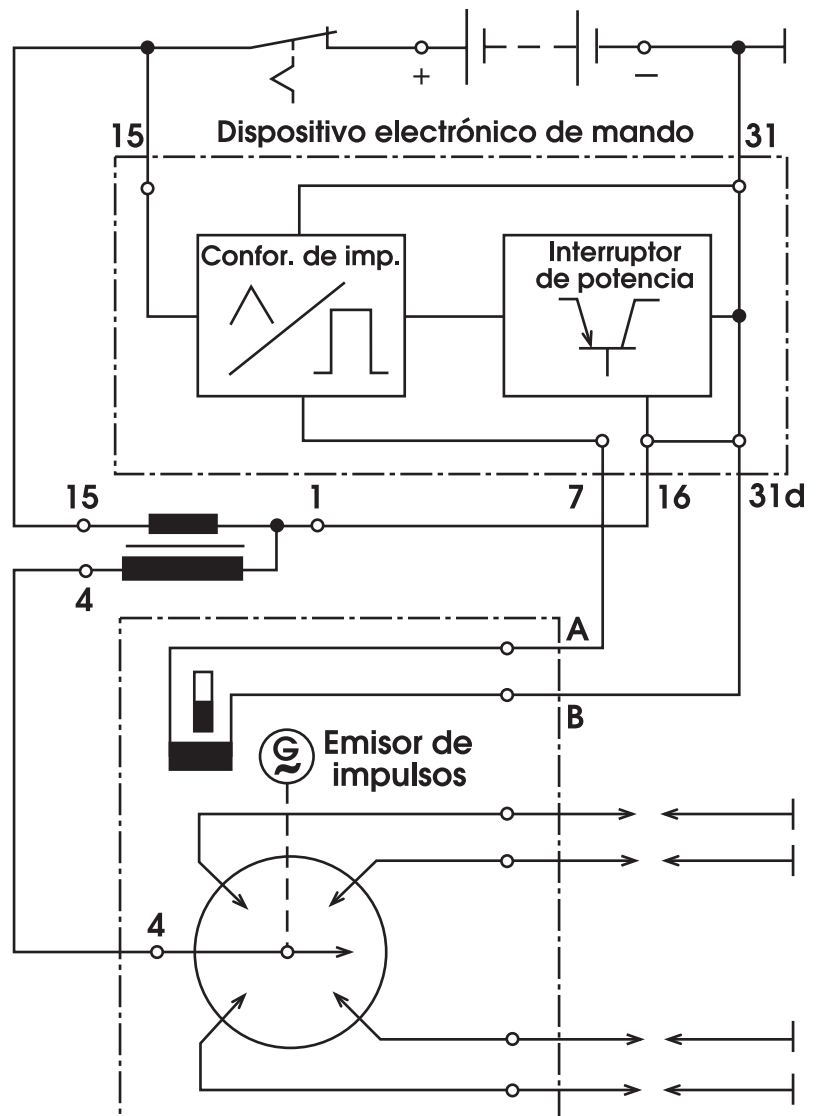


Fig. 36. Instalación de encendido por bobina (electrónico)



# E N C E N D I D O ELECTRONICO CON EFECTO HALL

Estos tipos de encendido utilizan en vez de una bobina captadora un sensor al que se le conoce como sensor de efecto hall. Prácticamente todo es igual, a excepción de la manera como el módulo recoge la señal de este sensor, así, como también el tipo de señal que genera el efecto hall. Estos sistemas son muy usados en la actualidad por algunos fabricantes como Bosch, Ford, General Motors, y algunos vehículos japoneses. Todos estos son completamente digitalizados, o sea que no existe ningún tipo de señales análogas en estos sistemas; de hecho todo se maneja con señales digitales.

Estos sistemas están basados en el principio del efecto hall, en donde un campo magnético generado por un integrado de efecto HALL es interrumpido por una pantalla o división, provocando que el integrado pase a masa un voltaje que se conoce como **VOLTAJE DE REFERENCIA**. Al hacer esto el módulo de ignición es activado y consecuentemente este último activa la bobina de ignición.

## SENSOR DE EFECTO HALL

Los sensores de efecto hall son también activados electrónicamente, pero generan voltaje. Estos pasan a masa un voltaje de referencia cuando un campo magnético actúa sobre un **CHIP HALL**.

Cuando los electrones se mueven en un conductor atravesado por las líneas de fuerza de un campo magnético, este se desplaza en el sentido transversal a la dirección de la corriente y a la del campo magnético; en A1 existe un superávit de electrones y en A2 un déficit, es decir que entre A1 y A2 aparece la tensión hall. Este efecto, denominado efecto hall, es especialmente marcado en los semiconductores.

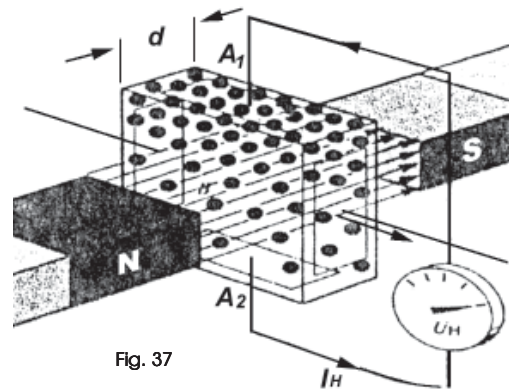


Fig. 37

Un imán está localizado a una corta distancia del Chip Hall. Las cuchillas o pantallas del obturador están rotando entre el chip y el magneto. A medida que las líneas magnéticas de fuerza son desviadas por la cuchilla del obturador, el voltaje de referencia no es conectado a tierra. Después que la cuchilla del obturador pasa, una ventana abierta entre las cuchillas del obturador permiten que las líneas magnéticas de fuerza actúen sobre el Chip Hall lo que cambia el voltaje de referencia hacia tierra.

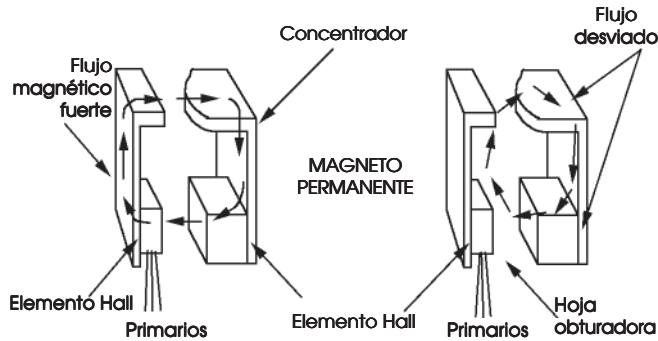


Fig. 38

Este rápido paso a tierra y flotación del circuito de voltaje de referencia desarrolla un PULSO DIGITAL requerido por el módulo de ignición o computadora de control.

Un sensor de efecto hall debe de tener para funcionar, voltaje de alimentación para el Chip de Hall, tierra para todo el sistema, y por último, y muy importante un voltaje de referencia, el cual es suplido por el módulo de ignición (ver figura 39).

En el caso siguiente vemos la interacción del módulo de ignición con una computadora (Sistemas EFI), en el cual el sensor de HALL le envía una señal al módulo de ignición para que éste se la envíe a la computadora, y después la computadora le indica de retorno al módulo de ignición cuando activar la bobina de ignición. (SISTEMAS HEI de GM). (Figura 40).

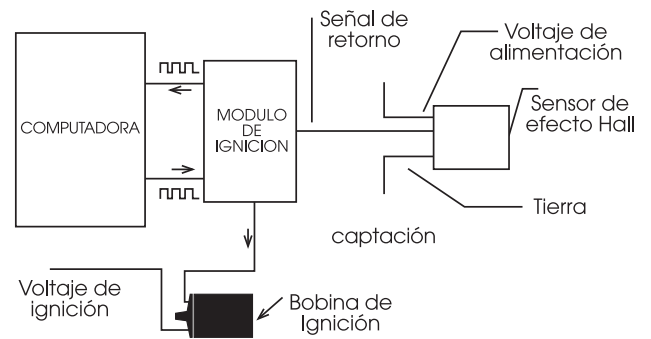


Fig. 40

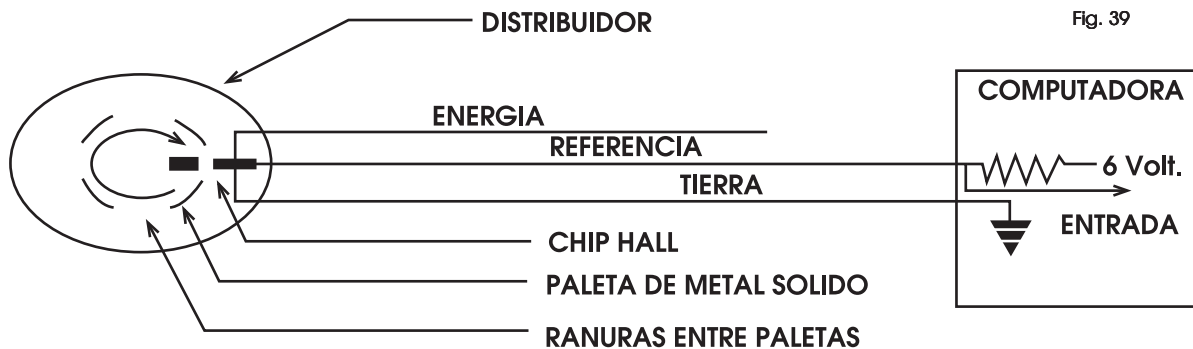


Fig. 39



La señal producida por el circuito integrado Hall es de forma cuadrada, como se representa en la figura siguiente, de donde se determina la necesidad de utilizar un osciloscopio para verificar las características de esta onda, tales como integridad de la señal y también en estos casos la posición del cilindro número 1 (Ver figura 41).

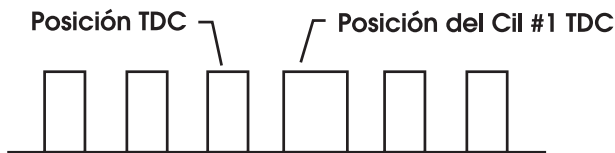


Fig. 41

Los componentes principales de este sistema son:

1. **Circuito integrado Hall**
2. **Imán permanente**
3. **Rotor**
4. **Hoja obturadora**
5. **Base del hall**

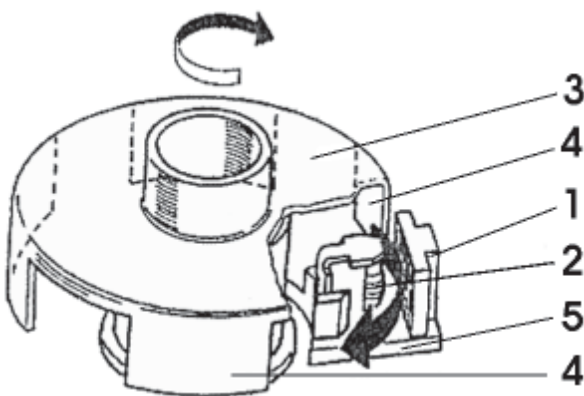


Fig. 42

## DISTRIBUIDOR DE ENCENDIDO POR EFECTO HALL

Este distribuidor puede contar con contrapesos y avance centrífugo, y en los sistemas más modernos trabajan en conjunto con una computadora central, eliminando el avance centrífugo de ignición y también por vacío del distribuidor, ya que este avance es controlado por la computadora central. Estos casos que hemos mencionado son los sistemas con carburador con asistencia electrónica (FBC), y los sistemas de inyección electrónica de combustible (EFI), ambos tienen una computadora para las funciones de ignición de adelanto y retardo.

El distribuidor en estos casos mandará la señal a estas computadoras para que ellas tomen la decisión de informar al módulo de ignición cuando activar la bobina de ignición. Claro está, que muchos de estos sistemas de distribuidor fueron usados en conjunto con un módulo de ignición para muchos vehículos carburados que no tenían computadora.

Existen distribuidoras con el módulo de ignición incorporado al mismo, como es el caso de Ford.

Las pruebas de estos sensores de Hall se torna un tanto dificultosa en estos casos, pero con la ayuda de una pinza intrusora y unos cables de extensión todo es posible. Algunos distribuidores traen solamente 2 cables, uno de ellos es el cable de alimentación del Chip Hall, el otro es el voltaje de referencia, la masa la da el cuerpo del distribuidor. En el de 3 cables la única diferencia es que la masa viene por alguna de las 3 líneas.

(Ver figura 43 en la siguiente página).

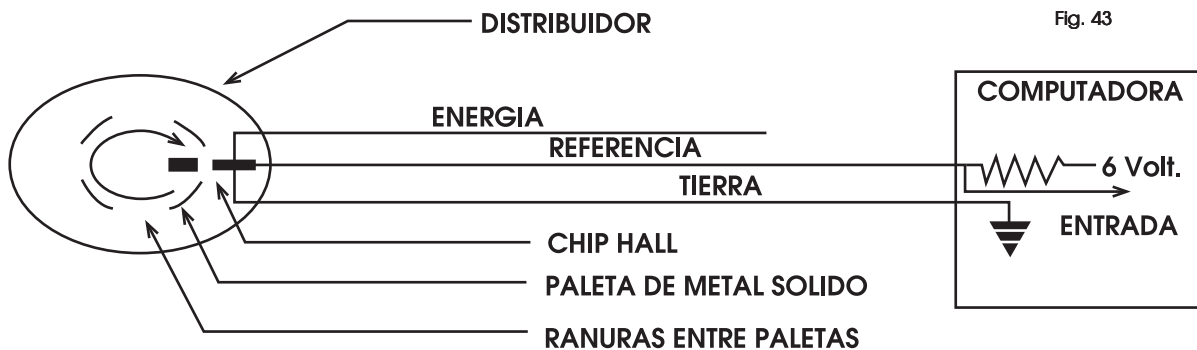


Fig. 43

## ENCENDIDO POR DESCARGA CAPACITIVA (CDI)

Estos sistemas contaron con muy poca popularidad debido a lo complicado y costoso de su diseño. El principio de funcionamiento del módulo CDI es el de cancelar el flujo de corriente a la bobina de ignición, a la vez que cancela el circuito a masa, unos condensadores de descarga capacitiva que se encuentran dentro del módulo CDI descargan un alto voltaje al circuito positivo de la bobina de ignición, aumentando la inducción del alto voltaje considerablemente, de manera que se aprovecha el arco o chispa de desecho de un platino convencional, la cual es recolectada por el condensador, esto pasa igual aunque tenga una bobina captora o HALL, ya que siempre la chispa de desecho existe. Este principio de aprovechamiento de la chispa de desecho sería utilizado más adelante en los sistemas de ignición DIS. (Ver figura 44).

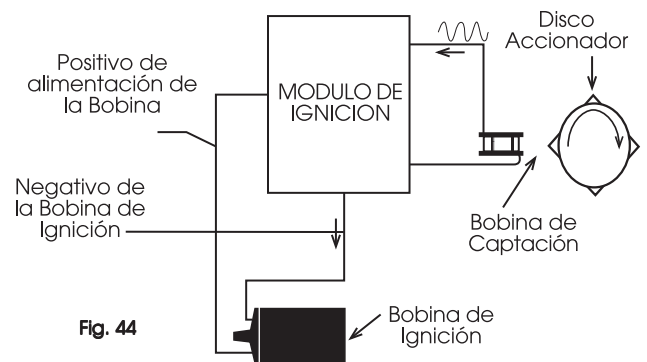


Fig. 44

La parte interesante de estos sistemas, como se demuestra en el diagrama de arriba, es que tanto el positivo como el negativo de la bobina, son controlados por el módulo de ignición. Estos sistemas fueron usados, tanto con sensor HALL, así como platinos ó bobinas captoras.

Algunos de los fabricantes que usaron estos sistemas son Porsche, Jaguar, Masseratti, y algunos vehículos americanos como American Motors Company (AMC), ningún vehículo Japonés uso estos sistemas. Actualmente y desde 1988 ningún fabricante lo utiliza.



## **E N C E N D I D O E L E C T R O N I C O D E S E N S O R O P T I C O**

Este sistema es utilizado en vehículos Nissan, GM Chrysler, Mitsubishi y Hyundai. Algunos de estos tienen sistemas de carburador electrónico (FBC), y en otros casos tienen sistemas de inyección electrónico de combustible (EFI), ambos sistemas utilizan una computadora para el control del avance y retardo del tiempo de ignición. El principio de funcionamiento de este sistema se muestra a continuación, donde señalado con el número uno se observa un Diodo Emisor de Luz (LED), que emite luz infrarroja; como dos, se encuentra el disco ranurado, permitiendo o eliminando el paso de la luz infrarroja; y el tres que es la fotocelda, que percibe la luz infrarroja cuando el disco la deja pasar por una de las ranuras (Ver figura 45).

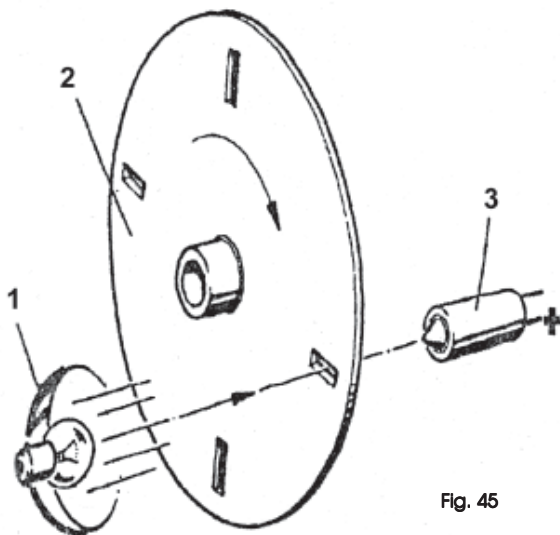


Fig. 45

Los dos componentes característicos de este sistema se describen a continuación, en la primer figura se encuentran el sistema fabricado por Hitachi y lo utilizan varios tipos de vehículos; consta de:

1. Alojamiento del (os) sensor (es)
2. Placa del rotor

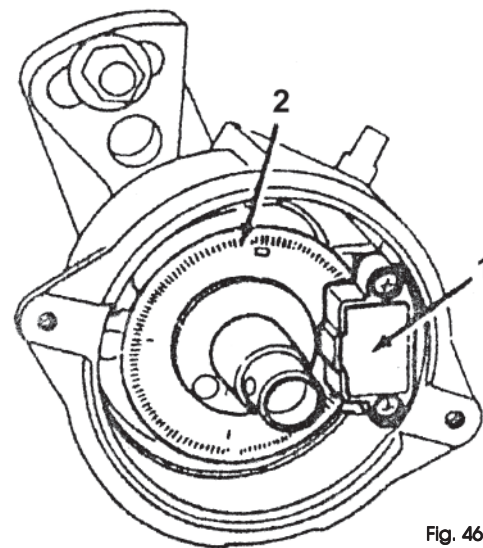


Fig. 46

Los captadores ópticos utilizan un diodo emisor de luz (normalmente de arsénico galio) para producir una fuente de luz infrarroja dirigida verticalmente a un fototransistor o a un elemento fotosensible.

Un disco segmentado (interruptor rotativo) accionado por el eje del distribuidor, interrumpe el haz luminoso; estas señales son enviadas a una computadora externa (Sistemas FBC o EFI), para que la última controle la ignición, ya sea por medio de un módulo de ignición, transistor de potencia o directamente a la bobina de ignición.

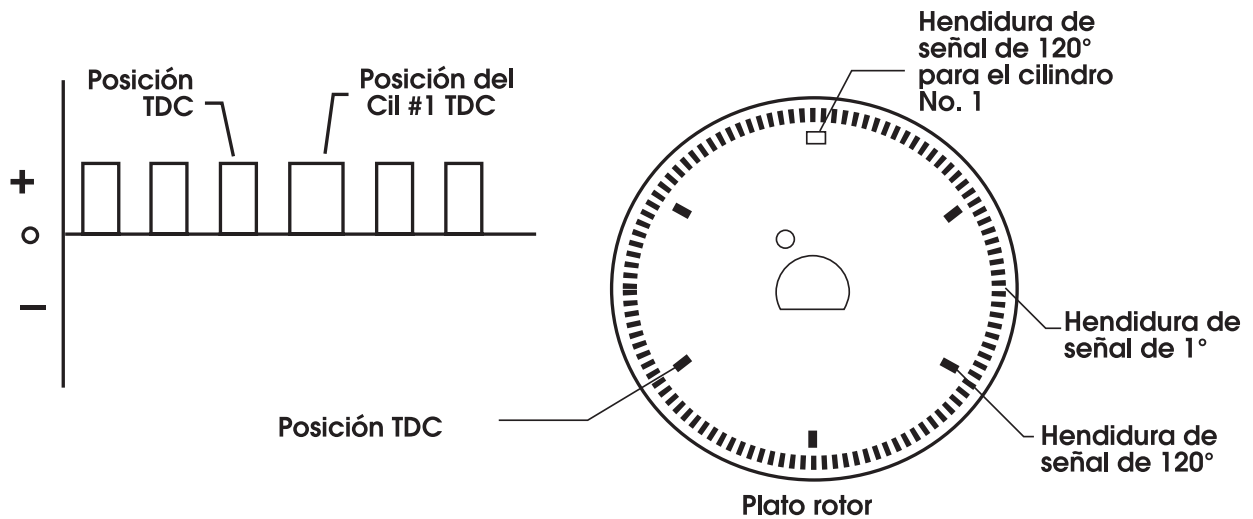


Fig. 47

Estos sensores ópticos generan señales digitales por medio del paso a masa de dos voltajes de referencia, que son aplicados a 2 de las líneas del distribuidor.

Como norma general estos distribuidores generan dos señales debido a que una de las dos indica la posición de Punto Muerto Superior (PMS) de cada uno de los pistones, además incorporado a esta señal se encuentra el reconocimiento del cilindro número 1, el cual es el pulso más ancho de la gráfica (Fig. 47).

La señal de arriba es generada por las ventanas internas del disco obturador.

La segunda señal es señal de revoluciones por minuto del motor (RPM), y además es la posición grado a grado (360°) del cigüeñal del motor.

Esta señal es generada por las aberturas externas del disco obturador. Son 360 aberturas, que corresponden grado a grado a la posición del cigüeñal. Ver figura 48.

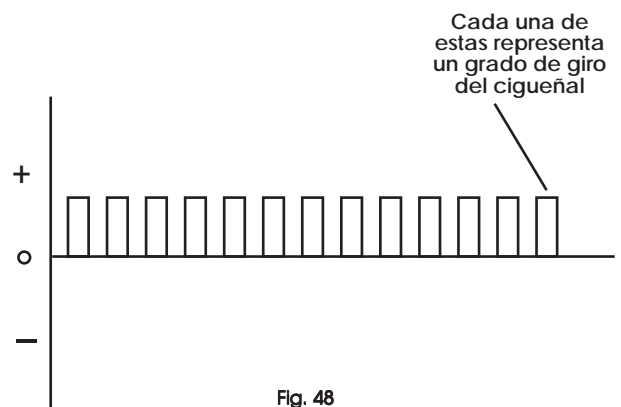


Fig. 48

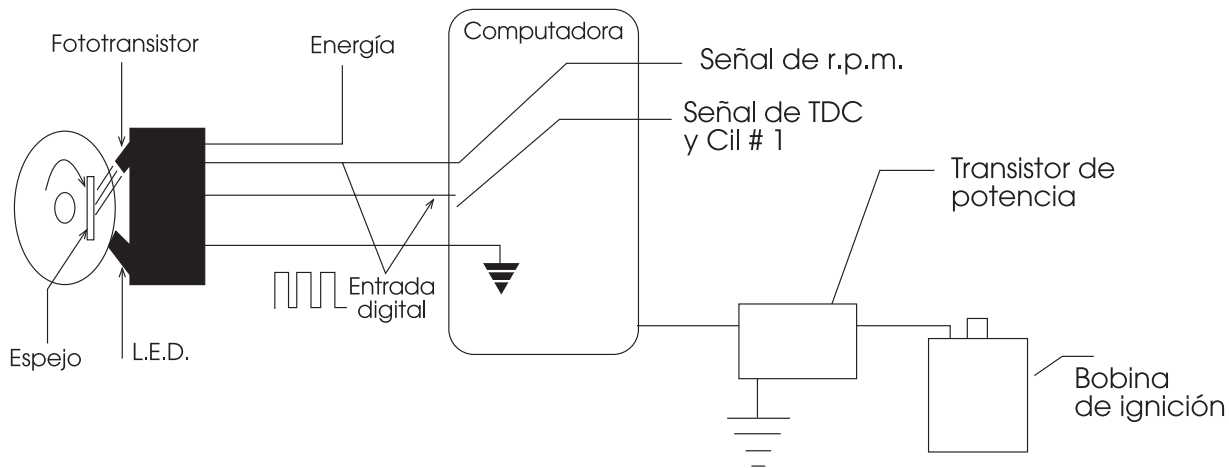


Fig. 49

## SENSOR OPTICO PARA SISTEMAS DE CARBURADOR TIPO FBC

En estos tipos de sistemas incorporan como parte de la activación de la bobina un TRANSISTOR DE POTENCIA (Power Transistor). En la figura 49 se puede notar como funciona el sistema.

