



# Instituto Politécnico Nacional

## Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 8 “Narciso Bassols”

***NOMBRE DEL DOCENTE:***

***ERNESTO RIVERA GONZÁLEZ***

***ACADEMIA:***

***ELECTRICIDAD***

***UNIDAD DE APRENDIZAJE:***

***MÁQUINAS ELÉCTRICAS***



Carrera: **TÉCNICO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.**

Unidad de Aprendizaje: **MÁQUINAS ELÉCTRICAS.**

## PROGRAMA SINTÉTICO

**COMPETENCIA GENERAL:** Fundamenta conceptos en el funcionamiento, instalación, control, y mantenimiento de los motores eléctricos de corriente alterna, monofásicos y trifásicos, para una operación adecuada de los mismos.

COMPETENCIA PARTICULAR (DE CADA UNIDAD DIDACTICA)	RAP	CONTENIDOS
1.- Establece el funcionamiento, las partes constitutivas y la clasificación de los motores eléctricos de c.a.	Identifica los principios básicos de operación y las partes constitutivas de los motores eléctricos de c.a. para comprender su funcionamiento	1.- Concepto de motor eléctrico. 2.- Clasificación de los motores eléctricos de C.A. 3.- Principios básicos del funcionamiento del motor eléctrico. 4.- Concepto de la inducción electromagnética. 5.- Concepto de campo giratorio. 6.- Concepto de par. 7.- Concepto de velocidad síncrona. 8.- Concepto de deslizamiento. 9.-Finalidad del control eléctrico para motores eléctricos de corriente alterna.
	Describe el funcionamiento de los motores eléctricos de c.a. en base a su clasificación. para resolver una problemática específica	
	Identifica los controles básicos para operar los motores eléctricos.	
2.- Plantea las características de los motores eléctricos monofásicos en función de los requerimientos de su operación y mantenimiento.	Clasifica los motores eléctricos monofásicos seleccionando el adecuado para una necesidad específica.	1.-Partes constitutivas de los motores eléctricos de C.A. 2.-Clasificación de los motores monofásicos de C.A. 3.- Conexiones de los motores eléctricos monofásicos. 4.- Operación y mantenimiento de los motores eléctricos monofásicos. 5.- Localización y corrección de fallas en motores eléctricos de corriente alterna. 6.- Plan de mantenimiento.
	Maneja las conexiones de los motores eléctricos monofásicos para su adecuado funcionamiento.	
	Aplica las características de funcionamiento de los motores eléctricos monofásicos que le permitan su operación y mantenimiento.	
3.- Ejemplifica las características de los motores eléctricos trifásicos en función de los requerimientos de su operación y mantenimiento.	Clasifica los motores eléctricos trifásicos seleccionando el adecuado para una necesidad específica.	1.- Clasificación de los motores trifásicos. 2.- Conexión de motores trifásicos. 3.- operación y mantenimiento de motores eléctricos trifásicos. 4.- Localización y corrección de fallas en motores trifásicos 5.-Plan de mantenimiento.
	Maneja las conexiones de los motores eléctricos monofásicos para su adecuado funcionamiento.	
	Aplica las características de funcionamiento de los motores eléctricos trifásicos que permitan su operación y mantenimiento eficazmente.	





Carrera: TÉCNICO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Unidad de Aprendizaje: MÁQUINAS ELÉCTRICAS.

## RED DE COMPETENCIAS (GENERAL Y PARTICULARES)

**COMPETENCIA GENERAL**  
Fundamenta conceptos en el funcionamiento, instalación, control, y mantenimiento de los motores eléctricos de corriente alterna, monofásica y trifásica, para una operación adecuada de los mismos.

**Competencia Particular 1**  
Establece el funcionamiento, las partes constitutivas y la clasificación de los motores eléctricos de C.A.

RAP 1 : Identifica los principios básicos de operación y las partes constitutivas de los motores eléctricos de C.A. para comprender su funcionamiento

RAP 2: Describe el funcionamiento de los motores eléctricos de C.A. en base a su clasificación, para resolver una problemática específica

RAP 3: Identifica los controles básicos para operar los motores eléctricos.

**Competencia Particular 2**  
Plantea las características de los motores eléctricos monofásicos en función de los requerimientos de su operación y mantenimiento.

RAP 1: Clasifica los motores eléctricos monofásicos seleccionando el adecuado para una necesidad específica.

RAP 2: Maneja las conexiones de los motores eléctricos monofásicos para su adecuado funcionamiento.

RAP 3: Aplica las características de funcionamiento de los motores eléctricos monofásicos que le permitan su operación y mantenimiento.

**Competencia Particular 3**  
Ejemplifica las características de los motores eléctricos trifásicos en función de los requerimientos de su operación y mantenimiento.

RAP 1: Clasifica los motores eléctricos trifásicos seleccionando el adecuado para una necesidad específica.

RAP 2: Maneja las conexiones de los motores eléctricos monofásicos para su adecuado funcionamiento

RAP 3: Aplica las características de funcionamiento de los motores eléctricos trifásicos que permitan su operación y mantenimiento eficazmente.

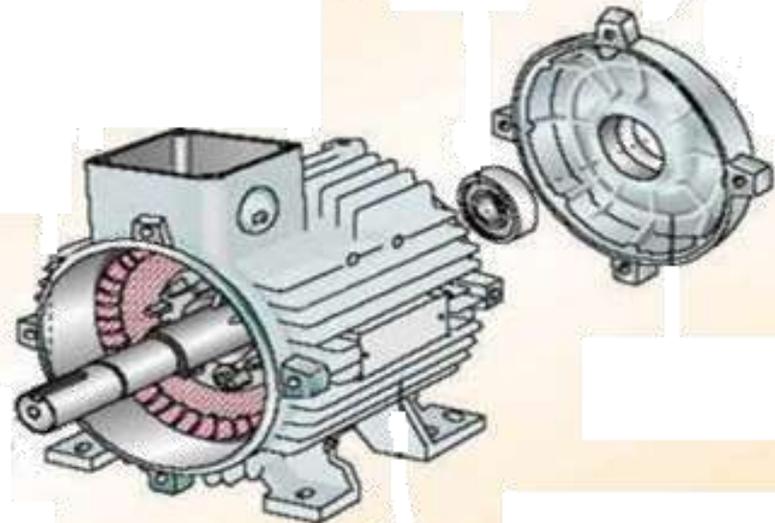


## ***GENERALIDADES***

En la actualidad son indispensables los motores eléctricos en casi todos los aspectos de la vida diaria del ser humano, así pues un motor eléctrico lo encontraremos desde una licuadora doméstica hasta un gran motor en la industria.



Los motores son máquinas que desde sus inicios han venido facilitando el trabajo del ser humano y por tal motivo es importante conocer los conceptos de funcionamiento, operación, control y mantenimiento, además de conocer cada una de las partes que lo conforman.



En este trabajo, se abordan temas que nos ayudarán a conocer como un motor puede girar, como lo hace a determinada velocidad, y algunas aplicaciones según el tipo de motor.



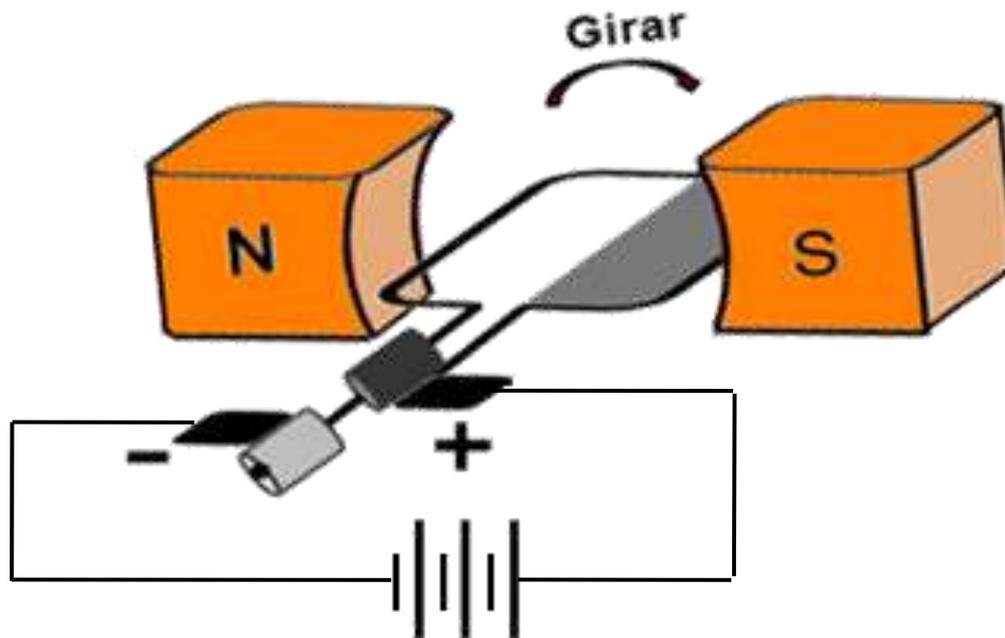
# UNIDAD UNO

## *MOTORES ELÉCTRICOS DE C.A.*

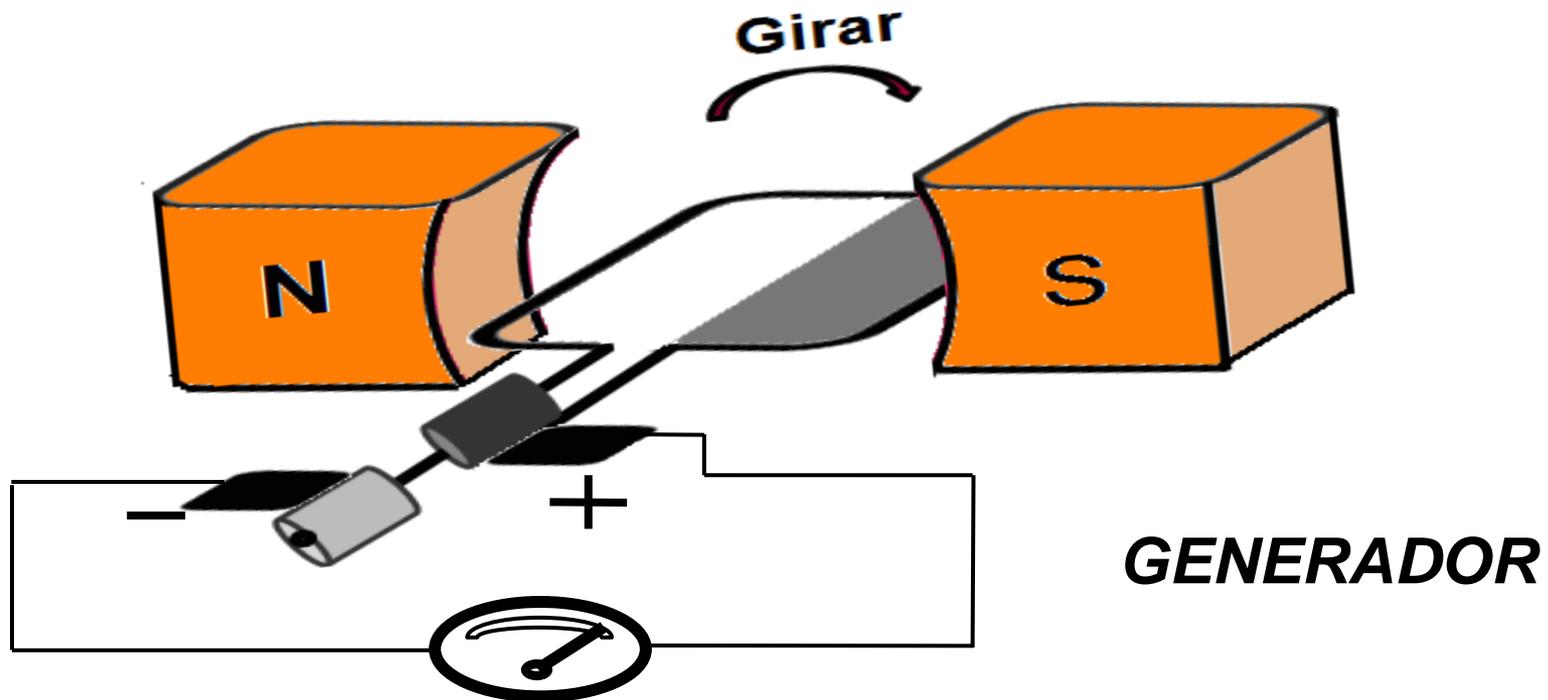


## DEFINICIÓN.

El motor eléctrico se define básicamente, como una máquina rotatoria que transforma la energía eléctrica en energía mecánica.



Los motores y generadores eléctricos tienen esencialmente los mismos componentes y se parecen mucho en su aspecto exterior, solo difieren en la forma en que se emplean.

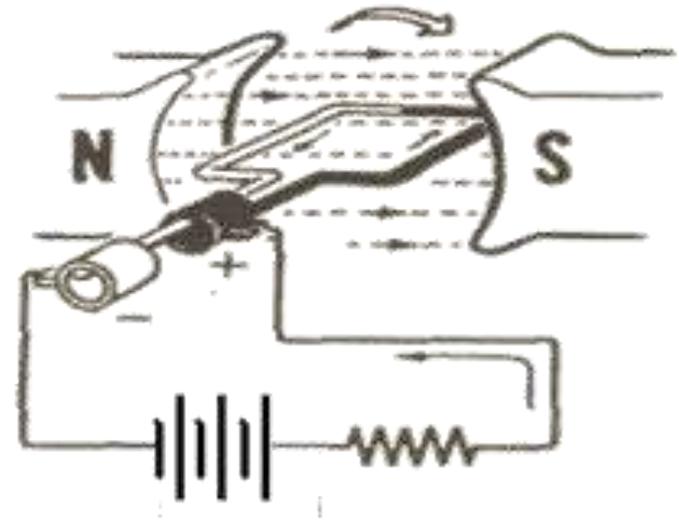
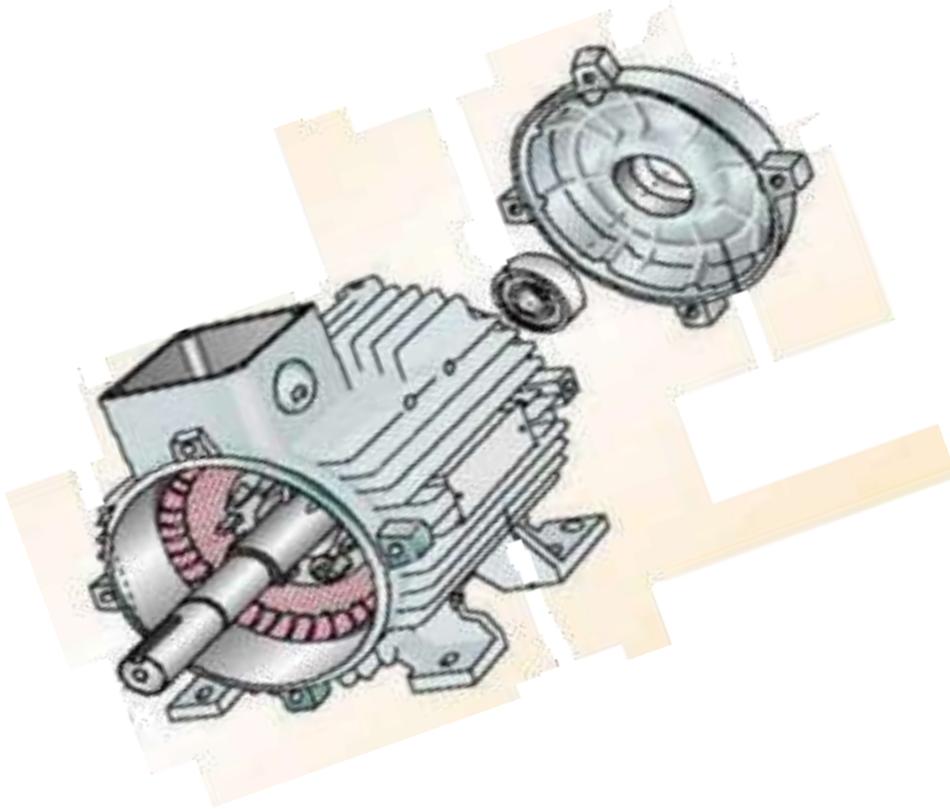


En el motor la energía eléctrica hace girar al inducido y este a su vez acciona una carga a través de un sistema de transmisión mecánico que consiste en correas y/o engranajes.



**Por lo tanto el generador convierte la energía mecánica en eléctrica y el motor convierte la energía eléctrica en mecánica.**

# FUNCIONAMIENTO Y CONSTITUCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS.



## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Todos los motores eléctricos, desde el mas pequeño (una maquina de afeitar), hasta el más grande, (una grúa); funcionan bajo \*El principio del **Electromagnetismo**\*

Con el tiempo se comprobó que todo fenómeno magnético se puede producir por corrientes eléctricas, es decir se estaba logrando, la unificación del magnetismo y la electricidad, originando la rama de la física que actualmente se conoce como **electromagnetismo**.

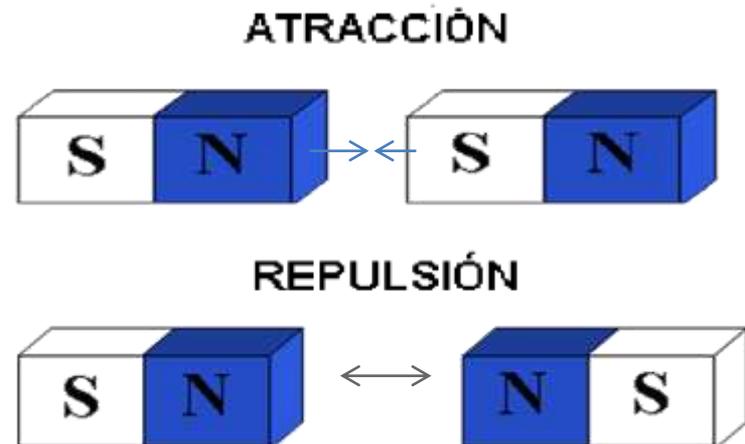
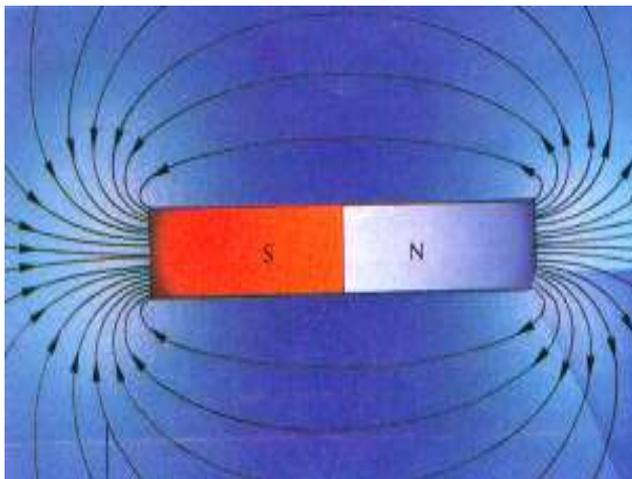
El estudio del **magnetismo** se remonta a las “piedras” que se encuentran en la naturaleza (**magnetita**) propiedad de atraer al hierro.

# LOS IMANES.

Un imán es un material con propiedades magnéticas, estos pueden ser naturales, o artificiales, de igual manera pueden ser permanentes o temporales.

Todos los imanes presentan en sus extremos, dos puntos de máxima fuerza llamados polo norte y polo sur.

***Los polos iguales se repelen y los opuestos se atraen.***

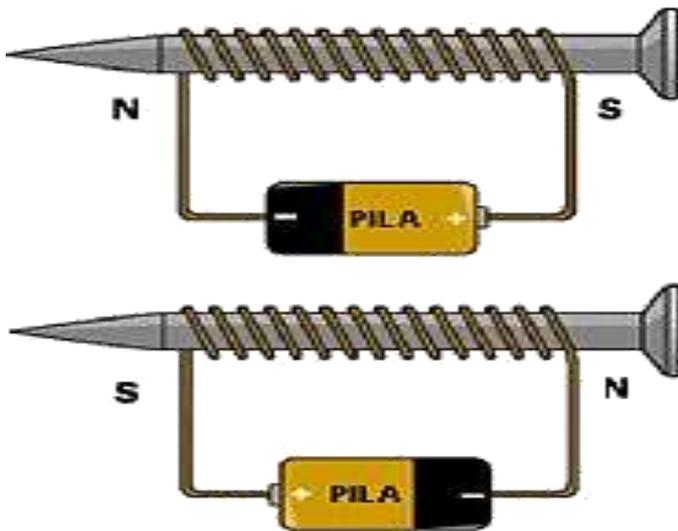


# LOS ELECTROIMANES

Un electroimán es un imán creado artificialmente, con alambre enrollado sobre un núcleo ferro magnético, la principal ventaja de este imán, es el control de la intensidad del campo magnético. Mediante la variación de la corriente eléctrica, o la cantidad de vueltas de la bobina, los polos de un electroimán pueden invertirse, con solo invertir el sentido de la corriente que pasa por la bobina. Este fenómeno que causa la inversión de los polos magnéticos, constituye **la base del funcionamiento de los motores eléctricos.**

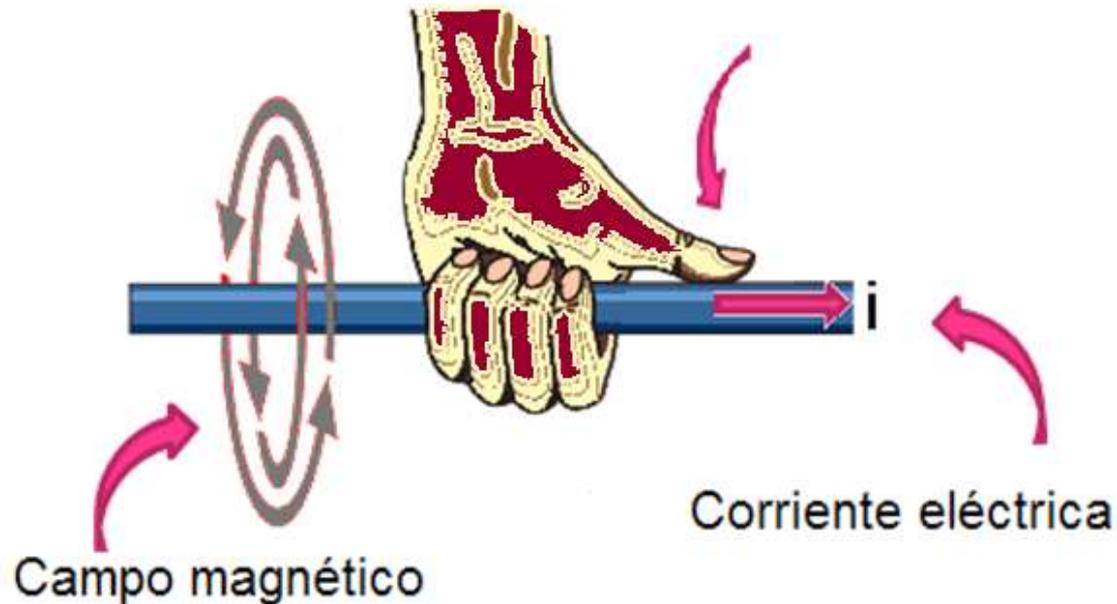


La fuerza que ejerce un electroimán sobre algún objeto esta directamente relacionada con la corriente que circule por el conductor, además del número de vueltas del mismo.



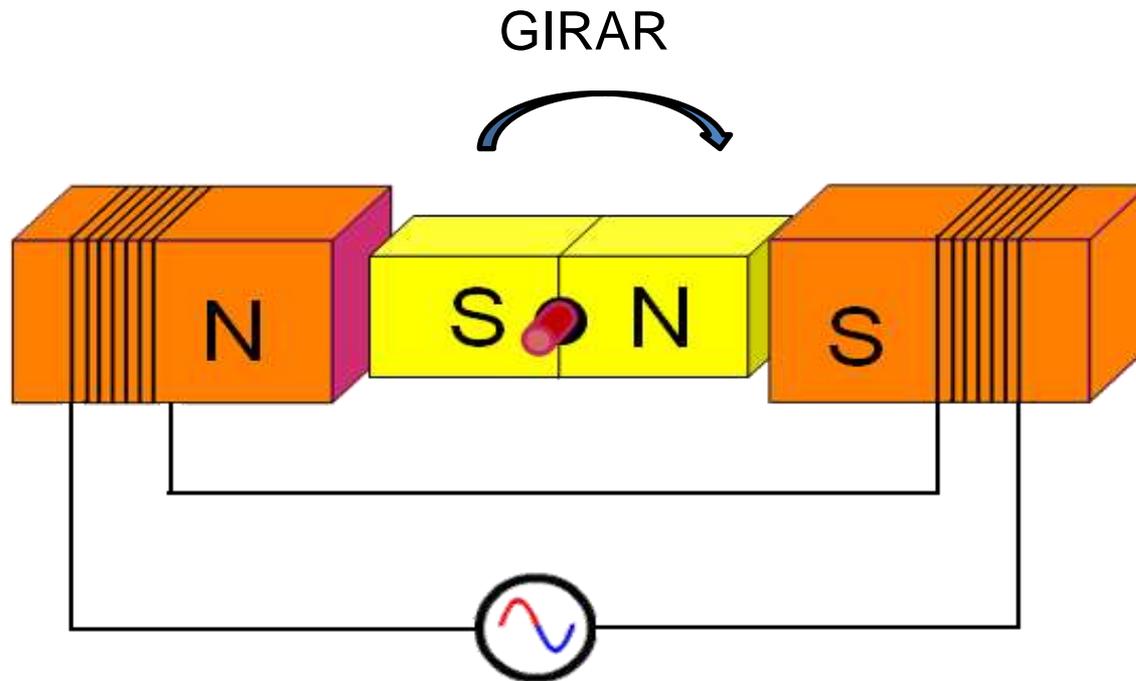
# ELECTROMAGNETISMO EN UN CONDUCTOR

OERSTED, descubrió que un conductor con corriente eléctrica produce un **campo magnético**, se utiliza la regla de la **mano izquierda** para determinar la dirección del mismo, colocando el dedo pulgar en el sentido de la corriente eléctrica, los dedos restantes nos darán la dirección del campo magnético.



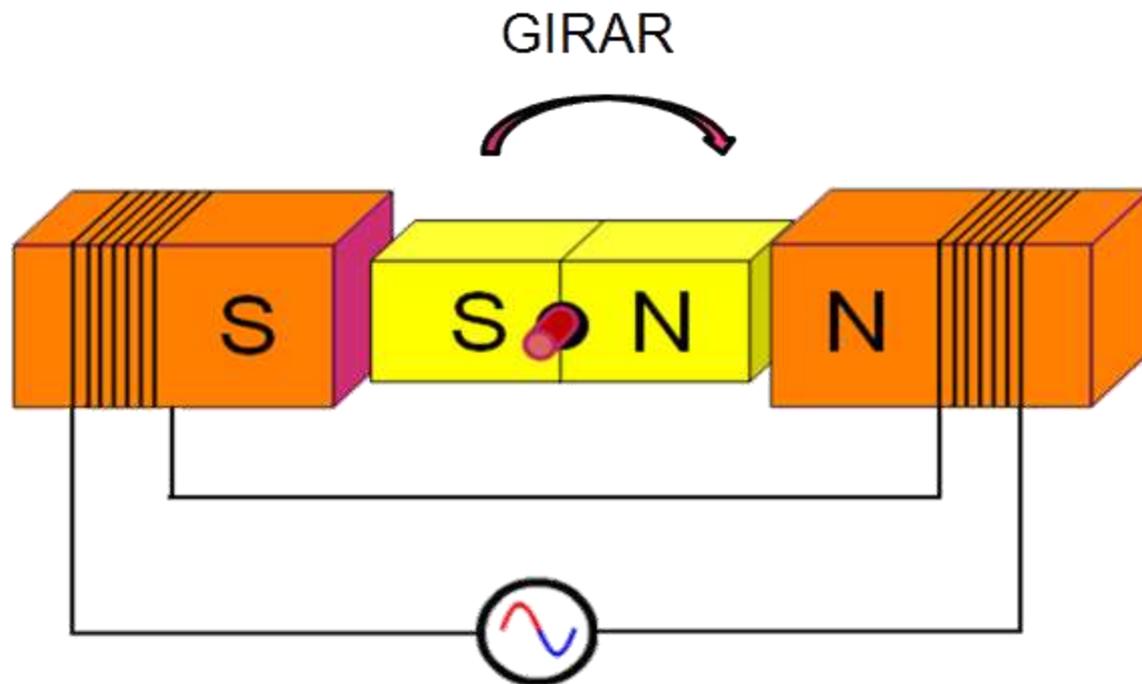
## ACCION DE LAS FUERZAS MAGNÉTICAS.

Cuando se coloca un imán sobre un eje cerca de un electroimán, las fuerzas magnéticas producidas por el electroimán, hacen girar al imán hasta que los **polos opuestos** quedan frente a frente.



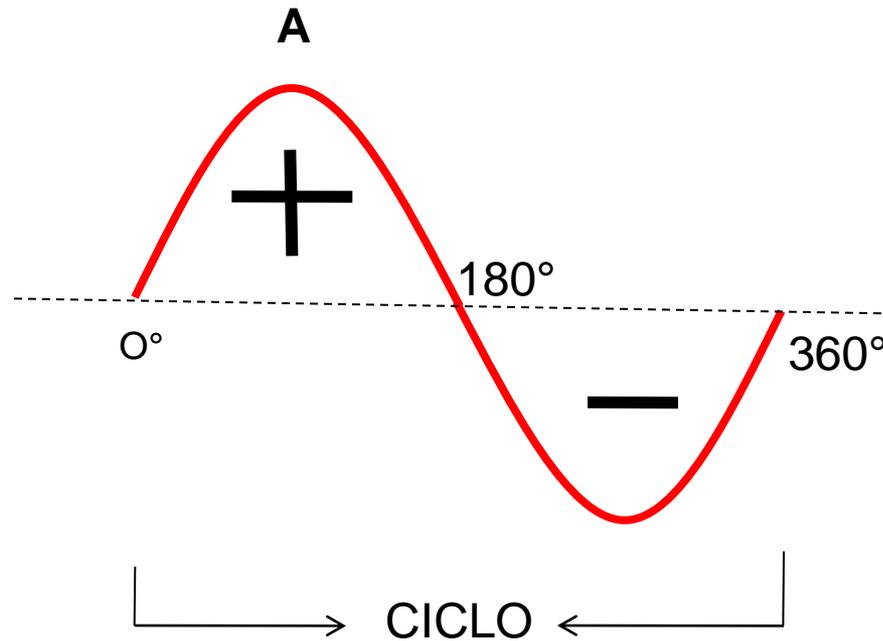
Si se invierte la corriente del electroimán, sus polos se invierten, por lo cual el imán gira nuevamente.

**La atracción y repulsión** de las fuerzas magnéticas, mantienen al imán girando constantemente. (Básicamente es el principio de funcionamiento del motor).

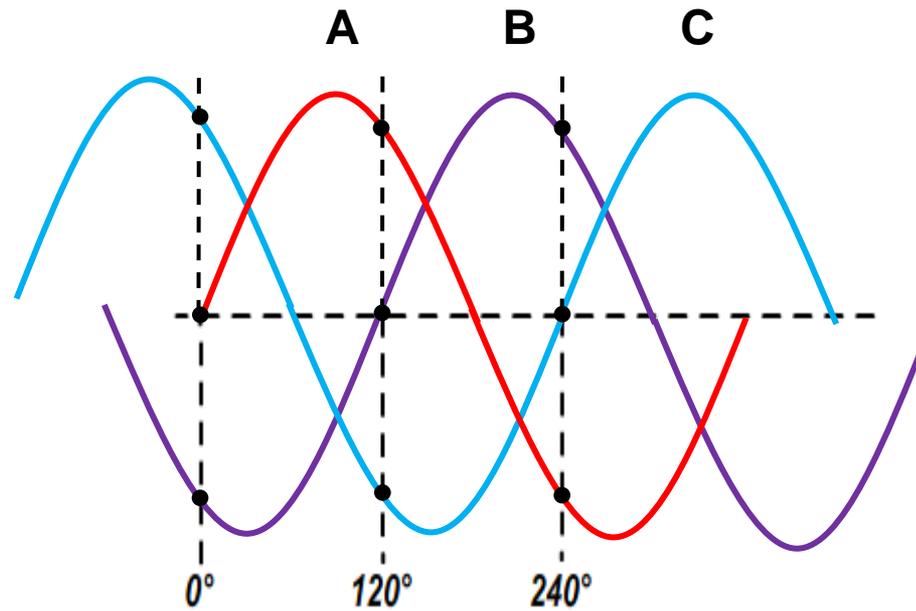


# LA CORRIENTE ALTERNA (C.A.).

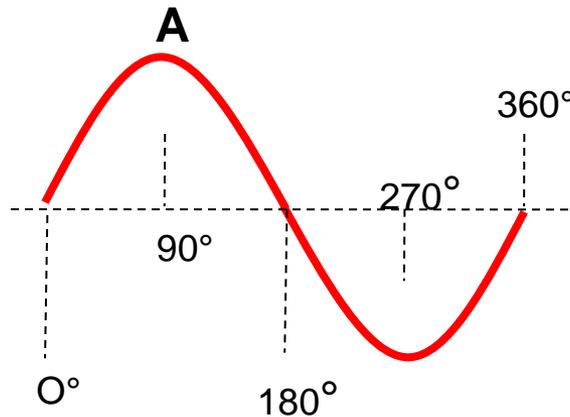
Esta corriente cambia constantemente de **valor y de sentido** fluye primero en una dirección y luego en la otra. A este recorrido se le llama **ciclo**. Al tiempo que tarda en completarse un ciclo se le conoce como **periodo** (1/60 seg.). Y la **frecuencia** es el número de ciclos que se realizan en un segundo (Hertz).