Existen 2 señales que salen del distribuidor óptico. Estas señales van directamente a la computadora del carburador FBC. La unidad procesa esta información y manda una señal (digital binaria) a la base del transistor de potencia, éste se activa y a su vez activa la bobina; el golpe inductivo de la bobina es asumido por este componente para que no dañe al computador.

## SENSOR OPTICO PARA SISTEMAS EFI

Este sistema del diagrama siguiente (Fig. 50), es prácticamente igual que lo anterior, la única diferencia es que la computadora ya no solamente controla el sistema de ignición, si no que también controla la inyección de combustible.

Las señales que salen del distribuidor son 2.

Una le indica a la computadora las r.p.m. del motor y la otra le indica PMS de los pistones y posición del cilindro # 1.

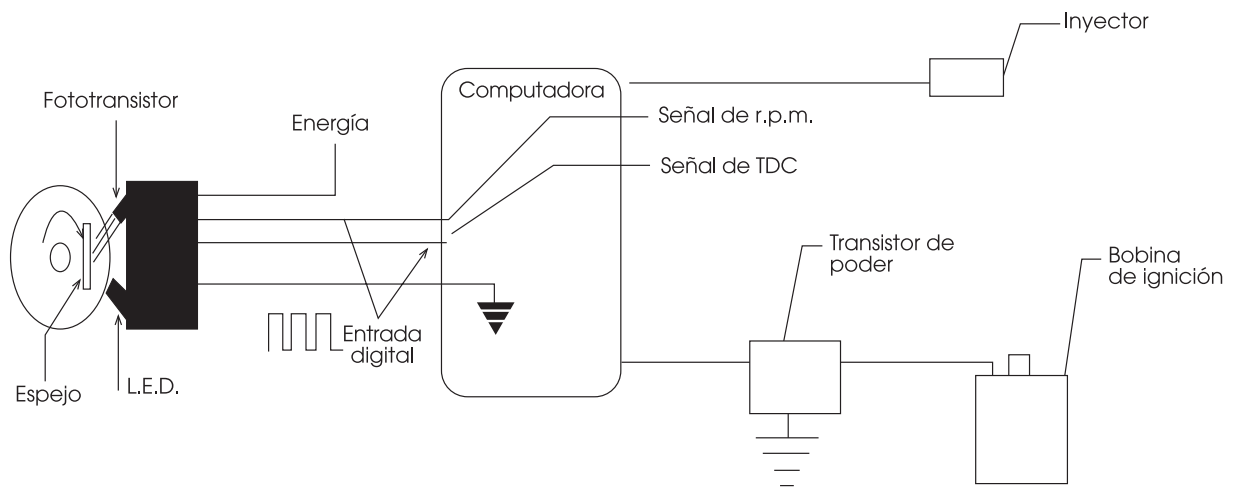


Fig. 50

## **SISTEMAS DE ENCENDIDO SIN DISTRIBUIDOR (DIS)**

Para mejorar la calidad de la combustión del motor, los fabricantes de automóviles han optado en su mayoría (vehículos de 1989 en adelante algunos) la eliminación de la tapa y el rotor del distribuidor de encendido. Estos sistemas incorporan una bobina por cada dos bujías y en ciertos casos hasta una bobina por bujía, todas controladas por un módulo de ignición DIS y una computadora central, que en todos los casos es la computadora del sistema de inyección; de hecho solo vehículos inyectados utilizan este sistema. Debido a que estos sistemas controlan el tiempo de ignición independientemente para cada cilindro se logra un perfecto balance de cilindros.

La Utilización de un módulo de mando que se conoce como **Módulo DIS** en la mayoría de los casos, hace las veces del módulo de ignición convencional, la diferencia radica en que este **módulo define a cual bobina activar, y la computadora de inyección le dice cuándo activar esa bobina.** O sea que el adelanto o retardo del tiempo de encendido es comandado por la computadora de inyección.

El módulo DIS en la mayoría de casos le llega una o dos señales de unos sensores que se le conocen como **CRANKSHAFT SENSOR Y CAMSHAFT SENSOR**, estos le indican la posición del cigüeñal, los pistones y el árbol de levas. Estos sensores pueden ser bobinas captadoras, sensores **HALL** (más comúnmente usados) o hasta un sensor óptico, colocados en diferentes partes del motor.



Estos sensores le ayudan al módulo DIS a determinar cual bobina debe de activar. Al mismo tiempo este módulo le envía la misma señal del sensor de posición a la unidad de inyección para que esta sepa donde se encuentran cada uno de los pistones del motor. La computadora procesa esta información y determina en base a parámetros como altura, aceleración, temperatura etc., cuanto debe de ser el adelanto del tiempo de encendido y activa al módulo DIS para que dispare una de las bobinas, y el módulo DIS definirá a cual debe de activar.

## IDENTIFICACION Y APLICACION

El sistema de ignición directa ha sido diseñado para reemplazar el sistema del distribuidor mecánico.

## COMPONENTES

- Módulo de ignición
- Bobinas de ignición
- Sensor del cigüeñal
- Sensor del árbol de levas
- Interruptor

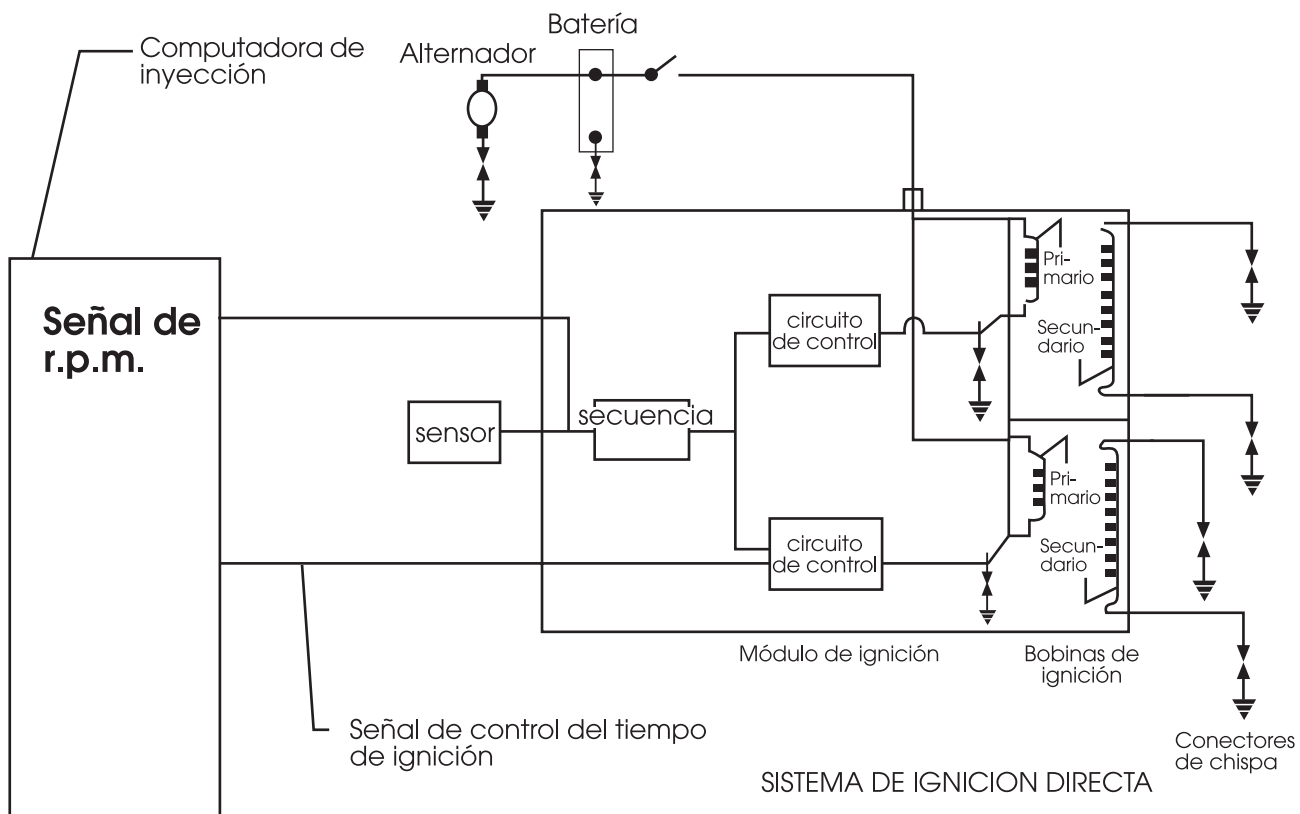


Fig. 51



## VENTAJAS

- Menor número de partes móviles
- Montaje más compacto
- Capacidad de montaje remoto
- Eliminación de ajustes de tiempo de ignición mecánicos.
- Menor mantenimiento
- Ninguna carga mecánica al motor
- Aumento de tiempo disponible de saturación de la bobina (ángulo de contacto)
- Más tiempo de enfriamiento de las bobinas entre los eventos de disparo.

## TERMINOLOGIA DEL SISTEMA

La terminología que utilizaremos cuando nos referimos al sistema de ignición sin distribuidor, será referente a la actual aplicación de las diferentes aplicaciones de los fabricantes de vehículos. El DIS se utilizará en dos aplicaciones totalmente diferentes, primero se utilizará como término genérico, para describir cualquier sistema, que no utilice un distribuidor. El DIS también podrá utilizarse para describir el sistema de la ignición directo (EDIS), este término es específico para sistemas que tienen una bobina por cilindro.

## SISTEMA SECUNDARIO

Al hablar acerca de sistemas secundarios de ignición, utilizaremos el flujo de los electrones, en lugar del flujo de la corriente eléctrica convencional. El flujo de la corriente eléctrica convencional va del polo positivo al polo negativo, y el flujo de los electrones va del polo negativo al polo positivo.

En los sistemas de ignición estandar, el borne central de la bujía, siempre será el polo positivo. Esto es, los electrones partirán del electrodo central y llegarán al electrodo externo, para luego retornar a través del bloque, y otros circuitos, a la fuente de la espira del secundario de la bobina.

Considere la espira del secundario de la bobina como una fuente en sí misma; la energía no tendrá que ser la misma que la fuente de los 12 voltios en cualquier punto, para que funcione correctamente.

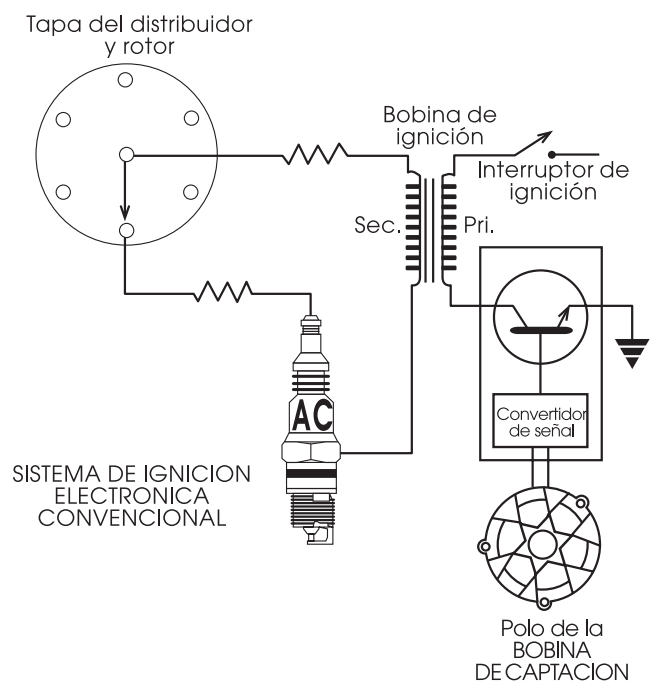


Fig. 52



En el pasado algunas espiras del primario y secundario estaban conectadas conjuntamente, solamente por conveniencia de empaque.

A los técnicos se les advertía no revertir la polaridad de la ignición de la bobina, ya que podría ocurrir una chispa débil, o una falla en la ignición. Esto se debía en gran parte, a las limitaciones de la corriente en el primario, (3.0-50 amperios) de manera que la bobina no podría producir más de 20 a 35 kv. Se requiere aproximadamente de un 30% más de energía, para disparar la bujía en inversa (del borde, al electrodo central) que hacia adelante (del centro, al borde exterior).

Esto se debe a que los electrones tienden a saltar de una superficie caliente, aguda o filosa más rápidamente, que de una superficie fría y redonda en sus esquinas. El electrodo central de la bujía es el borde filoso y caliente, mientras que el electrodo exterior es frío debido a que rápidamente disipa el calor hacia el cabezote o culata.

## TEORIA DE CHISPA DE DESECHO

En un sistema sin distribuidor cada extremo del secundario de la bobina está conectado a una bujía. Estas dos bujías se encuentran en los cilindros compañeros, o sea los cilindros que se encuentran en el punto muerto superior al mismo tiempo. El que está en compresión, se denomina el cilindro de “evento” y el que está en la carrera de escape se denomina el cilindro de “desecho”. Cuando la bobina se descarga dispara ambas bujías al mismo tiempo para completar el circuito en serie.

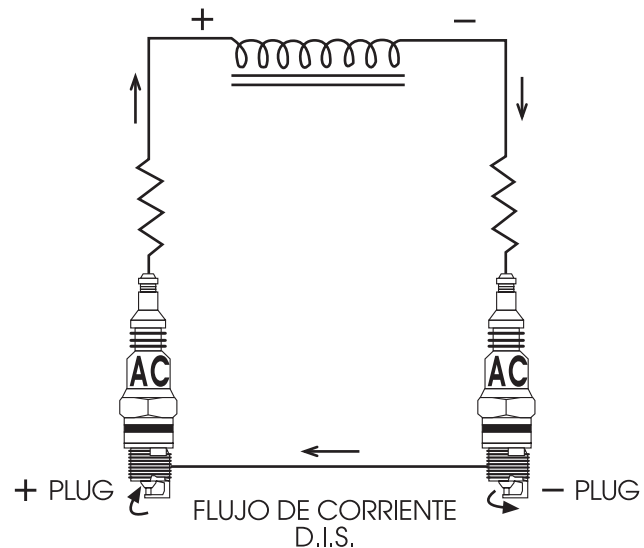


Fig. 53

Ya que la polaridad de las espiras del primario y secundario están sincronizadas, una bujía siempre dispara hacia adelante, y la otra en sentido contrario.

Este sistema es diferente al sistema convencional, ya que cada vez todas las bujías son disparadas en la misma dirección.

Debido a la demanda por energía adicional; el diseño de la bobina, el tiempo de saturación y el flujo de corriente primaria también son diferentes.

El rediseño del sistema le permitirá mayor disponibilidad de energía de las bobinas sin distribuidor, mayores de 40 kilovoltios, en todos los rangos de rpm.



## CONTROL PRIMARIO Y SISTEMA DISPARADOR

### Control de corriente eléctrica y ángulo de contacto

La corriente eléctrica del primario de la bobina, es controlada por medio de dos transistores (4 cil.) o tres transistores (6 cil.) en el módulo de ignición.

Estos dispositivos completarán el circuito a masa de la ignición del primario de la bobina. La regulación de tiempo y la secuencia de estos transistores, es determinada por medio de varios circuitos entre el módulo y los dispositivos externos disparados.

El circuito interno del módulo de control es el responsable de limitar el flujo de corriente eléctrica, y el tiempo del ángulo de contacto.

La resistencia de la espira del primario de la bobina es menor a 1 ohmio, con esto y con 14 voltios, como voltaje aplicado, el máximo flujo de corriente eléctrica teórica es de 14 amperios o más. Esta baja resistencia a alto amperaje ayuda a disminuir el tiempo de saturación, pero, la corriente máxima de flujo debe ser limitada de 8.5-10 amperios, a manera de prevenir el daño a las partes del sistema.

La limitación de corriente eléctrica, se logrará por medio de que el módulo de la ignición registre el circuito de corriente eléctrica, y modifique la corriente base del transistor de control para limitar la corriente emitida del colector de 8,5-10 amperios.

El control del ángulo de contacto también se logrará por medio del módulo de control de ignición. El módulo registrará el último aumento gradual de la bobina, para ver si el máximo de corriente eléctrica fue obtenido.

Si el máximo de corriente fue lograda, el tiempo del ángulo de contacto será acortado para reducir el voltaje consumido por el sistema.

Si la corriente eléctrica mínima no fuese obtenida, el tiempo del ángulo de contacto aumentará para permitir saturación plena de la bobina de ignición.

Si la limitación del flujo de corriente eléctrica ocurre antes de la descarga, el ángulo de contacto será disminuido para la próxima secuencia. Este proceso se conoce como: (circuito abierto de control del ángulo de contacto).

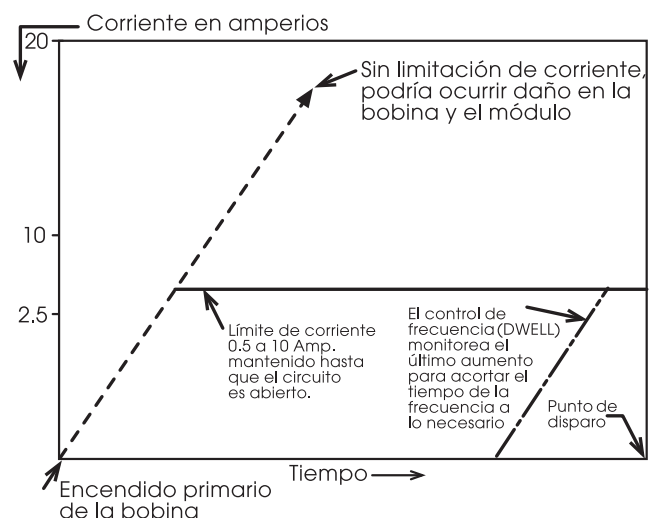


Fig. 54

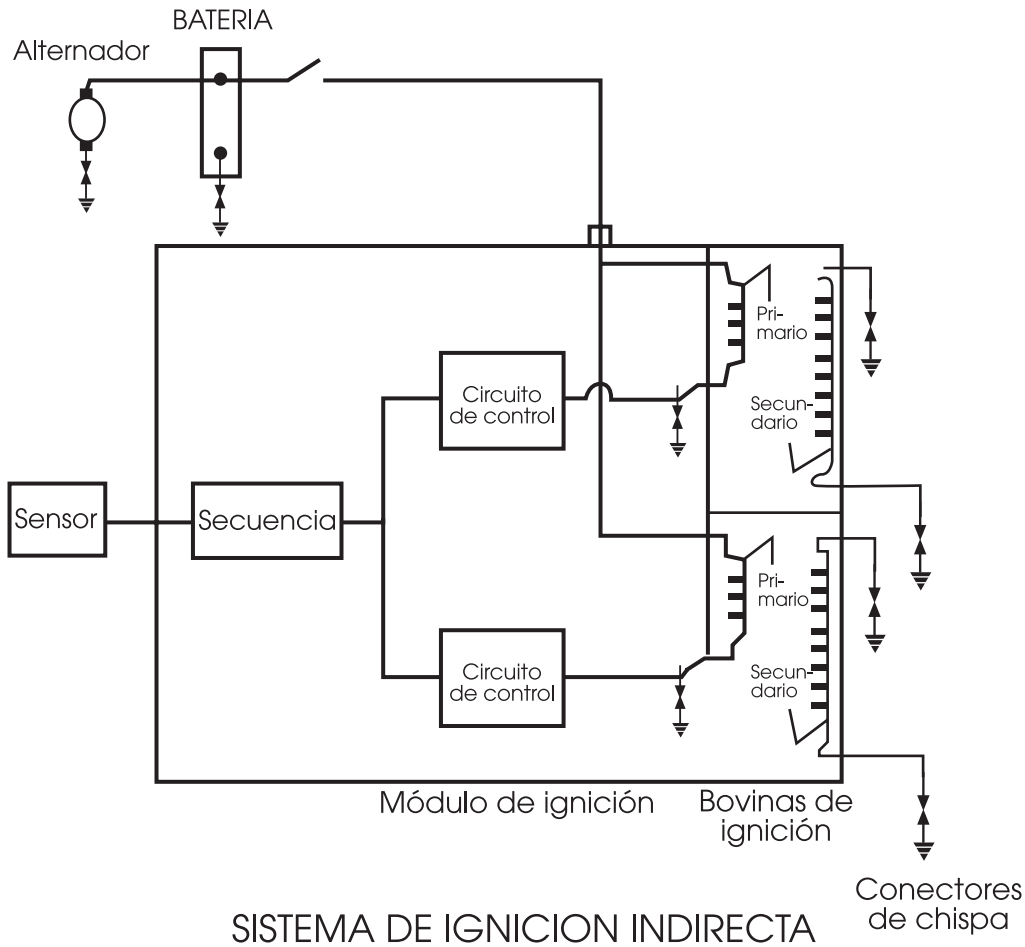


Fig. 55

## DISPARADOR DEL SENSOR MAGNETICO TIPO RELUCTOR

Varios sistemas sin distribuidor utilizan diferentes tipos de dispositivos de percepción, para determinar la posición del cigüeñal y el árbol de levas. Los sistemas DIS y EDIS, utilizan comúnmente un sensor magnético y un reluctor.

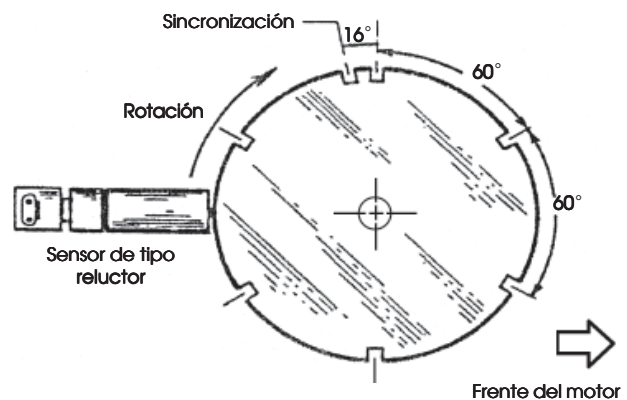
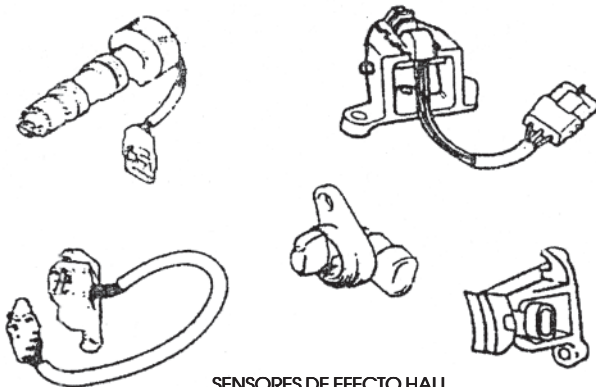


Fig. 56



A este sensor único se le denomina como sensor magnético porque tiene un imán permanente, rodeado por una espira de alambre. El sensor se ubicará en .50" + ó - .20" del cigüeñal. El campo magnético del sensor es modulado por la superficie dentada del cigüeñal, denominada **Reluctor del Sistema del Sensor**. Según va girando el cigüeñal, las muescas en la rueda del reluctor causarán que el campo magnético cambie en intensidad, porque dicho campo puede viajar algunas veces a través del metal y en otras a través del aire. Esta acción inducirá un pequeño voltaje A. C. (bobina captadora), en la espira alrededor del sensor.



SENSORES DE EFECTO HALL  
Fig. 57

## DISPARADOR - PRIMARIO (TIPO EFECTO HALL)

El término Efecto Hall, se nombró en reconocimiento a la persona que lo descubrió (E. H. Hall). El Efecto Hall fue descubierto hace ya más de cien años. Recientemente este efecto ha sido aplicado a la teoría del transistor moderno, y le permite al dispositivo

percibir la posición de un objeto de metal ferroso, sin la ayuda de partes en contacto. La figura 58 nos ilustra varios de los sensores Hall, utilizados para detectar las posiciones del cigüeñal, al igual que para la inyección secuencial de combustible.

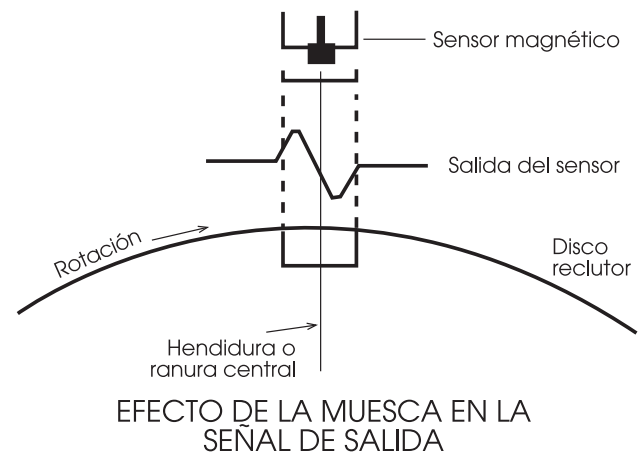


Fig. 58

Estos sensores bajan el voltaje de referencia regulado, que es suministrado por el módulo de la ignición, indicándole al mismo la posición del cigüeñal, cuando un objeto de metal ferroso pasa entre el imán permanente y el material semi-conductor.

Según vaya rotando el cigüeñal, tres interruptores de metal uniformemente separados pasarán entre el imán permanente y el interruptor. Al apagarse o encenderse el transistor (On/Off) cambiará el voltaje del módulo de referencia de alto (6-8 voltios) a bajo (0-5 voltios). Las tres señales son idénticas, en tiempo y amplitud, de manera que el módulo de ignición no podrá detectar, cual de estas señales se deberá asignar a cual bobina de la ignición.



Esto sucede cuando el sensor del árbol de levas entra en la rutina de ajuste de ignición. Según vaya girando el cigüeñal, la rueda dentada del árbol de levas también girará a media velocidad, el imán montado en la rueda dentada del árbol de levas, activará el interruptor Hall, montado en la cubierta delantera. La señal de este interruptor, será percibida por el módulo, cuando el interruptor tire abajo el voltaje de referencia.

La señal del árbol de levas, está sincronizada, con una de las señales de bajo voltaje del cigüeñal, el identifica cuál de estas tres referencias idénticas del cigüeñal se deberán asignar, a la bobina correcta.

Una vez que esto se realiza durante el arranque, el módulo de la ignición será capaz de “recordar” la secuencia del sensor del cigüeñal y no necesitará ser re-sincronizado, durante el ciclo de la ignición. En lo que al módulo de ignición concierne, el sensor de árbol del levas, no tendrá ningún propósito, después de que el ajuste inicial sea completado.

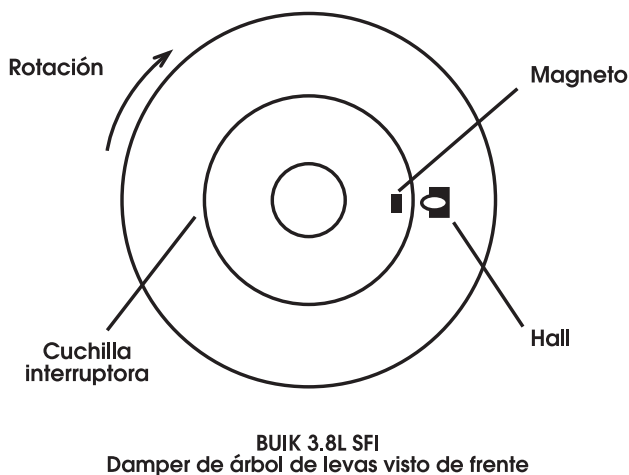


Fig. 59



Fig. 60

## SENSOR DE DETONACION (KNOCK SENSOR)

La detonación es un defecto que se produce cuando dos ONDAS DE CHOQUE se encuentran de frente, es decir, cuando la ignición se produce demasiado antes del PMS y el combustible llega casi completamente combustionado antes que el pistón venga en su recorrido descendente; en ese momento la fuerza de la combustión obligará al pistón a devolverse y la fuerza de giro del motor lo tratará de hacer girar para el lado contrario, en este preciso momento se produce una segunda detonación producida por la presión y ésta se encontrará de frente con la otra, produciendo el cascabeleo audible en el motor.

El cascabeleo es producido por miles de detonaciones que afectan la cámara de combustión, y elevan la temperatura del cilindro exageradamente. Si pudieramos desarmar el motor notaríamos que debido a esto en la cabeza del pistón aparecen unos agujeros o perforaciones (la parte más débil para la temperatura es el pistón); ni la cámara ni las paredes del cilindro se ven muy afectadas debido a que estas son enfriadas por el agua que las rodea. Algunas de las condiciones que pueden afectar a una detonación prematura del motor son las condiciones del mismo, como la temperatura, aceleración y las condiciones



atmosféricas; como por ejemplo, la altura de operación. Una detonación en el peor de los casos **puede destrozar la cabeza del pistón en cualquier momento.** Debemos ser muy cuidadosos a la hora de la puesta a punto del tiempo de encendido para que esto no suceda.

El sensor de detonación está montado en el bloque de motor y detecta las detonaciones ocasionadas por el avance excesivo del tiempo de ignición.

Cuando hay detonaciones, el sensor envía una señal a la unidad de control y esta retarda el tiempo de encendido para evitar las detonaciones.

Cuando estas finalizan, el tiempo de encendido es avanzado a un tiempo predeterminado, según lo determine la unidad de control (Fig. 61).

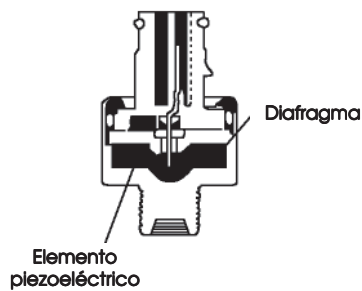


Fig. 61

Estos sensores generan unas señales del tipo análogo, parte de estas tres señales va a dar directamente a la unidad de control de inyección, como en los casos de las Marcas Ford y Toyota; en estos casos la computadora procesa esta señal y retarda el tiempo de encendido cuando se produce una detonación.

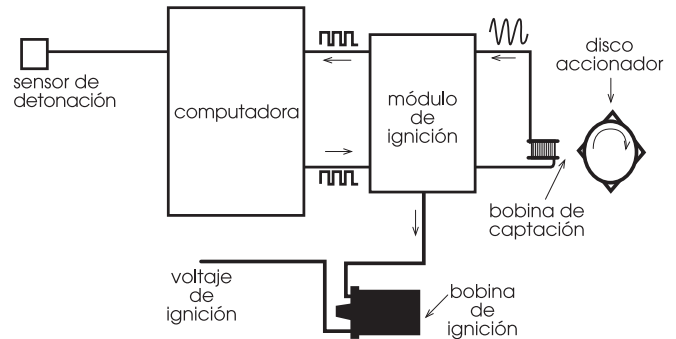


Fig. 62

En otros casos, como General Motors y algunos sistemas derivados como Isuzu, Geo Metro etc., la señal del KNOCK SENSOR en estos casos es procesada por una unidad que se le conoce como EST MODULE (ELECTRONIC SPARK TIMING), módulo de control del tiempo de encendido.

El propósito de este módulo es el de transformar la señal análoga del sensor KNK en una señal digital binaria, la cual es enviada a la unidad de inyección para que la última tome el control del retardo o adelanto del tiempo de encendido.

En los casos de sistemas DIS, la situación es idéntica, todos estos sistemas están equipados por sensores KNK, y actualmente muchos fabricantes están planeando algún otro tipo de sensor que indique la detonación pero por cilindro individualmente, de manera que el tiempo de encendido pueda ser variado únicamente para el cilindro que esté detonando y que no afecte el rendimiento de los otros cilindros. (Ver figura 63 en la siguiente página).

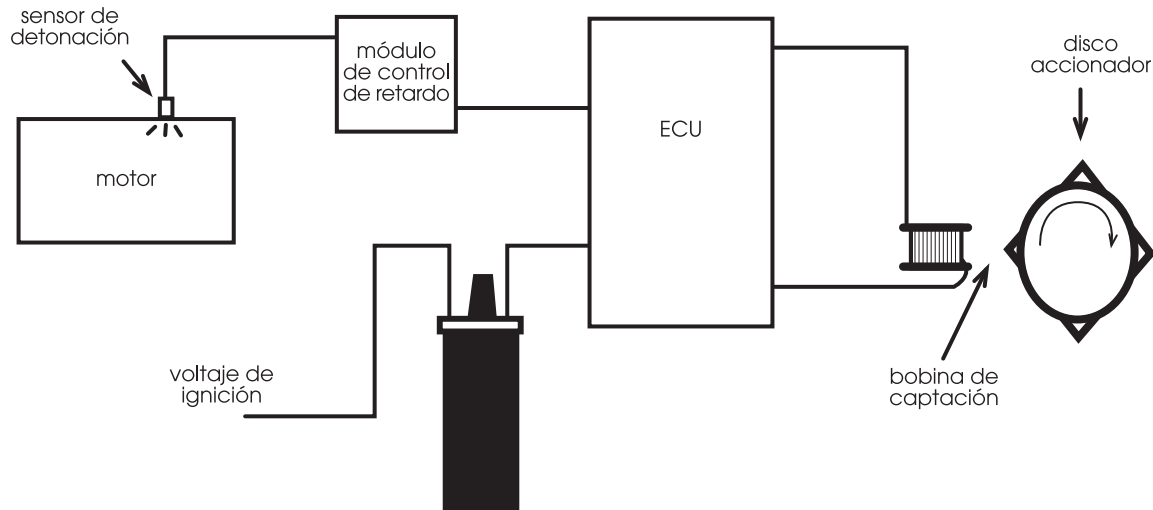


Fig. 63

## PRECAUCION CON EL ALTO VOLTAJE

El circuito de encendido de los motores de automóviles, funciona con alto voltaje, generado por la bobina del sistema de ignición, con una tensión que puede variar de 18,000 V a 24,000 V según sean las características del motor.

Muchas personas que han tenido experiencia con toques eléctricos, opinan que no son dañinos, pero la realidad de las descargas eléctricas es que causan la destrucción de tejidos, según sea la intensidad y el tiempo de la descarga; la descarga recibida por el cuerpo será más peligrosa, cuanto más cerca pase del corazón, llegando a ser en muchos casos fatal.

## PRECAUCIONES

1. Usar herramientas adecuadas de trabajo y de prueba, para evitar descargas eléctricas que podrían causar quemaduras en el cuerpo o golpes secundarios, provocados al retirarse bruscamente por el toque eléctrico.
2. Al efectuar cualquier trabajo en el sistema de alto voltaje, no se deben tener las manos mojadas o con sustancias explosivas (gasolina).
3. Mantener en el área de trabajo, un extinguidor de incendios.



# UNIDAD VII

## INDICADORES ELECTRICOS

### INSTRUMENTOS DE MEDIDA

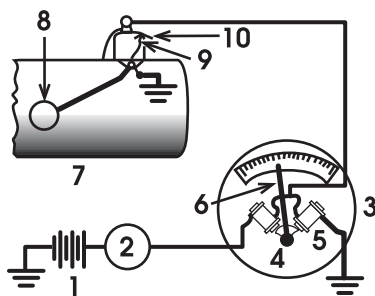
Los diferentes instrumentos del tablero de una máquina moderna tienen por objeto informar al conductor acerca del funcionamiento de los diversos sistemas. Son por ejemplo de este tipo de instrumentos, el indicador de nivel de combustible, el termómetro para el agua y el manómetro para el aceite. (Ver la figura 1)

El indicador de nivel de combustible está conectado a una sonda eléctrica instalada en el depósito. El indicador de la temperatura del agua está conectado a un termómetro eléctrico introducido en el agua de

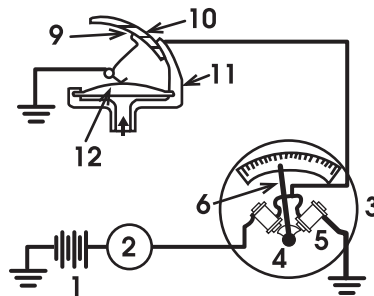
refrigeración del motor, mientras que el indicador de presión de aceite va conectado a un manocontacto. Las sondas eléctricas son del tipo de resistencia variable y el nivel del combustible, la temperatura del agua o la presión del aceite hacen aumentar o disminuir la resistencia de la sonda, con lo que varía también la corriente indicada por el instrumento de medida conectado con ella.

**NOTA:** La relación de la resistencia con la lectura del instrumento conectado a ella suele ser la siguiente:

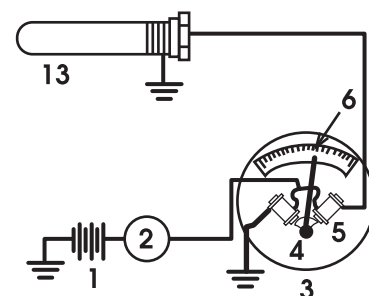
- 1) Para el nivel de combustible y la presión del aceite, a mayor nivel o presión, corresponde una mayor resistencia de la sonda.
- 2) Para el termómetro, cuanto más alta es la temperatura, menor es la resistencia de la sonda.



Indicador de nivel de combustible



Indicador de presión de aceite



Indicador de temperatura del agua

1. Batería
2. Llave de contacto
3. Instrumento indicador
4. Inducido
5. Bobina

6. Aguja
7. Depósito de combustible
8. Flotador
9. Contacto deslizante
10. Resistencia

11. Manocontacto
12. La presión del aceite empuja al diafragma
13. Sonda termométrica sumergida en el agua de refrigeración. La resistencia disminuye con el calor.

Fig. 1. Tres instrumentos del tablero con sus correspondientes circuitos.



## Averías de los instrumentos de medida

En la figura 1, se han representando los circuitos de tres de los instrumentos de medida más comúnmente empleados. A continuación se relacionan las averías más frecuentes y las causas posibles de las mismas.

**Si el instrumento no marca nada, podrá ser debido a las siguientes causas:**

1. Falta de corriente.
2. Mal contacto del retorno a masa.
3. Hilo de conexión con la sonda derivado a masa.
4. Avería de la sonda o del instrumento.

**Si el instrumento marca demasiado, la causa podrá ser:**

1. Mal conexión del hilo de corriente con el instrumento.
2. Hilo de interconexión roto.
3. Mala conexión a masa de la sonda.
4. Avería del instrumento o más frecuentemente, de la sonda.

Los instrumentos de medida se comprueban con un aparato comercial proyectado para este fin. En ese caso se deben seguir las instrucciones del fabricante para el correcto empleo del aparato de prueba.

Si no se dispone de este aparato de prueba para instrumentos de medida, no queda más recurso que probar a cambiarlos. Esto mismo tendrá que hacerse en algunos casos con la sonda cuando se dude de su estado de funcionamiento.

Las luces testigo suelen llevar bombillas pequeñas que se encienden cuando se produce el fallo. Estas luces testigo deben encenderse al cerrar la llave de contacto, antes de que el motor se ponga en marcha. Si no se enciende en ese momento, se tiene que empezar por examinar la bombilla, que puede estar fundida. Si la bombilla está bien, se revisan los demás puntos, de acuerdo con la relación que se acaba de dar.

## INTERRUPTORES USADOS EN EL AUTOMOVIL

Son dispositivos manuales, que sirven para abrir y cerrar los circuitos en el automóvil.

La constitución de un interruptor se muestra en la figura 2.

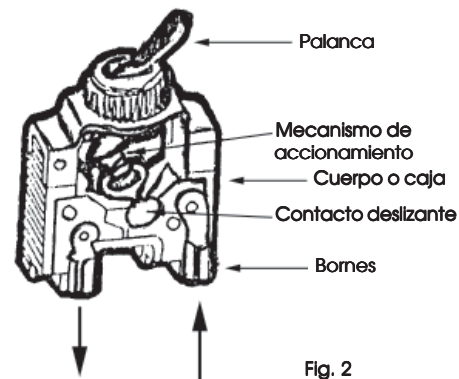


Fig. 2



**EL CUERPO o CAJA** aloja el mecanismo de los contactos.

**LOS BORNES**, son las piezas a las que se conectan los terminales de los diferentes conductores del circuito.

**MECANISMO DE ACCIONAMIENTO**, mediante éste se cierran y abren los contactos del interruptor.

## FUNCIONAMIENTO

En los interruptores manuales, el mecanismo de accionamiento puede ser:

- de palanca
- deslizable
- de tope
- pulsador

### Interruptor de palanca (Fig. 3)

Se usan en los circuitos de mayor corriente, y en ellos la palanca actúa sobre el resorte que presiona el contacto deslizable.

Este se dispara realizando el cierre o apertura del contacto, en forma rápida y firme evitando las chispas y los contactos defectuosos.

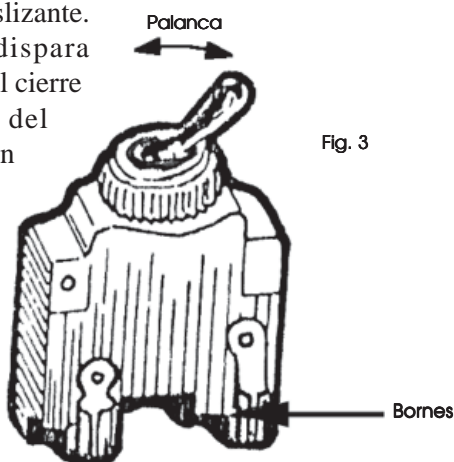


Fig. 3

### Interruptor deslizable (Fig. 4)

Son similares a los anteriores, sin el mecanismo de disparo, por lo que se les utiliza en circuitos de bajo consumo eléctrico.

### Interruptor de tope (Fig. 5)

Este interruptor funciona por medio de un vástago que desplaza el contacto deslizable; sus elementos tienen mayor superficie, permitiendo interrumpir circuitos de consumo mediano.

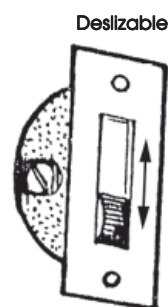


Fig. 4



Fig. 5

### Interruptores pulsadores (Fig. 6)

Este interruptor, funciona solamente mientras se mantiene la presión sobre el botón.

Existen pulsadores con los dos elementos de contacto aislados y otros con un contacto aislado y uno a masa.



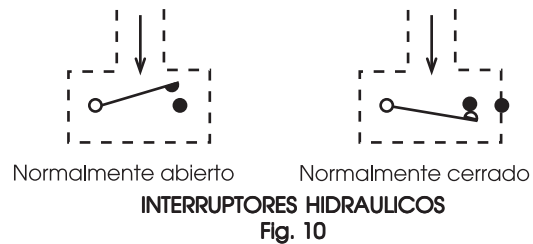
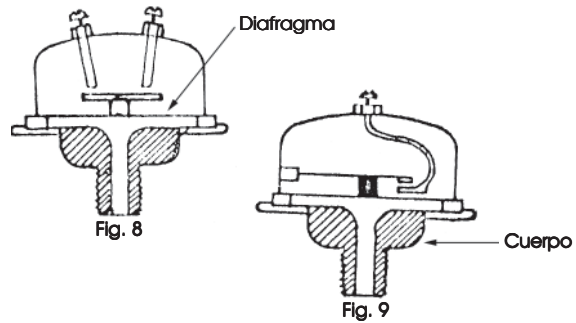
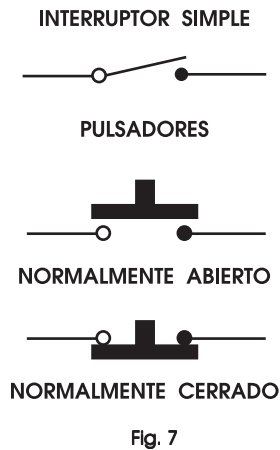
Fig. 6



## CONDICIONES DE USO

Pueden ser de contacto normalmente abierto, como los utilizados en el circuito de bocina y el que acciona el interruptor de arranque.

Para la iluminación interior del automóvil, se utilizan los de contacto normalmente cerrado, que se instalan en el marco de las puertas del vehículo. (Ver figura 7)



## INTERRUPTORES HIDRAULICOS

Su mecanismo de contacto se acciona cuando un líquido determinado, presiona al diafragma alojado en el interior. Pueden ser de contacto normalmente abierto y aislados de masa, como el utilizado en el comando de luz de freno (Fig. 8) o de contacto normalmente cerrado, con uno de sus elementos a masa y otro aislado, como el que se usa en el indicador de presión de aceite (Fig. 9). Sus símbolos son los que se indican en la figura 10.

## SELECTORES

Son dispositivos auxiliares de accionamiento manual, con los cuales es posible controlar uno o varios circuitos eléctricos.

## TIPOS DE FUNCIONAMIENTO

Existen varios tipos de interruptores, clasificándose por la función que cumplen en cada uno de los circuitos.

- Interruptor de ignición.
- Interruptor de luces.

## INTERRUPTOR DE IGNICION

Se acciona introduciendo una llave y haciéndola girar para que libere un mecanismo de seguridad, asociado a una placa de puentes eléctricos, que establecen el contacto de ignición y otros, según el modelo (Fig. 11). En automóviles modernos, el interruptor de ignición tiene 3 posiciones de circuitos conectados y el 1 de circuito desconectado (posición 0). (Fig. 12)

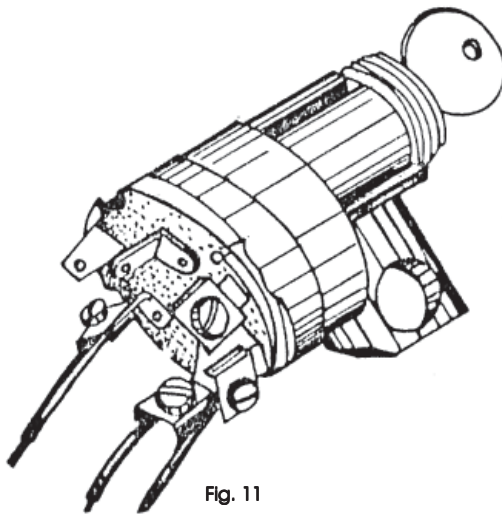


Fig. 11

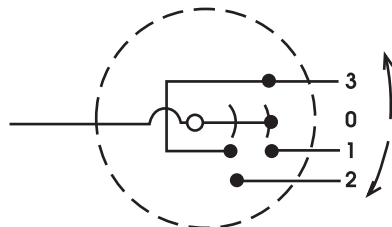


Fig. 12

Haciendo girar la llave hacia la derecha, conecta las posiciones 1 y 2 y hacia la izquierda, la posición 3. En las distintas posiciones se realizan las conexiones siguientes:

**En la (1) circuitos de ignición y accesorios.**

**En la (2) circuitos de ignición, accesorios y arranque.**

**En la (3) circuitos de accesorios.**

Su símbolo es el indicado en la figura 12.