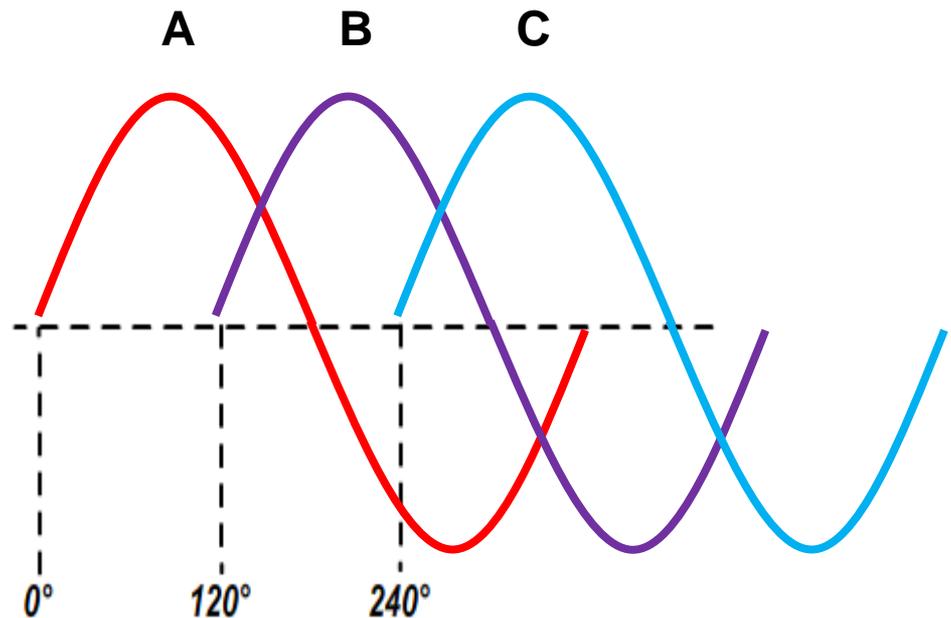
# LA CORRIENTE ALTERNA TRIFASICA (C.A.)



La C.A. puede ser Monofásica (127 volts 60 Hertz). En un ciclo cambia su polaridad. Y con esta operan los motores eléctricos Monofásicos.



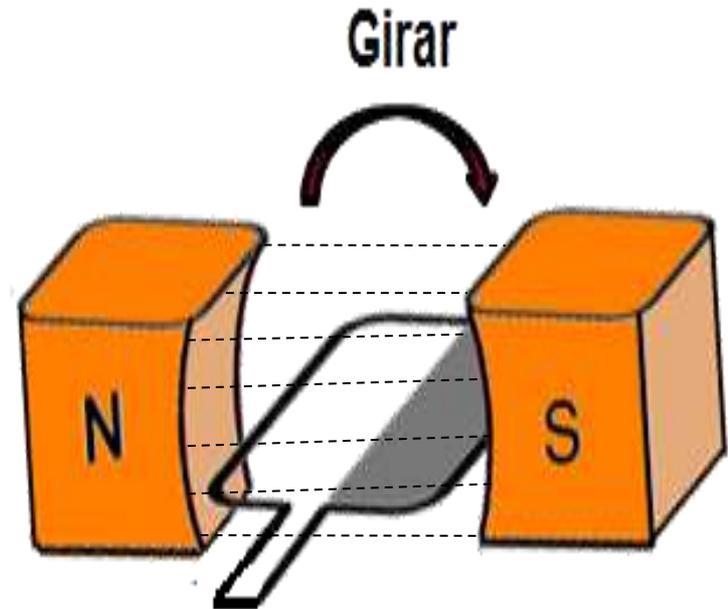
La C.A. también puede ser Polifásica; (tres fases separadas 120°), (220 volts entre fases 60 Hertz). Y con esta operan los motores eléctricos Trifásicos.



# ***INDUCCION ELECTROMAGNETICA.***

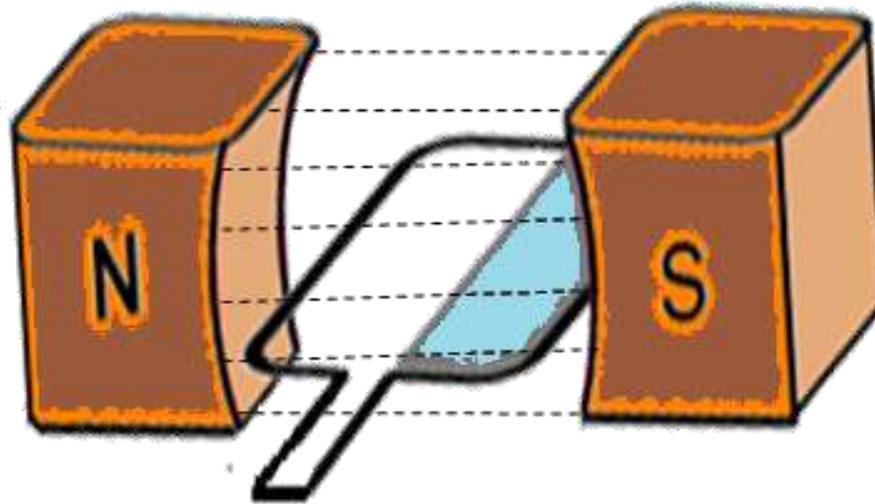
"Siempre que exista un movimiento relativo entre un campo magnético y un conductor cortando líneas de fuerza magnética, se producirá en los extremos de dicho conductor una fuerza electromotriz inducida" (voltaje).

La inducción **electromagnética** es el fenómeno que origina un voltaje y por lo tanto, una intensidad de corriente y esta a su vez, su propio campo magnético.



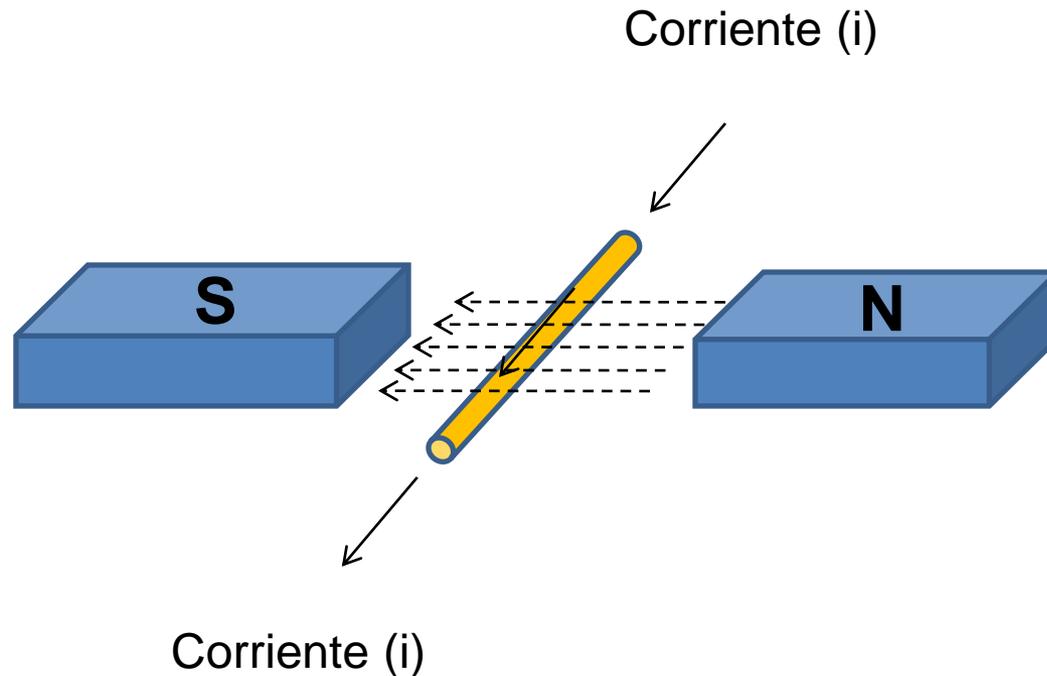
## LEY DE LENZ.

Dice que siempre que existe un fuerza electromotriz inducida (f.e.m. o voltaje), esta origina una circulación de corriente, que tiene un sentido tal que se opone a la causa que la produce.

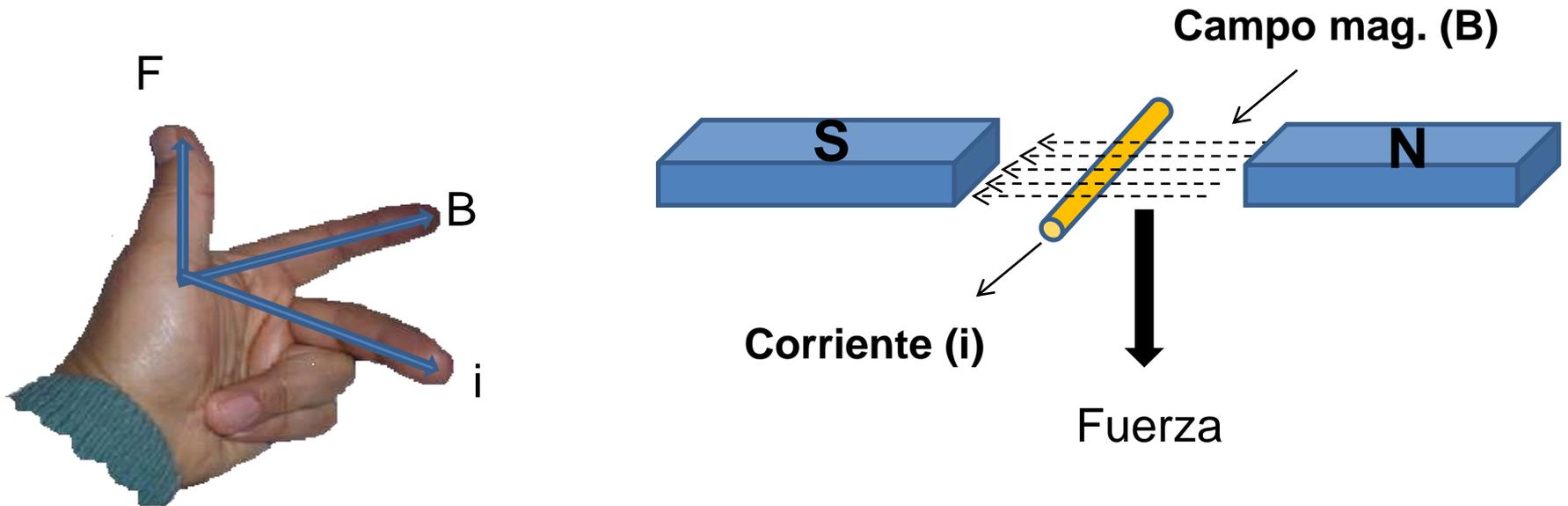


## LORENTZ.

Descubrió que si ponemos un conductor por el cual circula una corriente cortando un campo magnético, dicho conductor recibirá una fuerza que lo moverá.



Para determinar el sentido de la fuerza, **LORENTZ** postulo **la regla de la mano izquierda** Que dice: el dedo índice indica el sentido del campo magnético (**B**), el dedo medio el sentido que tiene la corriente (**i**); y en consecuencia el dedo pulgar indica el sentido en el que se desplazara el conductor (**F**).



## **MOTOR ASÍNCRONO O DE INDUCCION.**

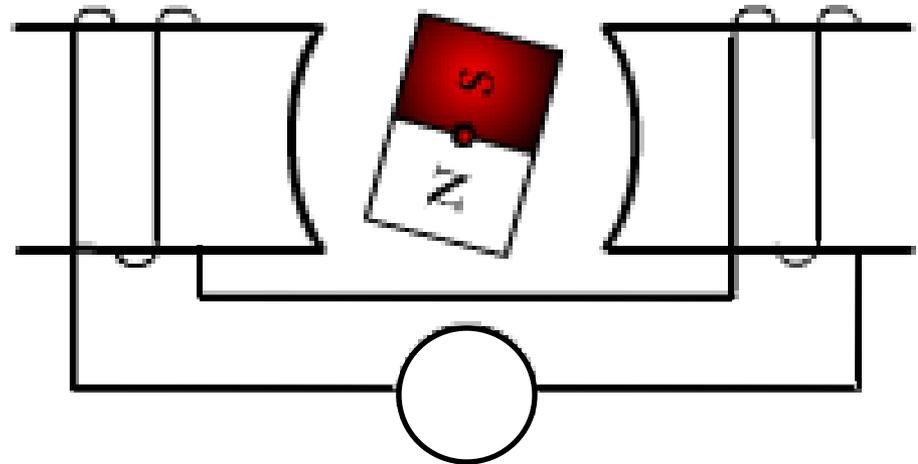
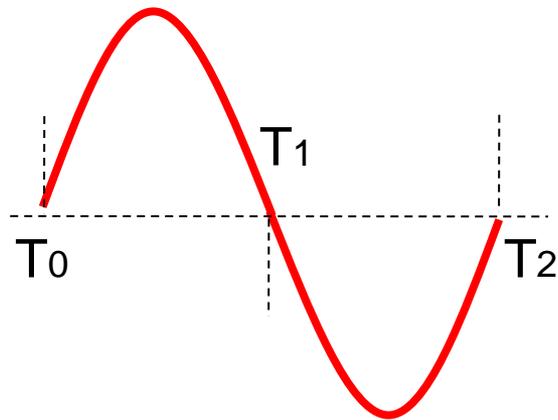
Es llamado Motor de inducción por no tener conexión física, entre la parte estática (estator) y la parte giratoria (rotor), pero si magnética y Motor asíncrono porque la velocidad del rotor es menor que la velocidad del campo magnético del estator.

## **FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL MOTOR ASÍNCRONO.**

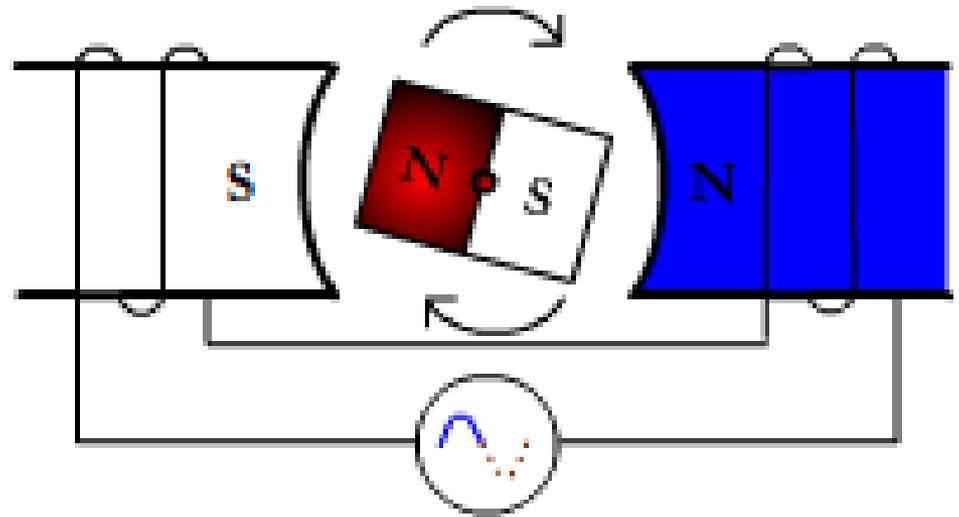
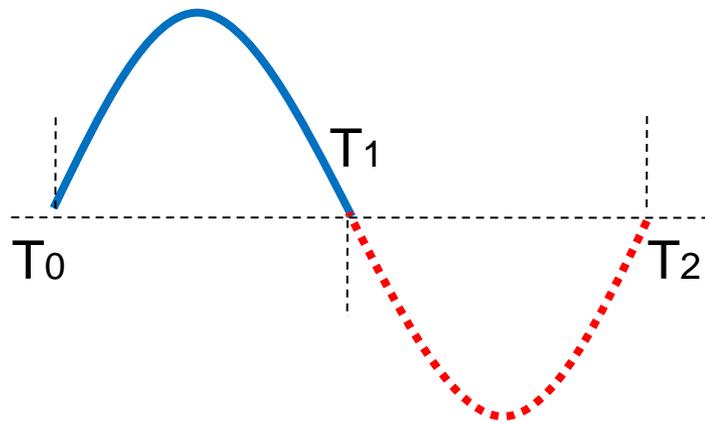
Cuando el motor tiene un solo devanando en el inductor (estator), al conectar la corriente alterna, cada medio ciclo cambia de polaridad, o sea con efectos magnéticos contrarios que hace se anulen entre sí, evitando que el motor arranque. Es decir el motor únicamente vibra al tratar de girar hacia uno u otro lado. **El rotor se comporta como si fuese un imán permanente (por inducción).**

Analicemos el funcionamiento en tres momentos,  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ; (un ciclo).

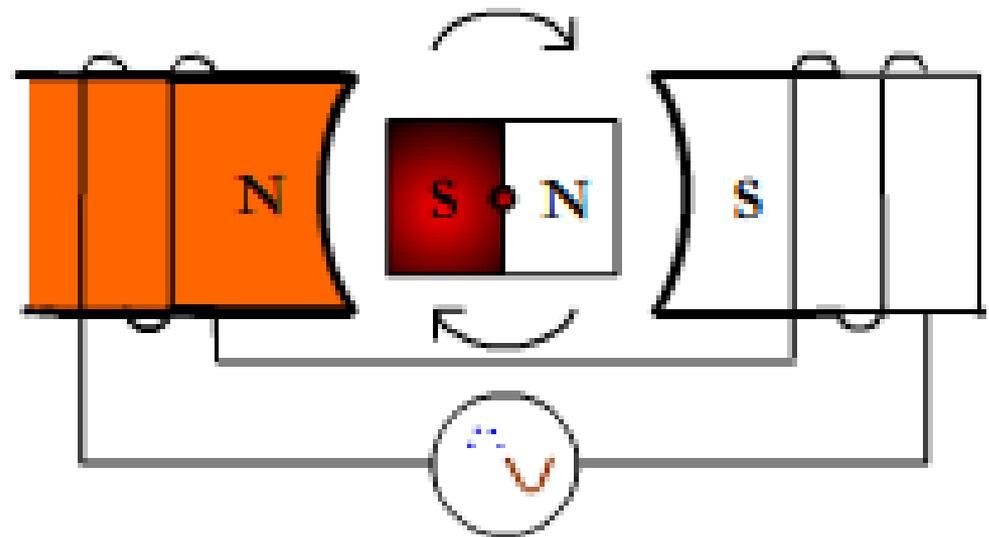
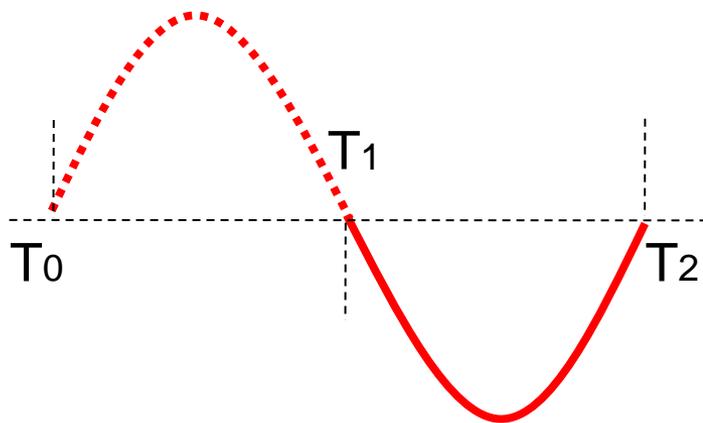
En el tiempo  $T_0$ , el valor de la C.A. es cero, por tanto el estator esta desconectado, no hay corriente, no hay campo magnético, el rotor esta libre puede girar para un lado o para el otro.



En el tiempo  $T_0 - T_1$ , el valor de la C.A. es máxima en un punto, y vuelve a cero en  $T_1$ , (medio ciclo positivo) por tanto el estator esta conectado, circula corriente eléctrica por el conductor originando un campo magnético, (norte y sur), el rotor gira al ser atraído o repelido para un sentido, hasta quedar alineado con el estator, por inercia el rotor gira un poco más ya que en  $T_1$ , la C.A. es cero y desaparece el campo magnético.



En el tiempo  $T_1 - T_2$ , el valor de la C.A. es máxima en un punto, y vuelve a cero en  $T_2$ , (medio ciclo ahora, negativo) por tanto el estator esta conectado, hay corriente eléctrica originando un campo magnético invertido, (norte y sur), el rotor sigue girando para el mismo lado repelido y atraído por los campos magnéticos que se formaron nuevamente y por la inercia que traía en  $T_1$ .



Cabe mencionar que si el estator fuera conectado permanentemente el ciclo se repite para mantener girando el rotor.

**Se hace notar que el rotor** por la inercia tiene una ligera inclinación que hace posible empiece a girar. Si el rotor queda en posición paralela a la del campo, la rotación no sería posible. Por lo tanto no hay seguridad que el motor arranque por si solo. Para ello se requiere **impulsarlo. Por** otra parte si el rotor se hubiese inclinado al otro lado el giro sería invertido.

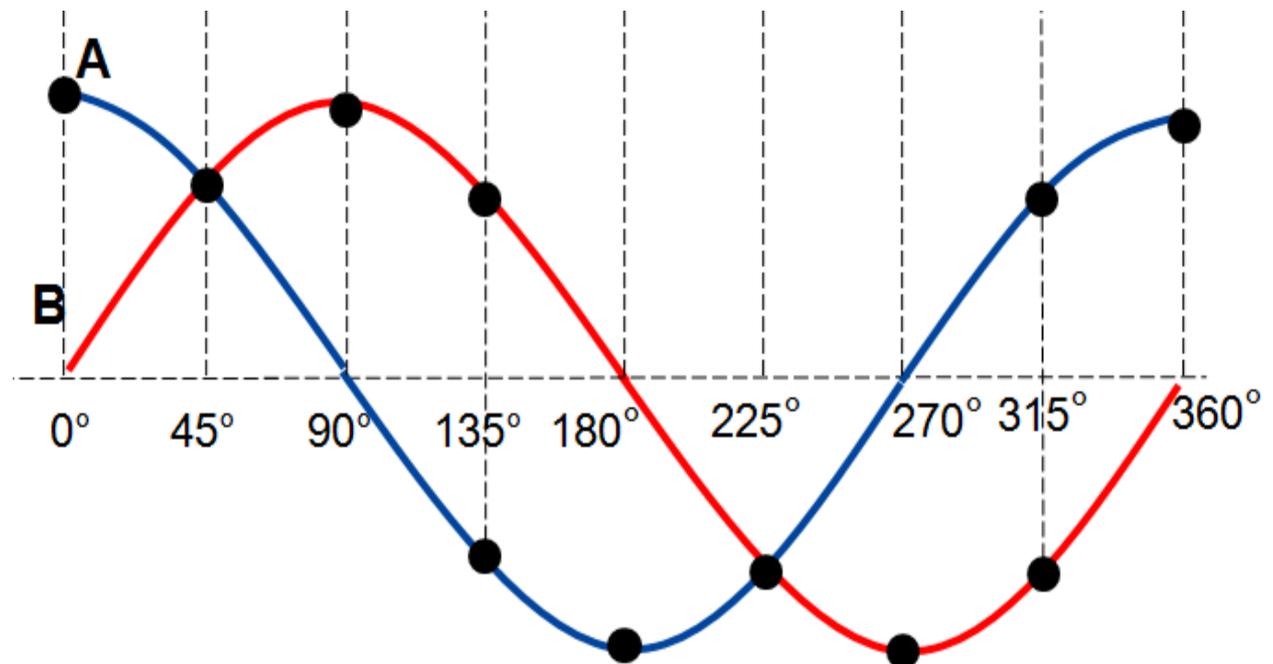
**Conclusión:** Para poner en marcha un motor de C.A. es necesario hacerlo girar a mano en la dirección deseada. En la práctica esto no es posible, por tanto, para su funcionamiento requiere como condición, **un campo magnético giratorio en el entre-hierro.** De esta manera los polos giratorios atraerían a los polos opuestos del rotor.

En motores monofásicos de C.A. el efecto se produce **dividiendo una fase.**

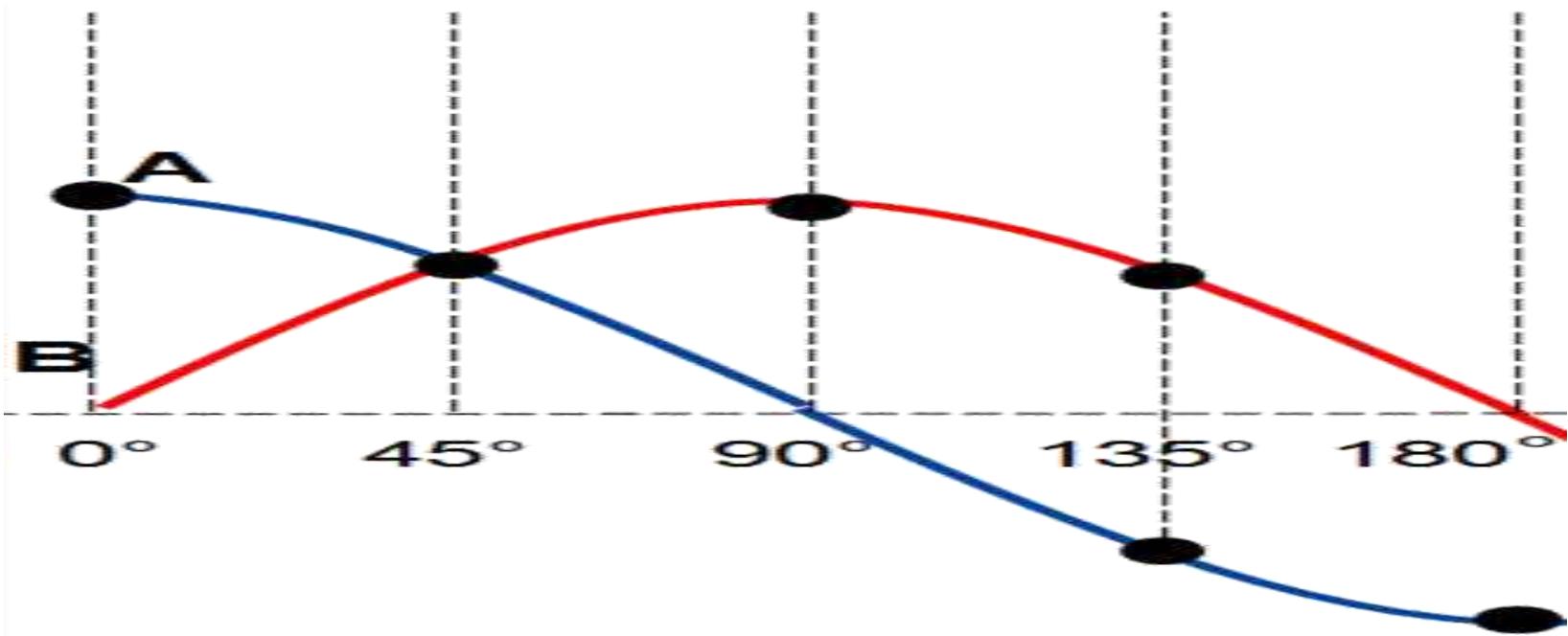
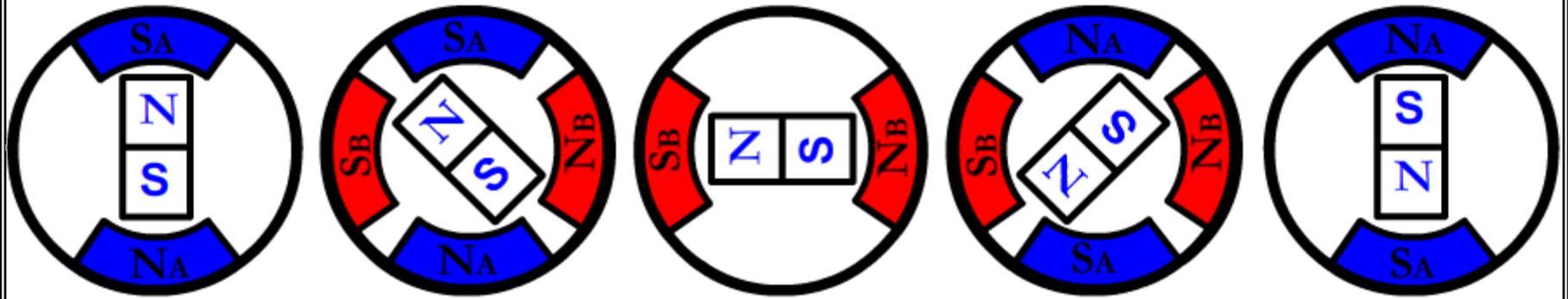
## CAMPO MAGNETICO GIRATORIO

Si se divide la entrada de C.A. En **dos** corrientes alternas desfasadas  $90^\circ$  entre si, mediante la colocación de un devanado (auxiliar), en el estator especialmente dispuesto. En un motor de C.A., es posible producir alternadamente una serie de polos electromagnéticos que producen el efecto de un **campo magnético giratorio**.

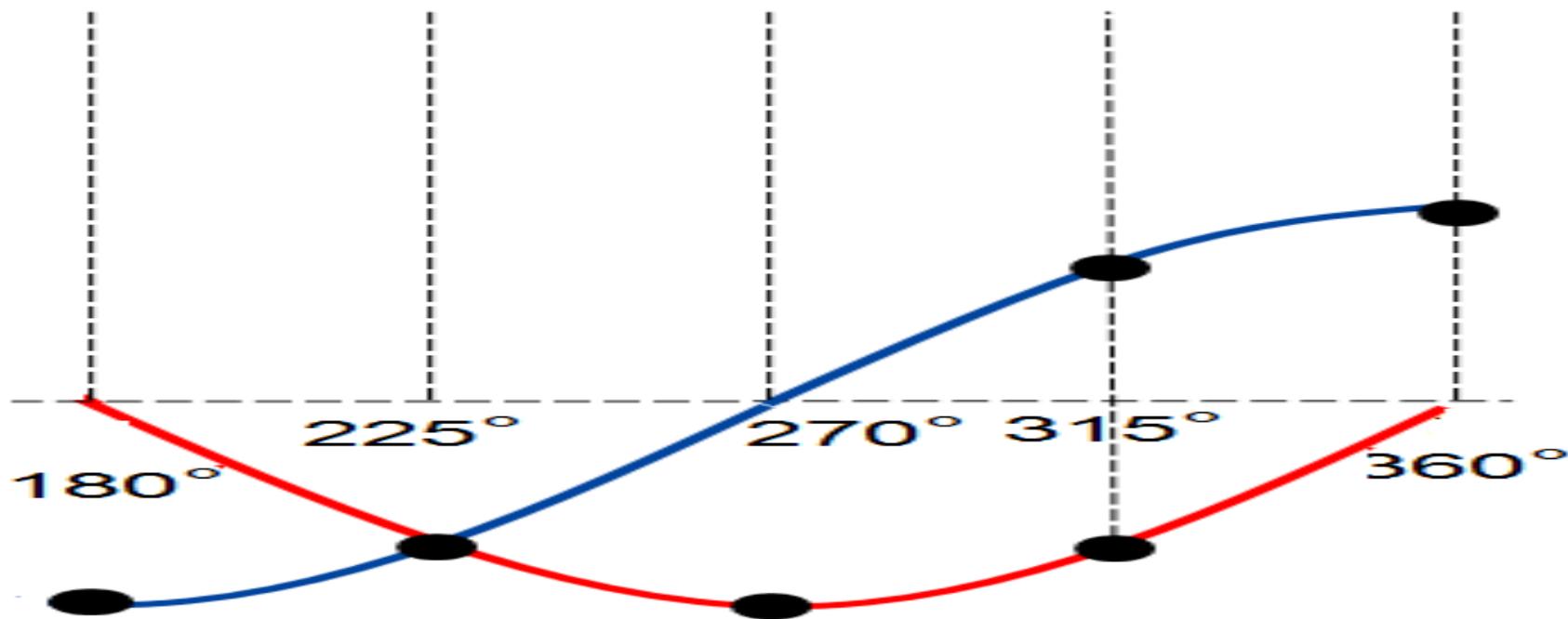
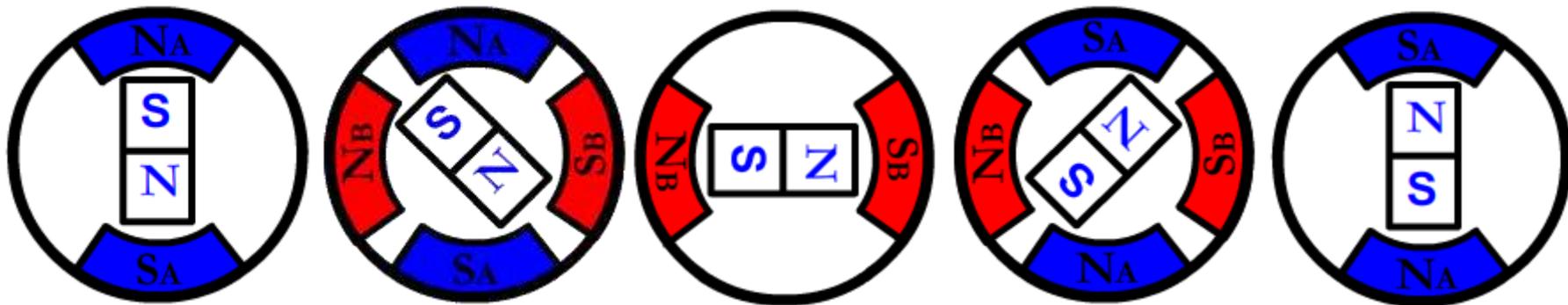
Si analizamos esta grafica al conectar el estator de un motor de C.A. cada  $45^\circ$  se vería el efecto en el rotor tal como sigue.



# ANALIZANDO MEDIA VUELTA (0° a 180°)



# ANALIZANDO MEDIA VUELTA (180° a 360°)



## **PAR.**

Los motores eléctricos son máquinas que convierten energía eléctrica en mecánica, la atracción repulsión de los polos magnéticos producidos por las corrientes del inducido e inductor, causan la rotación del inducido. Tales fuerzas dan lugar a un efecto, llamado **par ó momento de rotación**. Este se puede calcular con la siguiente expresión matemática.

$$T = \frac{H.P. \times 746}{n}$$



$$T = \text{PAR (Kg m)}$$

$$\text{HP} = \text{POTENCIA}$$

$$n = \text{VELOCIDAD rpm}$$

## VELOCIDAD SÍNCRONA.

La velocidad de un motor síncrono es decir las revoluciones por minuto de este, están determinadas por la **frecuencia** de la C.A; por el número de **polos** que tiene, y se calcula por la siguiente expresión matemática:

$$n_s = \frac{f \times 120}{P}$$



**n<sub>s</sub>** = Velocidad Síncrona

**f** = Frecuencia (Hz)

**P** = Número de polos

En un motor **asíncrono**, (inducción) la velocidad real siempre es menor que la velocidad **síncrona**, esto da lugar a lo que llamamos **DESLIZAMIENTO**, lo cual resulta por pérdidas de energía eléctrica y mecánica, así como de la carga del motor.

El **deslizamiento** es la diferencia entre la velocidad real y síncrona en por ciento, el máximo permisible es del 15% para estar dentro de los límites de calidad.

**S** = Deslizamiento (%)

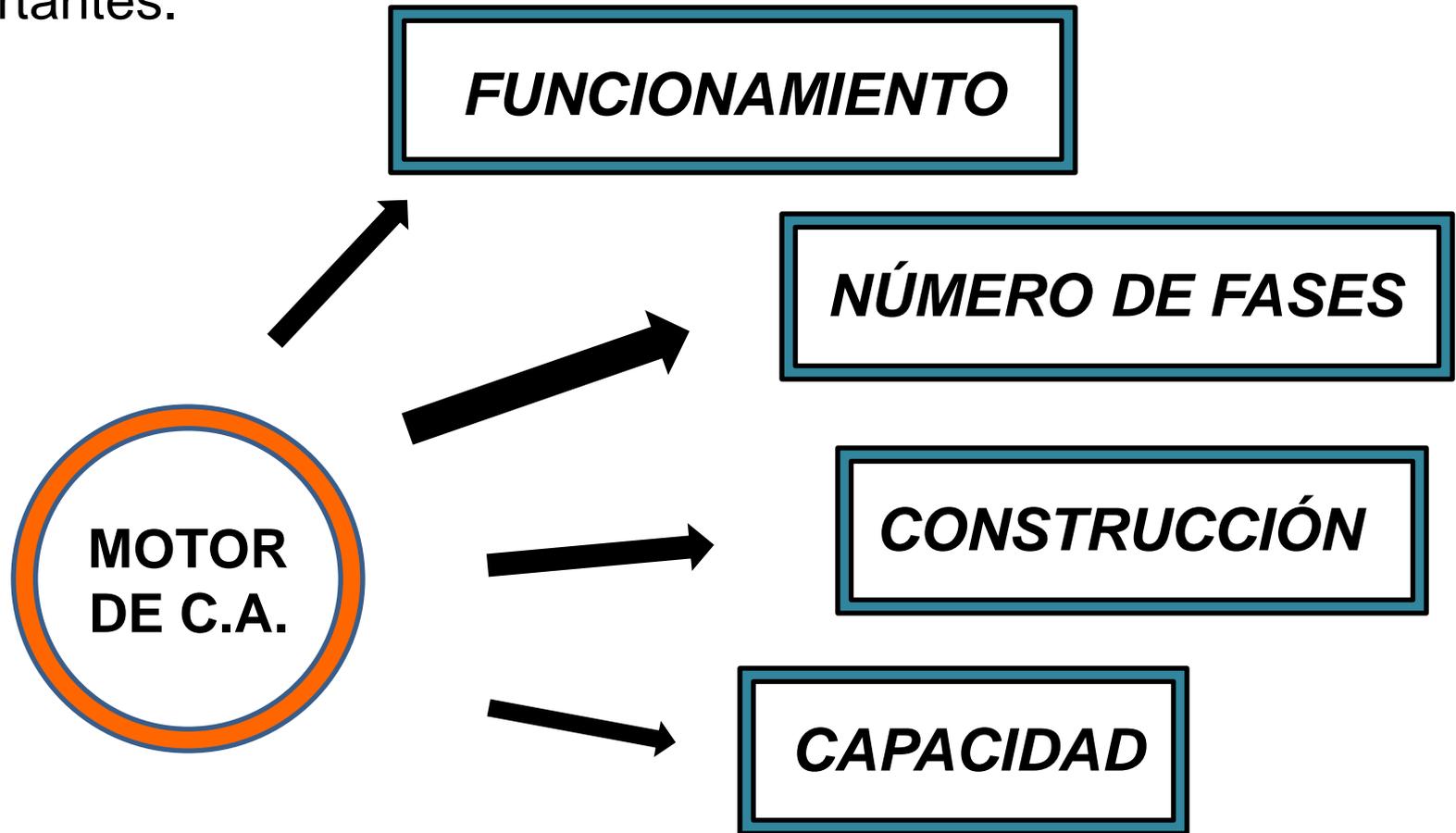
$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100$$

**ns** = Velocidad Síncrona (rpm)

**nr** = Velocidad Real (rpm)

# CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES DE C.A.

Los motores de corriente alterna se pueden agrupar de diferentes maneras: por sus características se mencionarán los más importantes.

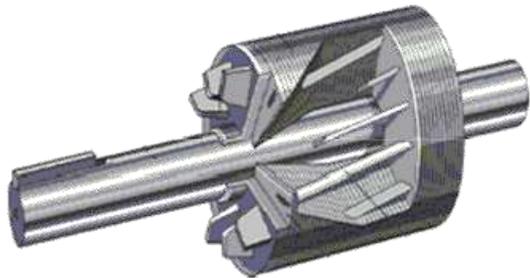


# 1.- Por su funcionamiento.

Los motores de corriente alterna se dividen en:

\*Motores **Asíncronos**  
(rotor jaula de ardilla)

En estos la velocidad sufre variaciones sensibles con la carga.



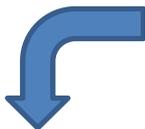
\*Motores **(Síncronos)**  
(rotor devanado)

Son aquellos cuya velocidad es constante sea cual sea la carga desarrollada.



## 2.- Por su número de fases.

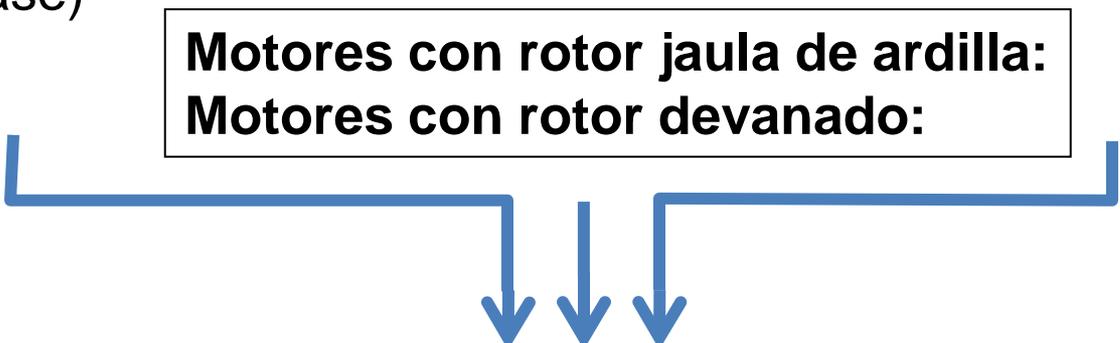
Los **motores** de corriente alterna según la corriente de alimentación que han de recibir para su funcionamiento se dividen en:



a).- Monofásicos  
(una fase)  
127v.



b).- Trifásicos  
(tres fases)  
220/440v.



**Motores con rotor jaula de ardilla:**  
**Motores con rotor devanado:**

## a).- Monofásicos (una fase) 127v.

### Motores con rotor jaula de ardilla:

- 1.- Motores de fase partida.
- 2.- Motores de fase partida con capacitor de arranque .
- 3.- Motores de fase partida con capacitor permanente.
- 4.- Motores de fase partida con doble capacitor .
- 5.- Motores de polos sombreados.

Con devanado de arranque y/o trabajo

### Motores con rotor devanado:

- 6.- Motor de arranque a repulsión. (**ya no existe**)
- 7.- Motor universal

Solo Tienen devanado de trabajo

**b).- Trifásicos (tres fases) 220/440v.**

**Motor Asíncrono**

**con  
rotor jaula de ardilla:**

**Motor Síncrono**

**con  
rotor devanado**

**con  
rotor jaula de ardilla**

**Estos motores solo Tienen devanado de trabajo**

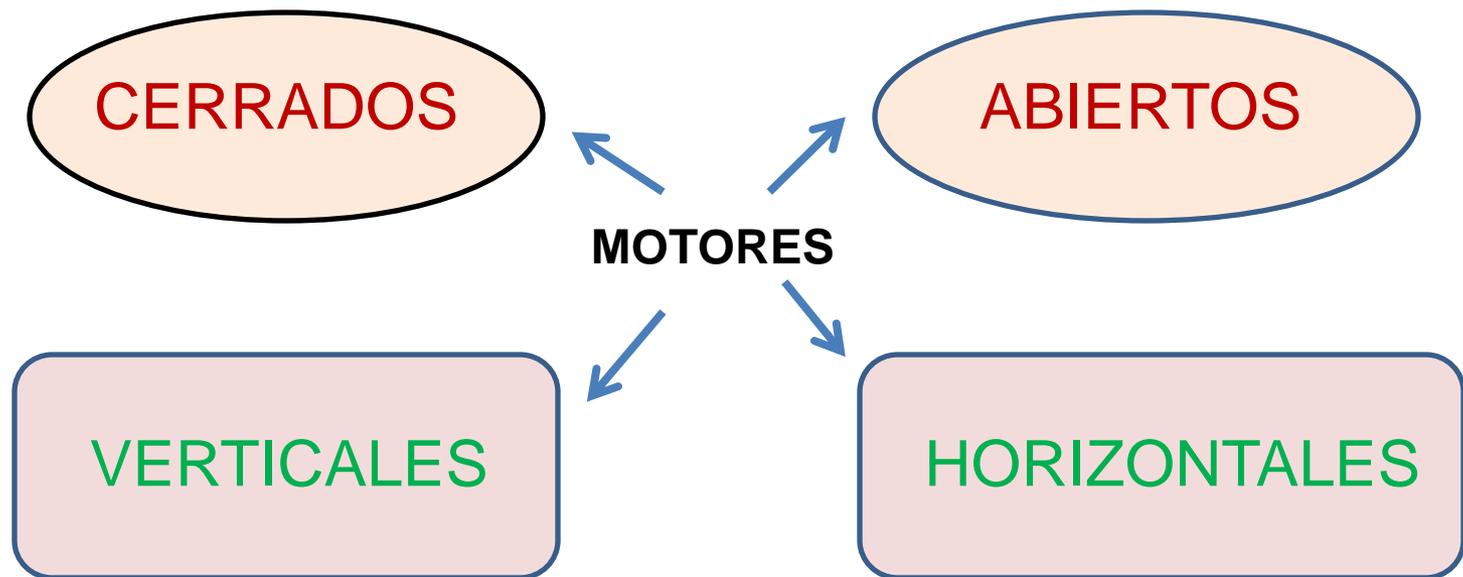
### 3.- Por su capacidad

La capacidad de los motores está dada por la potencia mecánica en H.P. (Caballos de fuerza) que desarrollan y son los siguientes:

FRACCIONARIOS	Son aquellos que su potencia es de $\frac{1}{4}$ a 1HP.
SUBFRACCIONARIOS	Son aquellos que su potencia es menor de $\frac{1}{4}$ HP.
INTEGRALES	Son los motores con más potencia, es decir que su capacidad es de 1HP en adelante.

## 4.- Por su construcción

Los motores en México se construyen bajo las normas **CONNIE** (Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica) o **NEMA** (Asociación Nacional de Manufactura Eléctrica), asociaciones que reglamentan las condiciones a que debe sujetarse la calidad del diseño y por su construcción se subdividen en:



## ABIERTOS

Este tipo de motores son diseñados con áreas abiertas, tanto en la carcasa como en las tapas laterales que sirven como ventilación natural, diseñados a modo que aún cuando estén expuestos a salpicaduras de algunos líquidos, no permitan que se infiltren dentro del motor.



## CERRADOS

Los motores cerrados son aquellos, que no tienen ningún lugar por donde se pueda filtrar el aire, polvo, ningún gas o líquido y son generalmente enfriados por agua o por agua y aire, estos motores se emplean en lugares en donde estén expuestos a polvos, gases o substancias corrosivas o atmósferas contaminadas. agua y sumergibles.



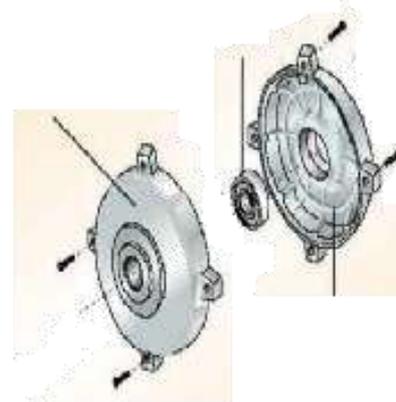
## MOTORES HORIZONTALES Y VERTICALES

Tanto los motores abiertos como los cerrados, se fabrican para trabajar horizontal o verticalmente y puedan ser montados en piso, pared o techo.



# PARTES DE UN MOTOR ELECTRICO

Aunque los motores difieren en muchos aspectos, estructuralmente las partes fundamentales son :



**ESTATOR**  
**CARCAZA**  
**ROTOR**  
**TAPAS LATERALES**  
**COJINETES**  
**VENTILADOR**



## ESTATOR.

Es una parte fija, compuesta por un conjunto de láminas de acero al silicio que forman el núcleo y varias bobinas montadas en ellas, que generan un campo magnético potente en los motores de corriente alterna.



## ROTOR.

Parte que gira sobre su eje, puede ser tipo jaula de ardilla o rotor devanado y es el que transmite la fuerza mecánica, cuenta con núcleo y una flecha la cual gira sobre sus rodamientos.



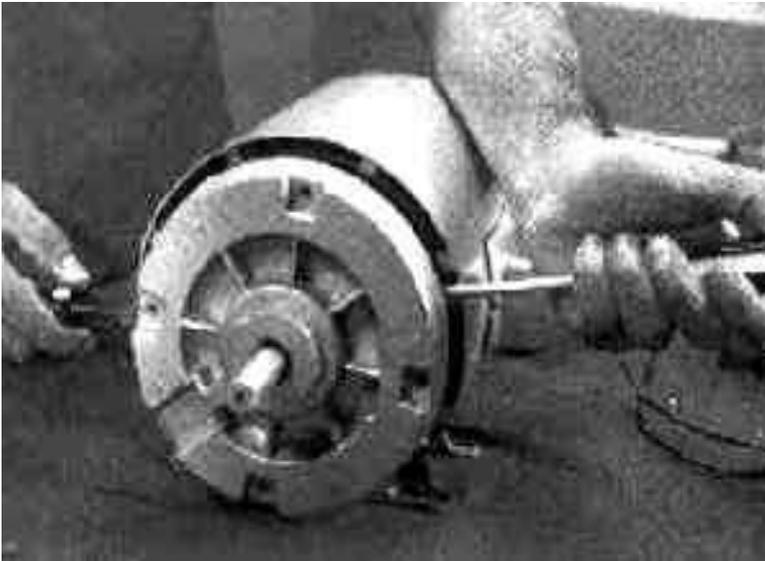
## CARCASA.

Es la envoltura de la máquina, sirve como soporte mecánico de las partes integrantes del motor, la base sirve para su fijación, el material empleado para su fabricación depende del tipo del motor, de su diseño y de su aplicación, puede ser abierta, cerrada, a prueba de explosiones, etc.



## TAPAS LATERALES.

Estas sirven de protección para las partes internas del motor así como la carcasa, mantiene el rotor alineado y da soporte a los cojinetes.



## COJINETES.

Formado por rodamientos para disminuir la fricción de la flecha al girar sobre las tapas, generalmente son baleros de bolas, lubricados con grasa o aceite.



## VENTILADOR.

Sirve para enfriar y mantener al motor a temperatura normal,, ya que por efecto de la corriente eléctrica esta se eleva. Fabricados de termoplástico (motores de baja potencia) y de aluminio (motores de mayores potencia).



# UNIDAD DOS

## *MOTORES MONOFASICOS DE C.A.*



## ***MOTORES MONOFÁSICOS DE INDUCCIÓN.***

Los motores monofásicos experimentan una grave desventaja, por tener una sola fase en el estator, en la dificultad de su arranque su devanado produce un campo magnético alterno que es incapaz de producir el movimiento giratorio para que el motor empiece a girar, un motor de inducción no tiene par de arranque. Es por ello que se clasifican en función del método empleado para iniciar el giro del rotor (arranque) y los hay con rotor jaula de ardilla y con rotor devanado.



# **MOTORES MONOFÁSICOS**

## **ROTOR JAULA DE ARDILLA**

- 
- 1.- Motor de fase partida.
  - 2.- Motor de fase partida con capacitor de arranque
  - 3.- Motor de fase partida con capacitor permanente.
  - 4.- Motor con doble capacitor
  - 5.- Motor de polos sombreados.

## **ROTOR DEVANADO**

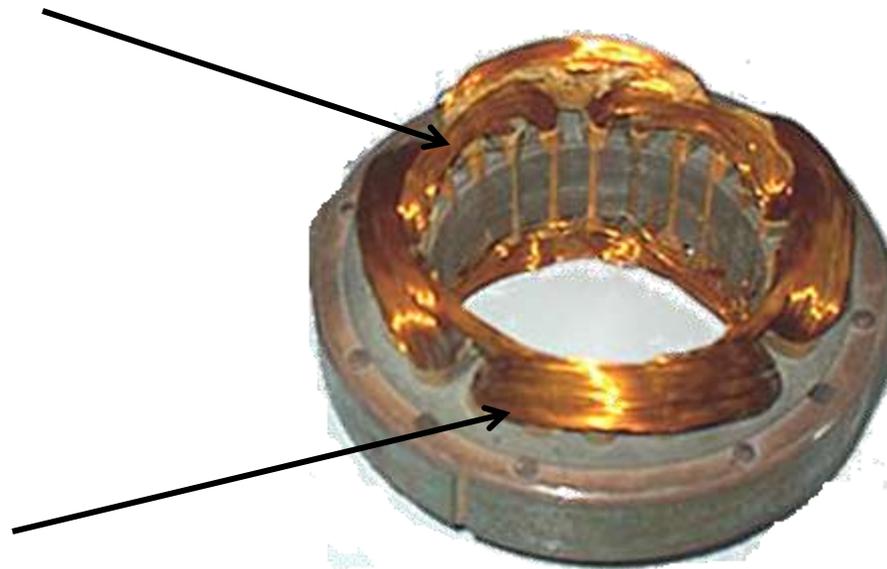
- 
- 6.- Motor de Arranque a Repulsión.  
(en la actualidad no existen)
  - 7.- Motor Universal

## 1.- MOTOR DE FASE PARTIDA

Son motores monofásicos de inducción con rotor jaula de ardilla, que tienen en el estator (inductor) dos devanados, de características diferentes conectados en paralelo con la fuente de C.A.

a.- Devanado de arranque o auxiliar.

b.- Devanado de trabajo o principal.



## **DEVANADO DE ARRANQUE O AUXILIAR.**

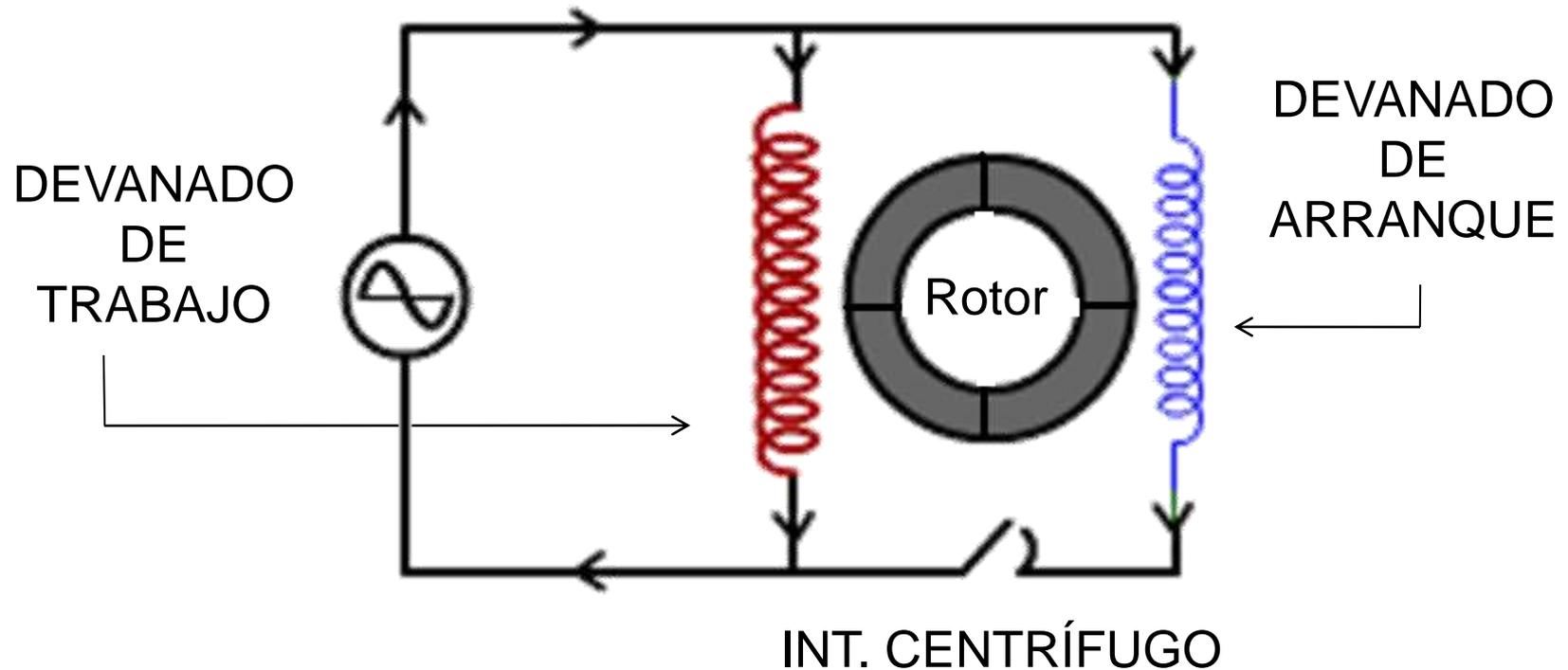
Este devanado tiene menos vueltas de alambre de cobre y es de menor diámetro, Por lo tanto tiene una alta resistencia y baja reactancia inductiva., este devanado es desconectado por un interruptor centrifugo, después del arranque del motor.

## **DEVANADO DE MARCHA O DE TRABAJO**

El devanado de marcha, también llamado de trabajo contiene, mas vueltas de alambre de cobre y su calibre es mayor, pero de menor resistencia eléctrica con una reactancia grande.

Con estas características en los devanados, logramos crear un campo magnético giratorio, que será la suma de dos campos alternos y desfasados  $90^\circ$  entre sí.

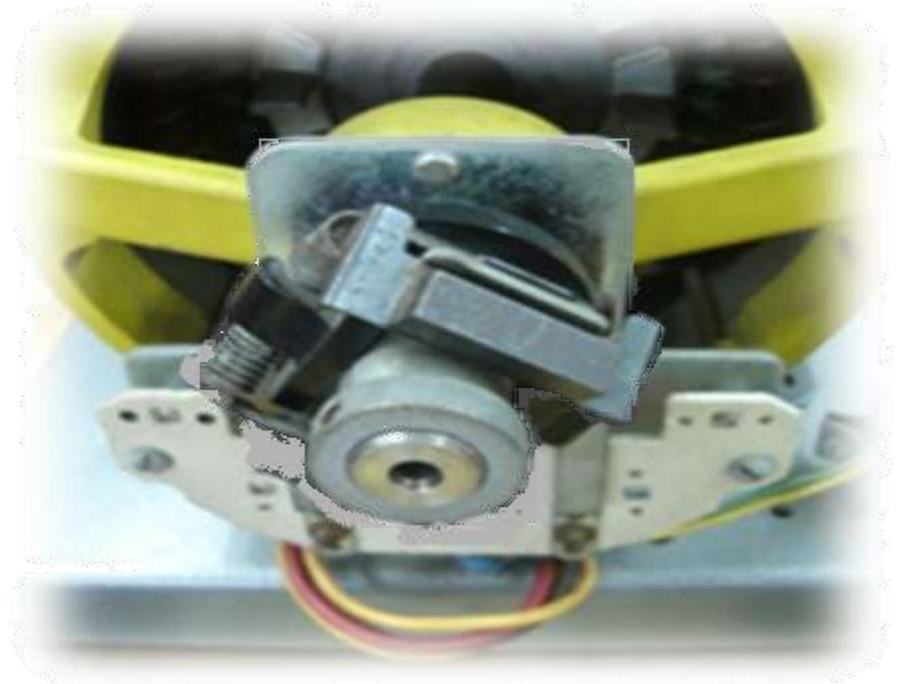
# MOTOR DE FASE PARTIDA



La corriente que circula en este motor se deriva por los devanados de trabajo y de arranque, la corriente que los excita al recorrerlos a destiempo, origina un campo magnético del tipo giratorio. El devanado auxiliar se desconecta por un interruptor centrífugo.

El **interruptor centrífugo** es un interruptor eléctrico, que funciona con la **fuerza centrífuga** creada desde un eje de rotación, Aquí el interruptor se utiliza para desconectar el circuito del devanado auxiliar. una vez que el motor se aproxime al 70% de su velocidad de funcionamiento.

Cuando se detiene, el resorte vuelve al interruptor, a su posición original dejándolo cerrado nuevamente, para cuando se vuelva a energizar pueda hacer que se establezca el campo magnético giratorio y arranque el motor nuevamente.



## ***CARACTERÍSTICAS DE TRABAJO.***

POTENCIA MECANICA	HASTA UN H.P.
CORRIENTE DE ARRANQUE	4 – 7 VECES LA NOMINAL
PAR DE ARRANQUE	BAJO
FACTOR DE POTENCIA	60 %
VELOCIDAD	CONSTANTE CON CARGA
DESLIZAMIENTO	1 – 4 %
PERDIDAS	CONSIDERABLES
RENDIMIENTO	REGULAR
CAMBIO DE GIRO	INVERTIR TERMINALES DEVANADO DE ARRANQUE

## ***CAMBIO DE GIRO.***

Cuando las corrientes en los devanados llevan el mismo sentido el rotor gira para un lado, para invertirlo, hay que cambiar entre sí las conexiones del devanado auxiliar.

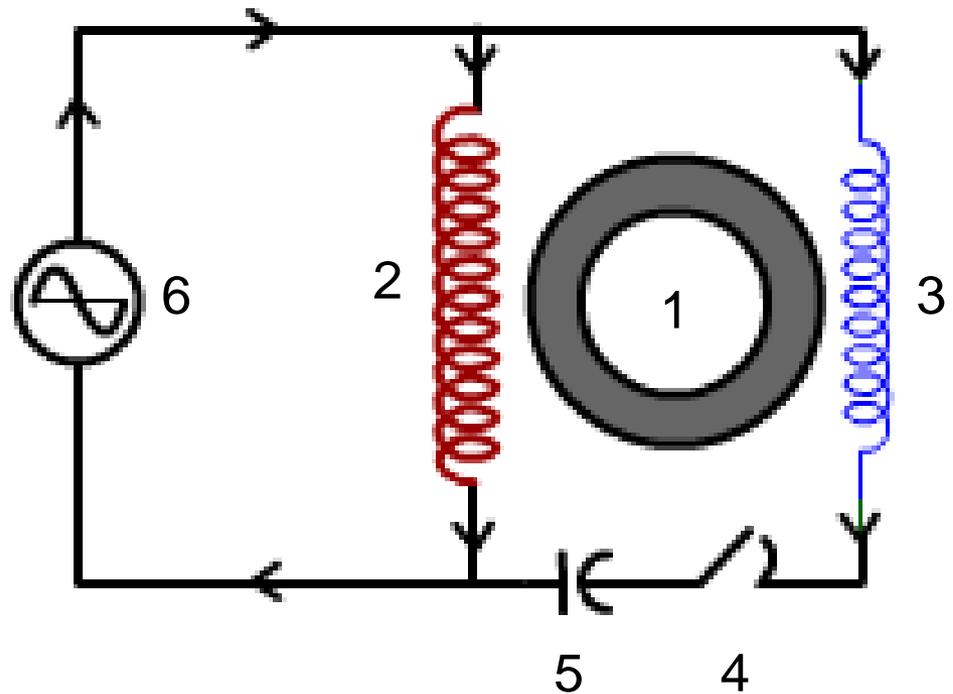
## ***APLICACIONES.***

Debido a sus características, estos motores tienen pocas aplicaciones, Generalmente son motores fraccionarios y se usan en aspiradoras, lavadoras de ropa, maquinas de coser, ventiladores, compresores de aire, bombas de agua. Etc.

## 2.- MOTOR DE FASE PARTIDA CON CAPACITOR DE ARRANQUE.

Es un motor monofásico que trabaja por inducción, tiene dos devanados uno de trabajo y el otro de arranque o auxiliar. Así como un interruptor centrífugo y un **capacitor**.

- 1.- ROTOR
- 2.- DEVANADO DE TRABAJO
- 3.- DEVANADO DE ARRANQUE
4. CENTRÍFUGO
- 5.- CAPACITOR
- 6.- FUENTE DE C.A.



## ***MOTOR DE FASE PARTIDA CON CAPACITOR DE ARRANQUE .***

Estos motores son monofásicos idénticos a los anteriores con una sola diferencia, que en el circuito del devanado de arranque o auxiliar, tienen conectado entre éste y el interruptor centrífugo, un capacitor de baja capacidad (gran reactancia inductiva) cuya función es la de hacer que la corriente se adelante a la tensión en dicho devanado haciendo que el campo magnético giratorio inicial, se establezca en mejores condiciones que el que se origina en los motores sin capacitor, ocasionando un par de arranque más potente porque ahora el desfaseamiento entre la corriente del devanado de arranque y el de trabajo es mayor, aproximadamente de  $90^\circ$ .

## ***CARACTERÍSTICAS DE TRABAJO.***

POTENCIA MECANICA	HASTA 7.5 H.P.
CORRIENTE DE ARRANQUE	3 – 5 VECES LA NOMINAL
PAR DE ARRANQUE	POTENTE
FACTOR DE POTENCIA	60 % - 70 %
VELOCIDAD	CONSTANTE CON CARGA
DESLIZAMIENTO	1 – 4 %
PERDIDAS	PEQUEÑAS
RENDIMIENTO	REGULAR
CAMBIO DE GIRO	INVERTIR TERMINALES DEVANADO DE ARRANQUE

# ***APLICACIONES***

Estos motores también tienen pocas aplicaciones por el gran inconveniente que presenta la necesidad de requerir de un interruptor centrífugo que desconecte al devanado de arranque que generalmente es el que llega a fallar, pues al no desconectarse ocasiona que siga circulando una corriente por dicho devanado, que por ser muy delgado el conductor del cual está hecho se llegue a dañar. Se emplean en aparatos eléctricos del tipo doméstico como en algunas lavadoras, ventiladores, aspiradoras, etc., en la industria en bombas centrífugas, en ventiladores y extractores de aire.

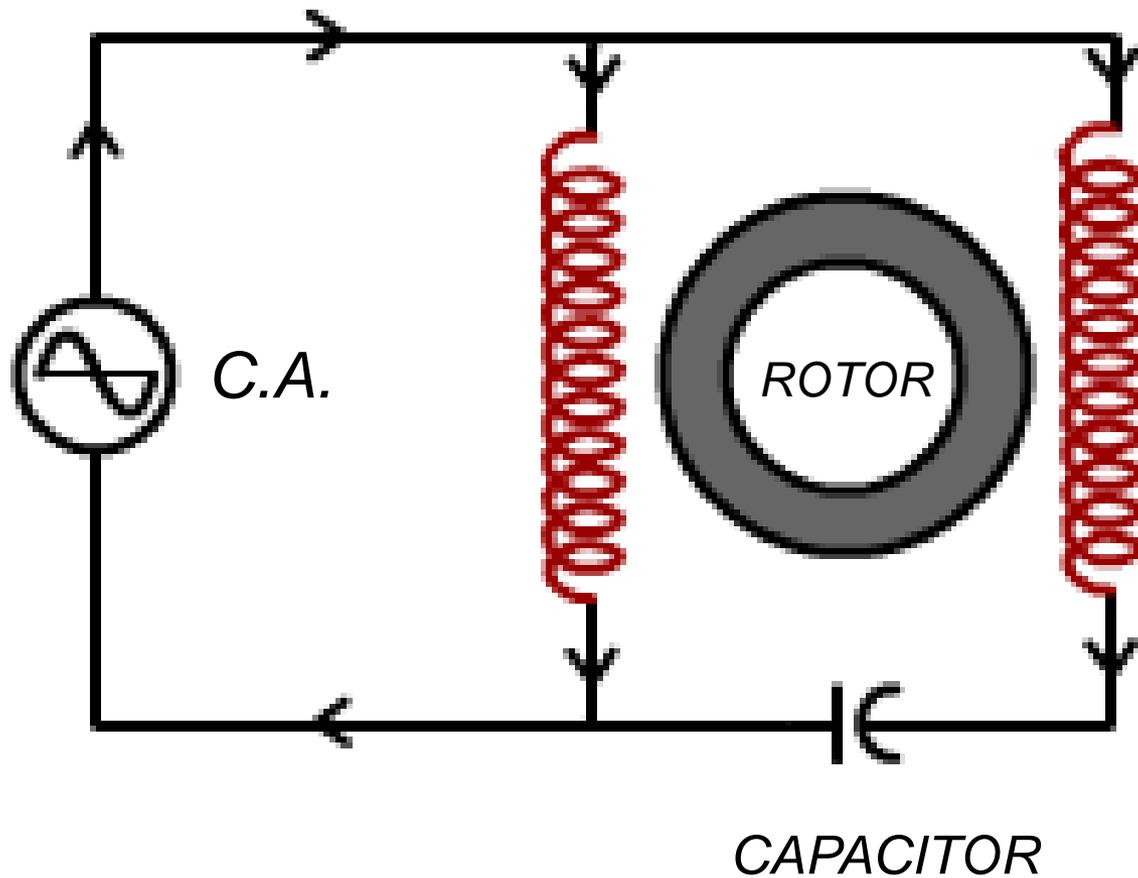
### **3.- MOTOR DE FASE PARTIDA CON CAPACITOR PERMANENTE.**

#### **CARACTERÍSTICAS:**

- \*MONOFÁSICOS**
- \*TRABAJAN POR INDUCCIÓN**
- \*ROTOR JAULA DE ARDILLA**
  
- \*DOS DEVANADOS DE CARACTERISTICAS IGUALES: CONECTADOS EN PARALELO CON LA FUENTE DE C.A; EN UNO DE ELLOS SE TIENE CONECTADO EN SERIE UN CAPACITOR.**

# **MOTOR DE FASE PARTIDA CON CAPACITOR PERMANENTE.**

*DEVANADOS DE TRABAJO*



## ***FUNCIONAMIENTO:***

LOS MOTORES DE ESTE TIPO ARRANCAN Y TRABAJAN EN VIRTUD DE LA DESCOMPOSICION DE LA FASE QUE PRODUCEN LOS DOS DEVANADOS IDENTICOS DESPLAZADOS EN TIEMPO Y ESPACIO



EL CAPACITOR SE DISEÑA PARA SERVICIO CONTINUO Y SU VALOR SE BASA MAS EN SU CARACTERISTICA DE MARCHA OPTIMA QUE EN LA DE ARRANQUE.