## EL INTERRUPTOR DE LUCES

Se acciona tirando de la perilla hacia afuera, para llevarla a la posición correspondiente al circuito que se desee conectar (Fig. 13). Dos posiciones son de circuitos conectados y una de circuitos desconectados.

**Conexiones realizadas en las distintas posiciones:**

1. Circuitos de luces de posición delanteras y traseras e iluminación de panel.
2. Circuitos de faros, luces de posición traseras e iluminación de panel. Su símbolo es el indicado en la figura 14.

Hay tipos de interruptores de luces que incluyen un reóstato, para variar la intensidad luminosa de las lámparas de panel.

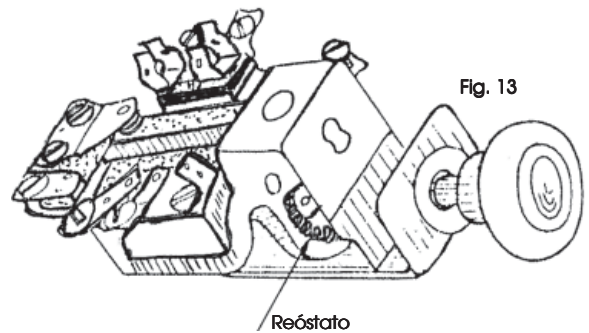


Fig. 13

Reóstato

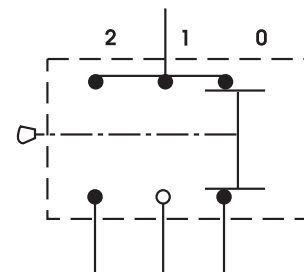


Fig. 14



## SELECTOR DE CAMBIO DE LUCES

Es un dispositivo que comanda los filamentos independientes en cada faro, para obtener luces de corto y largo alcance. Este selector no interrumpe el circuito en ninguna de sus dos posiciones.

Según la marca y modelo del automóvil, los selectores de cambio, pueden ser combinados con el interruptor de luces e instalados en el piso, o en la columna de dirección.

## INTERRUPTOR SELECTOR DE CAMBIO DE DIRECCION

Este dispositivo comanda y selecciona las luces intermitentes correspondientes al lado derecho o al lado izquierdo del automóvil. Los selectores de cambio pueden ser de:

**3 bornes**

**6 bornes**

## SELECTOR DE 3 BORNES

Puede ir instalado en el panel o en la columna de dirección (Fig. 15) y funciona en la forma siguiente: Con la palanca en la posición central, el circuito está abierto, al colocar la palanca en una dirección se cierra el circuito correspondiente (Fig. 16).

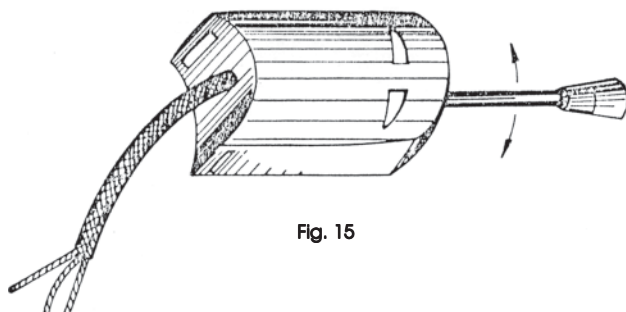


Fig. 15

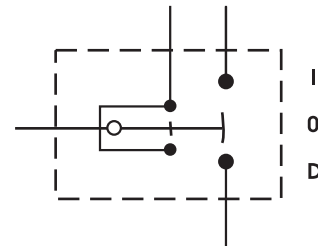


Fig. 16

## SELECTOR DE 6 BORNES (Fig. 17)

Se instala en la columna de la dirección (Fig. 18) y su circuito se combina con la luz de freno, para lo cual en los faros traseros se utilizan lámparas de dos filamentos.

Un filamento corresponde a la luz de posición y el otro filamento a la luz de freno y cambio de dirección. Esta disposición sirve para avisar que el automóvil disminuye su velocidad y que virará hacia el lado indicado por el destello.

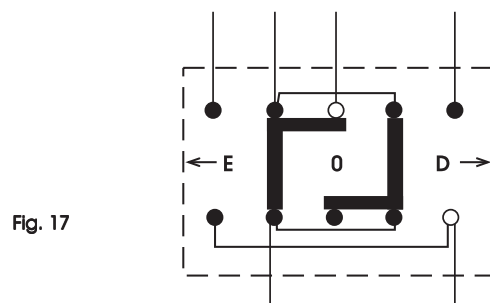


Fig. 17

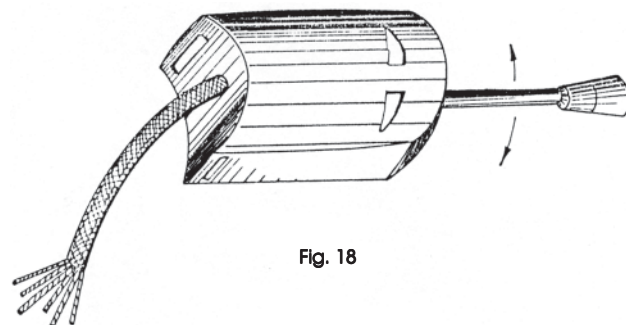


Fig. 18



# DENOMINACIONES DE BORNE

GRUPO	DENOMINACION DEL BORNE	SIGNIFICADO DE LA DENOMINACION DEL BORNE
Sistema de encendido	1	Borne en la bobina o en el sistema de encendido condensador (baja tensión). Borne en el distribuidor hacia los platinos o borne en los platinos o en el impulsor para encendido condensador (baja tensión).
	2	Borne de cortocircuito en el interruptor de encendido y magneto.
	4	Borne central en la bobina y en el distribuidor (alta tensión).
	15	Borne de salida en el interruptor de encendido, interruptor de luz (para encendido y consumo diario), borne de entrada en la bobina, en el sistema de encendido condensador y en el conmutador para encendido por bobina transistorizado (baja tensión).
	15a	Borne en la preexistencia de la bobina.
Sistema de precalentamiento	16	Borne de entrada en el interruptor de precalentamiento (desde el interruptor de puesta en marcha).
	17	Borne de salida en el interruptor de precalentamiento (segunda etapa, arranque).
	19	Borne de salida en el interruptor de precalentamiento (primera etapa, precalentamiento).
	50	Borne de salida en el interruptor de precalentamiento para el mando de arranque.
Motores eléctricos	30	Borne de entrada directa del polo positivo de la batería (interruptor en el motor).
	32	Borne para cable de retorno (cambio de polos es posible).
	33	Borne para contacto principal (Interruptor no está integrado en el motor).
Sistema de arranque	30	Borne de entrada directa del polo positivo de la batería.
	30a	Borne de entrada en el conmutador de la batería desde el polo positivo de la batería II en equipos de 12/24 V.
	31	Borne de salida para el cable de retorno al polo negativo o a masa.
	31a	Borne de salida en el conmutador de la batería para cable de retorno al polo negativo de la batería II en equipos de 12/24 V.
	45	Borne de salida en el interruptor electromagnético separado y borne de entrada en el arranque (conexión de flujo principal).
	48	Borne en el arranque y en el relé de repetición de arranque (para control de arranque).
50	Borne de salida en el interruptor de encendido y de precalentamiento, borne de entrada en el arranque para el mando de arranque, borne de entrada en el conmutador de la batería en equipos de 12/24 V.	



GRUPO		SIGNIFICADO DE LA DENOMINACION DEL BORNE
Generadores con reguladores	44	Borne para compensación de tensión en el regulador de dos o más generadores en funcionamiento paralelo.
	51	Borne para corriente continua en el rectificador de generador de corriente alterna.
	59	Borne de salida para corriente alterna en el generador y borne de entrada para corriente alterna en el interruptor de luz y en el rectificador.
	61	Borne de salida en el regulador o generador para luz de control de carga.
	B+	Borne para el polo positivo de la batería en el regulador y generador de corriente continua (con rectificadores).
	B-	Borne para el polo negativo de la batería en el regulador y generador de corriente continua (con rectificadores).
	D+	Borne para el polo positivo del dínamo en el generador y regulador, borne para control de carga.
	D-	Borne para el polo negativo del dínamo (generador y regulador), borne para polo negativo de la batería.
	DF	Borne para el campo del dínamo (generador y regulador) DF 1 en el campo 1, DF 2 en el campo 2.
Iluminación y luces de frenos	54	Borne para luces de frenos (también en las conexiones con el remolque).
	55	Borne para el rompenieblas.
	56	Borne para luces (salida del interruptor de luz, entrada interruptor de luz media).
	56a	Borne de salida en el interruptor de luz media para luz alta y para luz de control.
	56b	Borne de salida en el interruptor de luz media para luz media.
	56d	Borne de salida hacia el contacto de señal luminosa (si es necesario un borne especial).
	57	Borne para luz de estacionamiento en luces de motocicletas (en algunos países también para automóviles y camiones).
	57a	Borne para luz de estacionamiento (Interruptor de luz o de encendido, interruptor combinado).
	58	Borne para luces laterales, traseras y de placa, iluminación de instrumentos.
58d	Borne para iluminación regulable de instrumentos.	
Sistema indicador de dirección	49	Borne de entrada en el emisor de intermitencia (Impulsador).
	49a	Borne de salida en el impulsador, borne de entrada en el interruptor de intermitencia para los impulsos.
	C	Borne en el impulsador para la primera luz de control.
	C0	Conexión principal para circuitos de control que están separados de circuito de intermitente.
	C2	Borne en el impulsador para la segunda luz de control.
	C3	Borne en el impulsador para la tercera luz de control (con dos remolques).
L	Borne de salida en el interruptor para intermitente izquierdo.	
R	Borne de salida en el interruptor para intermitente derecho.	



GRUPO	DENOMINACION DEL BORNE	SIGNIFICADO DE LA DENOMINACION DEL BORNE
Limpia-parabrisas y lavado de parabrisas	31b	Borne en el motor del limpiaparabrisas sobre el interruptor de cortocircuito hacia masa.
	53	Borne de entrada en el motor del limpiaparabrisas (accionamiento (+), conexión principal).
	53a	Borne en el motor del limpiaparabrisas (Interruptor final (+)) y en el interruptor del limpiaparabrisas.
	53b	Borne en el motor del limpiaparabrisas (campo secundario) y en el interruptor del limpiaparabrisas.
	53c	Borne en el interruptor del limpiaparabrisas para la bomba de agua del limpiaparabrisas.
	53e	Borne en el motor del limpiaparabrisas (bobinado de freno) y en el interruptor del limpiaparabrisas.
	53l	Borne para altas revoluciones en el motor del limpiaparabrisas y con magneto permanente y tercera escobilla.
Señales acústicas	31b	Borne para cable de retorno sobre el interruptor de alarma y masa.
	71	Borne de entrada en el conmutador de secuencia de sonido.
	71a	Borne de salida en el conmutador hacia la primera y segunda bocina (bajos).
	71b	Borne de salida en el conmutador hacia la primera y segunda bocina (altos).
	72	Borne de entrada y salida en el interruptor de alarma (lámpara giratoria).
85c	Borne en el conmutador de secuencia de sonido, interruptor de bocina (secuencia).	
Sistemas adicionales	75	Borne de salida en el interruptor de encendido, p. ej. para radio o encendedor de cigarrillos.
	76	Borne para bocinas en el acoplado del autobus.
	77	Borne para el mando de la válvula de la puerta.
Interruptores de accionamiento mecánico	81	Borne de entrada en interruptores de accionamiento mecánico (desconectador, alterno, una línea de conexión).
	81a	Primer borne de salida en el desconectador (en interruptor alterno la parte en reposo).
	82	Borne de entrada en el conector.
	82a	Primer borne de salida en el conector (en el interruptor alterno la parte de contacto de trabajo).
	83	Borne de entrada en el interruptor de secuencia (1 línea de conexión, también con posición central).
83a	Borne de salida en el interruptor de secuencia, posición 1.	
Relés	84	Borne de entrada en el relé de intensidad para el comienzo del bobinado y contacto.
	84a	Final del bobinado en el relé de intensidad.
	84b	Borne de salida en el relé de intensidad para el contacto.
	85	Borne de salida en el relé (final del bobinado hacia el polo negativo de la batería o masa).
	86	Borne de entrada en el relé (comienzo del bobinado, sólo una conexión).
	87	Borne de entrada en el relé (desconectador y contacto alterno, sólo una conexión).
	87a	Primer borne de salida en el relé desconectador (en contacto alterno la parte de desconexión).
	88	Borne de entrada en el relé conector (sólo una conexión).
	88a	Primer borne de salida en el relé conector (en contacto alterno la parte de conexión).



# **REGULADORES, RELEVADORES, INTERMITENTES (FLASHER'S)**

Son dispositivos que al ser excitados por una corriente de baja intensidad, permiten comandar circuitos o mecanismos de energía más elevada, que realizan funciones especiales, como la intermitencia de luces. Los relevadores (relés) comúnmente usados en los automóviles, pueden ser:

- Magnéticos
- Térmicos

## **RELEVADORES MAGNÉTICOS**

(Fig. 19)

Están constituidos por una caja que puede ser de plástico o chapa estampada, formada por una base y la tapa protectora que cubre y protege los componentes del relevador.

Un electroimán compuesto de un núcleo de hierro que según el modelo del relevador, podrá ser fijo o móvil y de una bobina o más arrollamientos de alambre esmaltado.

Un conjunto de contactos formado por elementos de contacto fijos y móviles montados sobre una chapa de hierro, que recibe el nombre de armadura.

**Los puntos de contacto pueden ser:** de tungsteno o disco de cobre y cuando el relevador no está excitado se encuentran separados por la acción de un resorte.

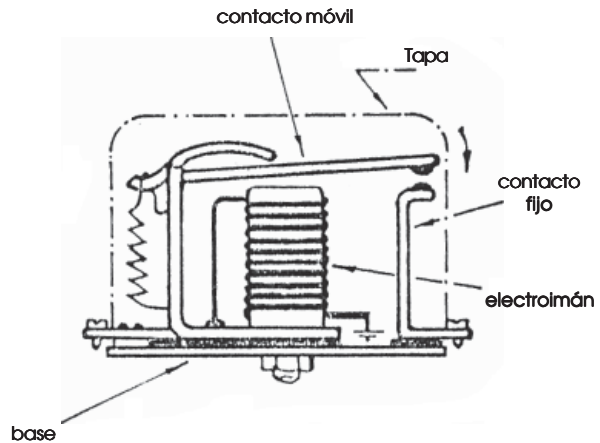


Fig. 19

### **Condiciones de uso**

Los relevadores magnéticos se instalan en circuitos que absorben elevada potencia eléctrica, y posibilitan su comando a distancia, disminuyendo las caídas de tensión del circuito principal.

### **Funcionamiento**

Al accionar el interruptor, la corriente eléctrica circula por la bobina creando un campo magnético en el núcleo, que atrae la armadura con el contacto móvil, y cierra el circuito principal. Cuando se interrumpe la corriente en la bobina, la armadura queda libre, y el resorte abre los contactos, interrumpiendo el paso de la corriente en el circuito principal.

### **Tipos**

De acuerdo con la función que cumplen en los circuitos eléctricos del vehículo, los relevadores se distinguen: de bocina, de luces y de arranque.



**LOS RELEVADORES DE BOCINA**, pueden ser de tres o cuatro bornes, según la conexión de la bobina (Fig. 20).

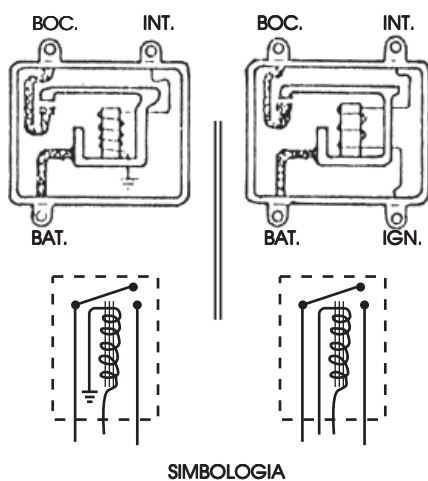


Fig. 20

**LOS RELEVADORES DE LUCES**, se instalan en el circuito de los faros. Tienen la finalidad de evitar las caídas de tensión, que se producen en los contactos del interruptor y el selector de luces, excitando el circuito directamente desde la batería a los faros (Fig. 21).

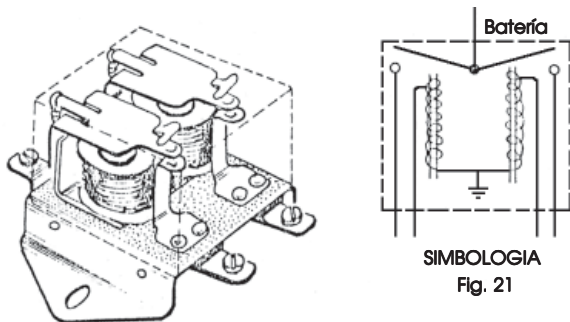


Fig. 21

**EL RELEVADOR DE ARRANQUE (SOLENOIDE) O AUTOMATICO DE ARRANQUE**, generalmente es de núcleo móvil, en el que instala un disco de cobre aislado del vástago, que realiza la conexión de la batería, con el motor de arranque (Fig. 22).

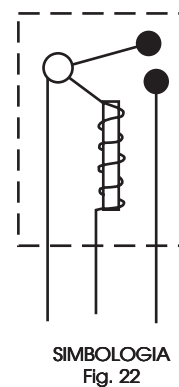
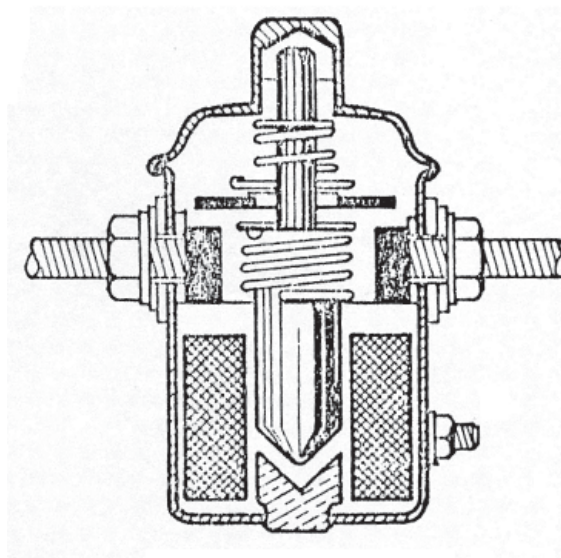


Fig. 22



En algunos casos se aprovecha el desplazamiento del núcleo, para hacer actuar el mecanismo de acoplamiento (Fig. 23).

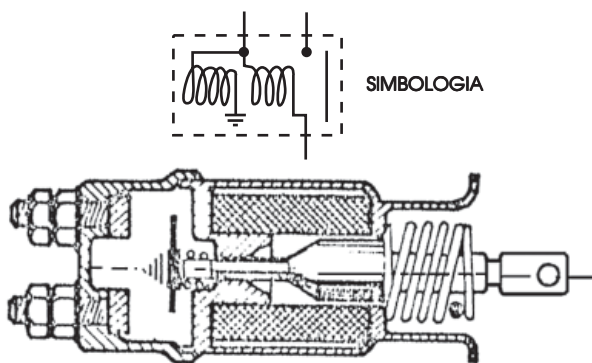


Fig. 23

## MANTENIMIENTO DE LOS RELEVADORES

Los relevadores que tienen tapas desmontables, permiten la limpieza de platinos o discos. Es importante en los relevadores de platinos, controlar el entrehierro, entre el núcleo y la armadura.

## RELEVADORES TERMICOS O FLASHER'S (Fig. 24)

Están constituídos por la caja en cuyo interior se encuentran el conjunto de contactos, la lámina bimetálica y la resistencia eléctrica.

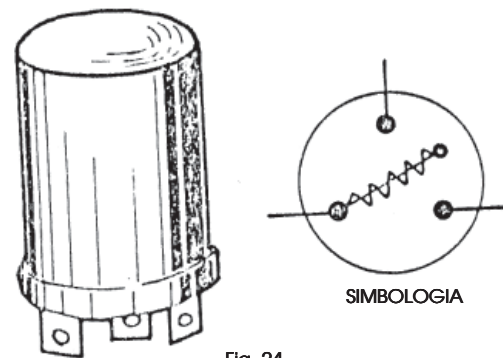


Fig. 24

### Funcionamiento

Cuando la corriente circula por el arrollamiento de resistencia, produce un aumento de temperatura que hace curvar las láminas, obligando a los contactos a separarse, con lo que se interrumpe el circuito principal.

Al dejar de circular corriente por la resistencia, las láminas se enfrían y recuperan su forma original, con lo que se restablece el circuito principal. Estos relevadores son usados en el circuito indicador de cambios de giro.

### Condiciones de uso de los relevadores

Al instalar un relevador, debe asegurarse de que corresponda a ese circuito, ya que son intercambiables entre sí.

Generalmente no admiten reparaciones, lo que obliga a sustituirlos cada vez que presentan dificultades.



# UNIDAD VIII

## SISTEMA DE ALUMBRADO

Sólo podrán instalarse los dispositivos de alumbrado prescritos y declarados admisibles.

### Dispositivos de alumbrado prescritos:

Faros para luz de carretera y de cruce, luces de posición, luces traseras, alumbrado de las placas, luces indicadoras de dirección de marcha y luces de freno.

### Dispositivos accesorios de alumbrado admisibles:

Luces antiniebla, luces de marcha atrás, proyectores orientales, luces de estacionamiento, luces traseras antiniebla.

Los dispositivos de alumbrado disponibles en duplicado han de estar puestos simétricamente respecto al plano longitudinal del vehículo y en un mismo plano horizontal. Tienen que encenderse simultáneamente y con la misma intensidad, con excepción de los indicadores de dirección de marcha (intermitentes) y de las luces de estacionamiento.

Se emplean sistemas de faros con un marcado límite claro-oscuro, tanto si se trata de luz de cruce simétrica como asimétrica (Fig.1). Un faro consta de anillo soporte con el dispositivo de ajuste, de fuente luminosa, reflector o parábola y cristal de dispersión. El reflector está configurado como espejo parabólico; su superficie interior pulida está metalizada en vacío con una delgada capa de aluminio que refleja los rayos luminosos.