. EN CONSECUENCIA LA CORRIENTE AL INSTANTE DE SU ARRANQUE ES MUY BAJA Y POR LO TANTO TIENEN UN **BAJO PAR DE ARRANQUE.**

ESTE TIPO DE MOTOR SE PRESTA AL CONTROL DE VELOCIDAD VARIANDO EL VOLTAJE DE SUMINISTRO.

EL SENTIDO DE GIRO PUEDE VARIARSE INVIRTIENDOLA CONEXIÓN EN CUALQUIEA DE LOS DEVANADOS.

# ***CARACTERÍSTICAS DE TRABAJO***

- \*No usan interruptor centrífugo.
- \*Usan un condensador de aceite, el cual soporta variaciones de corriente y reduce descomposturas.
- \*Trabajan hasta 7.5 HP.
- \*Su velocidad es constante.
- \*Toman poca corriente de arranque.
- \*Su rendimiento es más alto.

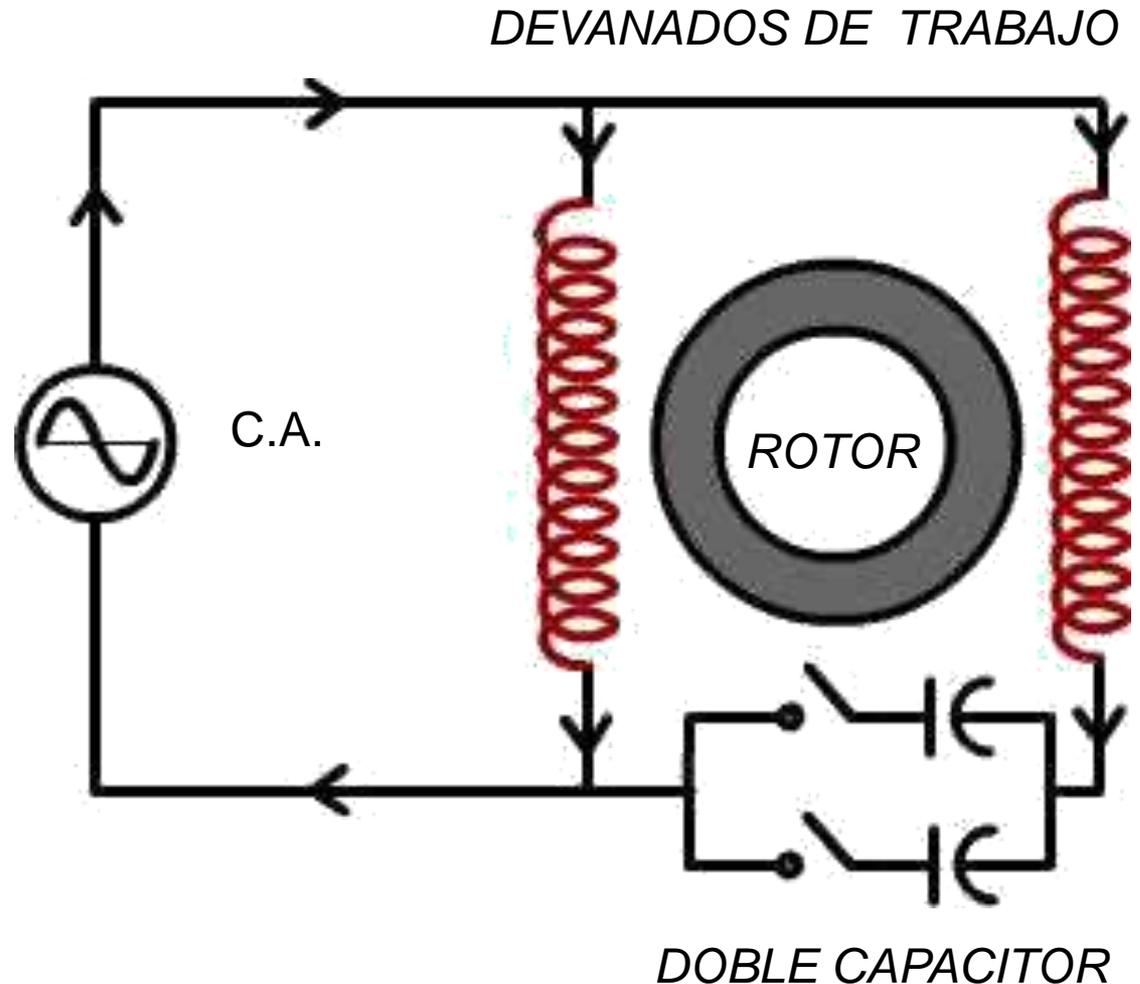
# ***APLICACIONES.***

- + Lavadoras.
- + Aspiradoras.
- + Lavaplatos.
- + Refrigeradores.
- + Bombas Hidráulicas
- + Compresores etc.



## 4.- MOTOR CON DOBLE CAPACITOR

Estos motores son idénticos a los de capacitor permanente, la única diferencia es que, en lugar de tener un capacitor, tienen dos, uno de arranque y otro de marcha.



## **FUNCIONAMIENTO.**

se emplea otro capacitor de gran capacidad que produzca un par de arranque potente para que el motor pueda arrancar moviendo cargas grandes, y una vez logrado desconecte el capacitor de arranque y conecte al capacitor de marcha para que así continúe operando el motor como si fuera uno de capacitor permanente.

## **APLICACIONES.**

Este motor se emplea en donde se requiera arrancar con gran carga, como en grandes lavadoras, extractores o aspiradoras tipo industrial, etc.

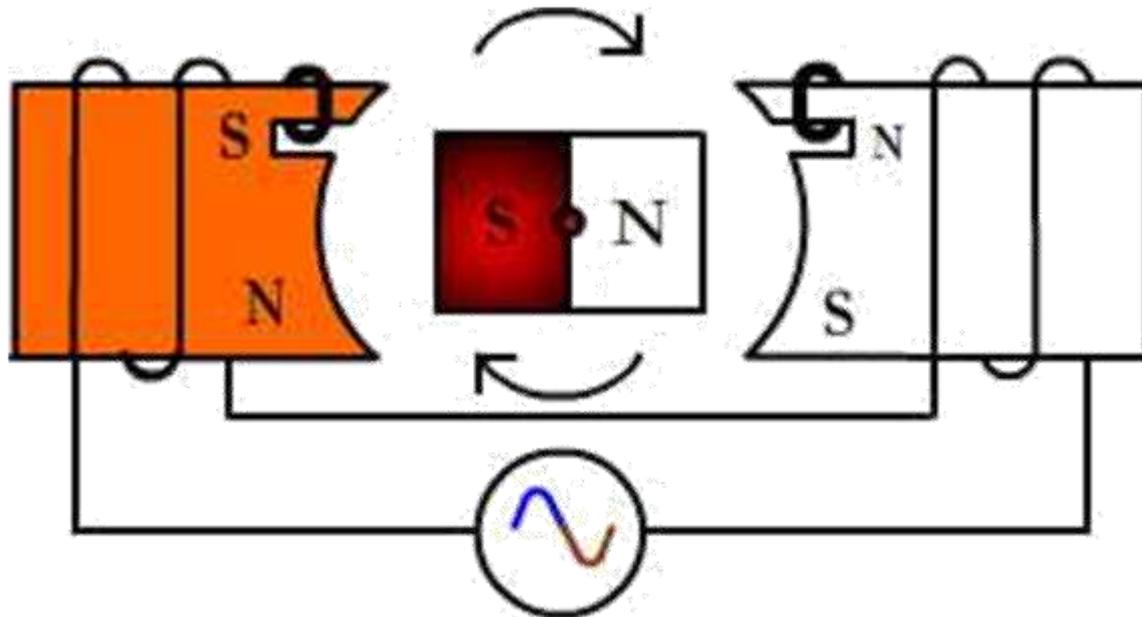
## **5.- MOTOR DE POLOS SOMBREADOS**

Este motor es en general pequeño, de potencia fraccionaria no mayor a  $\frac{1}{4}$  de H.P. La gran ventaja es ser muy simple solo un devanado monofásico un rotor jaula de ardilla y un diseño especial de polos que tiene en los extremos, una ranura en donde se aloja una espira de cobre macizo en corto circuito (bobina de sombra) separada del embobinado principal.



## **FUNCIONAMIENTO:**

Al ser conectado el estator a la C.A. de inmediato circula una corriente por el inductor formando un campo magnético que a su vez inducirá una fem no solo al rotor sino a la espira en corto circuito, creando en esta un campo magnético en retraso tanto en tiempo como espacio, pequeño pero suficiente para producir un campo magnético rotatorio, originando de inmediato que el rotor gire también.



# **VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

ventajas: robusto, barato, pequeño, poco mantenimiento.

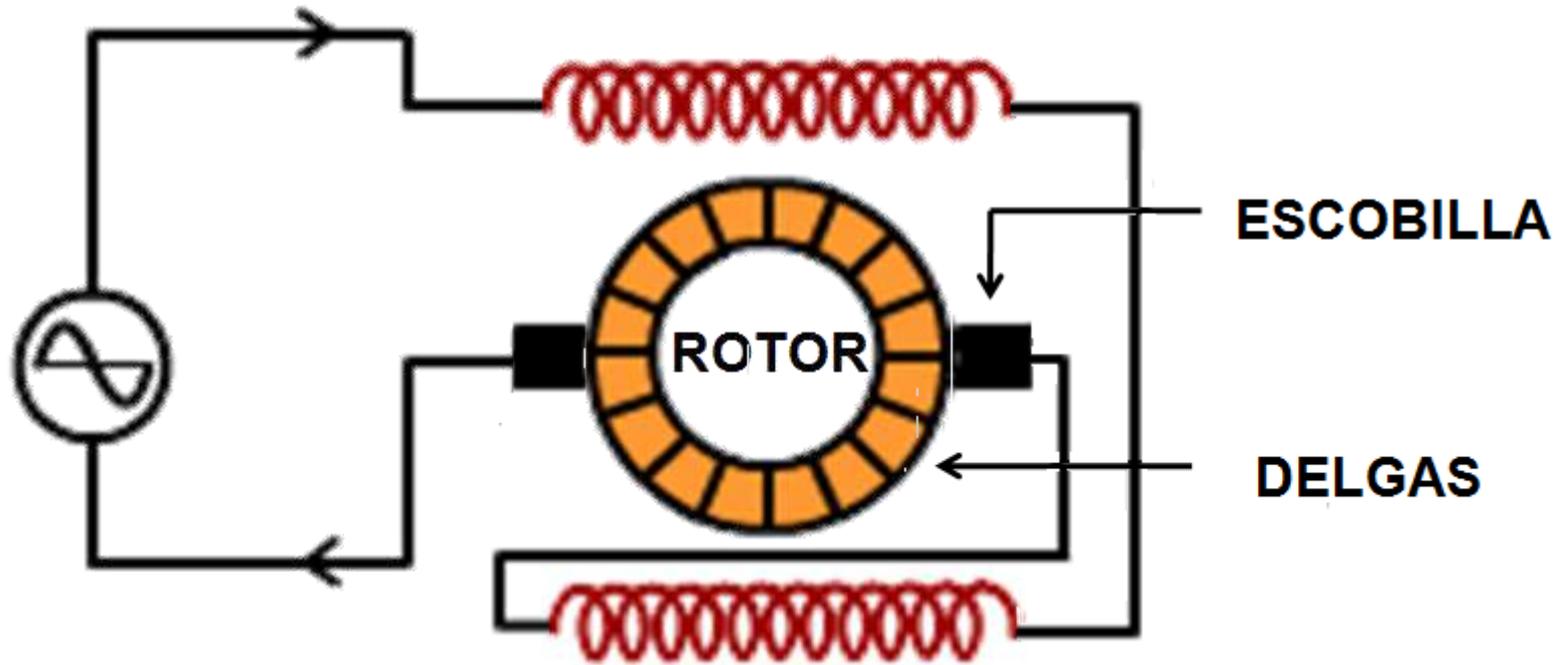
Desventajas: Bajo par de arranque, bajo factor de potencia, baja eficiencia y gira solamente en una dirección.

## **APLICACIONES.**

Su bajo par de arranque lo limita en sus aplicaciones, pero es muy usado en proyectores de cine, asadores eléctricos ventiladores sintonizadores de control remoto, en lo general cargas muy pequeñas.

## 7.- MOTOR UNIVERSAL.

Tiene dos devanados conectados en serie, uno como inductor, el otro como compensador, conectados también en serie con el devanado del rotor (inducido) a través de las delgas del conmutador en contacto con los carbonos o escobillas.



El motor universal tiene la propiedad de trabajar con C.A. y C.C., en el estator con sus dos devanados, uno es el inductor (devanado serie), el otro devanado compensador,

El devanado serie es de calibre grueso y de pocas espiras, su función es crear un campo magnético, sin embargo es muy débil comparado con el campo magnético que desarrolla el devanado del inducido (rotor) que le sirve para desarrollar un gran par, pero que a su vez es perjudicial en virtud de que induce en los núcleos de los devanados y en la misma carcasa, corrientes parásitas que hacen disminuir el rendimiento del motor, para reducir este efecto perjudicial, se utiliza el devanado compensador que crea un campo magnético de sentido contrario al que desarrolla el devanado del inducido (rotor) que lo reduce considerablemente y por lo tanto su efecto es mínimo.

## **FUNCIONAMIENTO.**

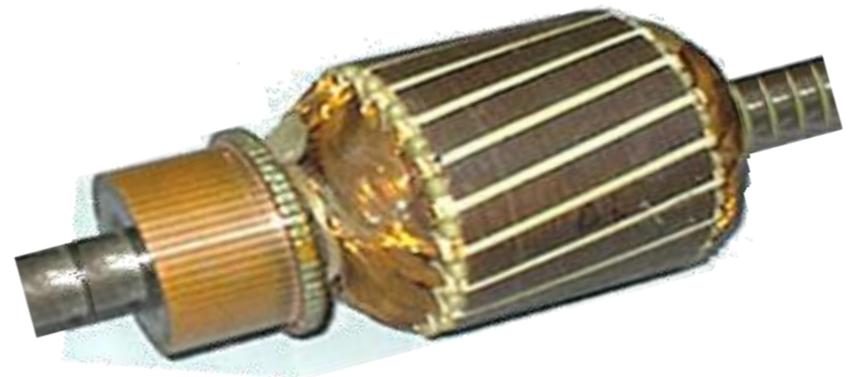
Al conectar el motor a una tensión apropiada, circula de inmediato una corriente eléctrica que recorre tanto al devanado del inductor (estator) como al del inducido (rotor) creando en ellos un campo magnético que al interaccionar entre sí, se produce el par de fuerzas necesarias para hacer girar al rotor.

El motor universal no trabaja por efectos inductivos que produzcan un campo magnético giratorio, sino por acción directa de la corriente en el rotor que desarrolla el par de arranque,, su rotor es devanado con conmutador, su potencia mecánica es fraccionaria, desarrolla un potente par de arranque a muy baja corriente, no tiene deslizamiento, regular factor de potencia, tiene un bajo rendimiento y es susceptible de dañarse con facilidad tanto su sistema de conmutación y escobillas como su rotor devanado.

El par de arranque se sitúa en 2 ó 3 veces el par normal  
La velocidad cambia según la carga. Cuando aumenta el par se disminuye la velocidad. Se fabrican para velocidades de 3000 a 8000 r.p.m., aunque los podemos encontrar para 12000 r.p.m.

## ROTOR DEVANADO

Para variar la velocidad necesitamos variar la tensión de alimentación, y esto se hace con una resistencia variable.



## **GIRO**

El cambio de giro es controlable, solo tenemos que intercambiar una fase en el estator o en el rotor. (solo uno de los dos)

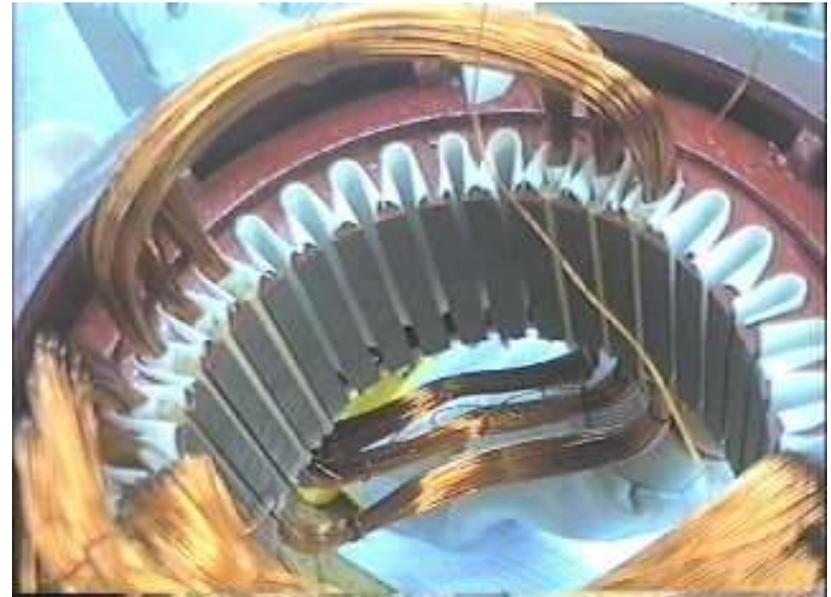
## **APLICACIONES.**

El motor universal tiene infinidad de aplicaciones en varios tipos de herramientas eléctricas por lo general portátiles tales como: taladros eléctricos, pulidoras, sierras, en aparatos eléctricos domésticos como licuadoras, batidoras, aspiradoras, etc.

Este tipo de motor se puede encontrar tanto para una máquina de afeitar como para una locomotora, esto da una idea del margen de potencia en que pueden llegar a ser construidos.

## CONEXIONES INTERNAS DE LOS MOTORES MONOFASICOS.

Los DEVANADOS de los motores están contruidos por GRUPOS DE BOBINAS, éstas a su vez por un conjunto de espiras y las espiras son alambres de cobre enrollados.



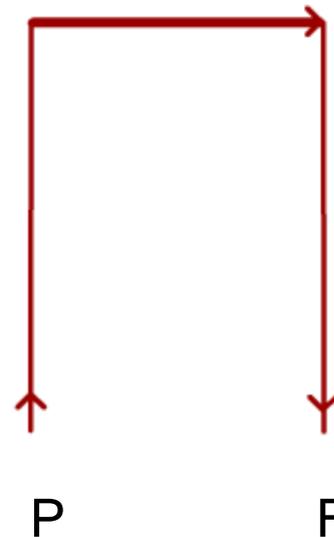
## TIPOS DE CONEXIONES.

La forma en que se pueden conectar las bobinas de un motor monofásico son en serie, paralelo y en forma mixta.

BOBINA DE (n espiras)



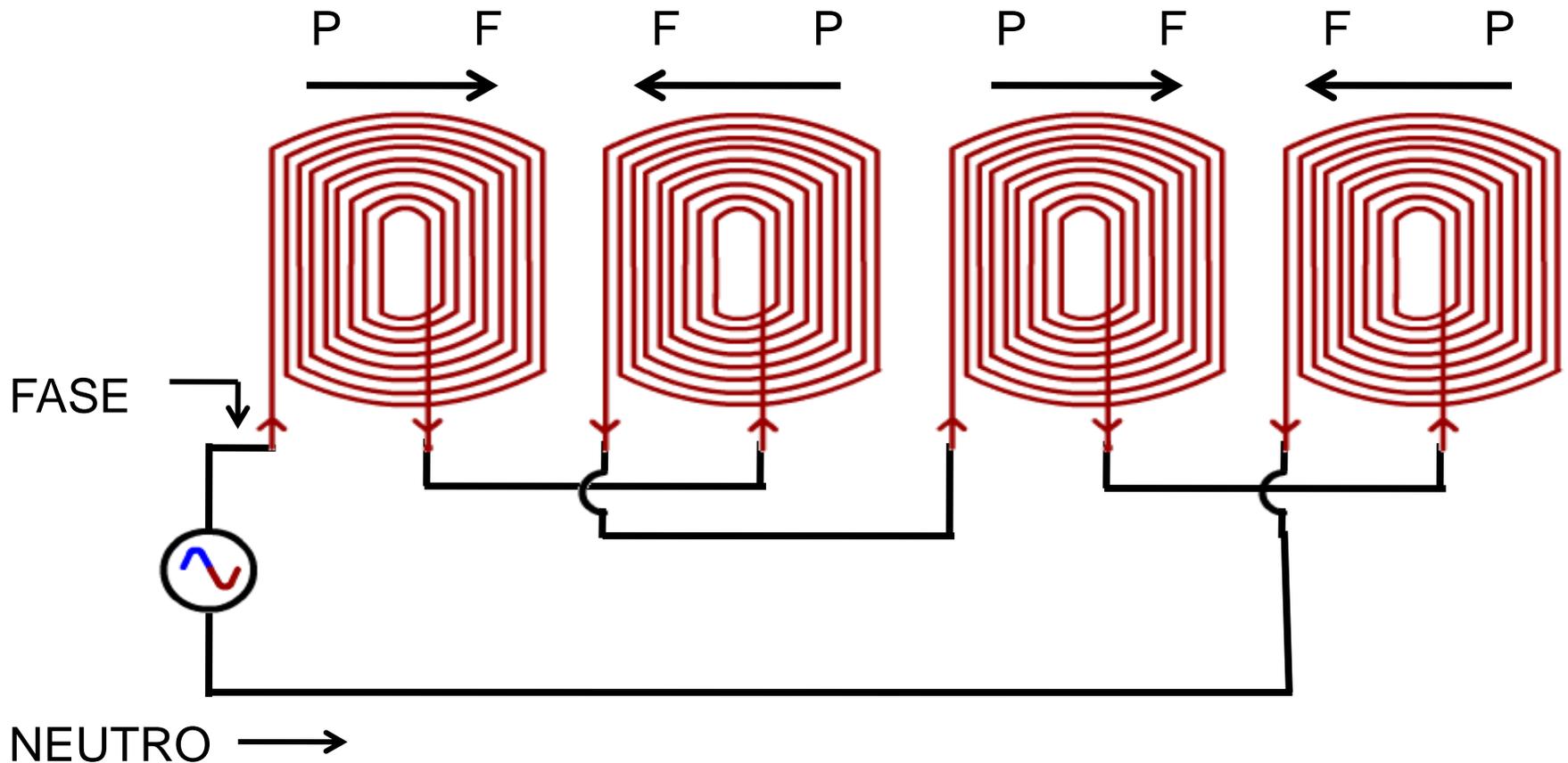
DIAGRAMA ESQUEMATICO  
PARA BOBINA DE (n espiras)



P (Principio)      F (final)

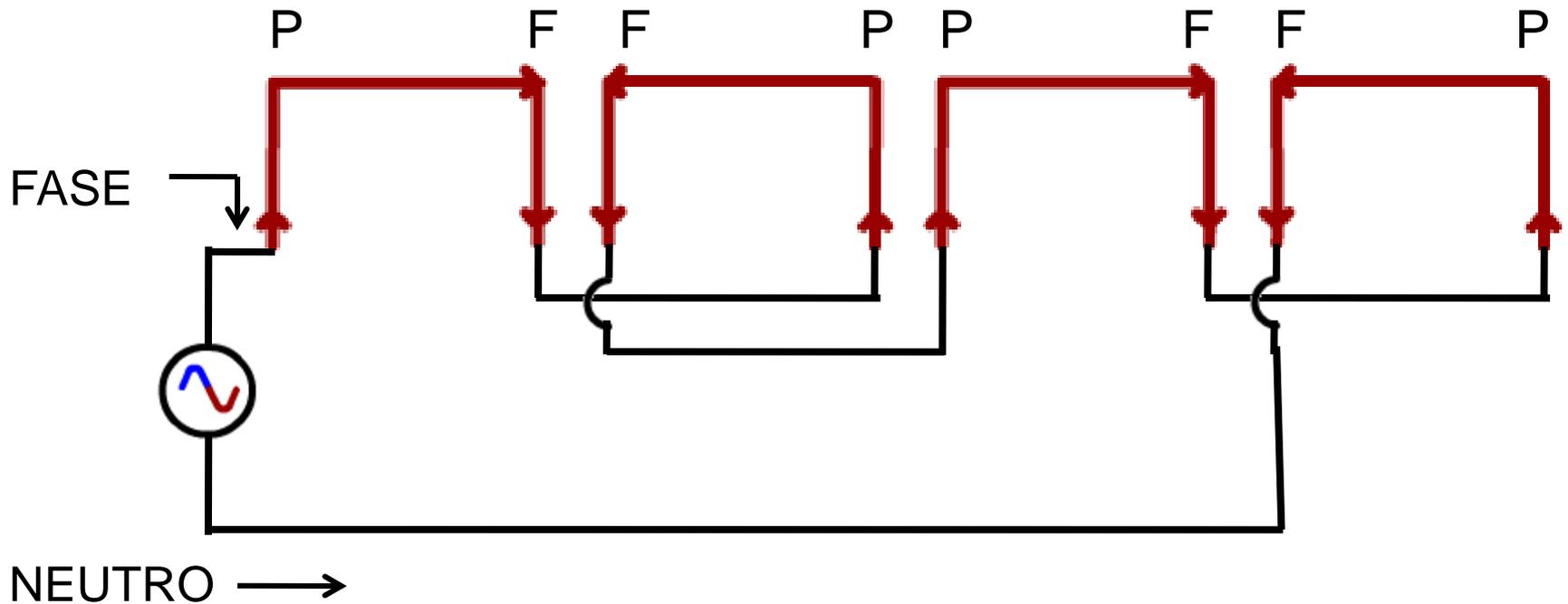
# CONEXIÓN SERIE PARA MOTOR MONOFASICO.

En esta conexión, (GRUPO DE CUATRO BOBINAS) la corriente formará un sólo sentido. Por Último los dos conductores de la red de alimentación se conectan como se muestra.



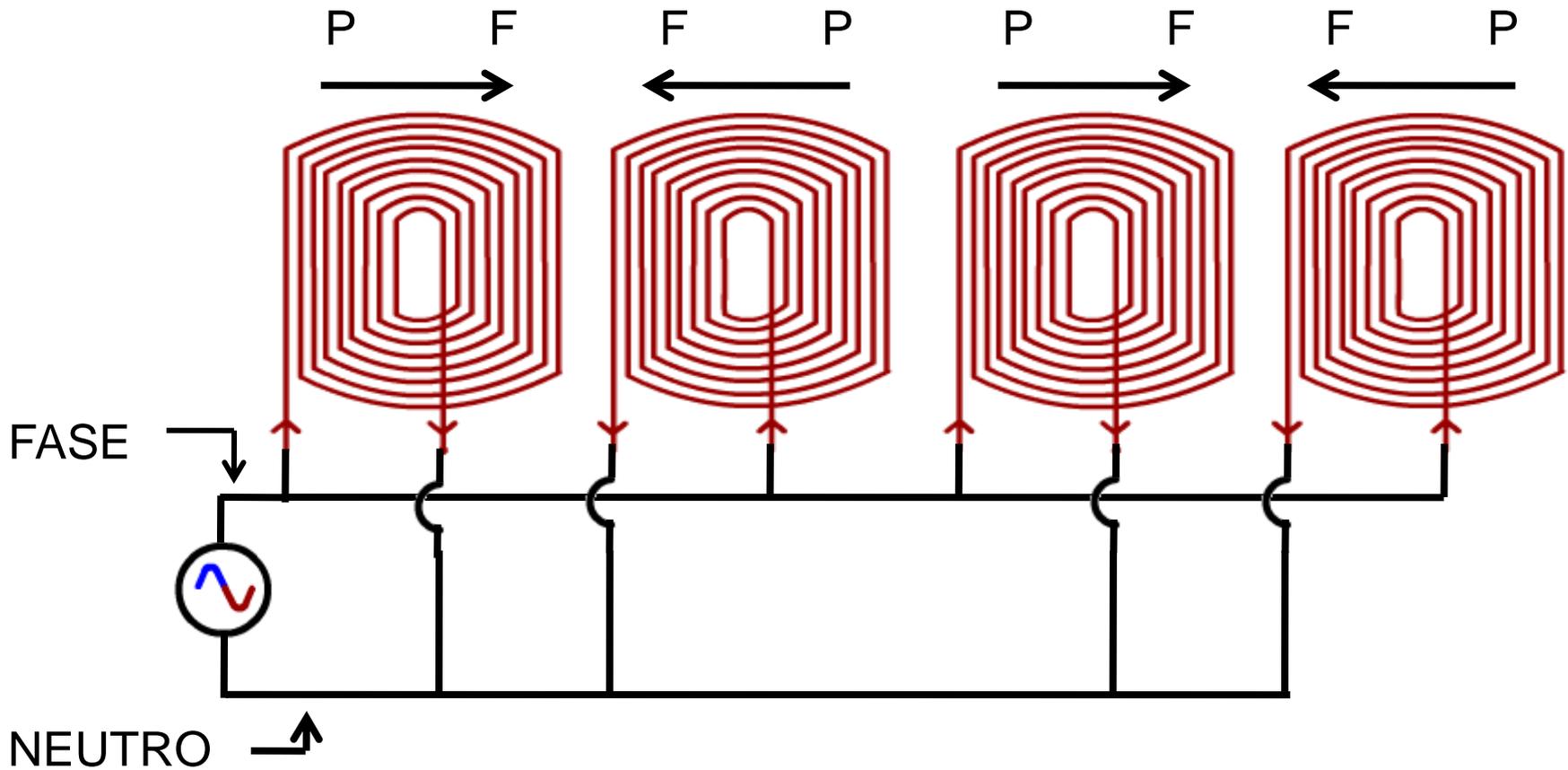
# CONEXIÓN SERIE PARA MOTOR MONOFASICO.

## FORMA ESQUEMATICA



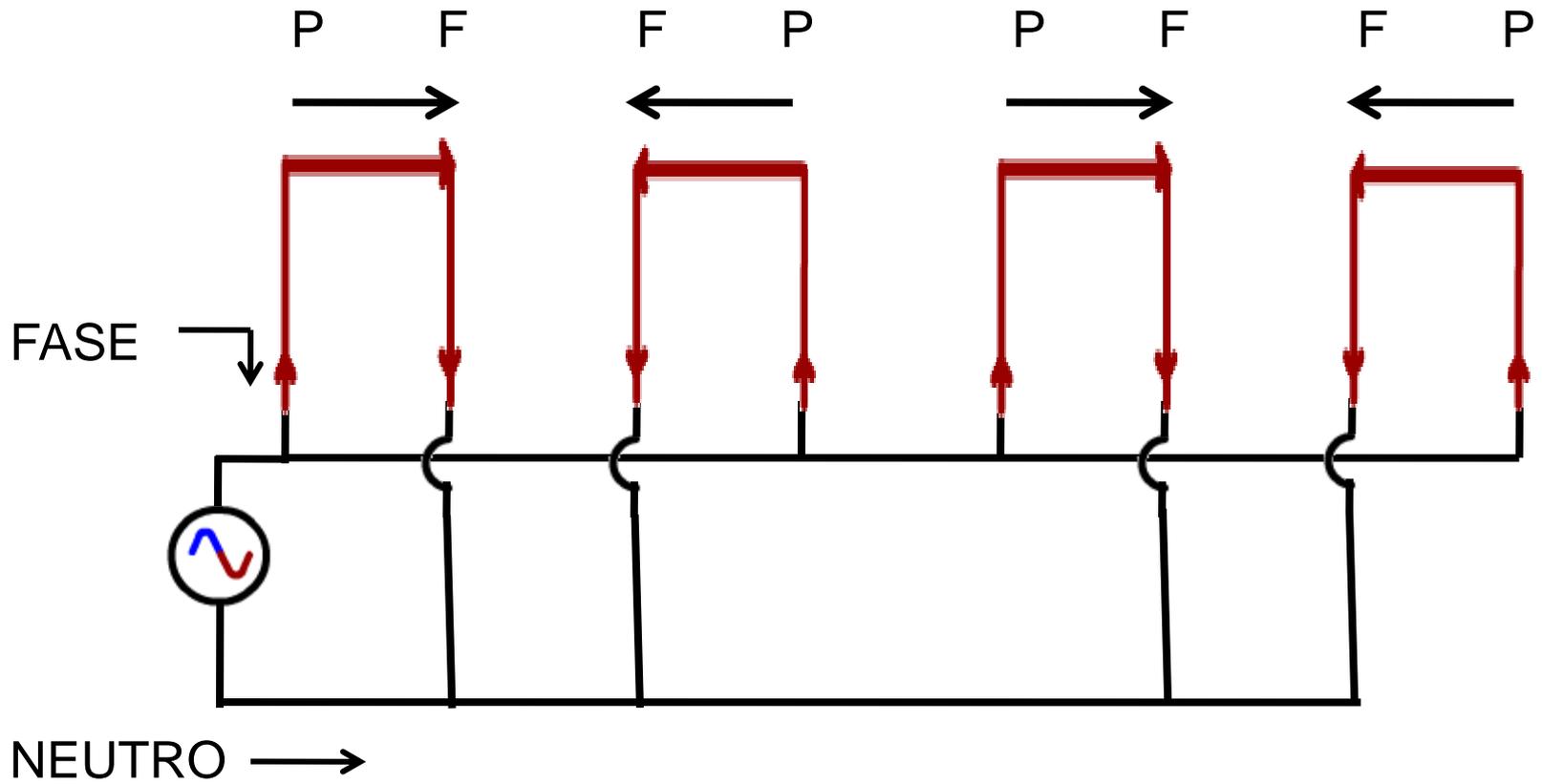
# CONEXIÓN EN PARALELO.

En esta conexión la corriente eléctrica tendrá más de una dirección como se aprecia en la siguiente figura.



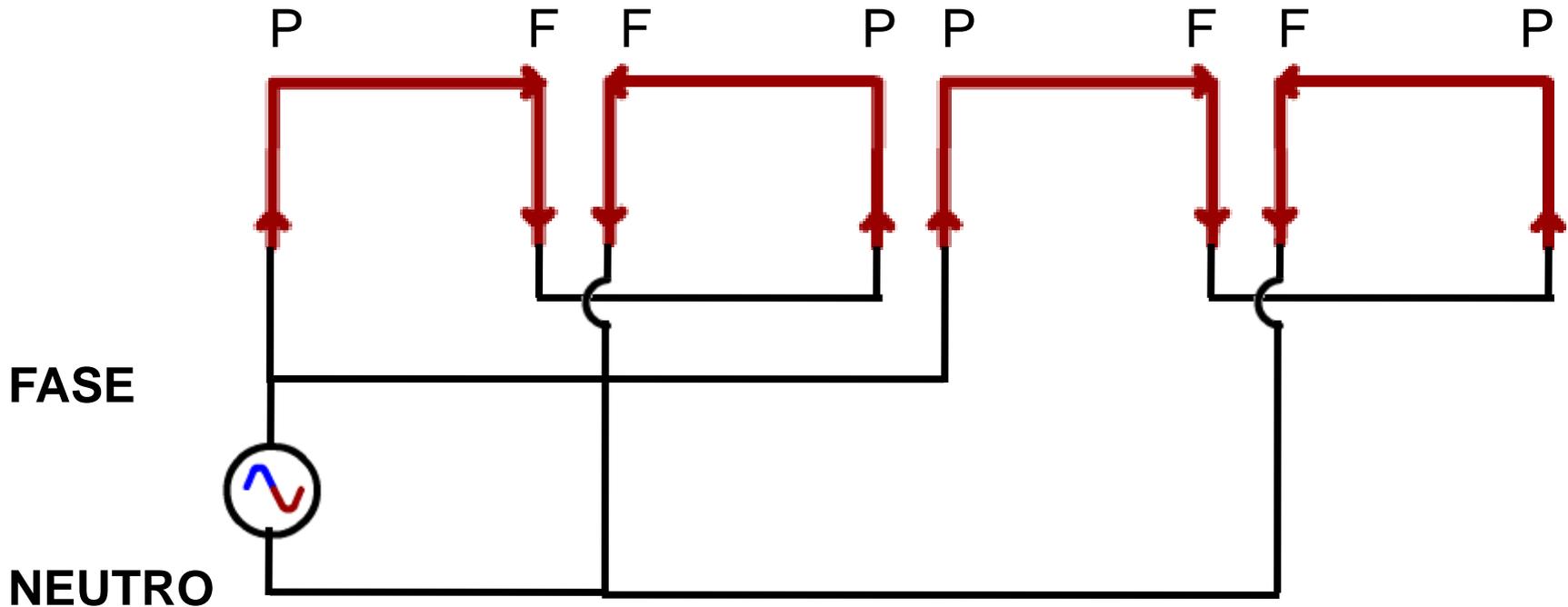
# CONEXIÓN EN PARALELO PARA MOTOR MONOFASICO.

## FORMA ESQUEMATICA



## CONEXION MIXTA (SERIE - PARALELO).

Esta conexión es una combinación de las dos anteriores, sin embargo, con la que fuere debe cumplirse la condición de que dos polos contiguos cualesquiera, sean de signo opuesto.



# **MANTENIMIENTO DEL MOTOR MONOFASICO.**

Mantenimiento es el conjunto de actividades encaminadas a tener en óptimas condiciones de funcionamiento y de servicio los motores eléctricos.

## **1.- El mantenimiento preventivo.**

Es la actividad que consiste en revisar las condiciones de funcionamiento y de servicio de todas las partes que tiene un motor antes de que ocurra una falla. Este mantenimiento es planeado y programado.

## **2.- El mantenimiento correctivo.**

Es aquel que consiste en reparar las fallas presentadas como consecuencia del funcionamiento del motor.

El mantenimiento preventivo es importante ya que puede evitar fallas en los motores que trae como consecuencia perdidas económicas en todos los sentidos. Y consiste básicamente en:

- Que los carbones se apliquen firmemente al conmutador.
- Mantener limpio el conmutador. (con lija delgada).
- Mantener limpio el motor.
- Pintarlo para evitar la corrosión.
- Revisar el aislamiento.
- Checar la ventilación.
- Un punto importante es la lubricación en todas las partes en movimiento, como son los rodamientos, chumaceras y cojinetes.

### **MANTENIMIENTO CORRECTIVO.**

Cuando una maquina eléctrica no arranca o presenta alguna anomalía pueden ser causas **exteriores, mecánicas o eléctricas.**

## **Causas exteriores:**

- No hay tensión.
- No funciona el interruptor.
- Uno o más fusibles están quemados.
- Insuficiente tensión.
- Excesiva caída de tensión en los cables que alimentan al motor.

## **Causas mecánicas:**

- Cojinetes desgastados.
- Cojinetes agarrotados.
- Cuerpo extraño en el entrehierro.
- Sobrecarga excesiva.
- Cojinetes demasiado ajustados.
- Tapas mal apretadas.
- Ventilación defectuosa.
- Roce del rotor con el estator

## **Causas eléctricas:**

- Las escobillas no apoyan sobre el colector.
- Interrupción en una o más fases.
- Bobina o grupo en corto circuito.
- Barras del rotor flojas.
- Conexiones interiores equivocadas.
- Arrollamiento a tierra.
- Corto Circuito. En el arrollamiento del rotor.
- Capacitor abierto.
- Centrifugo en mal estado.
- Escobillas desgastadas.
- Devanado o arrollamiento abierto, a tierra o cruzado.

## **FALLAS POR INSTALACIÓN MECÁNICA INAPROPIADA.**

- 1) Fijación defectuosa que causa vibraciones, haciendo que lleguen a fallar los cojinetes y frenen al motor.
- 2) Alineamiento defectuoso de poleas, ruedas dentadas o coples que dañan a los cojinetes, frenando al motor.
- 3) Tensión excesiva de bandas o cadenas, que se traduce en una sobre-carga.
- 4) Falta de balanceo en ciertos tipos de cargas, que produce vibraciones anormales.
- 5) Conductores mal conectados o incorrectamente protegidos.

## **FALLAS POR INSTALACION ELÉCTRICA INAPROPIADA.**

- Calibre del conductor.
- Tensión muy alta o muy baja en la línea.
- Aparatos de control y protección.
- Falta o falla de fase en la línea.
- Conductores mal conectados.

## **FALLAS DE OPERACIÓN INCORRECTA:**

- Motor mal seleccionado.
- Arranques sumamente bruscos, fuera de tiempo o anormalmente prolongados.
- Obligar al motor a trabajar en condiciones anormales, generalmente privándolo de protección.

## **FALLAS POR DEFECTOS DE MATERIAL O FABRICACIÓN.**

- 1) Cojinetes defectuosos o mal lubricados.
- 2) Falla del aislamiento.
- 3) Desbalance del rotor. (vibraciones anormales.)

Los motores eléctricos normalmente se garantizan por un año, contra defectos de material o mano de obra, empleados durante su fabricación.

Además existen normas de calidad y funcionamiento para la manufactura de motores eléctricos, CCONNIE (**Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica**). En los motores Las normas Se refieren a sus características de funcionamiento, terminología, dimensiones básicas, potencia, velocidad, tensión, etc.; así como a las pruebas a que deben someterse, para cumplir con las condiciones mínimas de calidad y funcionamiento satisfactorios.

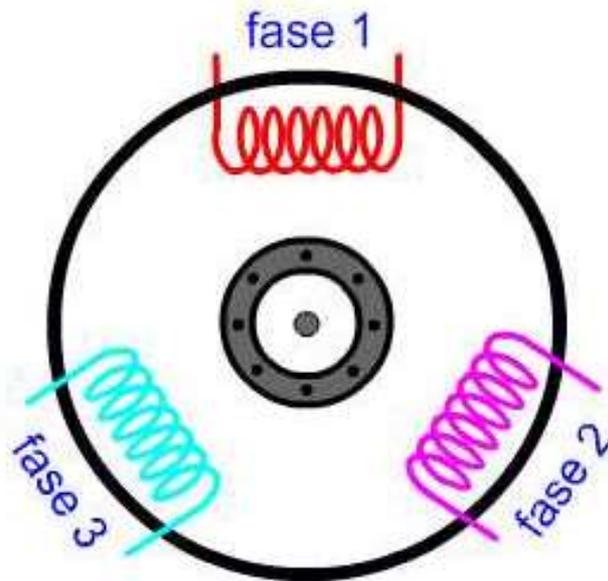
# UNIDAD TRES

## *MOTORES TRIFÁSICOS DE C.A.*

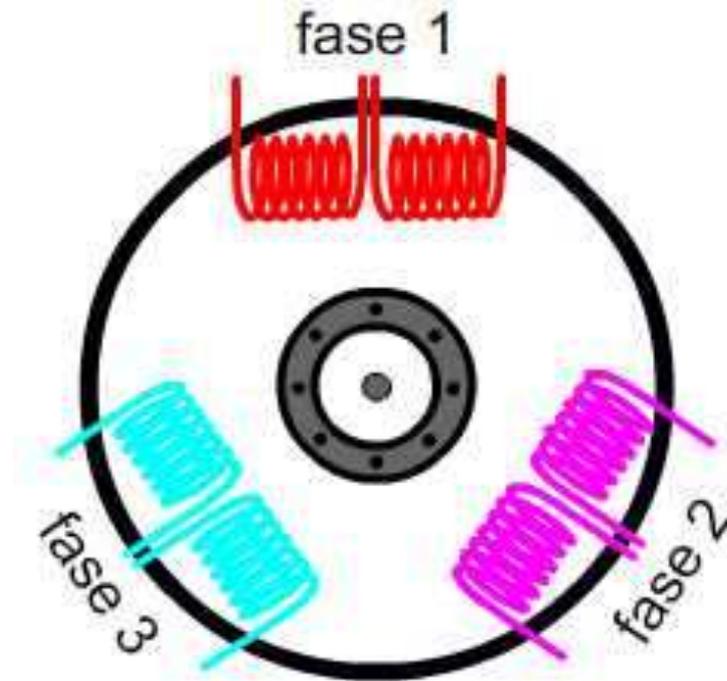


# MOTORES TRIFÁSICOS

Son aquellos que tienen en su estator (inductor) 3 devanados monofásicos separados entre si 120 grados Eléctricos y espaciados simétricamente alrededor de la parte interna del núcleo.



Cada devanado monofásico representa una fase y puede estar constituido por uno o más enrollamientos, como se puede ver en la siguiente figura:



# ***CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS.***

- Por su funcionamiento existen dos tipos:
- **Asíncronos**
- **Síncronos**

# ***CARACTERÍSTICAS GENERALES.***

## **TENSIÓN O VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN**

Considerados de baja tensión, máquinas de pequeña y mediana potencia 230 V y 400 V, y que no sobrepasen los 600 KW .

Los motores de mayor tensión, de 500, 3000, 5000, 10000 y 15000 v son para grandes potencias y se consideran como motores de alta tensión.

Los motores que admiten las conexiones estrella y triángulo, (delta) se alimentan por dos tensiones, 230 V ó 400 V, siendo especificado en su placa de datos.

## **FRECUENCIA:**

Los motores trifásicos en Europa utilizan 50 Hz, mientras que en América se utilizan los 60 Hz.

## **VELOCIDAD:**

La velocidad corresponde directamente con la cantidad de **polos del bobinado** y la **frecuencia de la red**. De hecho, para variar la velocidad se manipula la frecuencia.

## **INTENSIDAD:**

el motor absorbe de la red la que necesita, dependiendo de la potencia. Por ésta razón existen diferentes modos de arranques, para ahorrar energía y preservar el motor.

## **RENDIMIENTO:**

También es importante tener en cuenta las pérdidas que tienen los motores trifásicos, y sus causas son varias, pérdidas por rozamiento, por temperatura, en el circuito magnético y del entrehierro.

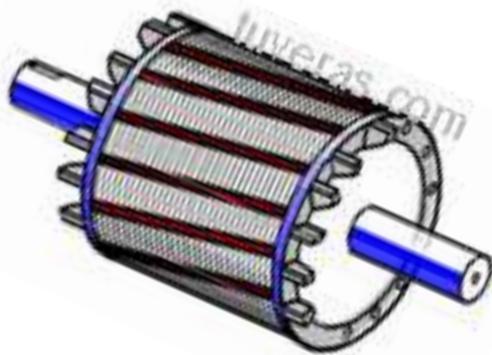
**Rendimiento = Potencia mecánica entregada/Potencia eléctrica absorbida**

## **APLICACIÓN:**

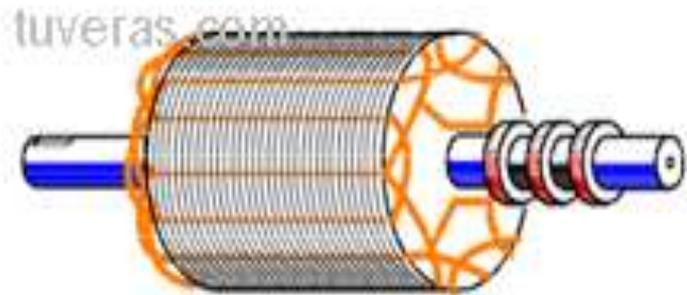
Los motores con rotor jaula de ardilla (rotor en cortocircuito) son los más usados por su precio y su arranque. En cambio, los motores de rotor bobinado o también llamados de anillos rozantes necesitan ser arrancados con resistencias externas, lo que incrementa su precio y su complejidad.

# MOTOR TRIFÁSICO ASÍNCRONO.

Dentro de la clasificación de los motores trifásicos asíncronos, podemos hacer otra **SUBCLASIFICACIÓN**, los motores asíncronos de rotor en cortocircuito (**rotor de jaula de ardilla**) y los motores asíncronos con **rotor bobinado** (anillos rozantes).

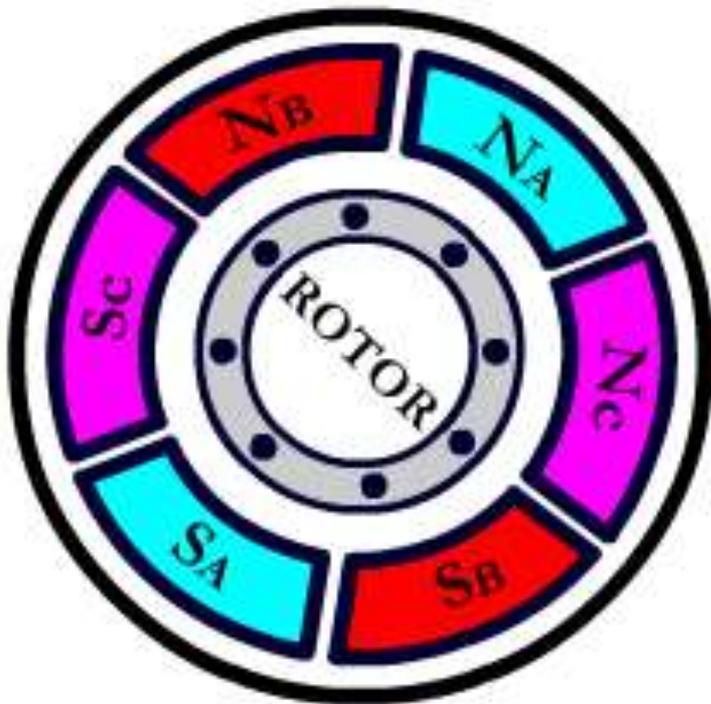


JAULA DE ARDILLA

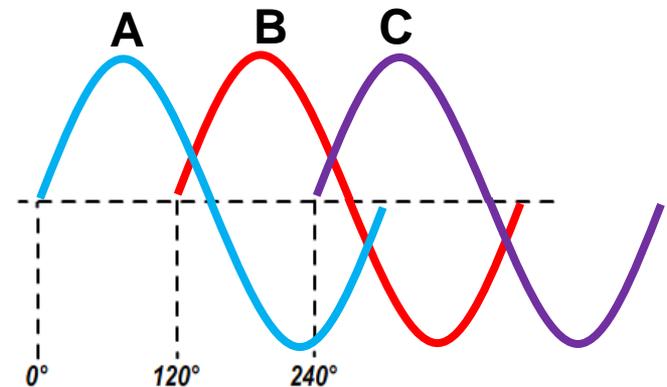


ROTOR DEVANADO

Los motores **trifásicos** generan un campo magnético giratorio y se les llaman **asíncronos** porque la parte giratoria, **el rotor** y el campo magnético provocado por la parte fija, el **estator**, tienen velocidad desigual. Esta desigualdad de velocidad se denomina **deslizamiento**.



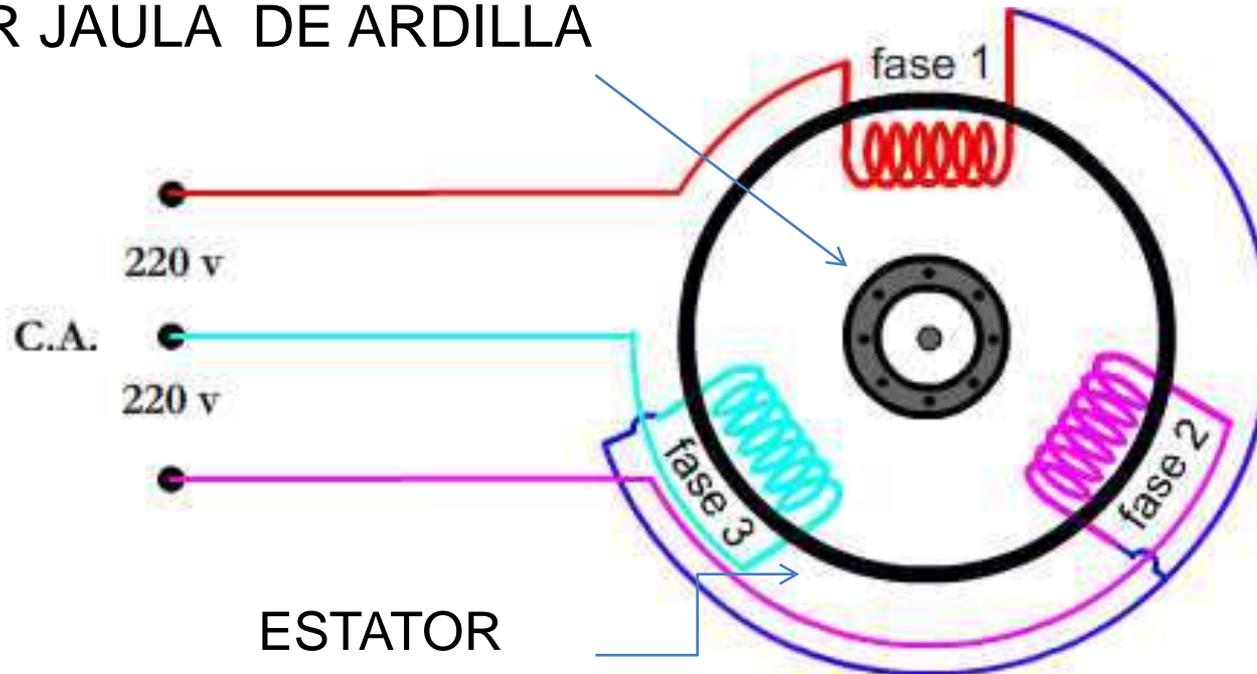
ESTATOR 2 POLOS 3Ø



## FUNCIONAMIENTO.

Al conectarse a la C.A. trifásica el estator Provoca con su campo magnético por inducción corrientes eléctricas en el rotor. Estas dos circunstancias, producen una fuerza magnetomotriz, lo cual hace que el rotor gire.

### ROTOR JAULA DE ARDILLA



La velocidad del rotor siempre será menor que la velocidad de giro del campo magnético. Así tenemos que la velocidad de un motor asíncrono será igual a la velocidad del campo magnético menos el **deslizamiento del motor**.

La fuerza que aparece en el rotor deriva un par de fuerzas, a las que denominamos **par del motor (par de arranque)**. El **par normal** es menor y se da porque al ir aumentando la velocidad del rotor se cortan menos líneas de fuerza en el estator y por tanto menos inducción.

Es importante saber que en estos motores tenemos un par de arranque elevado (**hasta tres veces el par normal**).

## **VENTAJAS:**

- 1.- Velocidad casi constante para cargas diferentes.
- 2.- Soportan grandes sobrecargas.
- 3.- Construcción sencilla y práctica.
- 4.- Sencillez para arrancarlos.
- 5.- Posibilidad de controlarlos automáticamente.
- 6.- Factor de potencia más alto que el de rotor devanado.
- 7.- Rendimiento más alto que el de rotor devanado.

## **DESVENTAJAS:**

- 1.- Difícil regular su velocidad.
- 2.- Toma una corriente muy alta en el arranque.
- 3.- Factor de potencia bajo cuando mueve carga ligera.
- 4.- Es muy sensible a las variaciones de tensión.

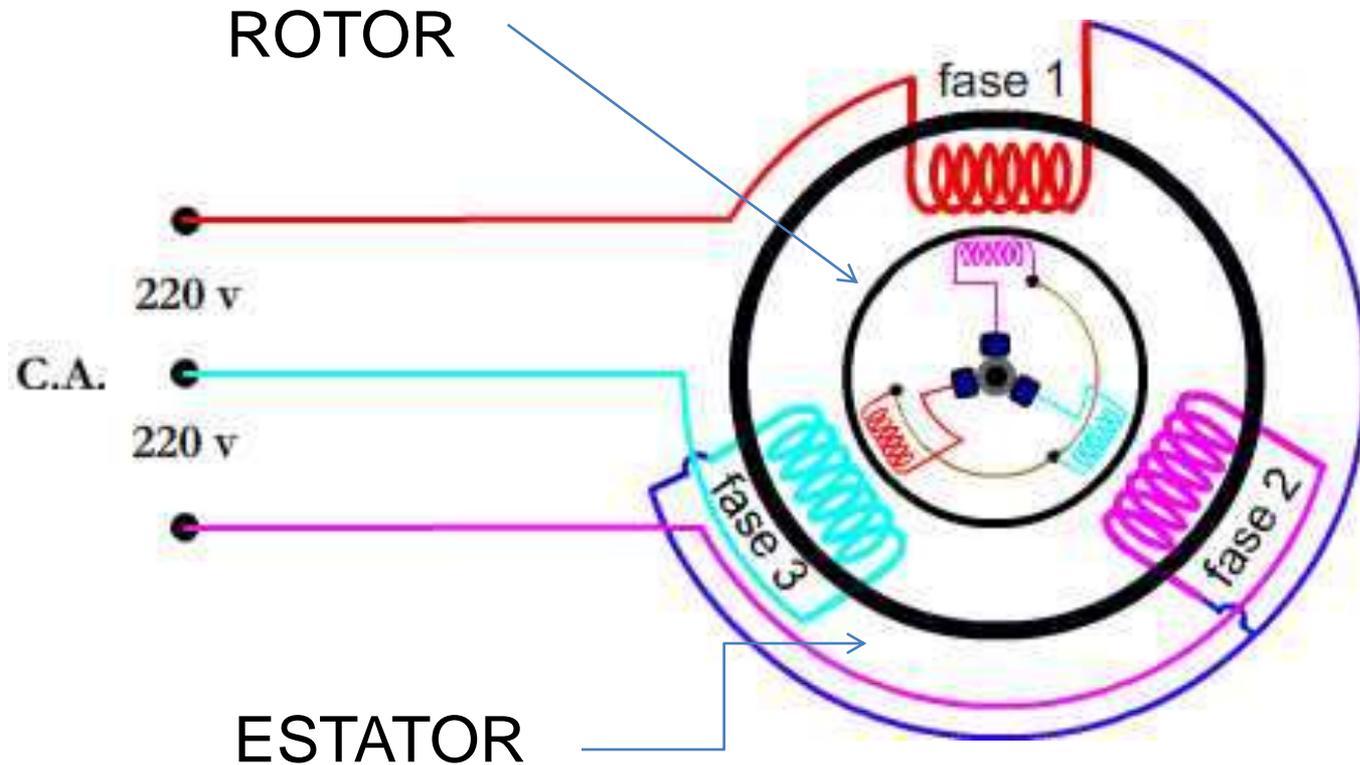
## **MOTOR TRIFÁSICO ROTOR DEVANADO.**

El devanado del rotor lo constituyen tres bobinas que internamente están conectadas en estrella. Los extremos libres de las bobinas del rotor, van conectadas a un reóstato trifásico a través de tres escobillas en contacto con tres anillos rozantes que van montados en uno de los extremos de la flecha. La fuerza electromotriz inducida en las bobinas del rotor hace circular una corriente eléctrica que es controlada por la resistencia del reóstato trifásico.

### **CAMBIO DE GIRO**

El sentido de giro se invierte exactamente igual a como se hace el cambio en el motor trifásico jaula de ardilla, o sea, intercambiando entre sí dos de las terminales del motor que conecta con la línea.

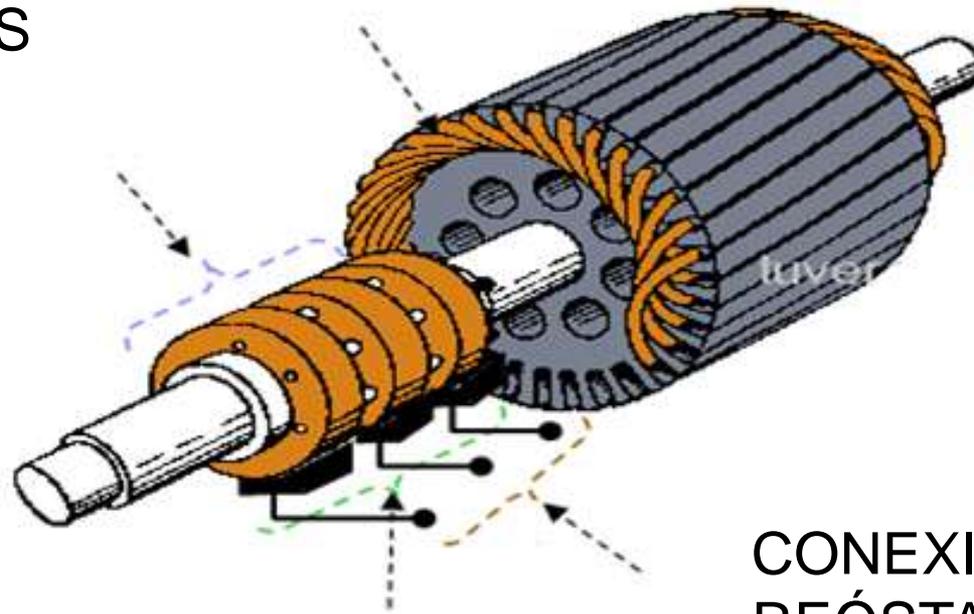
# MOTOR ASÍNCRONO ROTOR DEVANADO



# ROTOR DEVANADO

ANILLOS  
ROZANTES

BOBINADO



ESCOBILLAS

CONEXIÓN A UN  
REÓSTATO  
TRIFÁSICO

## **Ventajas.**

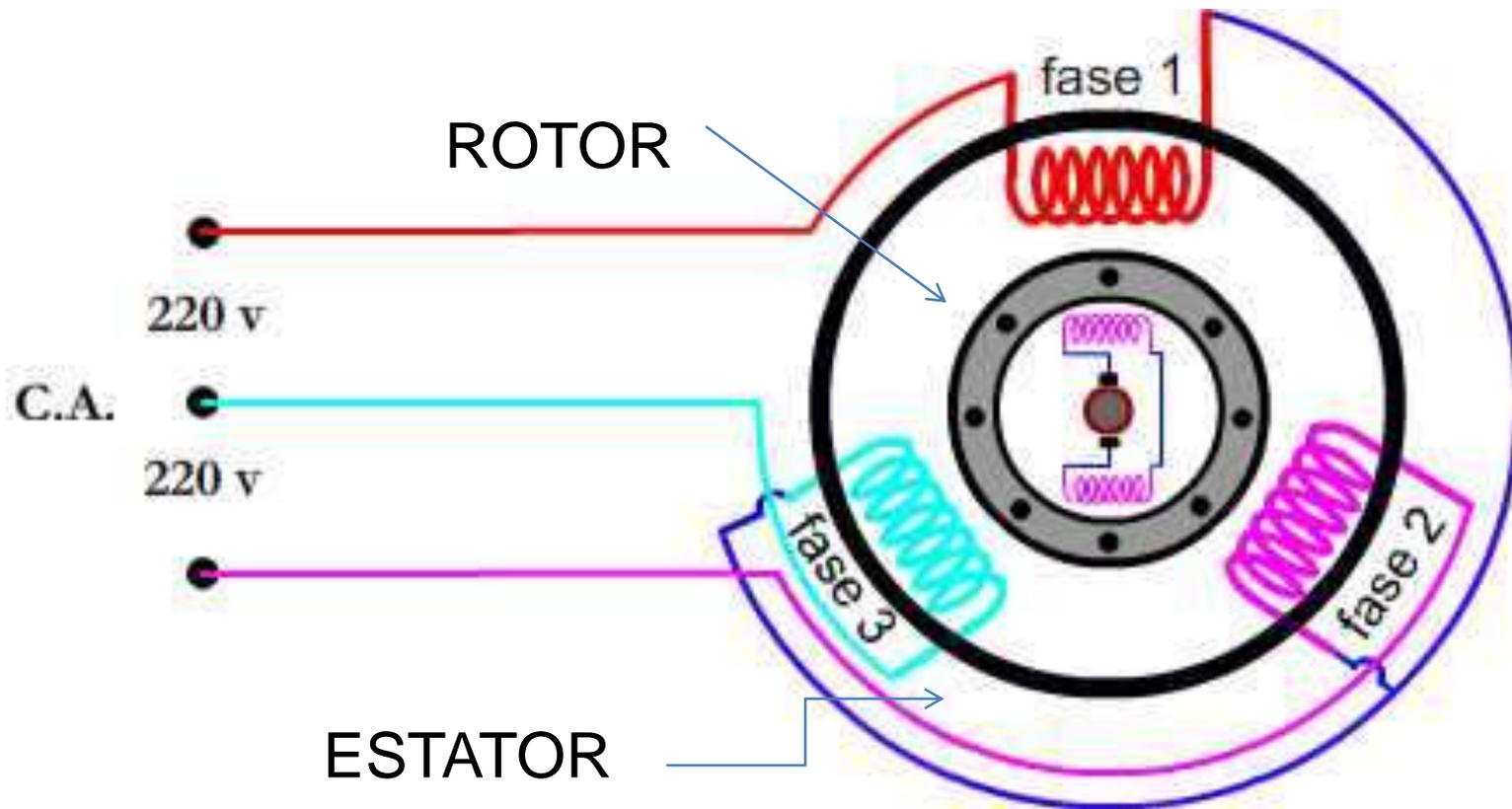
- 1.- Potente par de arranque.
- 2.- Soporta grandes sobre-cargas.
- 3.- Velocidad casi constante para cargas diferentes.
- 4.- Posibilidad de arrancarse por medios automáticos.

## **Desventajas.**

- 1.- Muy sensible a las variaciones de tensión.
- 2.- Factor de potencia bajo, sobre todo con carga pequeña.
- 3.- Rendimiento bajo, poco menos que el motor jaula de ardilla.

# MOTOR TRIFÁSICO SÍNCRONO.

Los motores síncronos se llaman así, porque la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales (están en sincronía).



El motor trifásico síncrono, tiene doble devanado en el rotor, uno constituido por barras de aluminio en corto circuito y el otro constituido por bobinas de alambre de cobre.

El devanado tipo jaula de ardilla trabaja por efectos de inducción y el devanado de alambre actúa por una excitatriz de corriente continua a través de anillos rozantes en contacto con escobillas.

cuando el devanado del rotor, se excita **por una fuente externa de corriente continua** éste llega a alcanzar la velocidad de sincronismo y es por eso, que el rotor y el campo magnético giratorio que crea el estator, se sincronizan, es decir, que marchan a la misma velocidad.

El estator del motor trifásico síncrono está constituido por tres devanados monofásicos separados entre sí  $120^\circ$  eléctricos, igual que en los motores trifásicos asíncronos.

En estos motores no existe deslizamiento en virtud de que para cualquier carga siempre conservan la misma velocidad de sincronismo; su factor de potencia es regulable; sus pérdidas son bajas y su rendimiento es alto.

## **APLICACIONES.**

A los motores trifásicos síncronos se les emplea para mover generadores, compresores de aire, trituradores, molinos de papel, molinos para cemento, transportadores, bombas de agua. Se usan en máquinas grandes que tienen una carga variable y necesitan una velocidad constante.

## **VENTAJAS.**

- 1.- Velocidad constante e igual para cualquier carga.
- 2.- Sencillez para arrancarlo.
- 3.- Factor de potencia regulable.
- 4.- Posibilidad de automatizarse.
- 5.- Rendimiento alto.

## **DESVENTAJAS.**

- 1.- Requiere de fuente externa de corriente continua.
- 2.- Par de arranque bajo a menos que se disponga de rotor jaula de ardilla con alta resistencia.
- 3.- Muy sensible a las oscilaciones de la tensión.
- 4.- Difícil regular su velocidad.

# CONEXIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS

Las conexiones básicas que se realizan entre las terminales de los motores trifásicos son: la Conexión “estrella” (Y ) o la conexión “delta”(Δ).