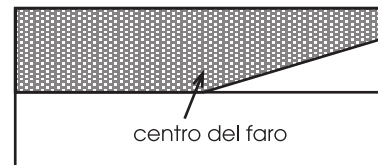


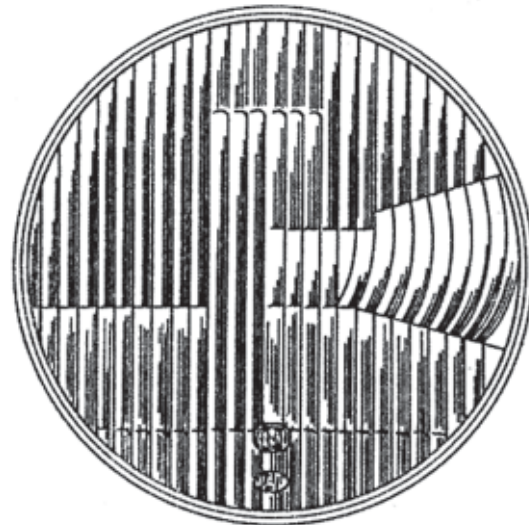
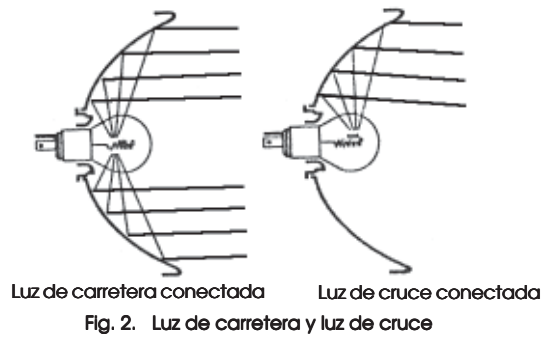
Fig. 1. Límite claro-oscuro en la luz de cruce

### Luz de carretera: (Fig. 2)

Se enciende el filamento de luz de carretera que se halla exactamente en el foco del espejo parabólico. La luz se refleja y forma un haz que sale paralelo al eje del faro. Gracias a esta concentración de rayos la intensidad de la luz en la zona del haz se eleva aproximadamente mil veces con respecto a la de la lámpara de incandescencia sin reflector. Mediante los cilindros o prismas incrustados en el cristal de dispersión se consigue que salga también hacia los lados y hacia abajo algo de luz, con el fin de que pueda alumbrarse suficientemente la calzada en la zona inmediatamente delante del vehículo y en el borde lateral.

### Luz de cruce: (Fig. 2)

Se enciende el filamento de luz de cruce que se halla delante del foco del espejo parabólico, con lo cual todos los rayos luminosos se reflejan con cierta inclinación hacia abajo respecto al eje del espejo. Con el fin de que no salgan rayos luminosos hacia arriba, está dispuesta una caperuza debajo del filamento para luz de cruce. Mediante esta caperuza se impide que incidan rayos luminosos en la mitad inferior del reflector y se proyecten hacia arriba. Por medio de la caperuza se efectúa la nítida delimitación claro-oscuro de la luz de cruce.



La distribución asimétrica de la luz de cruce, en la que ésta en la mitad izquierda del faro se refleja horizontalmente y en la mitad derecha hacia arriba un ángulo de  $15^\circ$ , se obtiene recortando algo la caperuza por el lado izquierdo (Fig. 3), y con un cristal de dispersión que tiene un determinado sector dotado de elementos refractores especiales (Fig. 4).

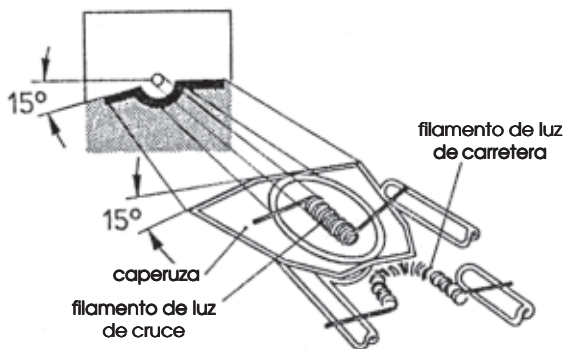


Fig. 3. Ubicación de partes de una lámpara de incandescencia para luz de cruce asimétrica

Fig. 4. Cristal de dispersión para luz de cruce asimétrica

### Lámparas de halógeno: (Fig. 5).

Estas lámparas tienen una intensidad de alumbrado mayor que las lámparas normales, conseguida por elevación de la temperatura del filamento. La bombilla es de vidrio de cuarzo, de dimensiones muy pequeñas y por la incandescencia del alambre de wolframio soporta una temperatura de aproximadamente  $300^\circ\text{C}$ . El gas de su interior lleva además un halógeno (yodo o bromo).

El wolframio que se evapora del filamento incandescente se une a  $600^\circ\text{C}$  con el halógeno formando un compuesto halógeno gaseoso que se disocia de nuevo en halógeno y wolframio a temperatura más alta, o sea en la proximidad del filamento. El wolframio se deposita en el filamento y éste se regenera; la bombilla permanece transparente ya que no puede depositarse wolframio evaporado en la superficie fría.



A causa de la alta temperatura de la bombilla y de la densidad lumínica hay que emplear reflectores y cristales de dispersión especiales cuando se cambia de lámparas de incandescencia convencionales a lámparas de halógeno.

Los faros libremente montados se ajustan mediante articulaciones de rótula y los incorporados mediante tornillos de ajuste. El ajuste se realiza generalmente con aparatos ópticos.

Las lámparas de incandescencia y los espejos no deben tocarse con los dedos desnudos. La lámpara de incandescencia se agarra preferentemente con el papel del empaquetado o con un paño limpio y seco por la parte de la bombilla y se coloca.

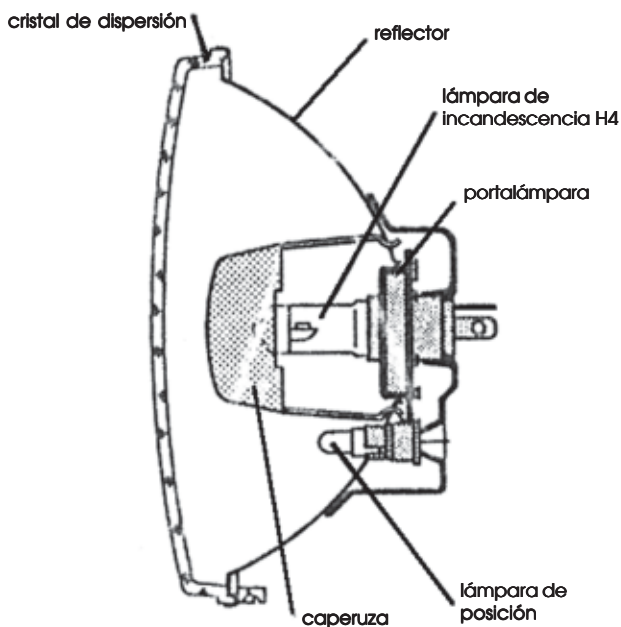


Fig. 5. Faro con lámpara H4 (halógena)

## **SISTEMA DE ALUMBRADO, EXTERNO E INTERNO**

Son los que comprenden la iluminación externa o interna del automóvil. La externa, mejora las condiciones de conducción durante la noche y la interna, para iluminar el interior y el panel.

### **Constitución:**

El sistema de alumbrado está constituido por:

- Iluminación externa
- Iluminación interna

## **ILUMINACION EXTERNA**

Está compuesta por el conmutador de luces, el selector de cambio, los faros delanteros y traseros. (Fig. 6)  
La luz de panel está compuesta por el interruptor de luces y un reostato para bajar su intensidad.

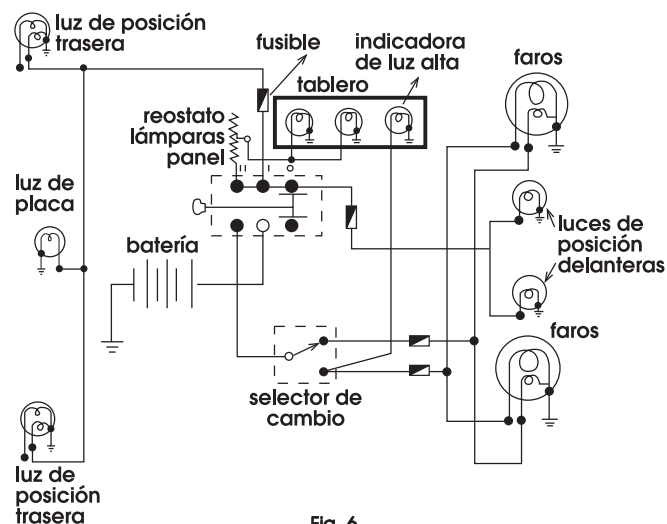


Fig. 6



### Tipos:

En los automóviles se pueden instalar dos tipos de faros: Sellados o con foco desmontable del faro; éstas pueden ser de dos o cuatro unidades.

Los faros reciben la energía eléctrica directamente del interruptor o a través de relevadores gobernados por el interruptor (Fig. 7).

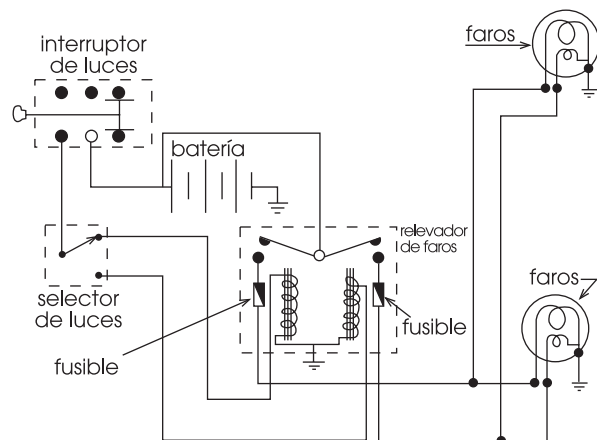


Fig. 7

### Funcionamiento:

El interruptor de luces en su primera posición enciende las luces traseras, las delanteras, las luces del tablero y las de placa; en su segunda posición, las mantiene encendidas y encienden los faros.

## ILUMINACION INTERNA

Está compuesta por un interruptor selector y una lámpara e interruptores accionados por las puertas (Fig. 8).

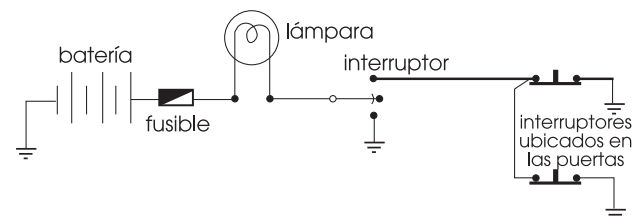


Fig. 8

**Posición central:** lámpara apagada

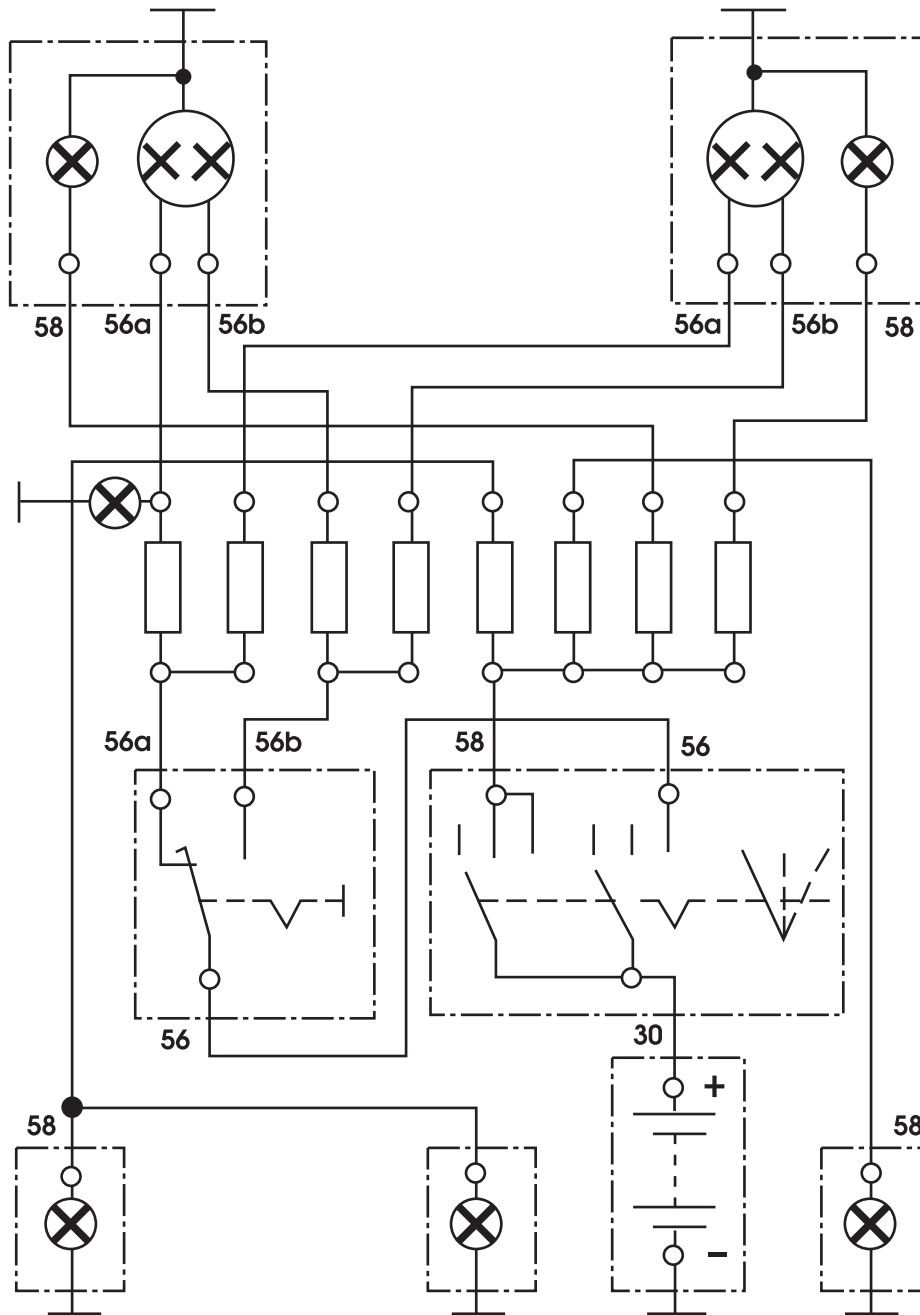
**Posición izquierda:** lámpara comandada por los interruptores de las puertas.

**Posición derecha:** lámpara encendida.

En las páginas siguientes podrá observar las figuras 9 y 10, sobre la instalación de alumbrado.



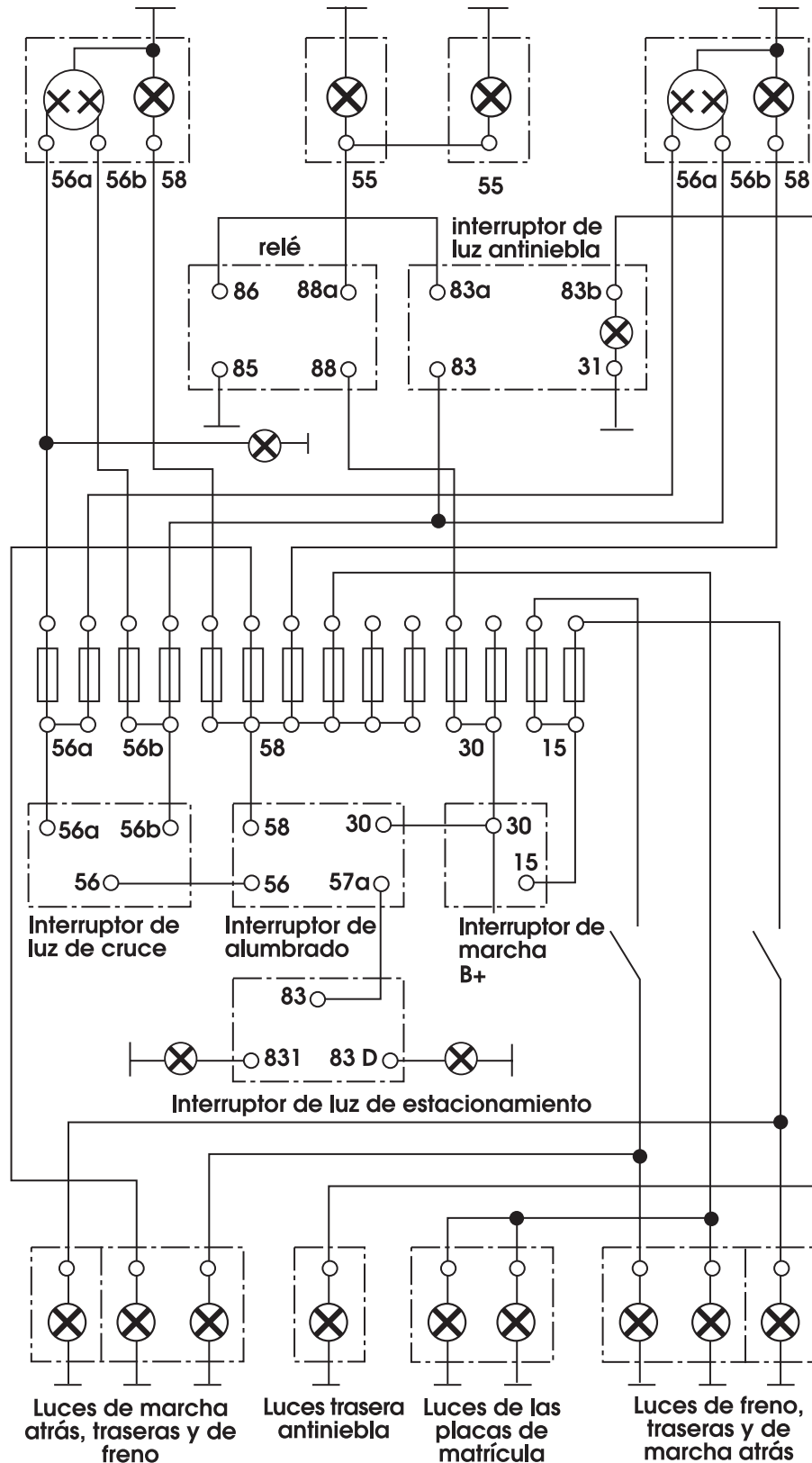
**Instalación de Alumbrado** (Fig. 9)





## Instalación de Alumbrado

(Fig. 10)



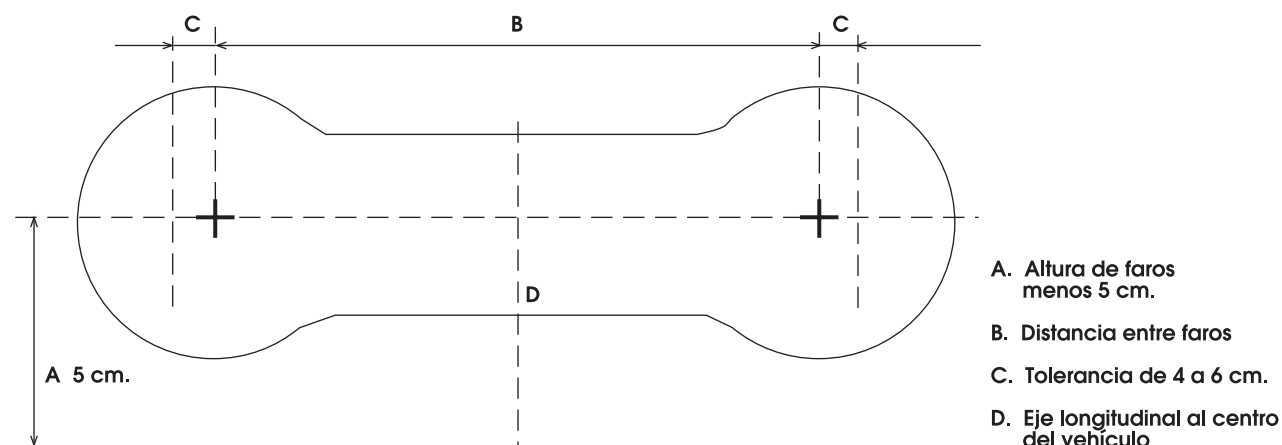


Fig. 11

## **ALINEAMIENTO DE LUCES**

El vehículo cuyos faros se van a regular, debe colocarse frente a la pantalla, a la distancia recomendada por el fabricante, de 5 a 7 metros, en forma tal, que la línea vertical de la pantalla, coincida con el eje de simetría longitudinal del vehículo (Fig. 11).

Encendidas las luces de largo alcance, los centros de los círculos luminosos deben coincidir con la línea horizontal de la pantalla de 4 a 6 cm. a cada lado, y hacia afuera de las cruces marcadas con yeso.

Si no coinciden las regulaciones de altura, se recomienda hacerlas con los asientos traseros cargados, para simular condiciones de marcha.

El procedimiento para los vehículos de doble faro (faros cuadrúples) es el siguiente:

Colocado el vehículo sobre el piso horizontal, a 7 metros, frente a una pared, se marca en ella (Fig. 12) la línea horizontal (X), correspondiente a la altura exacta de los faros y la vertical (y) frente al centro del carro, que divide la línea horizontal en 2 partes.

Se enfocan los faros centrales (A) de luz alta, en forma que el centro del doble haz luminoso quede centrado, con una tolerancia de  $\pm 15$  cm. a la vertical (y) y con una tolerancia en la horizontal (X) de  $\pm 5$  cm. (según el vehículo esté cargado o descargado).

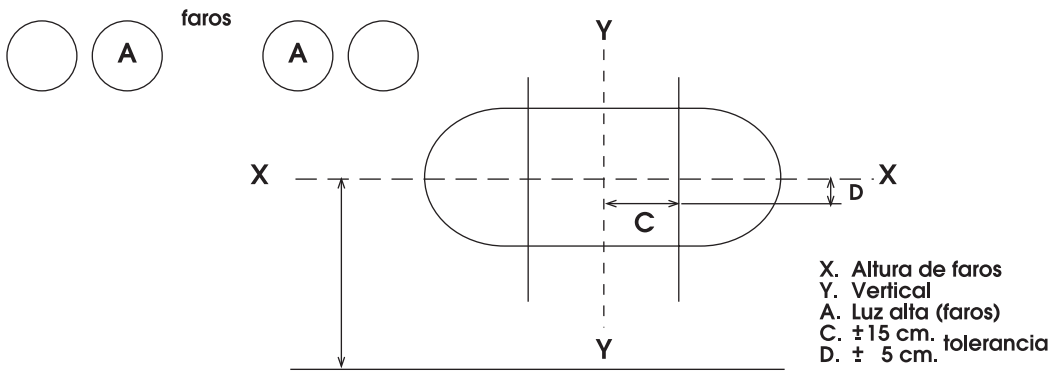


Fig. 12

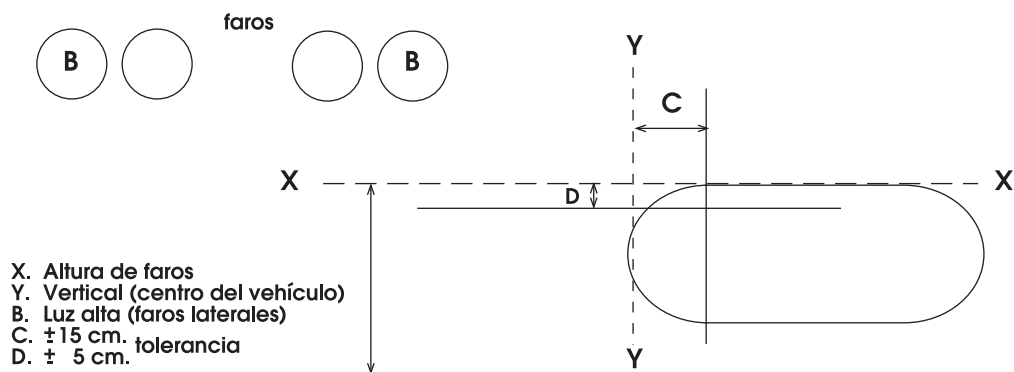


Fig. 13

Los faros laterales, se enfocan también con sus filamentos de luz alta (B) encendidos, el doble haz debe quedar desviado a la derecha (Fig. 13), automáticamente quedarán alineados los filamentos de luz baja.



## PANTALLAS PARA ALINEAR LUCES

Son superficies planas perpendiculares al piso sobre las que se proyectan los haces de luz provenientes de los faros de los vehículos, para alinearlos.