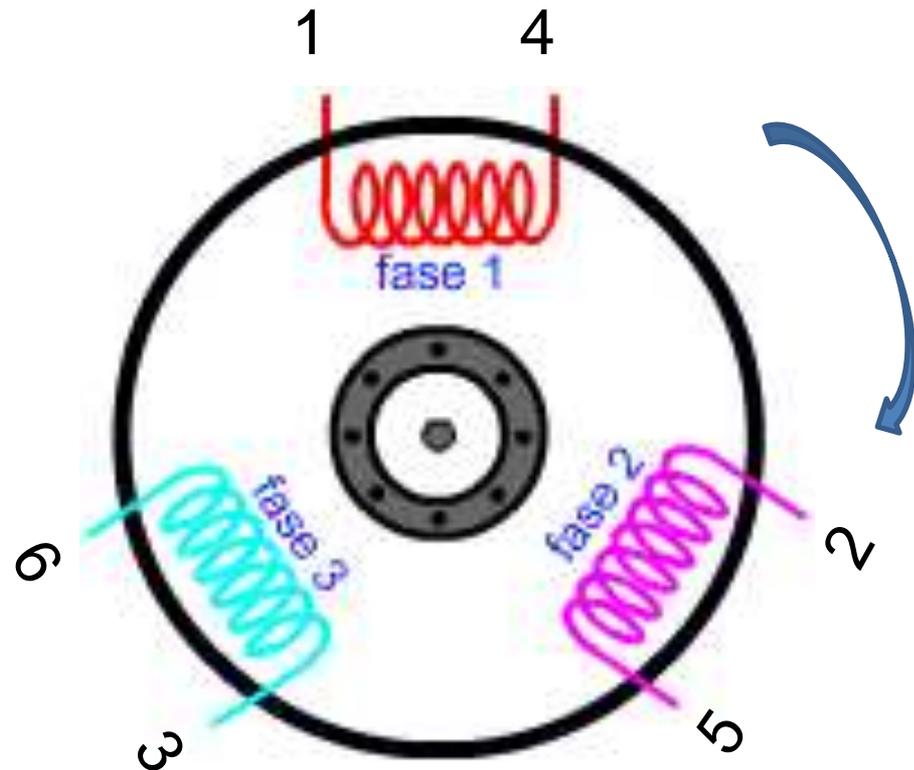
Cuando los devanados de las fases son arrollamientos sencillos, el motor tendrá seis terminales que deben tener generalmente un numero que las identifique y que permita realizar sin equivocación las conexiones apropiadas.

Pero cuando tienen dos arrollamientos por cada fase, el motor tendrá nueve o doce terminales , debiendo conectarse los arrollamientos de cada fase en serie o en paralelo internamente, según el voltaje de operación .

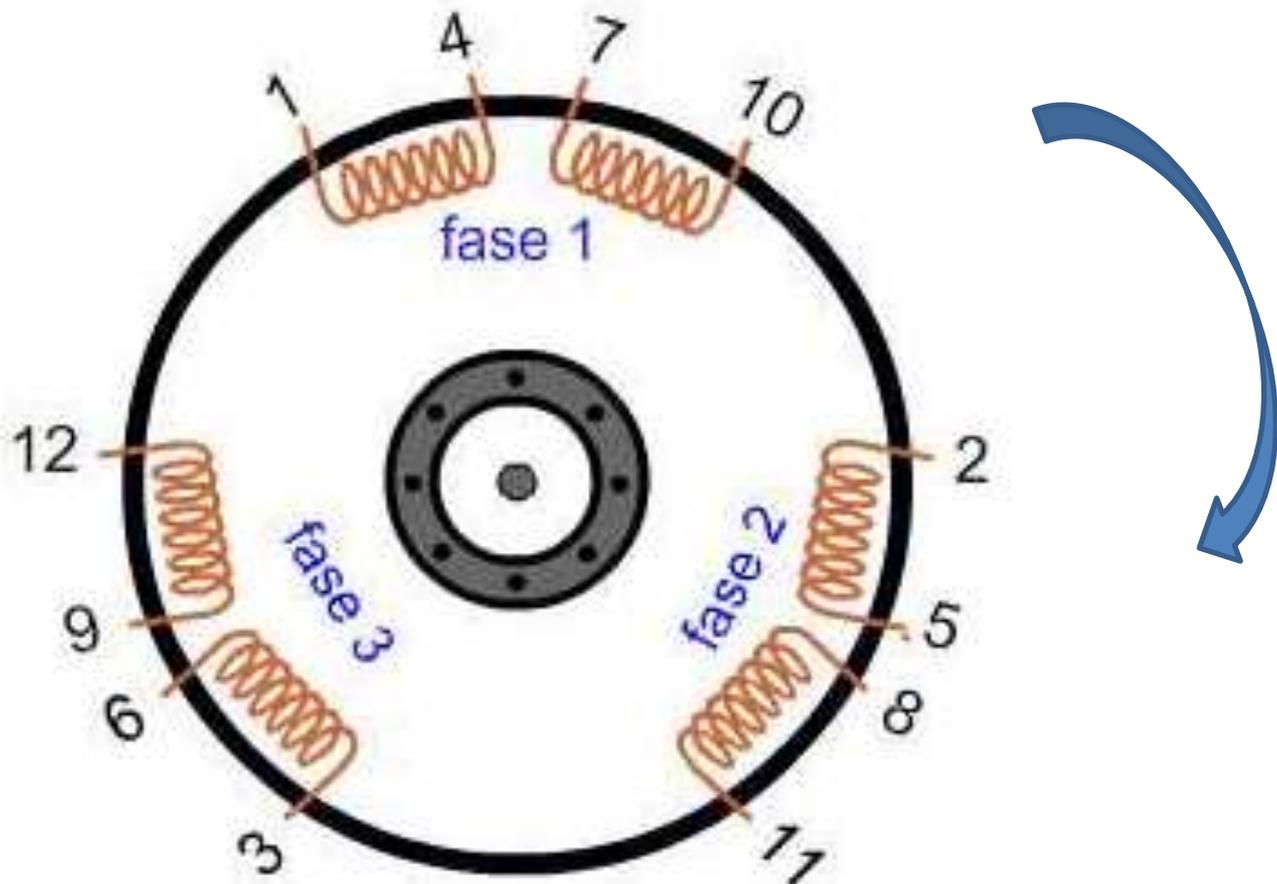
## IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES.

La identificación se representa a través de un número progresivo (más tres), que se da a cada una de las terminales de cada uno de los devanados del motor como se muestra:

MOTOR 3Ø CON  
6 TERMINALES



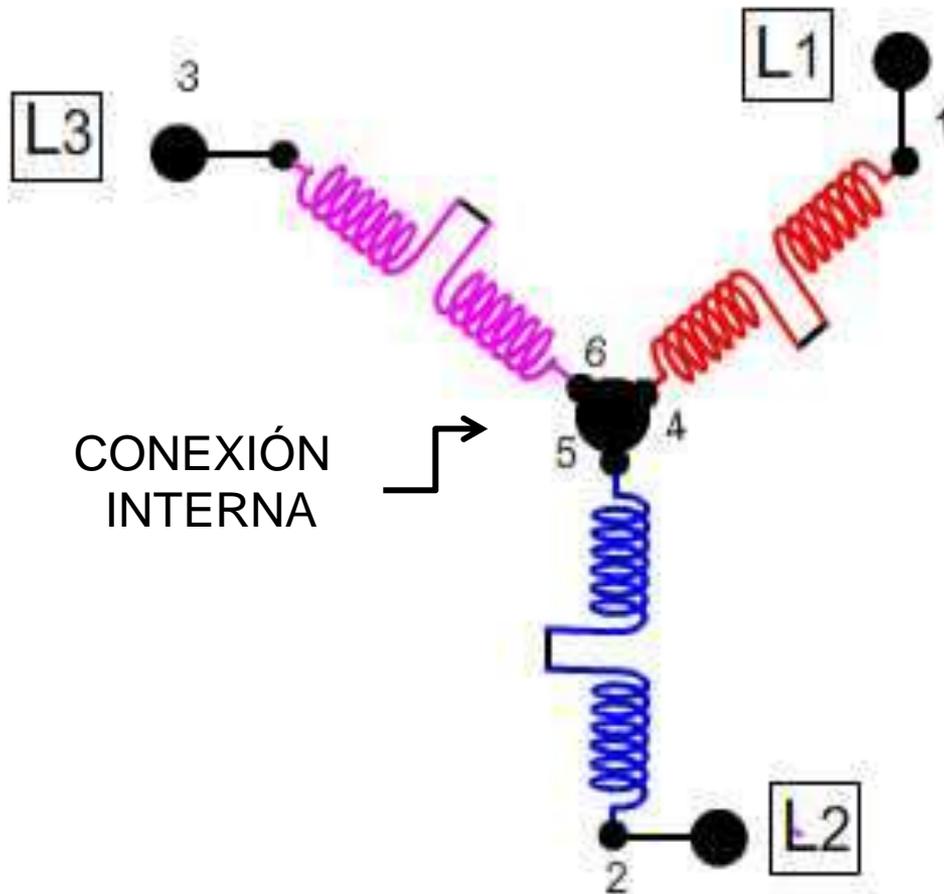
# MOTOR 3Ø CON 12 TERMINALES



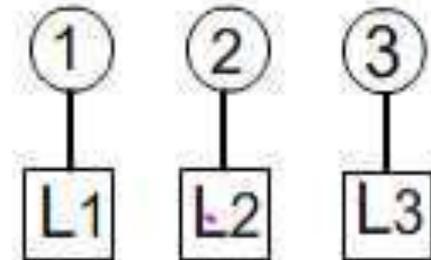
## **LAS PRINCIPALES CONEXIONES DE UN MOTOR TRIFÁSICO SON:**

- 1.- CONEXIÓN ESTRELLA (Y). CON 3 TERMINALES.
- 2.- CONEXIÓN DELTA ( $\Delta$ ) . CON 3 TERMINALES.
- 3.- CONEXIÓN DELTA /ESTRELLA ( $\Delta$ ) /Y . CON 6 TERMINALES. (220/440v.)
- 4.- CONEXIÓN ESTRELLA/DOBLE ESTRELLA ( Y/2Y ). CON 9 TERMINALES. (440/220v.)
- 5.- CONEXIÓN DELTA/ DOBLE DELTA ( $\Delta$ )/2( $\Delta$ ). CON 9 TERMINALES. (440/220v.)

# DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN MOTOR DE 3 FASES 2 POLOS 3 TERMINALES CONEXION ESTRELLA

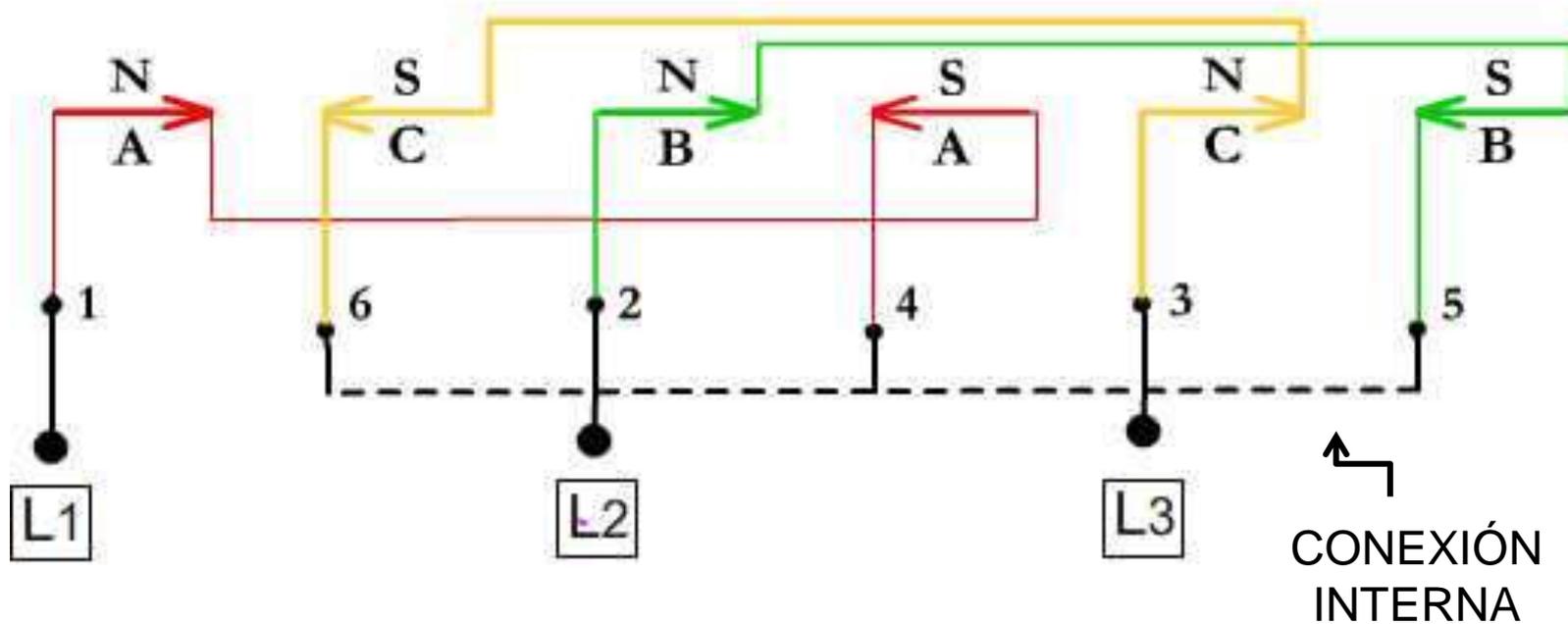


**CONEXION (Y)**

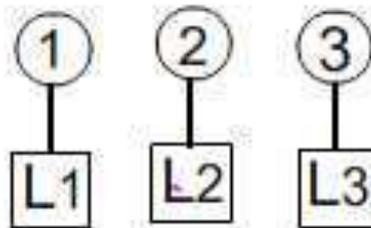


# DIAGRAMA LINEAL MOTOR 2P

## CONEXION ESTRELLA 3 TERMINALES

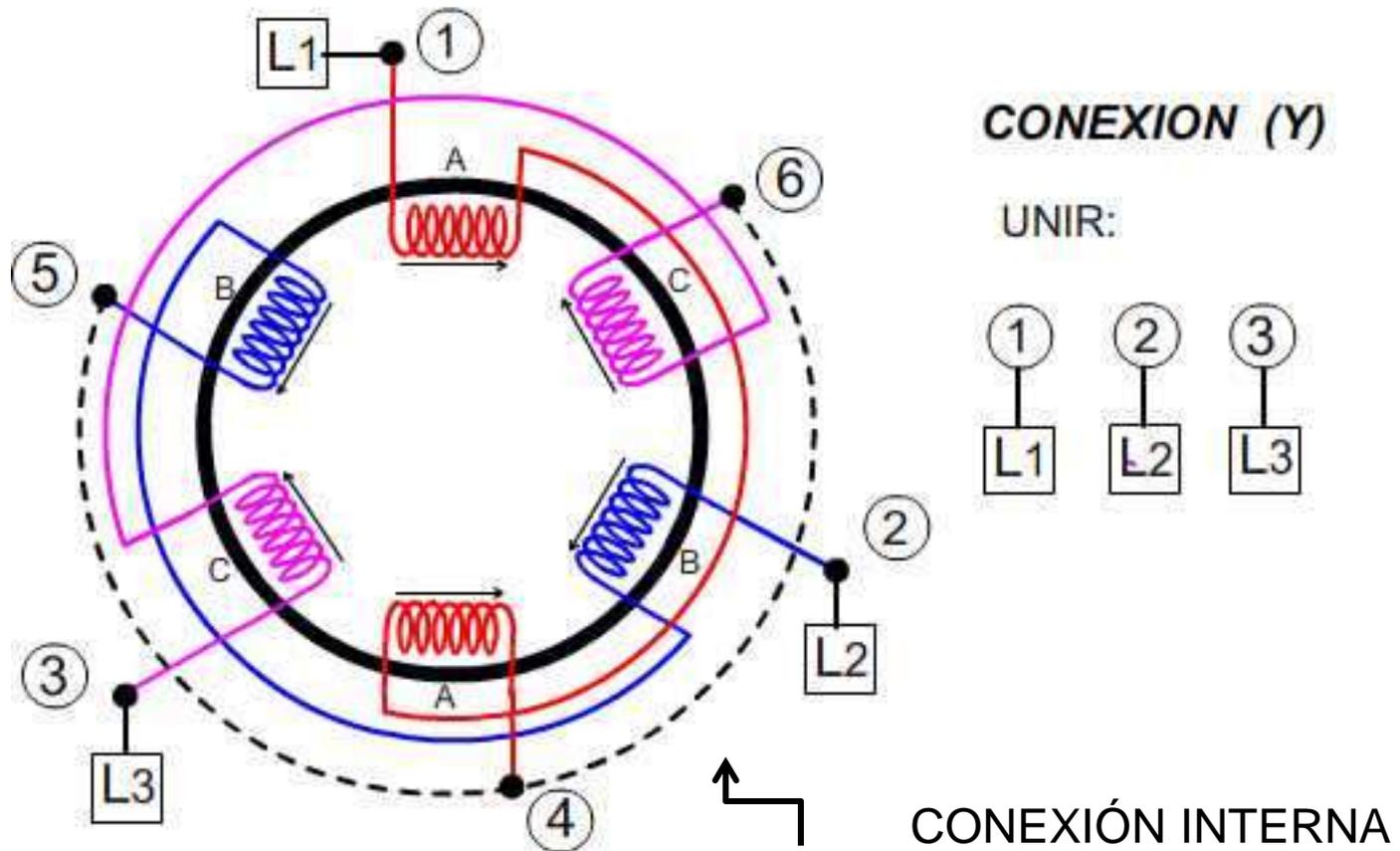


### CONEXION (Y)

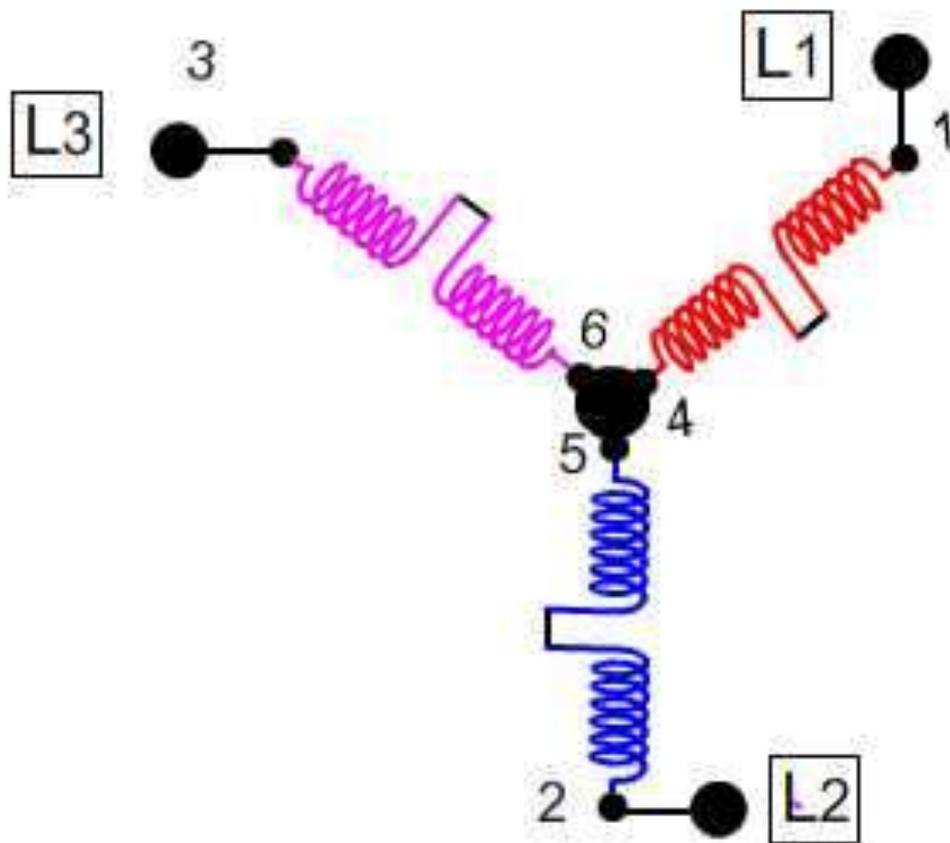


# DIAGRAMA CIRCULAR MOTOR 2P

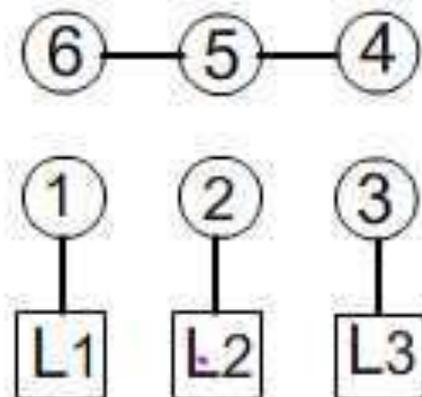
## CONEXION ESTRELLA 3 TERMINALES



# DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN MOTOR DE 3 FASES 2 POLOS 6 TERMINALES CONEXION ESTRELLA

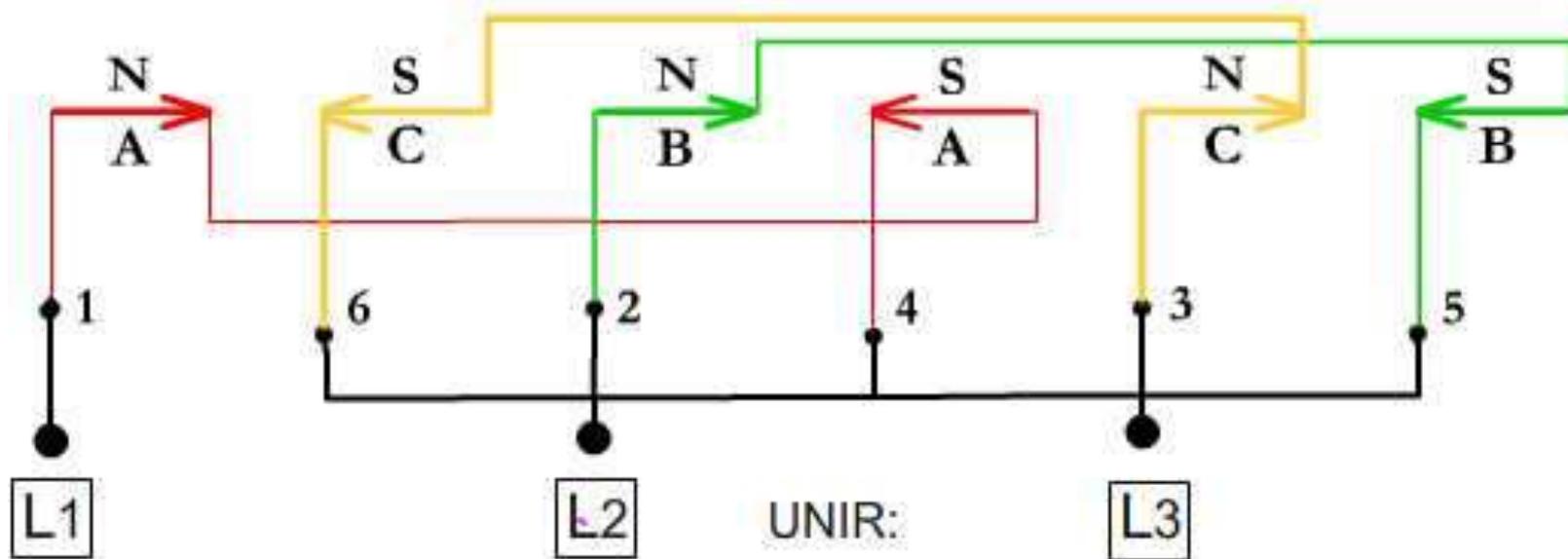


## CONEXION (Y)



# DIAGRAMA LINEAL MOTOR 2P

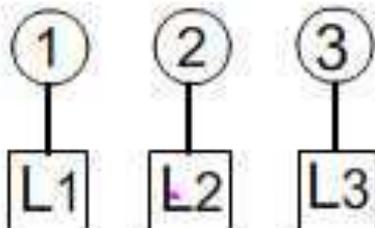
## CONEXION ESTRELLA 6 TERMINALES



UNIR:

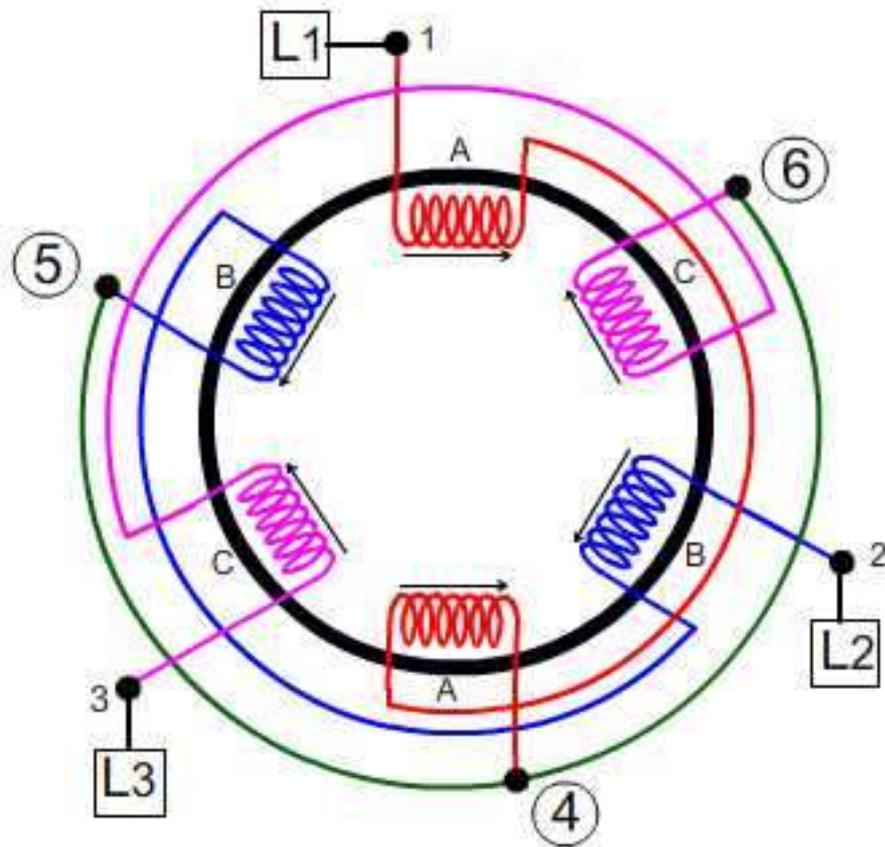


**CONEXION (Y)**



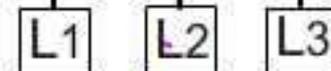
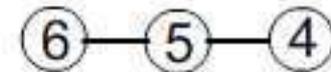
# DIAGRAMA CIRCULAR MOTOR 2P

## CONEXION ESTRELLA 6 TERMINALES



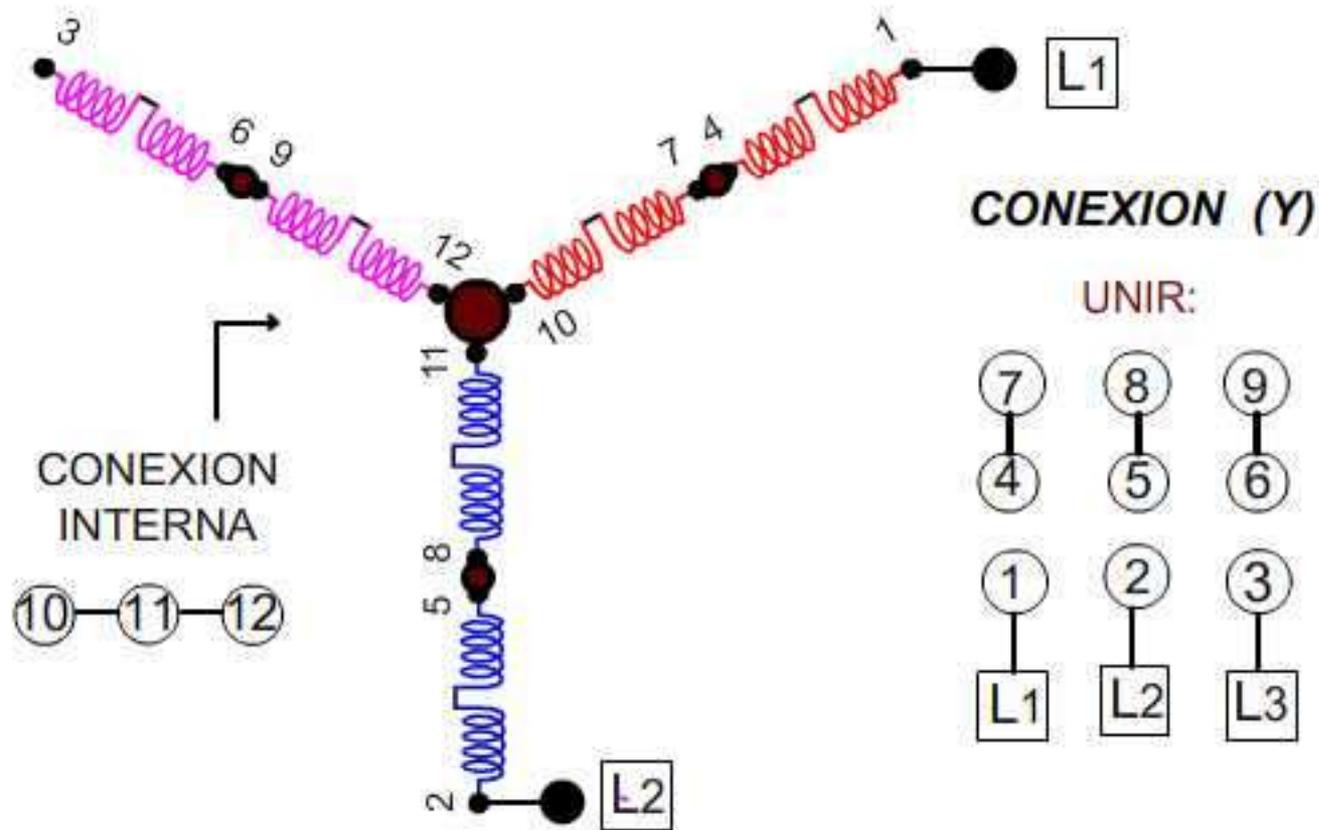
**CONEXION (Y)**

**UNIR:**



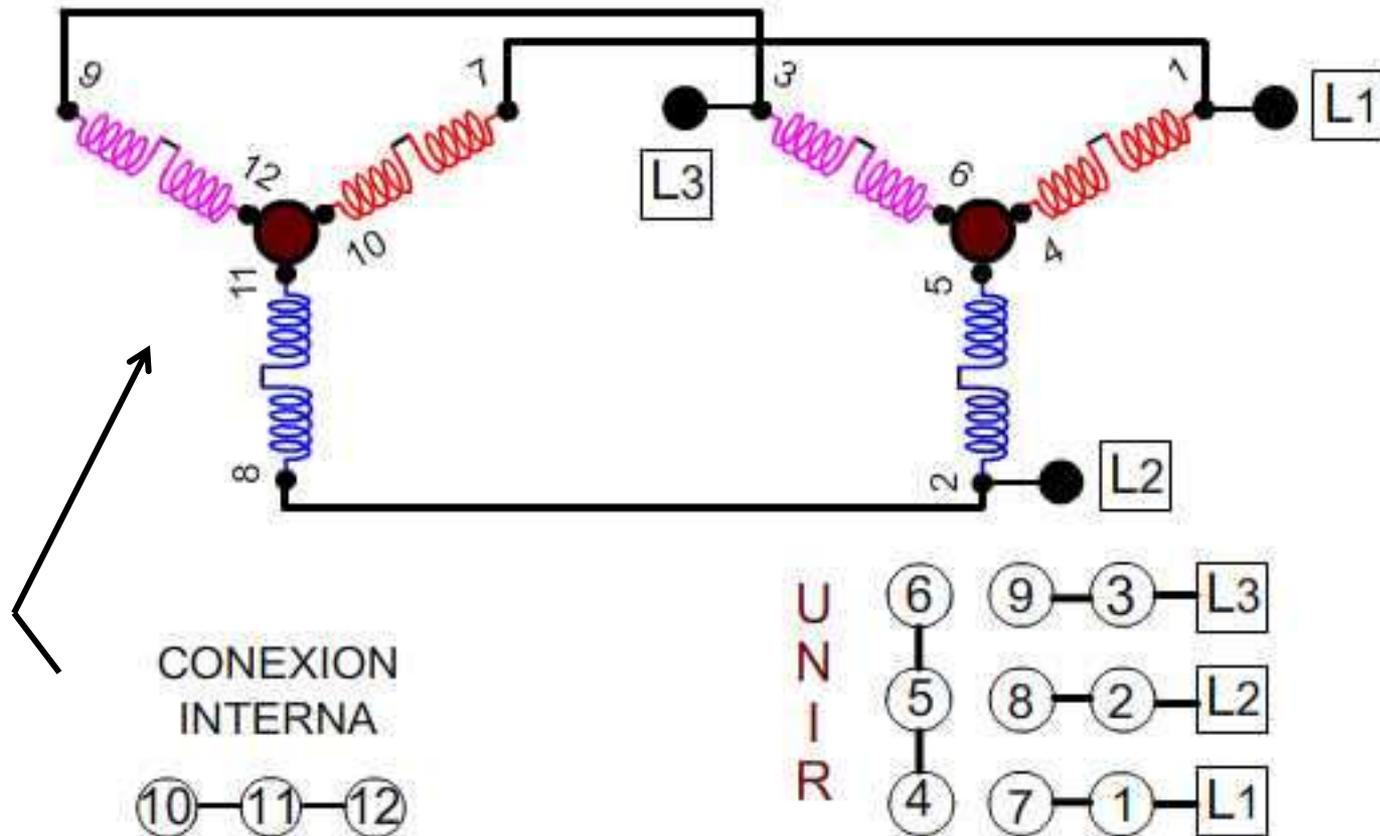
# DIAGRAMA ESQUEMÁTICO MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION ESTRELLA



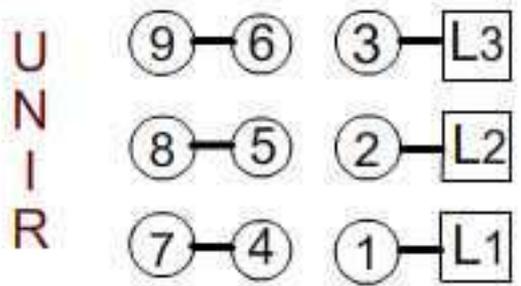
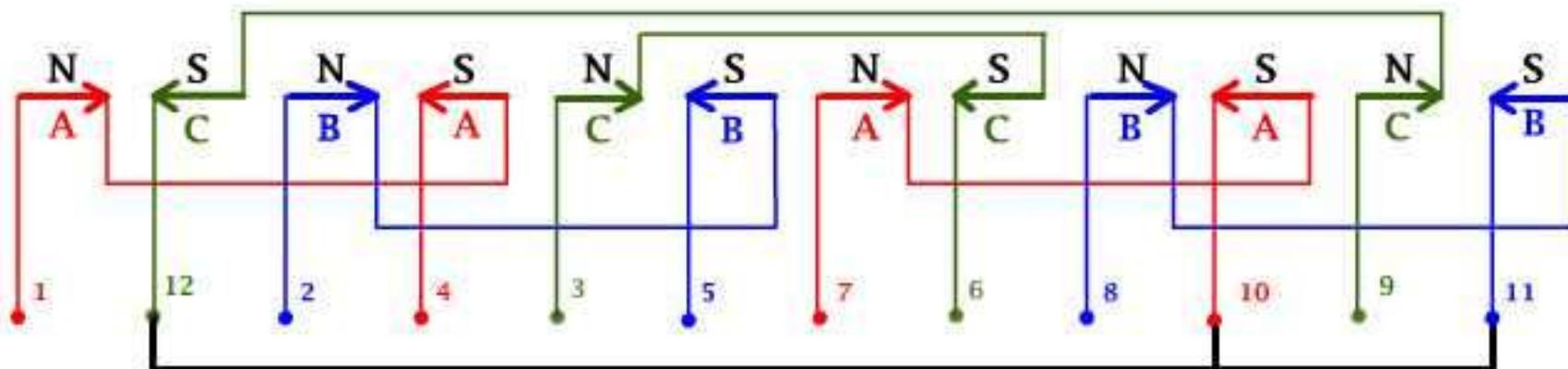
# DIAGRAMA ESQUEMÁTICO MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION DOBLE ESTRELLA



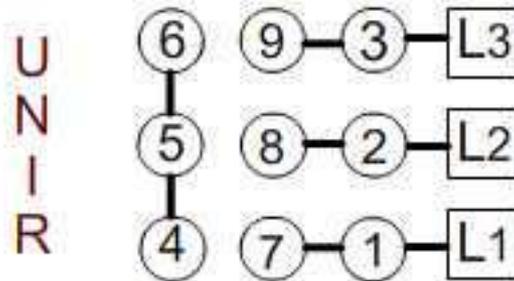
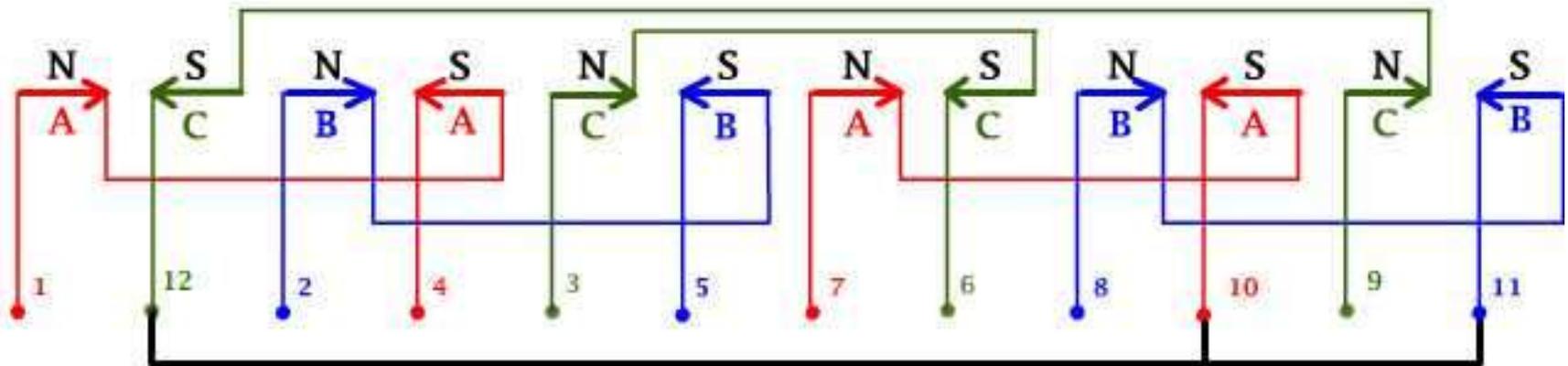
# DIAGRAMA LINEAL MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION *ESTRELLA*



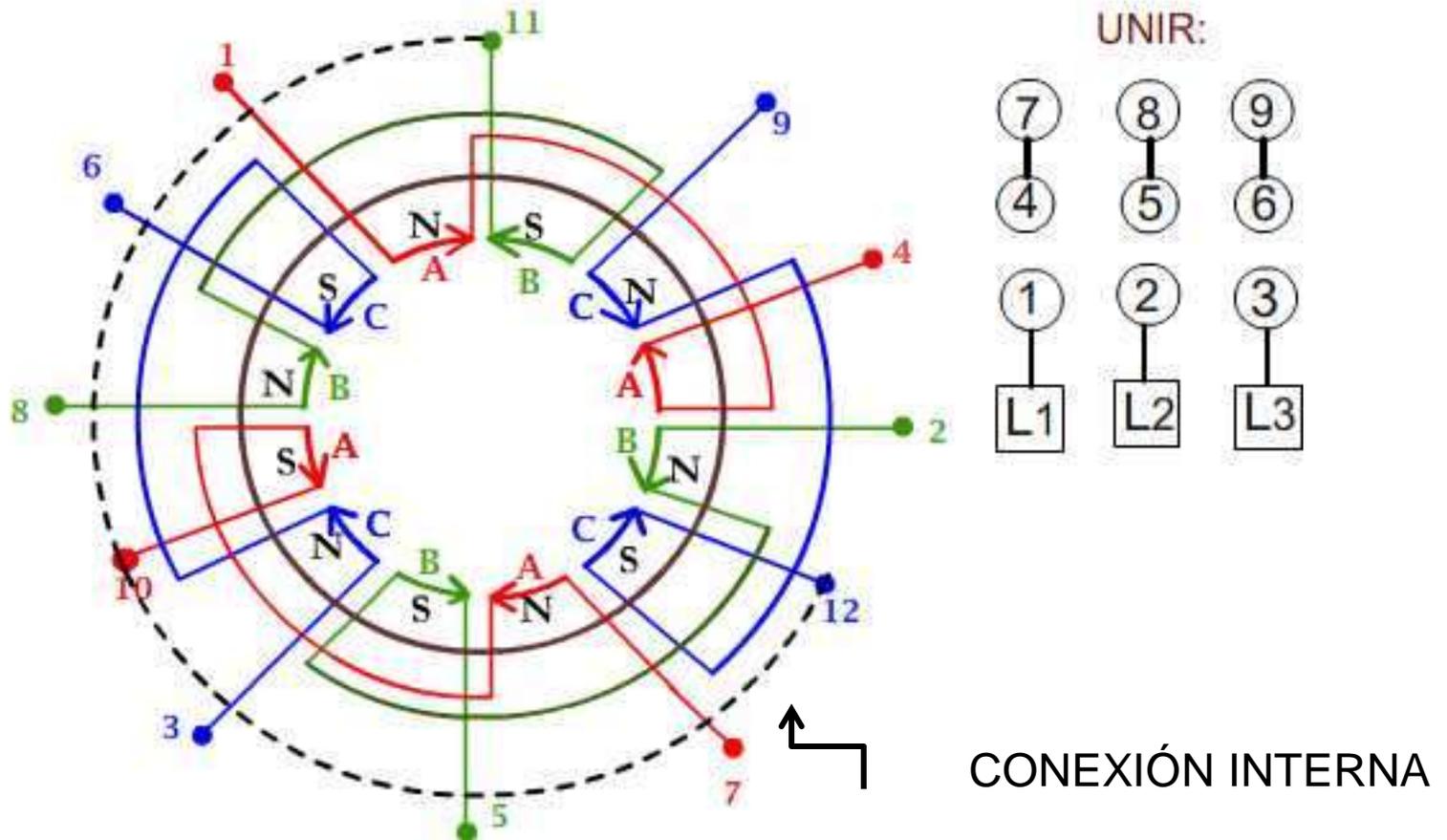
# DIAGRAMA LINEAL MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION *DOBLE ESTRELLA*



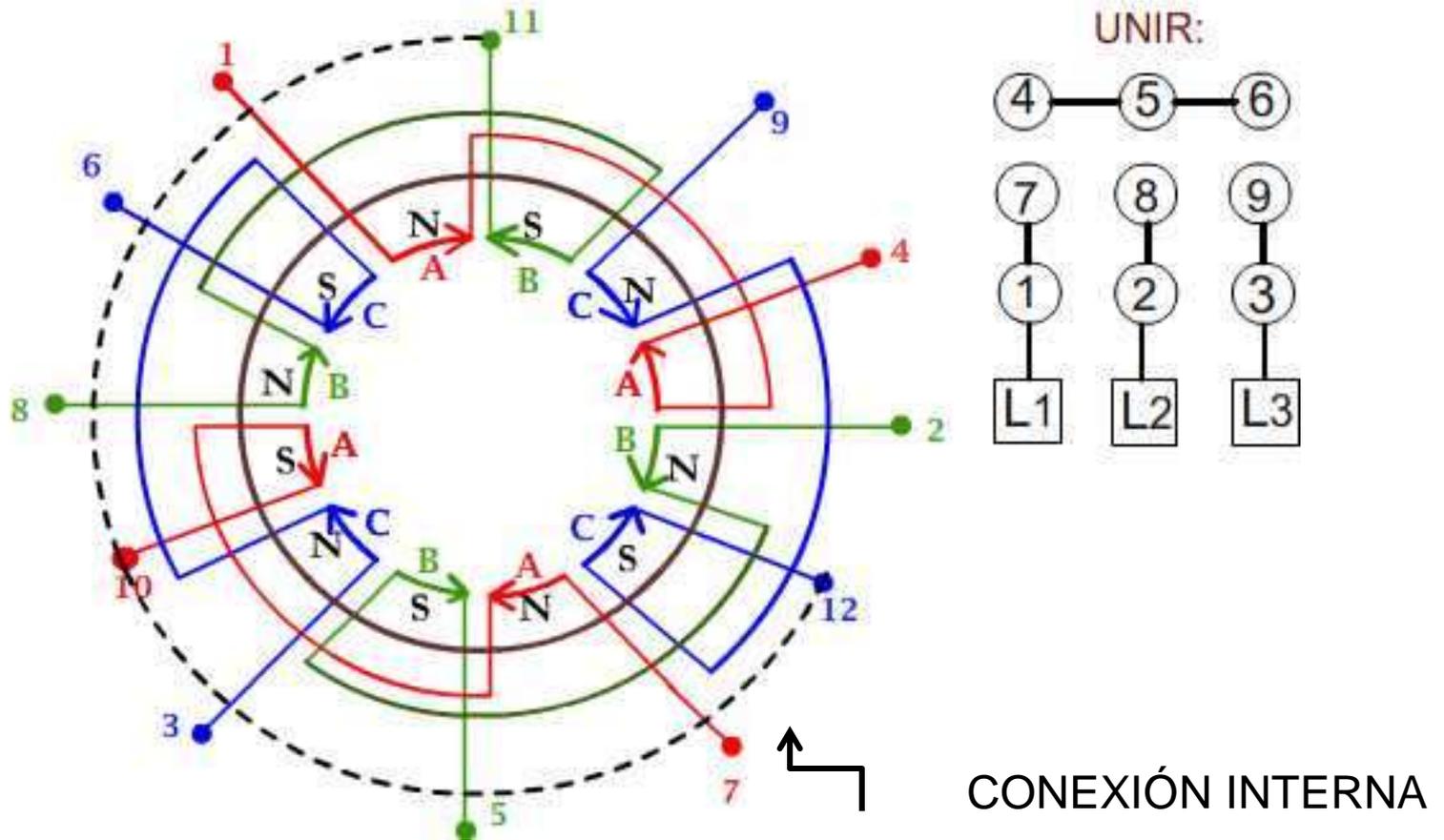
# DIAGRAMA CIRCULAR MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION ESTRELLA



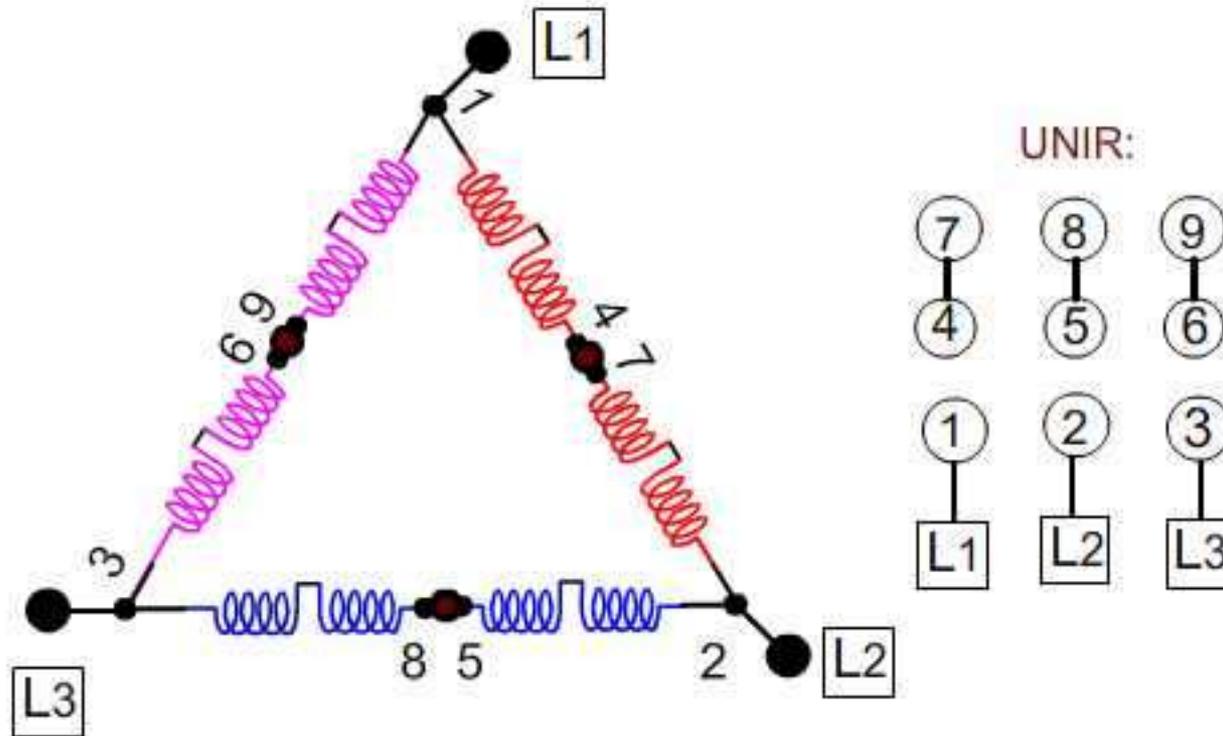
# DIAGRAMA CIRCULAR MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION DOBLE ESTRELLA



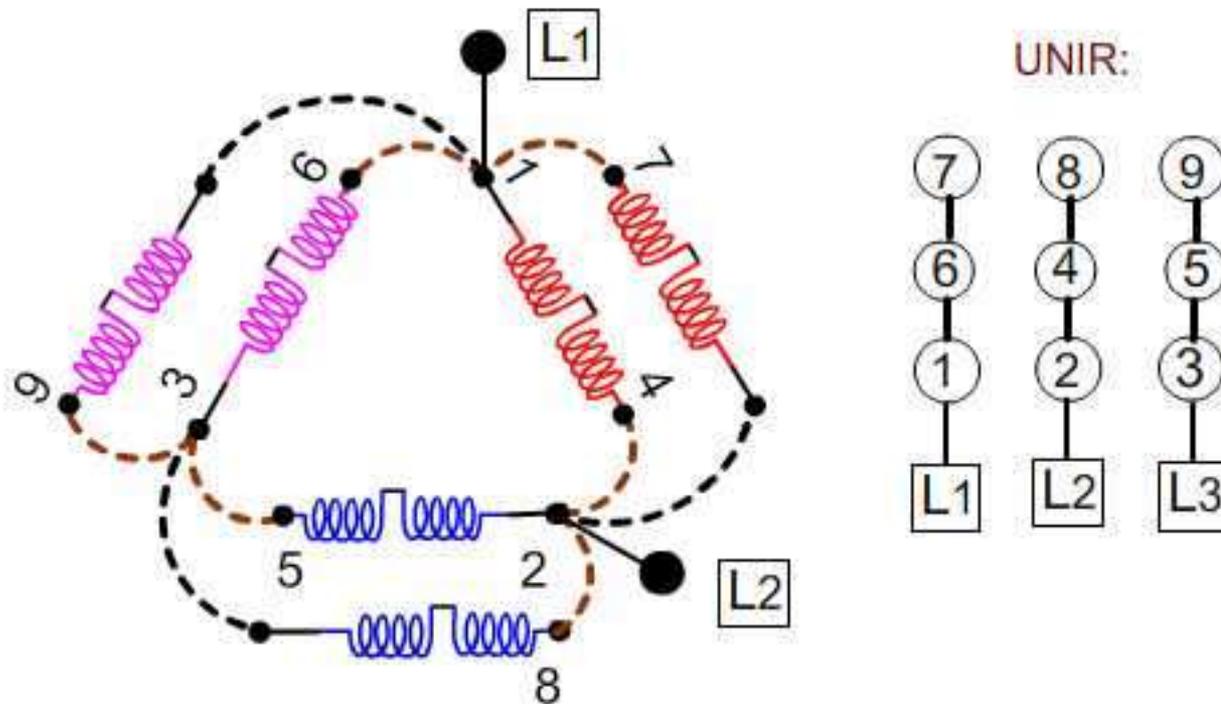
# DIAGRAMA ESQUEMÁTICO MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION DELTA



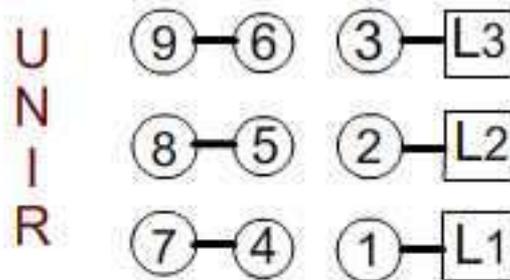
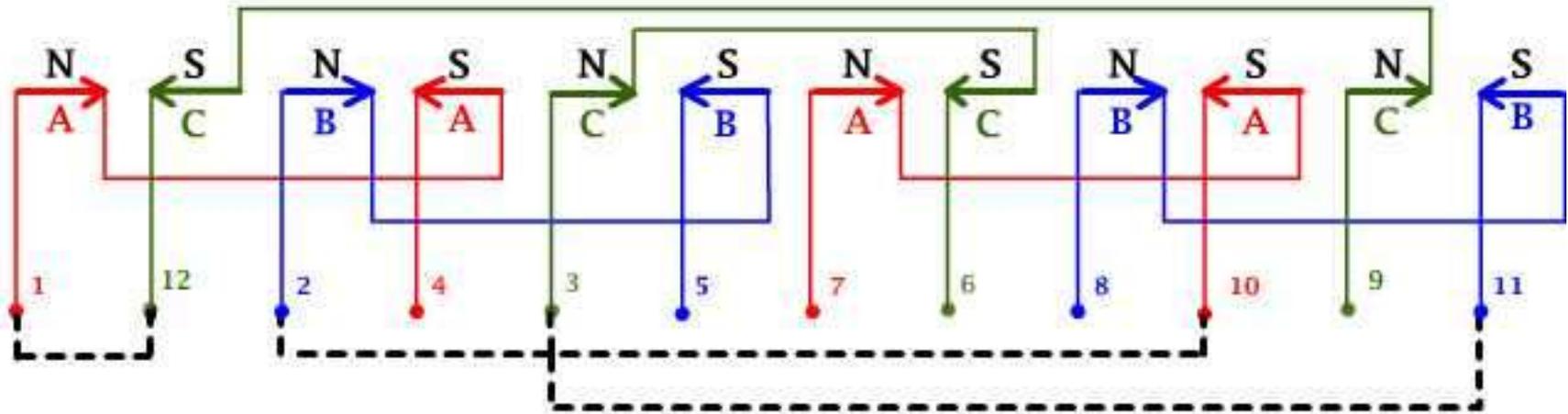
# DIAGRAMA ESQUEMÁTICO MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION DOBLE DELTA



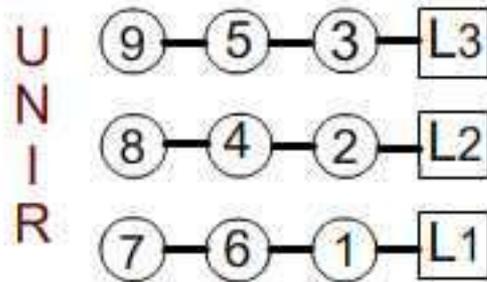
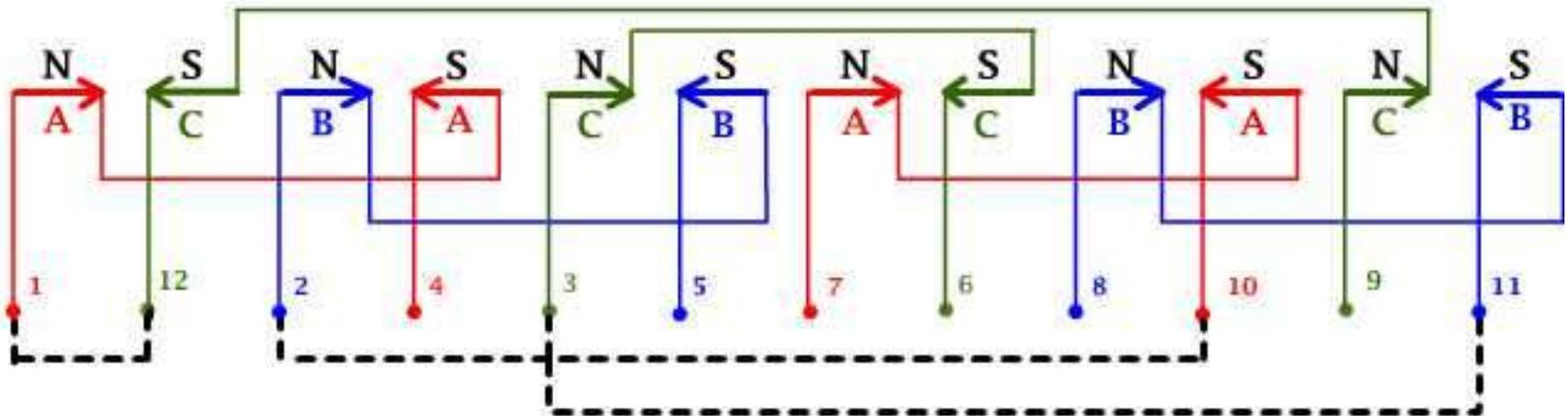
# DIAGRAMA LINEAL MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION *DELTA*



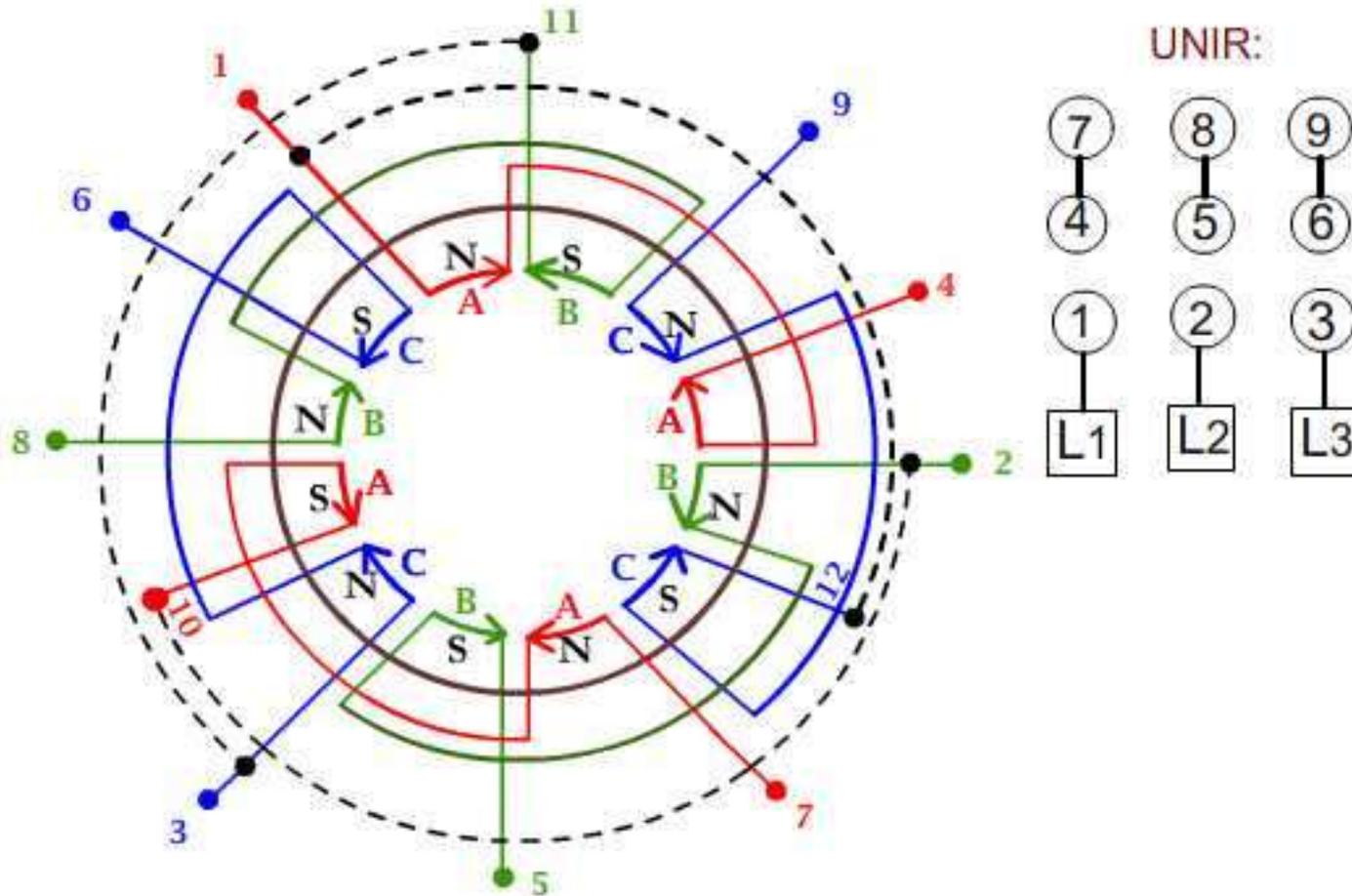
# DIAGRAMA LINEAL MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION *DOBLE DELTA*



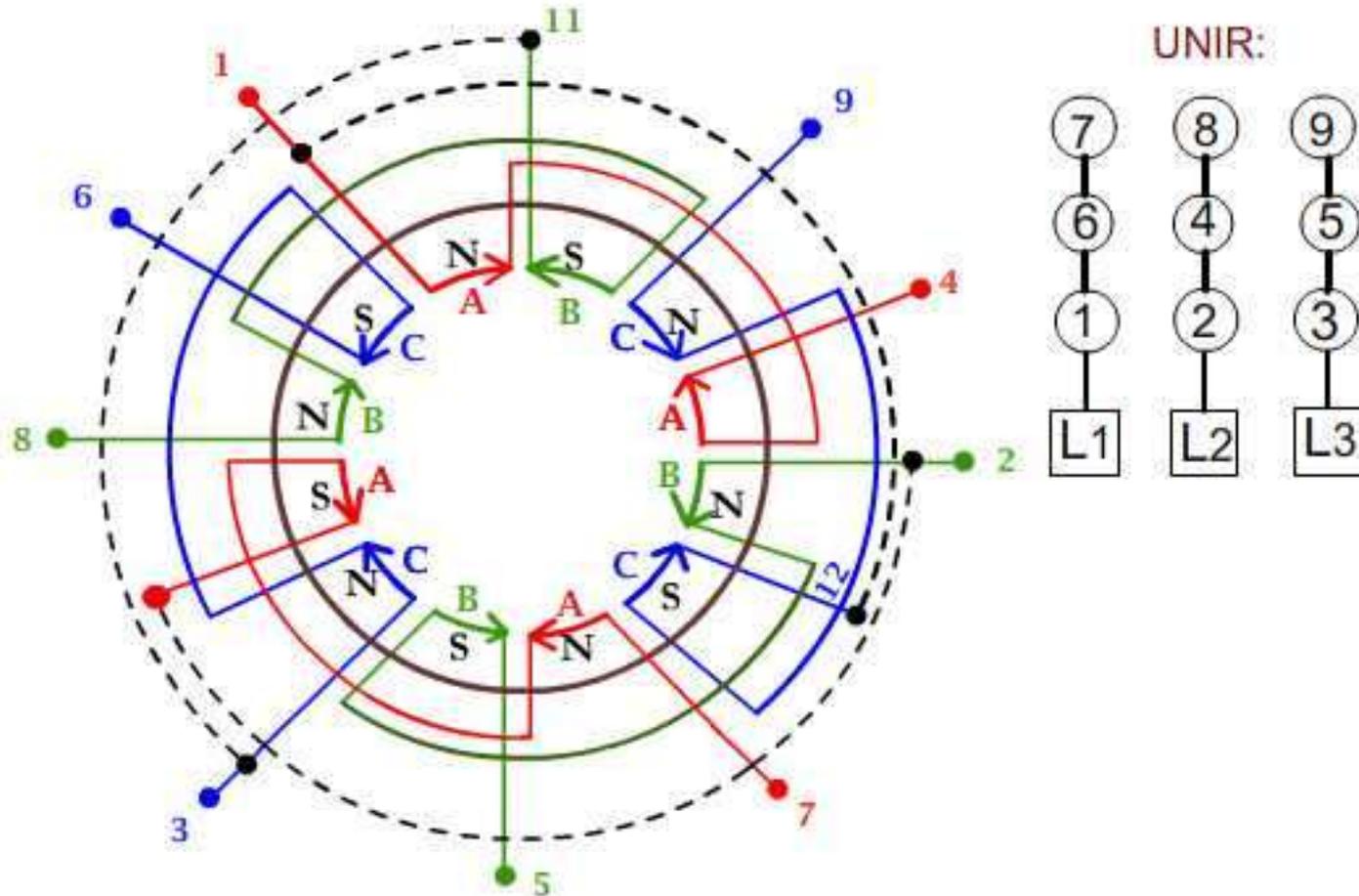
# DIAGRAMA CIRCULAR MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION DELTA



# DIAGRAMA CIRCULAR MOTOR 4P

## 9 TERMINALES CONEXION DOBLE DELTA



# ***AVERÍAS FRECUENTES EN LOS MOTORES***

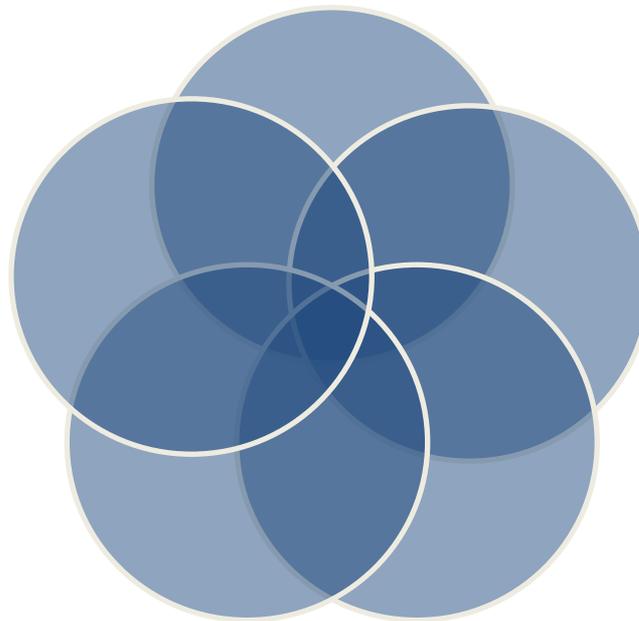
El motor no  
arranca

El motor gira  
despacio

El motor no  
funciona  
correctamente

El motor se  
calienta

El motor hace  
mucho ruido



# CAUSAS FRECUENTES QUE LAS OCASIONAN:

**Fusible fundido.**

**Cojinetes desgastados.**

**Sobrecarga.**

**Fase Interrumpida**

**Bobinas en cortocircuito.**

**Barras rotóricas flojas.**

**Conexiones internas erróneas.**

**Cojinetes agarrotados.**

**Arrollamiento en contacto con la masa.**

**Fase con la polaridad invertida.**

**Conexión interrumpida.**

# ***ZONAS DE FALLA***

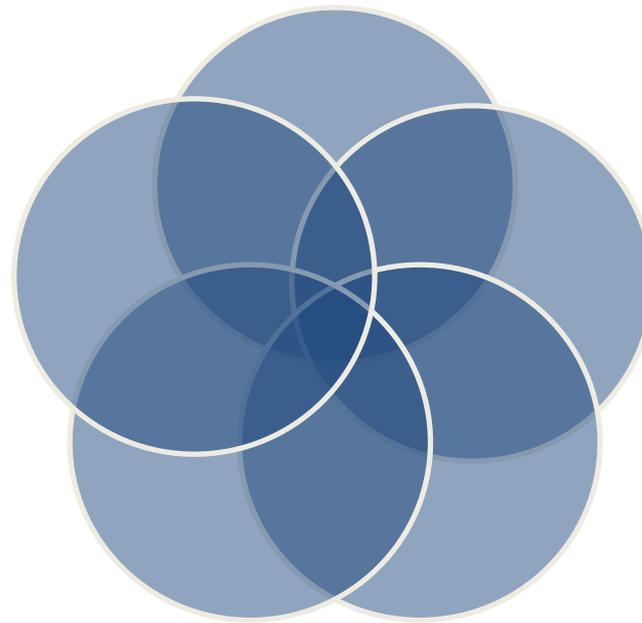
Circuito de  
potencia

Excentricidad

Aislamiento

Rotor

Estator



# CIRCUITO DE POTENCIA

El circuito de potencia, involucra a todos los conductores con sus bornes, interruptores, protecciones térmicas, fusibles, contactores y cuchillas.