### Tipos:

- Pantallas fijas a la pared con líneas horizontales y perpendiculares.
- Pantallas móviles, tienen las mismas características que las pantallas fijas pero se les puede transportar de un lugar a otro.

### Construcción:

Están pintados de un color negro mate.

Tienen una línea horizontal blanca que generalmente se establece paralelamente al piso y a la altura de los faros del vehículo. Hay otra línea perpendicular que divide a la línea horizontal en 2 partes iguales y sobre la línea horizontal se marcan con tiza cruces de referencia de la distancia entre faros. (Fig. 14)

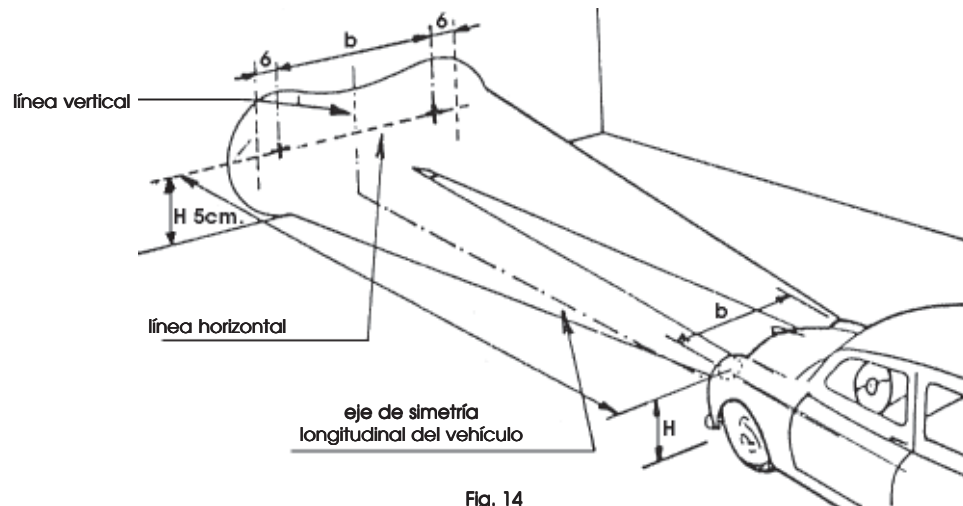


Fig. 14



# UNIDAD IX

## INSTALACIONES DE SEÑALIZACIÓN

El conductor debe indicar de modo claro a los demás usuarios sus intenciones en relación con su comportamiento en el tráfico. Para indicar una variación en la dirección de marcha se utilizan las luces intermitentes, y para prevenir en caso de peligro, la bocina. Un frenazo se señala con la luz de freno, la intención de adelantar puede, fuera de poblaciones, hacerse conocer mediante destellos con las luces de carretera. El vehículo averiado en la carretera debe usar luces intermitentes de emergencia.

### Indicadores de dirección de marcha (intermitentes)

Para el accionamiento de las luces intermitentes se emplean impulsores de luz intermitente térmicos y electrónicos. La figura 1 muestra el circuito de una instalación de luz intermitente. La frecuencia de intermitencia tiene que ser de  $90 \pm 30$  impulsos por minuto.

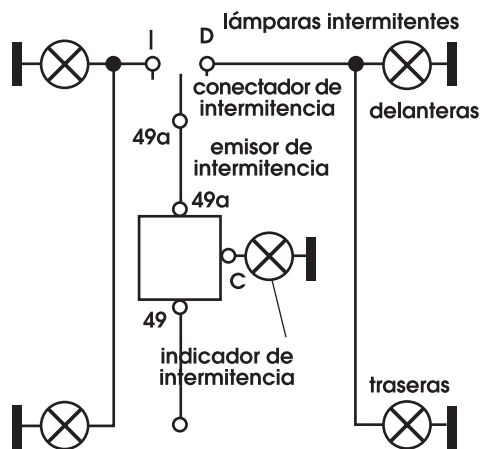


Fig. 1.  
Conexión de la instalación

### Impulsores de luz intermitente de comienzo por oscuro (Fig. 2).

En los impulsores de luz intermitente térmicos de comienzo por oscuro, los contactos del interruptor están abiertos cuando no hay corriente. Si se acciona el interruptor de mando de luces intermitentes, pasa la corriente del borne 49, a través del impulsor de luz intermitente, el filamento térmico, la resistencia y el arrollamiento del electroimán, al borne 49a y desde éste a masa a través del interruptor de intermitentes de dirección (posición derecha o izquierda) y de las luces intermitentes.

A causa de la alta resistencia del filamento térmico las luces intermitentes no alumbran inmediatamente (comienzo por oscuro); el filamento térmico se calienta y se dilata, y la fuerza de resorte de la armadura cierra los contactos. El filamento térmico y la resistencia se pontean, se encienden las luces intermitentes y la intensa corriente en el arrollamiento del electroimán refuerza la presión de los contactos. Al mismo tiempo la armadura de control conecta la lámpara del indicador en el cuadro de control. El filamento térmico que se ha quedado sin corriente, se enfría de nuevo y se contrae. La fuerza de resorte y la fuerza magnética se vencen y la armadura abre los contactos. Las luces intermitentes se apagan, al igual que la lámpara de control, ya que la corriente en el arrollamiento del electroimán se ha quedado nuevamente pequeña a causa de la gran resistencia del filamento térmico.

Si falla alguna luz intermitente, la corriente en el arrollamiento del imán es demasiado pequeña para atraer la armadura de control y la lámpara del indicador permanece apagada.

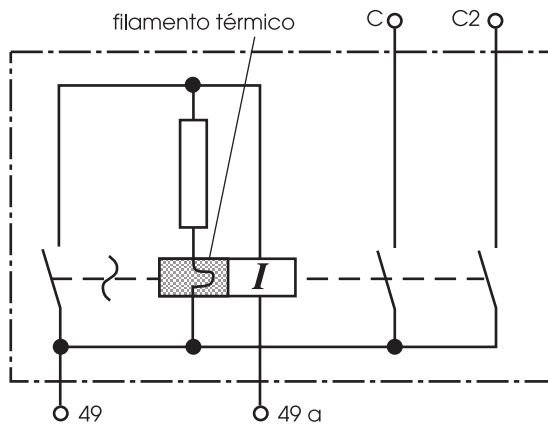


Fig. 2. Impulsor de luz intermitente de comienzo por oscuro

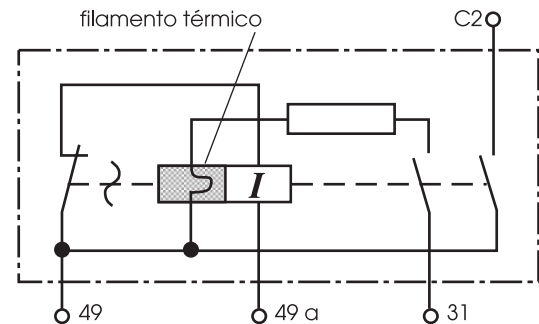


Fig. 3. Impulsor de luz intermitente de comienzo por claro

### Impulsor de luz intermitente de comienzo por claro (fig. 3)

En los impulsores de luz intermitente térmicos de comienzo por claro, los contactos del interruptor están cerrados cuando no hay corriente. Al accionarse el interruptor de mando de luces intermitentes éstas se encienden inmediatamente (comienzo por claro). El campo magnético del arrollamiento atrae a la armadura y se cierran los contactos y circula la corriente por el filamento térmico conectado a masa. El filamento térmico se dilata debido a esto, se abren los contactos del interruptor y se apagan las luces intermitentes. La armadura vuelve ahora a reposo, el filamento térmico ya no está circulando por la corriente y se enfría, cerrándose de nuevo los contactos del interruptor.

El proceso se repite.

Cuando falla una luz intermitente se eleva la frecuencia de intermitencia.

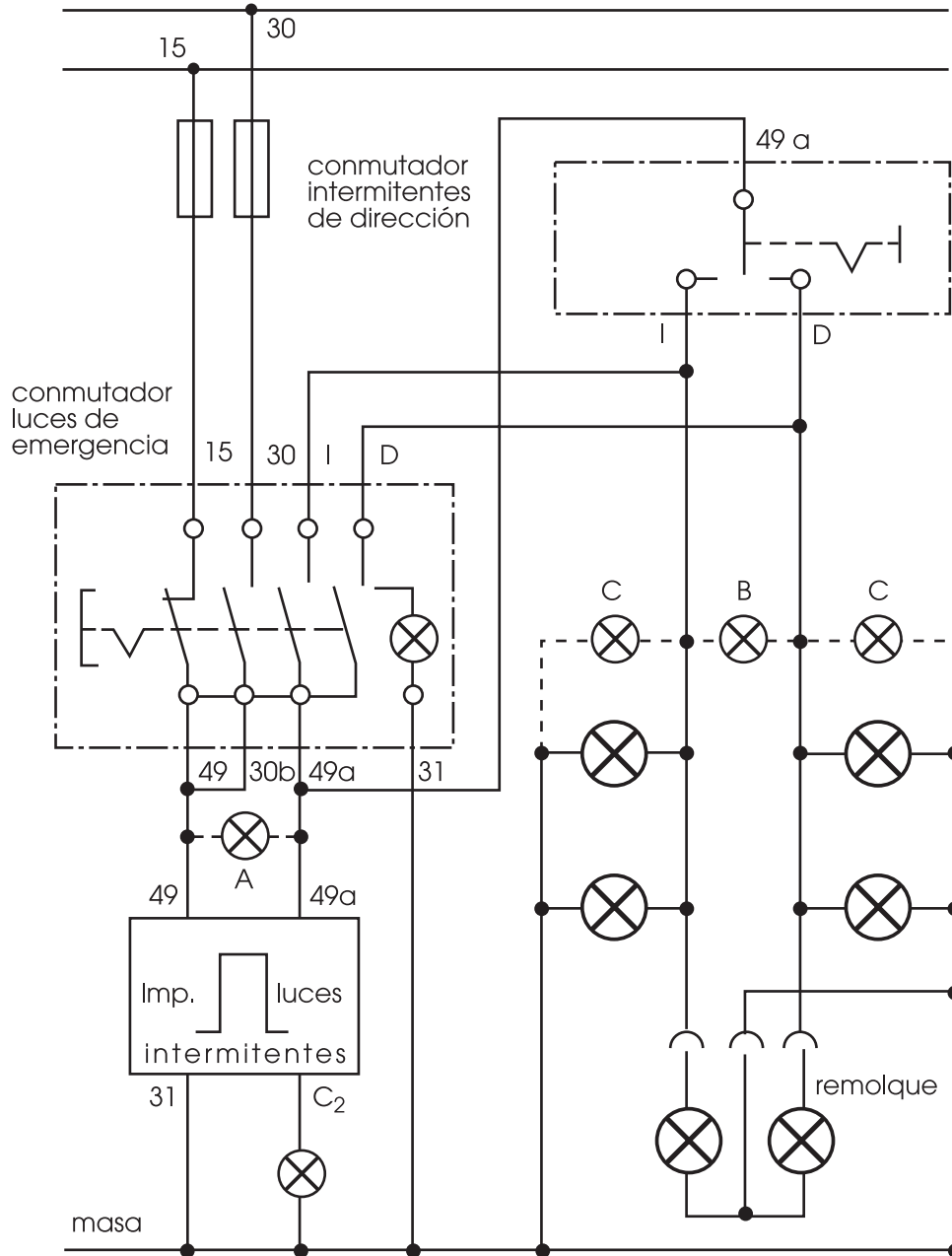
### Impulsor de luz intermitente electrónico

Como emisor de frecuencia de intermitencia se utiliza un circuito electrónico (multivibrador) en cuya salida está conectado un relé electromecánico o un transistor de potencia para gobernar la corriente de trabajo de las luces intermitentes.

*En la siguiente página, podrá ver la figura 4 sobre instalación de intermitentes.*



Fig. 4 Instalación de intermitentes





# UNIDAD X

## BOCINAS

La bocina emite una señal acústica de gran intensidad, que permite llamar la atención a distancia.

Se usa en los automóviles, para hacer notar su presencia o advertir su movimiento.

### TIPOS

Las bocinas eléctricas de los automóviles, pueden ser de dos tipos:

#### De trompeta (Fig. 1)

Permite dirigir el sonido en una dirección determinada y alcanza mayor distancia sonora.

#### Planas (Fig. 2)

Estas esparcen el sonido en todas direcciones, se utilizan más en la ciudad.

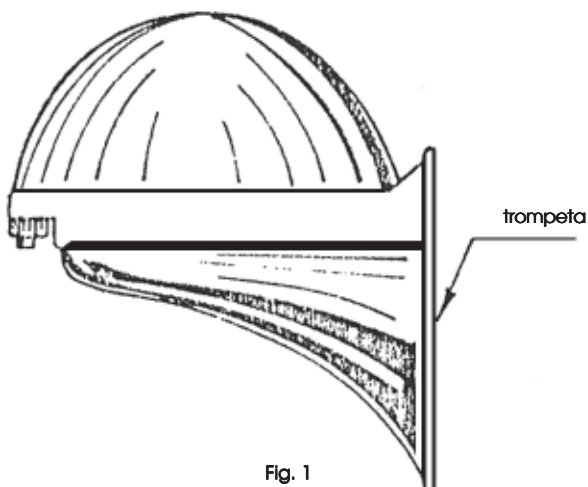


Fig. 1

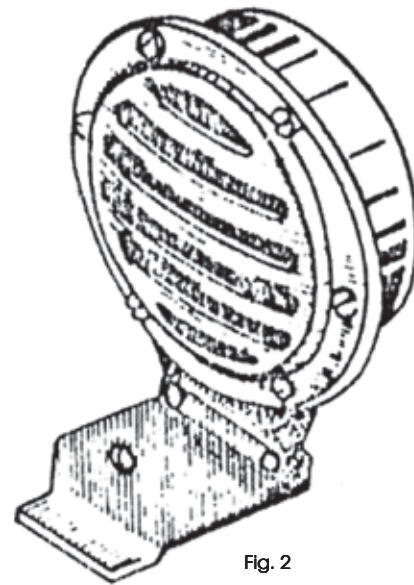


Fig. 2

### CONSTITUCION

Las bocinas están compuestas de las siguientes partes. (Fig. 3)

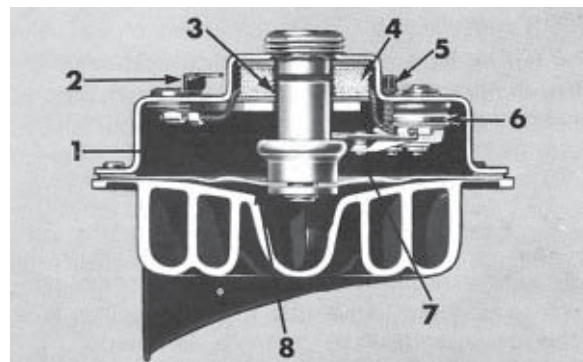


Fig. 3



## FUNCIONAMIENTO

Al excitar el circuito de la bocina, la corriente atraviesa los platinos, que están cerrados y recorre la bobina generando un campo magnético que atrae a la armadura. El perno central, separa los platinos, cesa la corriente y desaparece el campo magnético. La armadura es llevada a su posición inicial por una lámina de acero y se cierran nuevamente los platinos, repitiéndose el proceso que produce la vibración de la membrana. De acuerdo con la cantidad de vibraciones por segundo que se producen en la membrana, será el sonido de la bocina.

## MANTENIMIENTO

Las bocinas requieren poca atención, pero cada vez que hay que examinarlas, se efectúa una revisión completa de ellas, procediéndose a lijar los contactos, observando que no exista humedad en su interior y naturalmente, regulando la intensidad de su sonido. Se debe tener cuidado de instalar las conexiones en el orden que fueron desconectadas.

## CIRCUITO DE BOCINA (excitado por el polo vivo).

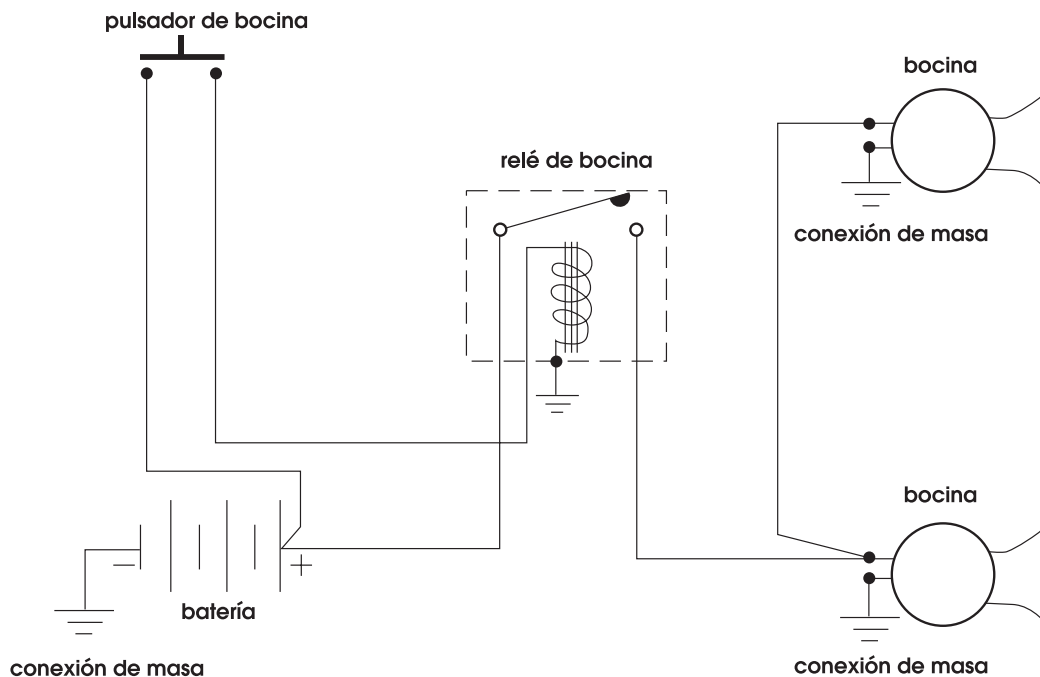


Fig. 4



## CIRCUITO DE BOCINA (excitado por masa).

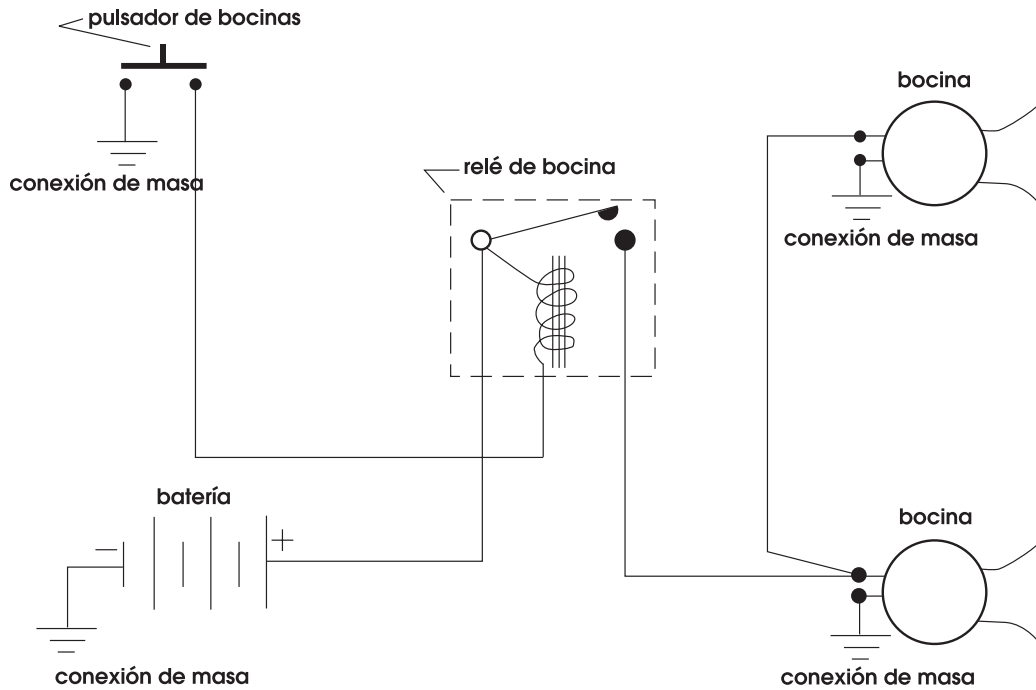


Fig. 5

## INSTALACION DE SEÑALES ACUSTICAS

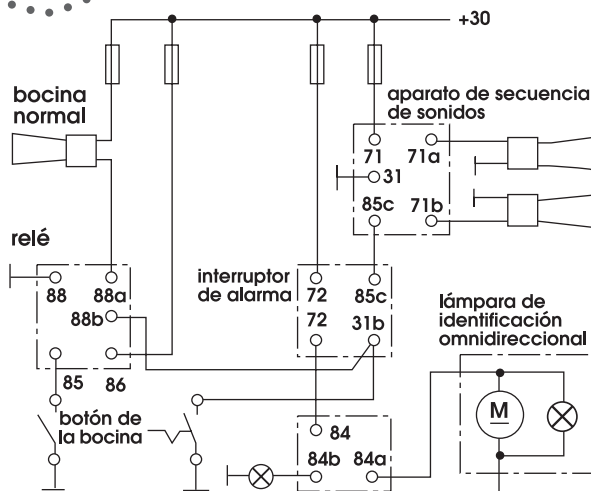


Fig. 6

Designación de los bornes:

- 31b Línea de retorno al negativo de la batería o a masa a través de interruptor o relé.
- 71 Entrada del aparato de distribución de secuencia de sonidos.  
Salida del aparato de distribución de secuencia de sonidos.
- 71a A las bocinas 1 y 2, tono bajo.
- 71b A las bocinas 3 y 4, tono alto.
- 72 Interruptor de alarma para la lámpara de identificación omnidireccional.
- 85c Interruptor de alarma en el aparato de distribución de secuencia de sonidos.



# UNIDAD XI

## **SISTEMA DE LIMPIA PARABRISAS ELECTRICO**

Es un aparato que permite quitar las gotas de agua que se depositan sobre el parabrisas, con el fin de mejorar la visibilidad cuando se debe conducir el automóvil bajo la lluvia, niebla o salpicaduras.

### **CONSTITUCION**

El limpia parabrisas (Fig. 1, en la siguiente página) está constituido por el limpiador, armadura donde van montados el enganche al brazo y una tira de goma.

El brazo, compuesto por su sistema de enganche, fijación y resortes de presión.

El motor, integrado por el rotor, el estator, las escobillas y la tapa.

La caja de engranajes, que contienen los engranajes de reducción de velocidad y su eje oscilante.

### **FUNCIONAMIENTO**

El motor de limpia parabrisas tiene una caja de engranajes que reduce su velocidad de giro y transforma su movimiento circular, en un desplazamiento angular menor de medio giro. (Fig. 2)

Del eje del motor sale un piñón A que mueve la serie de engranajes B.C.D. y sobre D va articulado un extremo de la cremallera E que a modo de vuela comunica su movimiento de vaivén al piñón F eje que mueve el brazo del limpia parabrisas.

El eje de salida de la caja de engranajes, va unido al brazo del limpiador, y produce el movimiento de vaivén del limpiador de goma. Con la presión que le dá el resorte, la tira de goma o plumilla retira el agua que se deposita sobre el parabrisas.

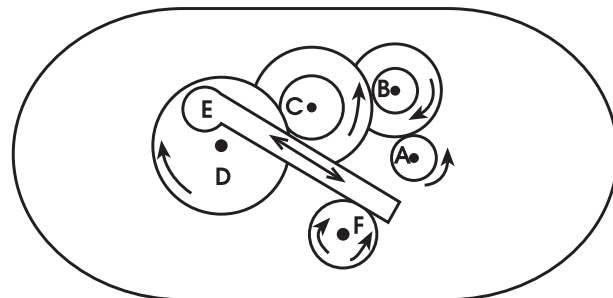


Fig. 2

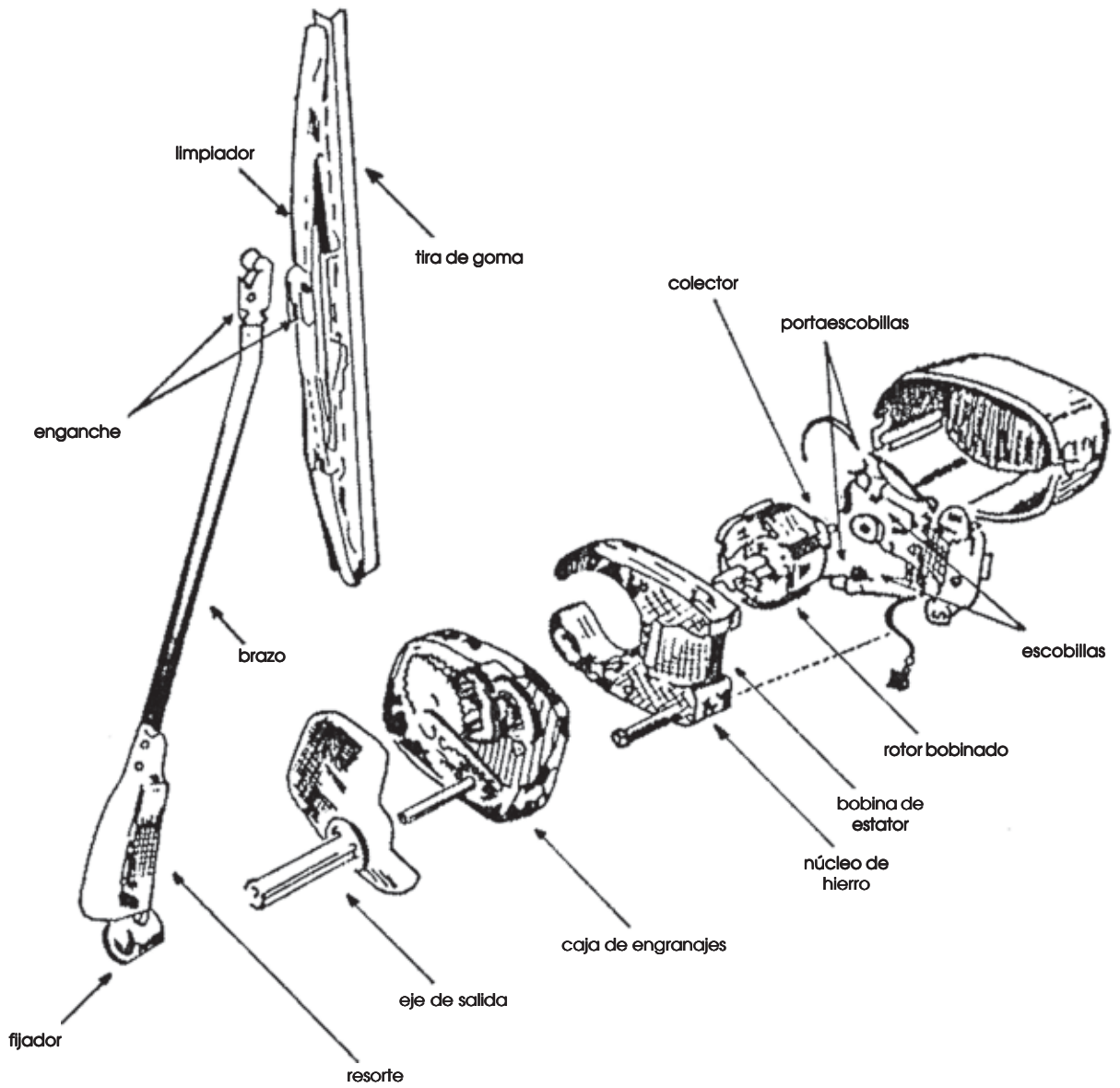


Fig. 1



## TIPOS

Existen muchos tipos de limpia-parabrisas, siendo los más comunes:

- Los de un solo brazo limpiador montado directamente en el eje. (Fig. 3)

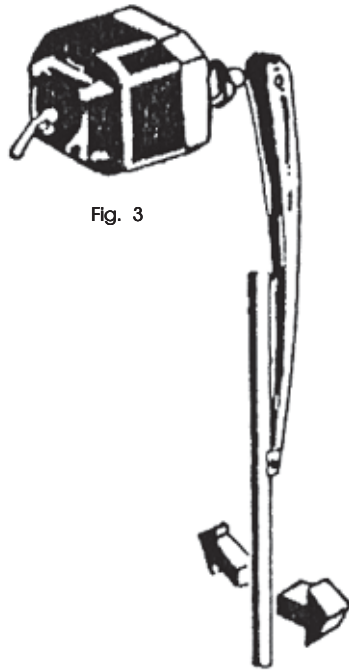


Fig. 3

- Los de dos brazos limpiadores, uno para cada lado del parabrisas, accionado por un solo motor y un sistema de palancas. (Fig. 4)

- Hay además otros tipos no eléctricos, en los que el movimiento es producido por el vacío que se forma en la admisión del motor.

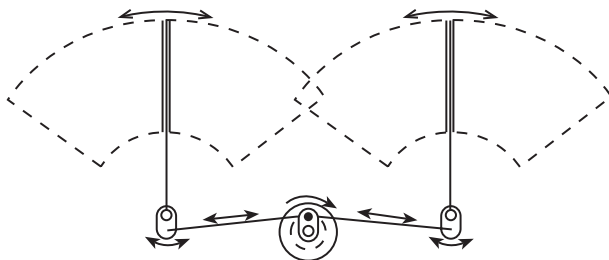


Fig. 4

## INSTALACION DE LIMPIAPARABRISAS (Fig. 5).

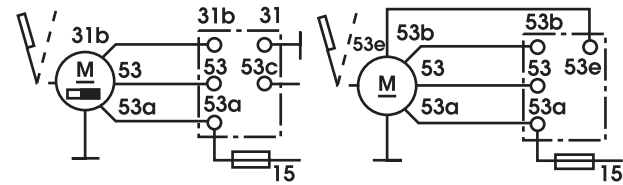


Fig. 5

### Designación de los bornes de la instalación de limpiabrisas

**31b.** Línea de retorno a masa a través del interruptor de cortocircuito.

**53.** Positivo del motor del limpia-parabrisas, conexión principal.

**53a.** Positivo del motor del limpia-parabrisas, parada en posición final.

**53b.** Motor del limpia-parabrisas, arrollamiento en derivación.

**53c.** bomba del lava-parabrisas.

**53e.** Motor del limpia-parabrisas, arrollamiento de freno.



# UNIDAD XII

## **SISTEMA DE VENTILADOR ELECTRICICO**

Es una máquina giratoria que transforma la energía eléctrica recibida en movimiento giratorio, por medio de un eje central que está conectado a un rotor bobinado que es movido por un circuito magnético. Está compuesto de una parte fija o cuerpo y por otra móvil, llamada inducido o rotor.

### **El cuerpo del motor está constituido por:**

- El cuerpo o parte exterior, es un cilindro de hierro macizo; en su interior van montados los campos polares (polos inductores).
- Los campos o bobinas, son los encargados de producir el campo magnético.
- Las tapaderas mantienen centrado el inducido o rotor y en una de ellas van montadas las escobillas.
- Las escobillas sirven para contactar el circuito eléctrico del rotor con los bornes terminales.
- Los cojinetes o bujes son los que permiten girar libremente el inducido o rotor.
- El inducido o rotor está compuesto por el eje, núcleo ranurado, el colector, el bobinado y la hélice.
- El colector es un conjunto de láminas conductoras, aisladas entre sí, a donde van conectadas las puntas del bobinado y donde frotan las escobillas.

- Hélice es el elemento encargado de succionar aire a través del radiador para mantener el agua de este a una temperatura normal de funcionamiento.

## **SISTEMA DE PRECALENTAMIENTO EN MOTORES DIESEL**

Cuando los motores diesel tienen una cámara de combustión con una superficie de enfriamiento grande, o sea, los que usan pre o antecámara, cámaras de turbulencia o depósito de aire, se hace imprescindible calentar los gases, para que la combustión del diesel, en el momento del arranque en frío, sea más rápida y el motor de arranque y la batería sufran menos. Para tal efecto, se utilizan bujías de incandescencia, cuyo filamento, va colocado dentro de la precámara y directamente debajo de la punta del inyector, alcanza una temperatura calculada de hasta 1,000° C.

Otro tipo de bujía incandescente o precalentamiento, es una espiral que va montada directamente en el tubo o múltiple de admisión, sucediendo entonces que, el aire aspirado por los cilindros llega caliente a las cámaras para facilitarle el arranque. En los casos de motores de varios cilindros, las bujías van conectadas en serie (Fig. 2), para lo cual se emplean como puentes pequeñas planchas de aluminio atornillados a la cabeza de cada una de las bujías. El circuito incluye una lámpara o resistencia similar a la de las bujías que va montada en el tablero de instrumentos, ésta sirve para indicar la temperatura que han alcanzado las precámaras.



Cada bujía tiene un consumo aproximado de 40 Amps., que corresponde a una caída de 1.7 voltios y la resistencia indicadora 1.8, de manera que en un motor de 6 cilindros, la caída de tensión del acumulador será de 12 voltios en vista de lo cual, debe haber un interruptor independiente del circuito o el de llave de arranque, con doble giro, o sea, con un movimiento de aproximadamente 30° hacia la izquierda, con presión, por lo que al soltar la llave vuelve automáticamente a la posición 0°.

### Tres tipos de bujías para motores diesel

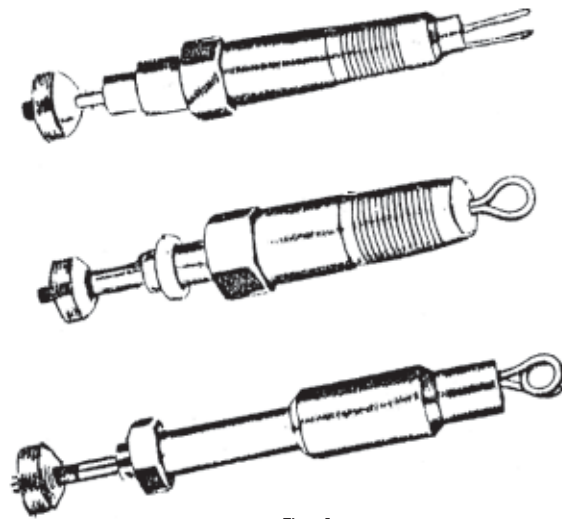
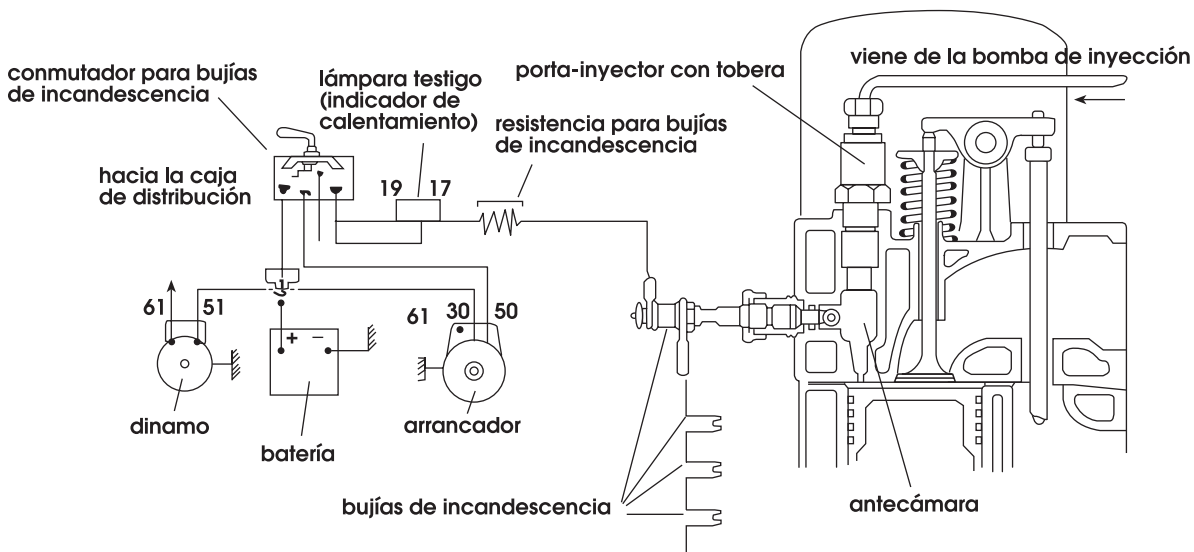


Fig. 1



Instalación de inflamación por incandescencia de un motor diesel con conmutación de dos escalones.  
 Fig. 2



## INSTALACION DE PRECALENTAMIENTO CON BUJÍAS INCANDESCENTES

La instalación de precalentamiento ayuda a arrancar los motores diesel. En los motores con antecámara y cámara de turbulencia, se emplean bujías de espiral incandescente o bujías de espiga incandescente; su misión es posibilitar el autoencendido de la mezcla de combustible y aire en el motor diesel frío por aumento adicional de la temperatura del aire.

Para calentar el aire de aspiración en los motores diesel con inyección directa pueden emplearse bridas de calefacción. Por lo general, la instalación de precalentamiento está desconectada cuando el motor ya está en marcha. En algunos tipos de vehículos tiene que seguir funcionando la instalación de incandescencia todavía durante la fase de calentamiento del motor.

### Instalación de precalentamiento con bujías de alambre incandescente

Las bujías de alambre incandescente, la resistencia adicional y el comprobador del precalentamiento, están conectados en serie (Fig. 3). Hay tantas bujías incandescentes como cilindros tenga el motor. Por medio de la resistencia adicional y del comprobador del precalentamiento, se adapta la resistencia total de la instalación de precalentamiento a la tensión de la batería.

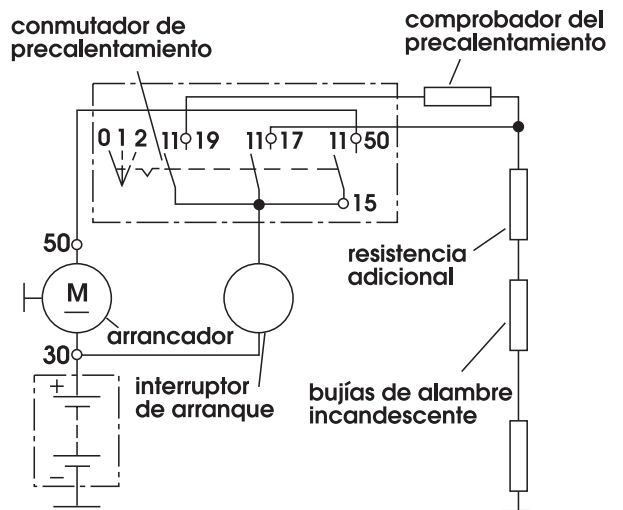


Fig. 3  
Instalación de precalentamiento con bujías de alambre incandescente

El interruptor de puesta en marcha tiene dos etapas. **En la primera etapa** (etapa de precalentamiento) están conectadas todas las resistencias del circuito. Cuando las bujías incandescentes han alcanzado la temperatura correcta, el comprobador del precalentamiento toma el color amarillo claro; ahora entra la **segunda etapa** (etapa de arranque). El comprobador del precalentamiento se ponteaa y al mismo tiempo se conecta al arrancador. A causa de la gran absorción de corriente desciende la tensión de la batería. Con el fin de que las bujías incandescentes sigan con la misma potencia, la caída de tensión que ha tenido lugar se compensa ponteando el comprobador del precalentamiento.

Cuando hay una interrupción en el circuito de corriente falla toda la instalación de precalentamiento.



## Bujías de alambre incandescente

En la bujía de alambre incandescente (Fig. 4), se encuentran, aislados entre sí, el cuerpo de conexión y el vástago de conexión. El alambre incandescente de una aleación para resistencias especialmente compuesta para resistir a los esfuerzos térmicos y químicos en el motor, lleva conectado uno de sus extremos al vástago de conexión y el otro al cuerpo de conexión. La potencia térmica es del orden de 45 W a 70 W. Se fabrican bujías para tensiones nominales de 0.9 V, 1.2 V, 1.4 V y 1.9 V.

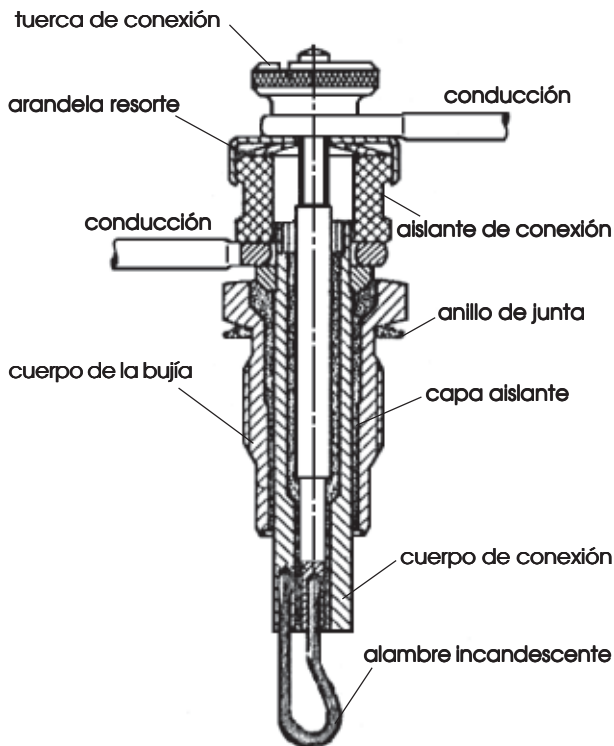


Fig. 4.  
Bujía de alambre incandescente

## Instalación de precalentamiento con bujías de espiga incandescente

El proceso de precalentamiento por incandescencia se efectúa del mismo modo que en una instalación dotada de bujías de alambre incandescente (Fig. 5). Si no existe comprobador de precalentamiento, hay que soportar la caída de potencia de las bujías de espiga durante el proceso de arranque del motor.

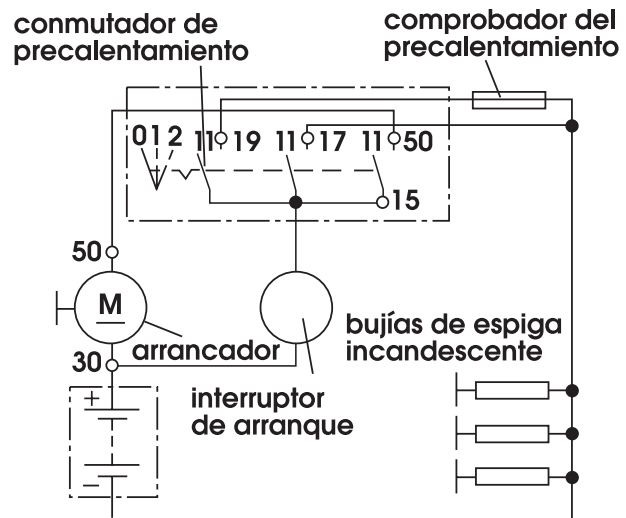


Fig. 5.  
Instalación de precalentamiento con bujías de espiga incandescente

## Las bujías de espiga incandescente. (Fig. 6)

Tienen un cuerpo de calentamiento con resistencia elevada. El alambre incandescente en forma de espiga está alojado en un tubo incandescente altamente resistente al fuego y va aislado y envuelto a prueba de oscilaciones, en un relleno cerámico. La potencia térmica es de 100 a 120 W.



Se emplean bujías de espiga incandescente para tensión nominal de 10,5 V o bien de 22 V conectadas en paralelo y en conexión con un comprobador de precalentamiento conectado en serie; se emplean bujías de espiga incandescente para 12 y 24 V cuando la comprobación del precalentamiento se efectúa por medio de una lámpara de incandescencia conectada en paralelo.

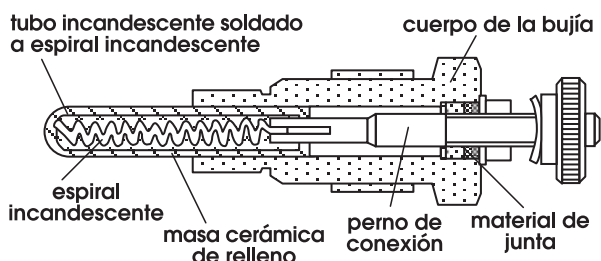


Fig. 6.  
Bujía de espiga incandescente

## Instalación de precalentamiento automática

El proceso de precalentamiento por incandescencia puede gobernarse también por circuitos de relés o por circuitos electrónicos.

En el ejemplo de la figura 7 por las bujías de espiga incandescente conectadas en paralelo pasa la corriente en la segunda etapa del interruptor de puesta en marcha a través de una resistencia adicional. Tan pronto como se cierra el interruptor bimetal en la resistencia adicional, se enciende la lámpara indicadora. Al mismo tiempo obtiene tensión el relé 1, con lo cual asimismo el relé 2 y se acciona el interruptor magnético del arrancador.

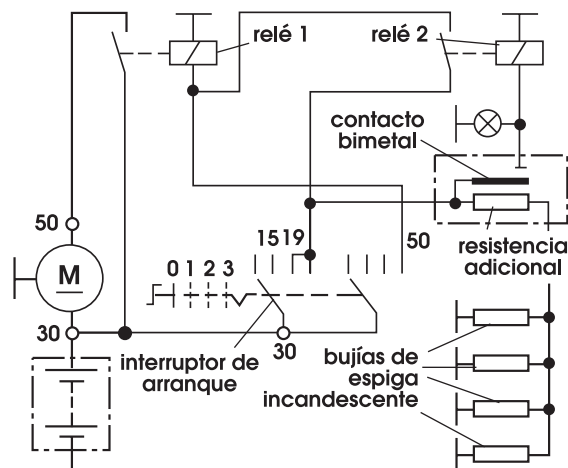
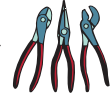


Fig. 7.  
Instalación automática de precalentamiento por incandescencia

*En la siguiente página podrá ver la figura 8 sobre la instalación de precalentamiento.*



## Instalación de precalentamiento

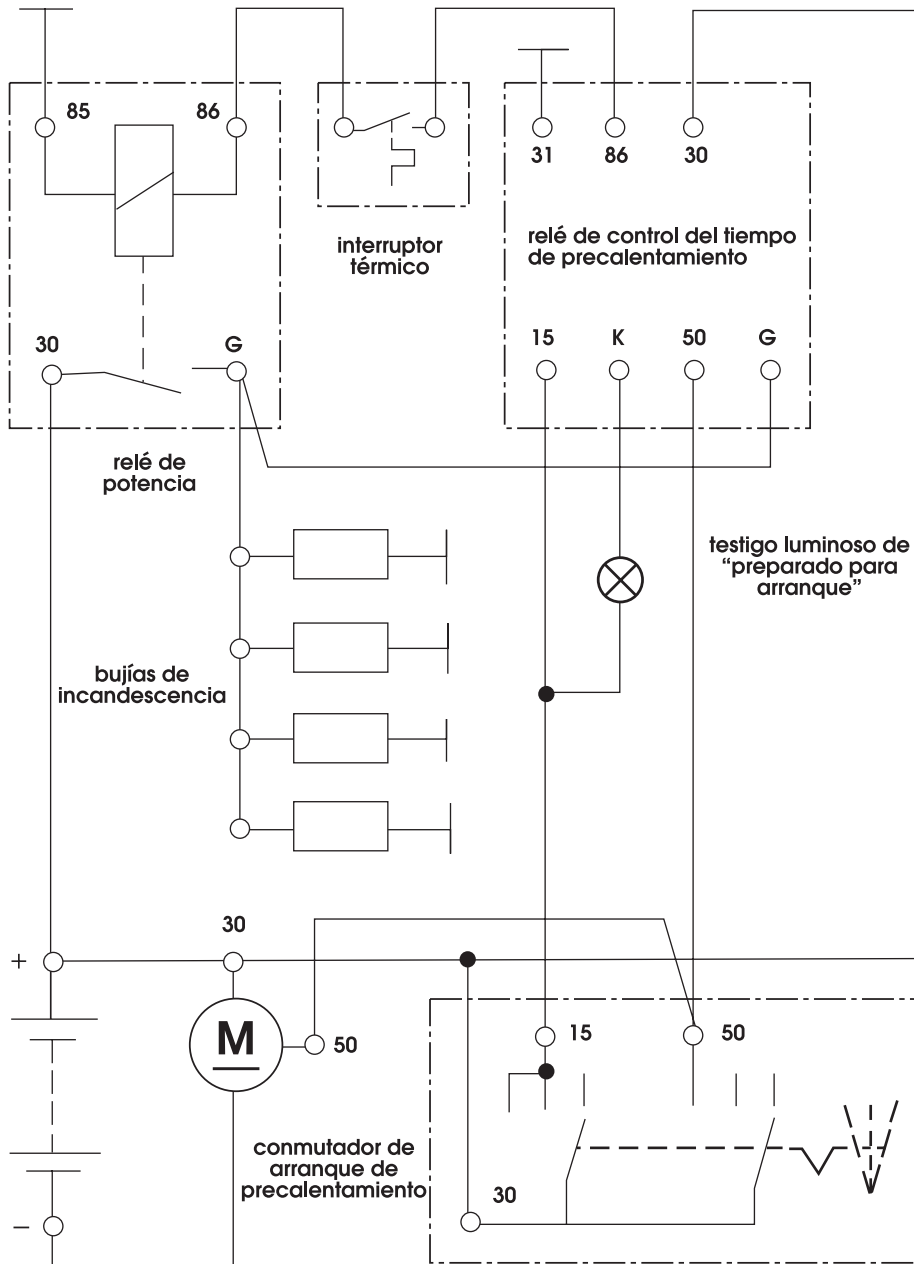


Fig. 8



# DEFINICION DE TERMINOS Y SIMBOLOS

## A

**AISLADOR:** Sustancia o cuerpo que se opone al paso de la corriente. Véase también “**conductor**”.

**ALTERNADOR:** Generador promedio del cual se transforma energía mecánica en energía eléctrica.

**AMPERIMETRO:** Instrumento para medir la intensidad de la corriente en amperios. Se conecta en serie en el circuito que se va a medir.

**AMPERIO:** Unidad para medir la intensidad de la corriente. Cuando se aplica un voltio a una resistencia de un ohmio, se hace circular una corriente de una intensidad de un amperio. El amperio es comparable a los litros por minuto con que se mide un caudal de agua.

**AMPERIOS-HORA:** Unidad con que se indica la capacidad de una batería de acumuladores. Se obtiene multiplicando la corriente (en amperios) por el tiempo, (en horas) durante el que circula la corriente. Por ejemplo, una batería capaz de entregar una corriente de 5 amperios durante 20 horas, tiene una capacidad de 100 amperios-hora.

**ANILLA:** Son las que lleva el rotor del alternador para la corriente de excitación que lo atraviesa.

**ARROLLAMIENTO:** Se forma arrollando un determinado número de espiras de un conductor sobre el núcleo.

**ATOMO:** La partícula más pequeña de un elemento químico. Está formado, principalmente, por electrones (cargas negativas) en órbita alrededor de protones (cargas positivas).

**AUTOINDUCCION:** Voltaje inducido en una bobina por toda variación de la corriente que la atraviesa.

## B

**BATERIA DE ACUMULADORES:** Está formada por varios elementos de acumulador conectados en serie. El acumulador acumula electricidad en virtud de un proceso electro-químico.

**BENDIX:** Mecanismo patentado para el embrague del piñón del motor de arranque con la corona del volante. Es de tipo puramente mecánico y se desliza por inercia.

**BOBINA DE ENCENDIDO:** Transformador para elevar el voltaje que produce la chispa en la bujía.

**BUJIAS DE ENCENDIDO:** Componentes empleados para inflamar la mezcla del combustible por medio de una chispa, en los motores de explosión.



## C

---

**CAMPO ELECTROSTATICO:** El que rodea a un cuerpo cargado de electricidad estática.

**CAMPO ELECTROMAGNETICO:** El que rodea a todo conductor atravesado por una corriente.

**CAMPO MAGNETICO:** El que rodea a un imán y se puede detectar cerca de éste. Se representa por medio de líneas de fuerza.

**CAPACIDAD EN FRIO:** La que tiene un acumulador para arrancar un motor a bajas temperaturas.

**CAPACIDAD DE VEINTE HORAS:** Es la capacidad de una batería para alimentar los circuitos eléctricos de los accesorios del automóvil.

**CARGA:** Proceso por el que se reactivan las placas de un acumulador haciendo pasar a través de él una corriente continua.

**CIRCUITO:** Cadena continua de elementos conectados entre sí y atravesados todos por la misma corriente, que sale de una fuente de energía eléctrica para retornar a la misma a través del circuito.

**CIRCUITO ABIERTO:** Se dice que un circuito está abierto cuando la corriente no puede circular por él, por estar abierto un interruptor o por estar cortado un hilo que interrumpe su paso.

**CIRCUITO PARALELO:** Es aquel en que los componentes se conectan en ramas paralelas, de forma que la corriente los atraviesa por separado.

**CIRCUITO SERIE:** Es aquel en que todos los componentes están conectados en cadena, desde el positivo hasta el negativo de la fuente de corriente, que los atraviesa a todos con la misma intensidad.

**CIRCUITO SERIE-PARALELO:** Es aquel en que una parte de los componentes está conectado en serie, y otra parte en paralelo.

**COLECTOR:** Tiene por objeto obtener una corriente continua conmutando las espiras del inducido del dínamo.

**CONDENSADOR:** Acumula cargas eléctricas. Se emplea, generalmente, para absorber los picos de voltaje de la corriente alterna.

**CONDUCTOR:** Es toda materia capaz de conducir la corriente. Todos los elementos buenos conductores tienen menos de 4 electrones en las órbitas exteriores de sus átomos. Véase también “aislador”.

**CORRIENTE:** Desplazamiento de electrones a lo largo de un conductor. Su intensidad se mide en amperios.

**CORRIENTE ALTERNA (C. A.):** La que cambia de polaridad con una frecuencia determinada, al atravesar un conductor.



**CORRIENTE CONTINUA (C. C.):** Flujo continuo de electrones a lo largo de un conductor, que se desplazan siempre en el mismo sentido, desde el punto de mayor potencial, al de menor potencial. La producen las baterías de acumuladores, los dínamos o los rectificadores de corriente alterna.

**CORTA-CIRCUITOS:** Dispositivo de protección contra sobrecargas eléctricas. Actúa como un interruptor que se abre cuando la corriente que lo atraviesa sobrepasa un límite pre-establecido. Hay corta-circuitos que se tienen que reponer manualmente y otros que se reponen automáticamente al cabo de cierto tiempo o cuando la intensidad de la corriente se ha vuelto a reducir al valor normal. Véase también “fusible”.

**CORTOCIRCUITO:** Se produce siempre que se ponen en contacto dos puntos de un mismo circuito, acortando considerablemente el camino que tendría que recorrer la corriente.

**CUENTARREVOLUCIONES:** Instrumento para medir la velocidad de rotación en revoluciones por minuto.

## D

**DENSIMETRO:** Instrumento para medir el peso específico del electrolito de la batería.

**DESCARGA:** Proceso por el cual se quita la carga eléctrica a un condensador o a una batería.

**DEVANADO:** Formado por un determinado número de espiras de hilo arrolladas sobre un núcleo.

**DINAMO:** Generador que convierte energía mecánica en energía eléctrica.

**DIODO:** Dispositivo electrónico que se caracteriza porque deja pasar la corriente en un solo sentido.

**DIODO DE AISLAMIENTO:** Va intercalado entre la batería y el alternador. Impide que la corriente de la batería pase a través del alternador, descargándose aquella, cuando el alternador está parado.

**DIODO ZENER:** Se caracteriza porque comienza a conducir la corriente en sentido inverso cuando el voltaje aplicado sobrepasa un determinado límite.

**DISTRIBUIDOR DE ENCENDIDO:** Componente que regula y distribuye el encendido del motor.

## E

**ELECTRICIDAD:** El paso de electrones de un átomo a otro dentro de un conductor.

**ELECTROIMAN:** (1) Bobina cilíndrica con un núcleo de hierro central dispuesto de forma que sea atraído al dar corriente a la bobina, realizando así algún tipo de trabajo mecánico.



**ELECTROIMAN:** (2) Está formado por un núcleo de material magnético, que suele ser hierro dulce, rodeado por una bobina de hilo por la que se hace pasar una corriente que magnetiza el núcleo.

**ELECTRON:** Partícula minúscula que gira alrededor del núcleo del átomo. Lleva una carga negativa de electricidad.

**ELECTROLITO:** Sustancia que se disocia en iones, siendo por ello capaz de conducir la corriente eléctrica. La solución de ácido sulfúrico en agua es el electrolito de los acumuladores de plomo.

**ELECTROQUIMICO:** Proceso reversible por el que la electricidad produce cambios químicos y éstos a su vez, producen electricidad. El acumulador es un componente electroquímico.

**ELEMENTO:** Toda sustancia simple de la que ya no se pueden aislar otras sustancias diferentes.

**ELEMENTO DE ACUMULADOR:** Unidad formada por placas negativas, placas positivas y separadores, contenidos dentro de un vaso o celda.

**EMBRAGUE ELECTROMAGNETICO:** Se activa y desactiva por medio de fuerza electromagnética, para embragar y desembragar determinados accionamientos.

**EMBRAGUE DE PIÑÓN LIBRE:** Mecanismo para acoplar el piñón del motor de arranque, a la corona del volante.

**ESCOBILLA:** Pastilla o cilindro de material conductor blando que se apoya sobre las anillas o el colector para tomar corriente.

**ESTATOR:** Es la unidad estacionaria de un alternador, dentro de la que gira el rotor.

## F

**FLOTADOR ELECTRICO:** Se utiliza para medir el nivel de un líquido variando una resistencia, que hace variar proporcionalmente, por medio de la corriente, la aguja de un instrumento indicador.

**FLUJO MAGNETICO:** El que emana de un imán siguiendo las líneas de fuerza del campo magnético.

**FUERZA ELECTROMOTRIZ:** La que hace que circule la corriente. Se puede comparar con la presión que fuerza el agua a través de una tubería. La fuerza electromotriz se mide en voltios.

**FUSIBLE:** Protección recambiable para circuitos eléctricos. Consiste en un hilo fino calibrado o en una laminilla encerrado en una ampolla de vidrio u otro material resistente al fuego. Al producirse la sobrecarga, el hilo o la laminilla se funden y abren el circuito. Véase también “**cortacircuitos**”.



---

**IMAN:** Cuerpo que tiene la propiedad de atraer el hierro y otros imanes. Sus moléculas están ordenadas dentro de él.

**IMAN NATURAL:** El que se encuentra en la naturaleza, como la magnetita. Ha sido magnetizado por el campo magnético de la tierra.

**IMAN PERMANENTE:** Se dice del que es capaz de retener el magnetismo por un período de tiempo indefinido.

**IMAN TEMPORAL:** Todo aquel que se desmagnetiza rápidamente.

**IMANES ARTIFICIALES:** Los que se obtienen por magnetización artificial. Se les suele dar formas distintas, según la aplicación.

**INDUCCION ELECTROMAGNETICA:** Proceso por el cual se imanta una barra de hierro u otro cuerpo magnético cualquiera.

**INDUCCION MUTUA:** Tiene lugar cuando la variación de la corriente que atraviesa una bobina, induce voltaje en una segunda bobina acoplada a la primera.

**INDUCIDO:** Es la pieza móvil de un generador de corriente o de un motor. Consta de unas espiras de hilo dispuestas de forma que corten al girar las líneas de fuerza de un campo magnético, con lo que se induce en ellas voltaje o fuerza electromotriz.

**INDUCTANCIA:** Propiedad de todo circuito eléctrico que se manifiesta porque se induce en él fuerza electromotriz (voltaje) variando la corriente que atraviesa el propio circuito u otro circuito acoplado al primero.

**INDUCTOR:** Bobina de hilo devanada sobre un núcleo de hierro.

**INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO:** Electroimán utilizado para abrir o cerrar contactos eléctricos.

**ION:** Atomo al que le faltan o le sobran electrones.

---

**LEY FUNDAMENTAL DEL MAGNETISMO:** Los polos opuestos se atraen y los polos iguales se repelen.

**LEY DE OHM:** Establece que cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor, la intensidad de dicha corriente (en amperios) es igual a la fuerza electromotriz que la origina, dividida por la resistencia del conductor. Para una misma resistencia, la intensidad de la corriente es directamente proporcional a la fuerza electromotriz o voltaje.

**LINEAS DE FUERZA:** Líneas invisibles con las que se representan el flujo de un campo magnético.



## M

**MAGNETISMO:** Propiedad inherente a las moléculas de determinadas sustancias, tales como el hierro, que se manifiestan porque son magnetizables.

**MASA:** Se produce una derivación a masa cuando algún cable o terminal toca indebidamente alguna parte metálica de la máquina.

**MATERIAL MAGNETICO:** Es todo aquél capaz de adquirir las propiedades de un imán.

**MATERIAL NO MAGNETICO:** Es todo material cuyas moléculas no se pueden magnetizar.

**MAZAS DE CABLES:** Se forman agrupando en troncos de los que salen diversas ramas, los cables del sistema eléctrico.

**MOLECULA:** Es la más pequeña unidad de materia, pudiendo estar formada de un elemento simple o por la combinación de varios elementos químicos. Puede constar de uno o más átomos.

**MOTOR:** Ingenio que transforma energía eléctrica en energía mecánica.

## N

**NEGATIVO:** Tipo de electricidad. Concretamente, cuando un átomo adquiere electrones negativos, se carga de electricidad negativa.

**NEUTRON:** Partícula elemental sin carga eléctrica. Los tienen todos los núcleos atómicos, excepto el del hidrógeno.

## O

**OHMETRO:** Instrumento para medir la resistencia en ohmios de un circuito eléctrico.

**OHMIO:** Unidad con la que se mide la resistencia que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica. Todo conductor ofrece resistencia al paso de la corriente, igual que toda tubería ofrece resistencia al paso del agua.

Un ohmio es aquella resistencia que no deja pasar más que una corriente de una intensidad de un amperio cuando se aplica una tensión de un voltio.

## P

**PESO ESPECIFICO:** Es el peso de cualquier volumen de una sustancia, comparado con el peso del mismo volumen de otra sustancia que se toma como patrón y que suele ser el agua, tanto para indicar el peso específico de los sólidos, como el de los líquidos. Los términos densidad o peso específico del electrolito de una batería, son equivalentes.

**PIEZA POLAR:** Son imanes permanentes de foma especial que se fijan por dentro a la caja del dínamo o del motor de corriente continua.



**PLACA:** Sustancia sólida de la que se liberan o sobre la que se acumulan electrones. Las baterías tienen placas positivas y negativas.

**POLARIDAD:** Se refiere a los polos de un electroimán, lo mismo que a los de una batería.

**POLO:** Puede ser el de un imán o el de una batería y es aquel en que se concentra el campo magnético o el voltaje de un determinado signo.

**POLO NORTE MAGNETICO:** Es aquel al que se dirige el polo norte de un imán, como la aguja magnética colocada en posición horizontal. Se encuentra cerca del polo norte geográfico de la tierra.

**POLO SUR MAGNETICO:** Es el opuesto al polo norte magnético y a él le apunta el polo sur de un imán, como el de la aguja magnética colocada en posición horizontal. Está cerca del polo sur geográfico de la tierra.

**POSITIVO:** Tipo de electricidad. Concretamente, un átomo que pierde electrones negativos, se carga de electricidad positiva.

**PROBADOR DE INDUCIDOS:** Aparato para analizar el inducido de los dínamos o de los motores de corriente continua.

**PROTON:** Partícula que, juntamente con el neutrón, constituye el núcleo de un átomo; está cargado de electricidad positiva.

**PUENTE:** Es un hilo con el que se unen dos puntos de un circuito, formando un circuito paralelo al principal, por el que se deriva una parte de la corriente.

## R

**RECTIFICADOR:** Dispositivo (a base de una válvula de alto vacío, de diodos semiconductores o del colector de un dínamo) que convierte la corriente alterna en corriente continua.

**REGLA DE LA MANO DERECHA:** Se emplea para determinar el sentido de las líneas de fuerza del campo magnético que rodea un conductor atravesado por la corriente, o para saber donde está el polo norte del campo magnético producido por una bobina.

**REGULADOR:** Dispositivo que regula el voltaje o la intensidad de la corriente a través de un circuito para que no excedan de un límite preestablecido.

**REJILLA:** Se emplea para retener el material activo de las placas de los acumuladores.

**RELE:** Interruptor actuando a distancia.

**RELUCTANCIA:** Es la resistencia que ofrece un circuito magnético al paso del flujo magnético.

**RESISTENCIA:** La que opone un conductor o un componente al ser atravesado por la corriente eléctrica. Se mide en ohmios.

**RETORNO DE MASA:** Punto en que un circuito se conecta al bastidor, al motor o a cualquier parte metálica, para completarlo, retornándolo al polo puesto a masa de la batería.



**ROTOR:** La pieza giratoria de una máquina eléctrica, como el alternador.

## S

**SEMICONDUCTOR:** Elemento con cuatro electrones en la órbita más exterior de sus átomos. El silicio y el germanio son dos semiconductores. Estos elementos no son ni buenos conductores, ni buenos aisladores. Los semiconductores se emplean para fabricar diodos y transistores.

**SINCROGRAFO:** Aparato de prueba múltiple para distribuidores.

**SULFATACION:** Es la formación de cristales duros de sulfato de plomo sobre las placas de un acumulador. Se dice entonces que el acumulador está “sulfatado”.

## T

**TEORIA CONVENCIONAL:** De acuerdo con ella se admite que la corriente circula a través de un circuito, yendo desde el polo positivo hasta el polo negativo. En el presente manual se ha adoptado esta teoría para indicar el sentido de la corriente.

**TEORIA DE LOS ELECTRONES:** La que explica la naturaleza de la electricidad y el intercambio de electrones “libres” entre los átomos de un conductor. También se utiliza para indicar el sentido de la corriente.

**TERMISTOR:** Resistencia que compensa los cambios de temperatura. Se emplea en algunos reguladores, en combinación con un diodo Zener con objeto de que el alternador produzca mayor tensión cuando el tiempo es más frío.

**TRANSISTOR:** Válvula electrónica a base de sustancias semiconductoras que permite amplificar la corriente. Puede utilizarse también para abrir o cerrar el paso de una corriente.

## V

**VISCOSIDAD:** Es la resistencia interna de un líquido originada por la atracción entre sus moléculas, que hace que se resista más o menos a fluir.

**VOLTAJE:** Dícese de la diferencia de tensión entre dos puntos. También se llama fuerza electromotriz o potencial y se mide en voltios.

**VOLTIMETRO:** Instrumentos para medir la tensión o fuerza electromotriz. Se conectan en paralelo con los puntos en circuito cuya tensión se quiere medir.

**VOLTIO:** Unidad de la fuerza electromotriz que hace circular la corriente a través de un circuito. Un voltio es la tensión que se necesita para hacer que pase una corriente de una intensidad de un amperio a través de una resistencia de un ohmio.



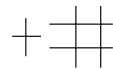
## W

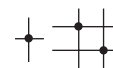
**WATT:** Unidad de potencia eléctrica. Se obtiene multiplicando la corriente (en amperios) por la tensión (en voltios) de forma que:  $\text{Vatios} = \text{amperios} \times \text{voltios}$ .

**VATIOS-HORA:** Es el trabajo desarrollado en una hora por una potencia eléctrica constante de un vatio. De forma que:  $\text{vatios-hora} = \text{amperios-hora} \times \text{voltios}$ .

## SIMBOLOS PARA ESQUEMAS ELECTRONICOS

 Líneas, importancia según grosor del trazo


 Cruce de líneas sin unión

 Derivación con unión conductora


 Unión no permanente (bornes, enchufes)

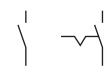
 Unión permanente (soldadura)

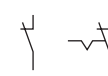
 Fusible (general)

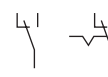
 Enchufe, macho y hembra

 Masa

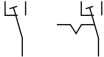
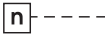




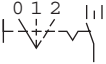

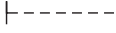

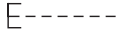
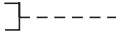

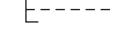
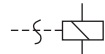
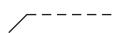
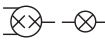
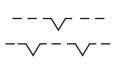
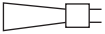
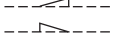



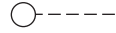

 Tierra o masa, general

 Contacto de trabajo, elemento de conexión

 Contacto de reposo, elemento de desconexión

 Inversor, elemento inversor con función de desconexión



	Inversor, elemento inversor sin función de desconexión		Accionamiento por motor con indicación del factor influyente.
	Selector, por ejemplo con tres posiciones de conmutador		Resistencia, general
	Selector con una posición de desconexión		Resistencia variable
	Identificación de las posiciones de conmutador		Arrollamiento, inductancia, general
	Unión mecánica (indicación de dirección)		Arrollamiento con núcleo magnetizable
	Accionamiento manual general		Transformador, general
	Accionamiento manual por pulsador		Relé o contactor con un arrollamiento
	Accionamiento manual por tirador		Con dos arrollamientos, del mismo o efecto contrario
	Accionamiento manual por giro		Relé intermitente, también con indicación de frecuencia
	Otros accionamientos, por ejemplo pedal		Lámpara de incandescencia con uno o dos cuerpos luminosos
	Enclavamiento, puede indicarse la posición de enclavamiento		Bocina
	Bloqueo efectivo en una dirección		Ventilador eléctrico
	Accionamiento manual extraíble, por ejemplo llave		Limpiaparabrisas
	Accionamiento por leva		Delimitación de aparatos o partes de conmutación



		Corriente continua, alterna		Motor tres escobillas para dos velocidades de giro
		Corriente trifásica, conexión triángulo estrella		Generador trifásico conectado en estrella
		Instrumento de medición, general		Inducido de anillos colectores con arrollamiento de excitación
		Voltímetro, amperímetro		Resistencia o carga
		Condensador, general		Ohmios de resistencia
		Condensador de paso		Inductancia (bobina)
		Salto de chispa (bujía de encendido)		Inductancia (con núcleo)
		Diodo semiconductor, rectificador		Batería
		Diodo zener		Conexión
		Tiristor, controlado en cátodo		Terminal
		Transistor PNP		Interruptor (abierto)
		Transistor NPN		Corta-circuito
		Inducido con escobillas fijas		Cruce sin contacto
		Generador de corriente continua y excitación en paralelo		Dirección de la corriente
		Motor de corriente continua y excitación en paralelo		Diodo
		Motor de corriente continua con excitación en serie		Diodo zener
		Motor de corriente continua y excitación por imán permanente		Condensador
				Resistencia variable





---

# BIBLIOGRAFIA

---

Dales, Davis N. **Manual técnico automotriz: Operación, mantenimiento y servicio.**  
México D.F., México: Editorial Prentice-Hall. 1997

Rueda Santander, Jesús. **Técnico en mecánica y electrónica Automotriz. Electricidad y Electrónica Inyección.** Tomo 3. Colombia: Editorial Diseli. 2003