Los falsos contactos han sido la fuente de un 46% de las fallas en motores, por lo que aunque muchas veces el motor este en excelente estado, este se instala en un circuito de potencia defectuoso

# AISLAMIENTO

- Cuando hablamos de la condición de aislamiento nos referimos a la resistencia que existe entre este a tierra.
- Para que se dé una falla a tierra, deben ocurrir dos cosas. Primero, debe crearse un camino de conducción a través del aislamiento. Conforme el aislamiento envejece se fisura y posibilita que se acumule material conductivo.
- Segundo, la superficie exterior del aislamiento se contamina de material conductivo y conduce suficiente corriente a la carcasa o núcleo del motor que está conectado a tierra.

# ESTATOR

- En un estator es importante el diagnosticar: los devanados, el aislamiento, el núcleo del estator o laminaciones y la soldadura entre las espiras.
- Tal vez, la falla más común es un corto entre vueltas, esto reduce la habilidad de producir un campo magnético balanceado. Esto a la vez trae otras consecuencias como un aumento en la vibración de la máquina, y por ende degradación del aislamiento y daños a los rodamientos del motor. Generalmente este tipo de cortos aumenta la temperatura y el corto se expande a un corto entre espiras y eventualmente destruye todo el motor.
- Aún más grave que esta es la falla entre fases, un corto de este tipo acelera rápidamente a destrucción del motor.

# ROTOR

Cuando nos referimos a la condición de un rotor se deben revisar: las barras, laminaciones y los anillos de corto circuito

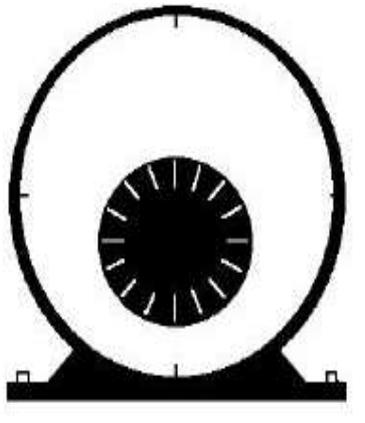
Un estudio mostro que un 10% de fallas en motores se debió al rotor.

Una barra rota genera un calor tan intenso en la zona de ruptura y puede destruir el aislamiento cercano a las laminaciones y el devanado será dañado severamente.

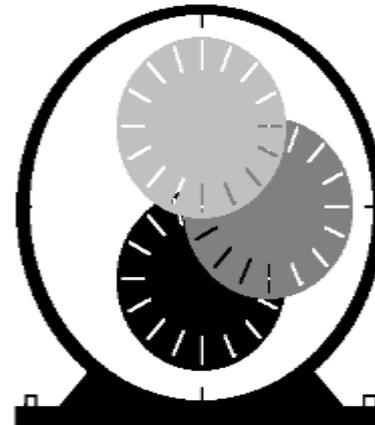
# EXCENTRICIDAD

El rotor de un motor debe estar centrado, si este no está bien distribuido en los 360° del motor, se producen campos magnéticos desiguales. El efecto adverso a la larga resultará en una falla en el aislamiento y en los rodamientos.

Existen básicamente dos tipos: ESTÁTICA Y DINÁMICA.



ESTÁTICA



DINÁMICA

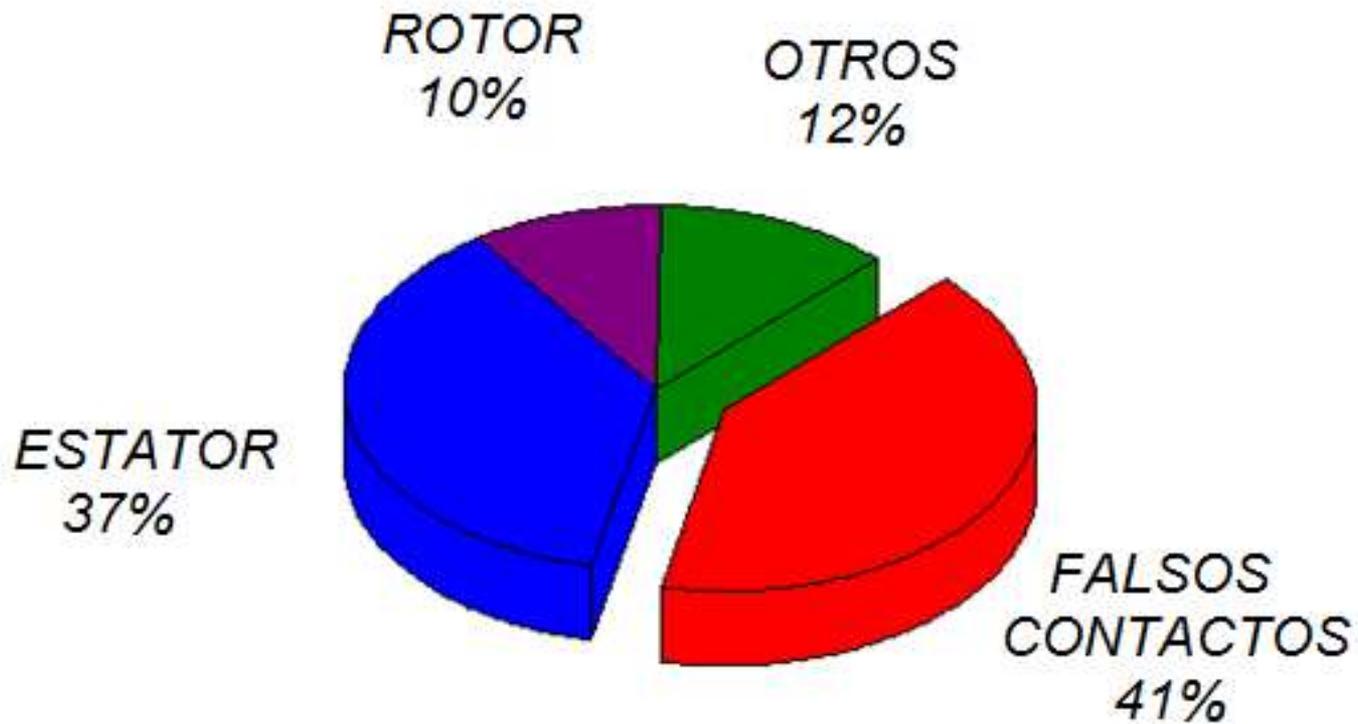
## EXCENRICIDAD ESTÁTICA

La excentricidad estática es en la cual el rotor esta descentrado pero fijo en un lugar generalmente , por un inadecuado alineamiento o por que la carcaza del motor fue torcida cuando se instalo en su base.

## EXCENRICIDAD DINÁMICA

El otro tipo de excentricidad es la dinámica, y como resultado el rotor se balancea dentro del estator, por lo tanto la inductancia varia . La excentricidad dinámica es producida por una deflexión en el eje generalmente.

# Estudio de Fallas en Motores



# UNIDAD 4

## CONTROL Y PROTECCIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS DE C.A.

# CONTROL DE MOTORES

Para el control y la protección de los motores eléctricos de C.A. se requiere: Un conjunto de dispositivos que interconectados garanticen su operación y funcionamiento, así como la seguridad e integridad de los operarios.



# DISPOSITIVOS DE CONTROL

- a) Desconectadores (switches).
- b) Interruptores termomagnéticos.
- c) Desconectadores tipo tambor.
- d) Estaciones de botones.
- e) Relevadores de control.
- f) Relevadores térmicos y fusibles.
- g) Contactores termomagnéticos.
- h) Lámparas piloto.
- i) Switch de nivel, límite y otros tipos.



# CARACTERÍSTICAS PARA UN CONTROL DE MOTORES

**EFICIENCIA:** satisfacer las condiciones de operación.

**CONFIABILIDAD:** debe ofrecer protección al motor y a los usuarios.

**OPERATIVIDAD:** debe permitir su fácil y rápida supervisión, operación y mantenimiento.

**ECONOMÍA.** Debe contar con el menor número de elementos de buena calidad.

# **FUNCIONES PARA UN CONTROL DE MOTORES:**

## **1.- Control:**

(arranque, paro, sentido de giro y velocidad de un motor.

## **2.- Protección:**

Contra sobre corriente, sobrecarga, inversión de fase, inversión de corriente, sobre velocidad y fallas eléctricas.

## **OPERACIONES DE UN CONTROL DE MOTORES.**

**ARRANQUE:** Se puede arrancar directamente a la línea de alimentación, sin embargo, se debe considerar que en ocasiones es necesario un arranque lento, debido a que los arranques bruscos pueden dañar la carga y el motor.

**PARO:** Detiene (frena) en forma gradual o rápidamente al motor según se requiera.

**INVERSIÓN DE GIRO:** Operación común que se puede cambiar en forma manual o automática.

**CONTROL DE VELOCIDAD:** Se pueden mantener velocidades precisas o cambiarlas gradualmente.

## **FUNCIONES DE PROTECCIÓN.**

**SOBRE CORRIENTES:** Se protegen con los fusibles o interruptores termomagnéticos.

**SOBRE CARGAS:** Se protegen con los relevadores de sobrecargas.

**INVERSIÓN DE FASE:** Los relevadores de inversión protegen contra riesgos que se presentan al cambiar de giro el rotor.

**SOBRE VELOCIDADES:** Para evitar una sobre velocidad del motor, que pueda causar grandes daños se selecciona una protección.

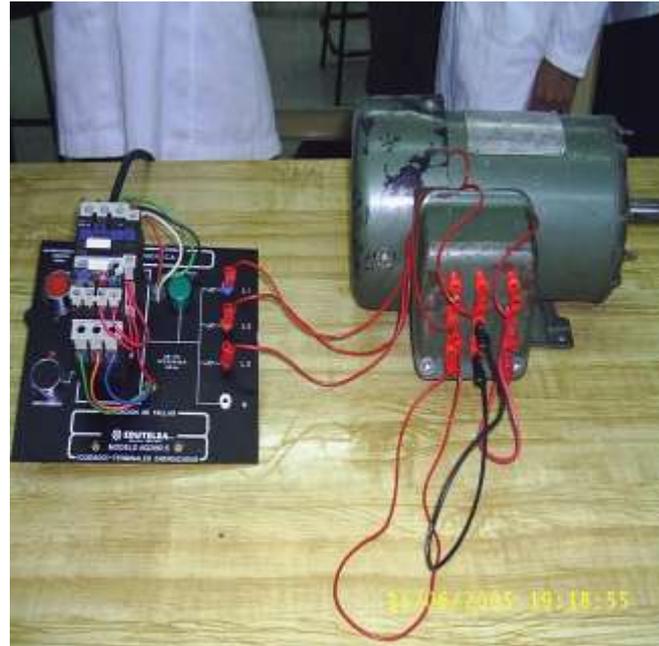
## PARA LA SELECCIÓN E INSTALACIÓN, DE UN SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO SE DEBE CONSIDERAR:

- 1.- **Diseño del motor**, donde se contemplan las características y parámetros del motor como: Voltaje, Corriente, potencia, velocidad, factor de potencia, temperatura, etc.
- 2.- **Características de la carga**, que utilidad tendrá con cadena bandas engranes etc.
- 3.- **Condiciones de servicio**, son las características del lugar donde se realiza la operación como: temperatura, ventilación, contaminación, humedad, polvo, etc.

# TIPOS DE CONTROLES:

- 1.- MANUAL
- 2.- SEMIAUTOMÁTICO
- 3.- AUTOMÁTICO

**MANUAL:** En este tipo de controles el elemento humano interviene durante toda la operación.



## TIPOS DE CONTROLES:

### SEMIAUTOMÁTICO:

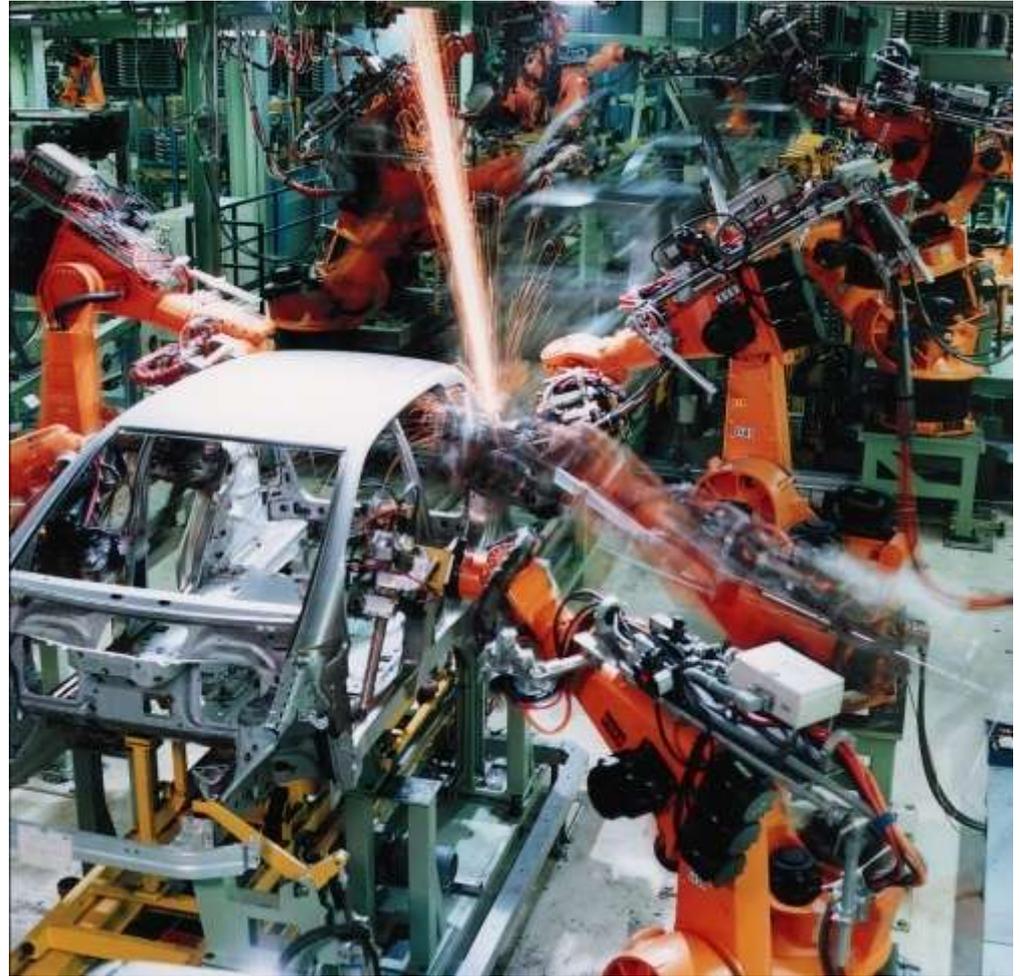
Aquí el operador solo interviene para iniciar un cambio en la operación, es activado mediante un dispositivo, que puede ser remoto.



## TIPOS DE CONTROLES:

### AUTOMÁTICO:

Este controlador se encarga del proceso sin que intervenga el ser humano, es activado por un dispositivo piloto el cual debe ser remoto.

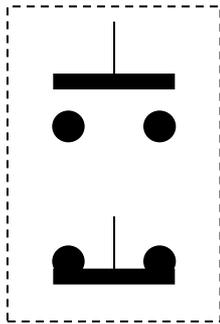


# ELEMENTOS DE UN CONTROL DE MOTORES

SE CLASIFICAN POR SU FUNCIÓN: Elementos de mando, básicos, de salida y auxiliares.

1. **ELEMENTOS DE MANDO:** son los que miden , detectan o convierten una acción, condición o cantidad física en señal eléctrica. (Como: Estaciones de botones, interruptores de presión. de flotador, termostatos etc.

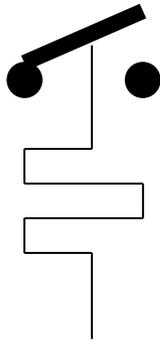
## ESTACIÓN DE BOTONES



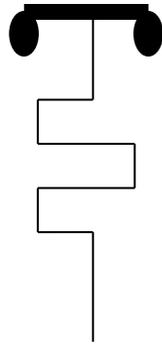
Botón de arranque (NA)

Botón de paro (NC)

## TERMOSTATO

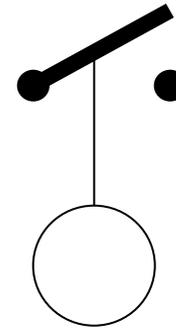


N.A.

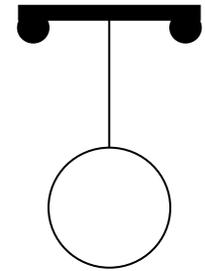


N.C.

## INTERRUPTOR DE FLOTADOR



N.A.



N.C.

# PULSADORES E INTERRUPTORES



# DISPOSITIVOS DE CONTROL

INVIERTE LA ROTACIÓN DE  
LOS MOTORES

LOS HAY MONOFÁSICOS **AG2**

Y TRIFÁSICOS **AG3.**



# DISPOSITIVOS DE CONTROL

Posiciones de conexión de un Interruptor de Tambor Monofásico AG2



Posiciones de conexión de un interruptor de tambor Trifásico AG3



**2.- ELEMENTOS BÁSICOS:** Son los que físicamente ejecutan el control pues reciben la señal del elemento de mando, lo procesan y envían el resultado al elemento de salida:

### **Contactores electromagnéticos.**

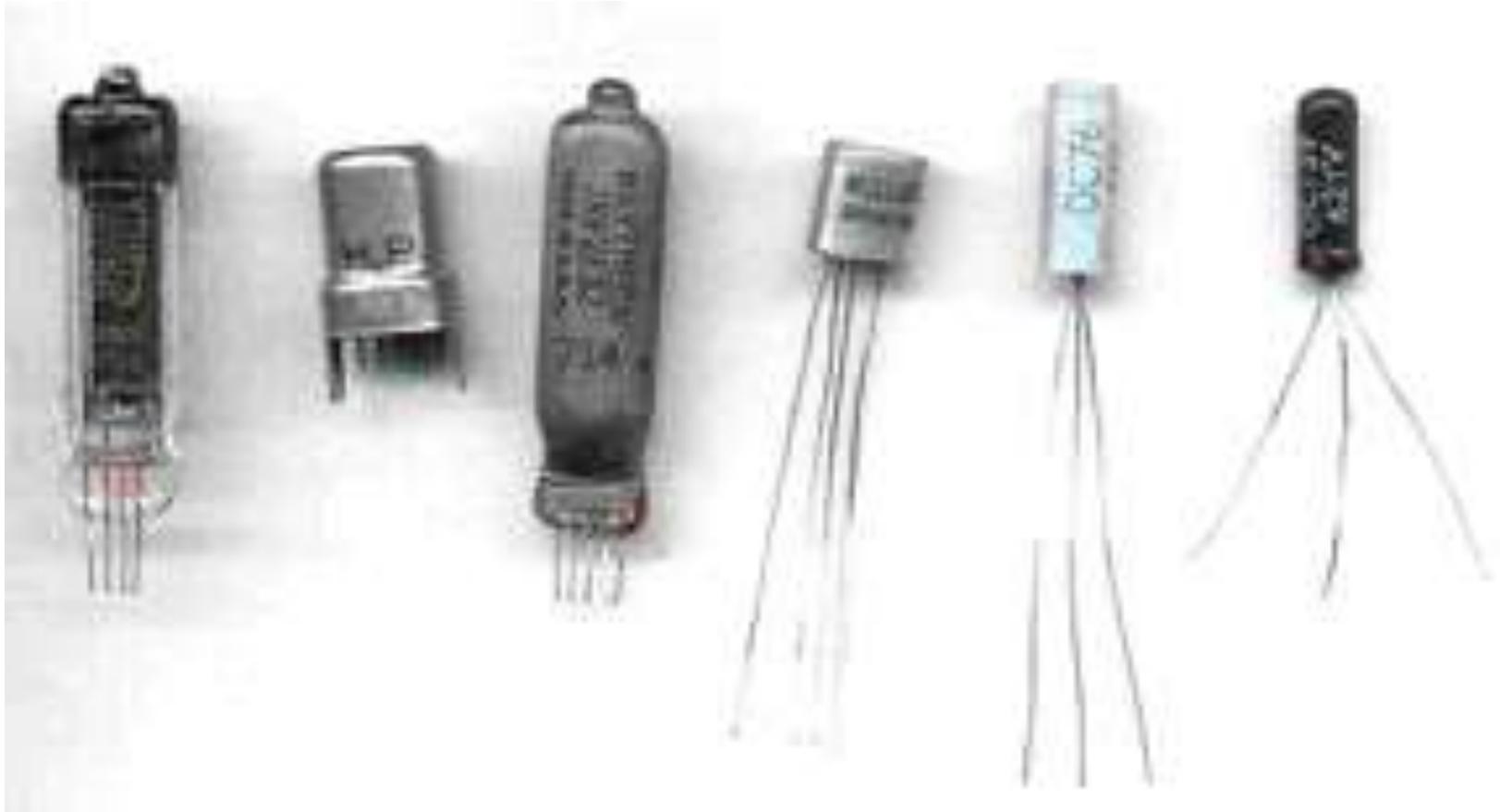
dispositivos que dejan pasar o interrumpen repetidamente el paso de la corriente eléctrica a través del circuito.



**Relevadores.** Dispositivos que realizan una conmutación (cambio de estado), después de una acción y una cierta operación previamente especificada (Relevador de tiempo: (TR=Time Relay):(Relevadores de control (CR = Control Relay))



**Transistores y Válvulas.-** Dispositivos que una vez ejecutada la acción, dejan pasar un cierto valor de energía en la dirección o sentido previamente determinado.



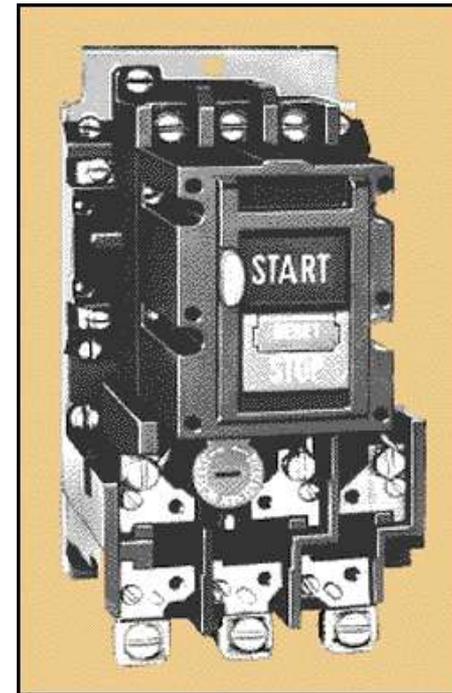
### 3.- Elementos de salida.

Son los elementos que transforman la señal que les envía el elemento básico a las condiciones y características requeridas por el motor.

#### ARRANCADOR MANUAL.-

Es una buena opción puesto que ofrece:

- tamaño físico compacto
- selección de gabinetes
- costo inicial bajo
- Protección contra sobrecargas
- operación segura y económica.



# ARRANCADORES DE ESTADO SÓLIDO

Los arrancadores de estado sólido son los tipos más nuevos y flexibles en C.A. Son muy diferentes a cualquier otro tipo de arrancadores.



# ARRANCADORES DE ESTADO SÓLIDO

Los arrancadores de estado sólido son utilizados cuando se requiere un arranque suave y lento. En lugar de operarlos directamente a plena tensión, se arrancan con aumentos graduales de voltaje. Los arrancadores de estado sólido evitan disturbios de la red eléctrica y picos de corriente así como esfuerzos mecánicos que causan desgaste en el motor y la máquina que se acciona.



# ARRANCADORES DE ESTADO SÓLIDO

Son ideales para aquellas aplicaciones donde se requiere gran confiabilidad, flexibilidad y un alto grado de protección. Su tecnología digital y su memoria no volátil proporciona la protección requerida .



# ARRANCADORES DE ESTADO SÓLIDO

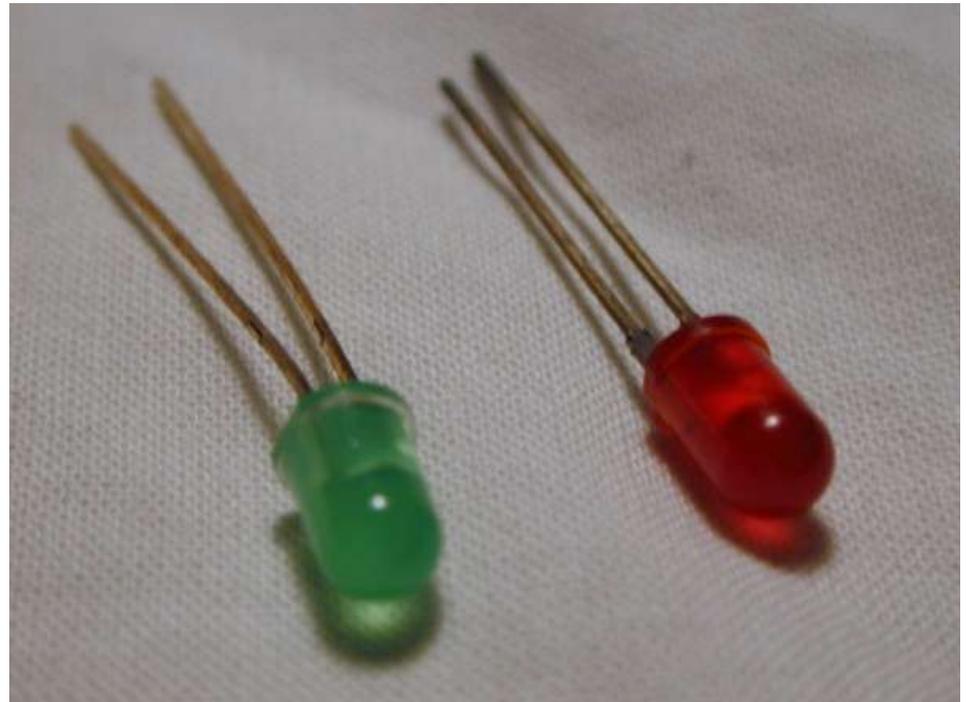
## Aplicaciones

- Molinos, trituradoras
- Bombas
- Bandas transportadoras
- Escaleras mecánicas
- Grúas
- Máquinas-herramienta
- Ventiladores
- Compresores
- Agitadores
- Decantadores
- Prensas

#### 4.- Elementos auxiliares.

Son los que realizan funciones adicionales al control del motor, tales como:

**Señalización:** Dan una indicación del estado del control o del motor como: (lámparas, leds, etc.).



**Protección:** Protegen al circuito y al motor contra fallas eléctricas.

**Relevador de sobrecarga  
(ol = over load)**



**Interruptor  
Termomagnético**



**Protección:** Protegen al circuito por elevación de intensidades de corriente.

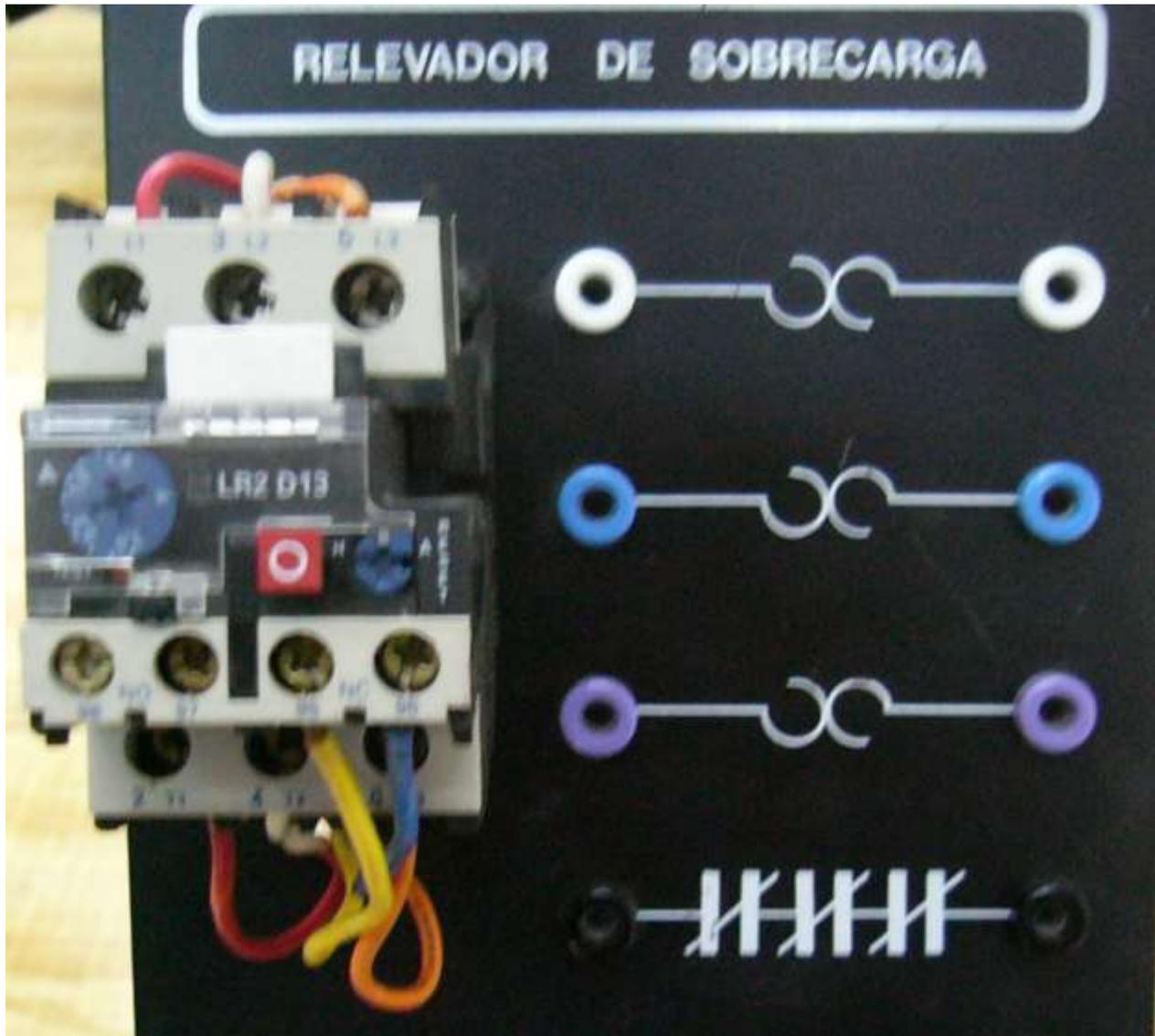
## FUSIBLE



## INTERRUPTOR (2X30 A)



# RELEVADOR DE SOBRECARGA



## **ARRANQUE DE MOTORES.**

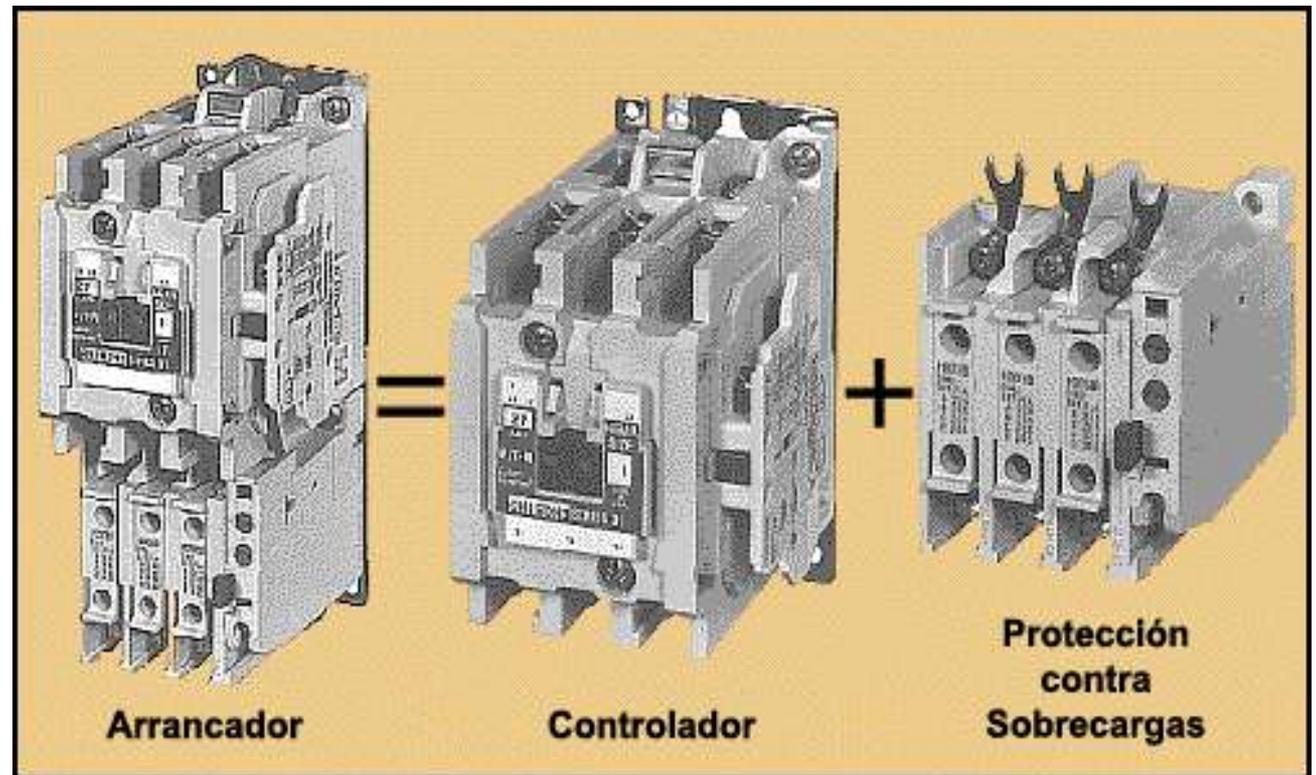
Según la capacidad del motor el arranque debe ser:

- a).- A tensión plena      b).- A tensión reducida.

Los motores de baja o mediana capacidad hasta 10 H.P., se pueden arrancar a tensión plena, pero los motores de mayor capacidad, es requisito indispensable que se arranquen a tensión reducida. Al arrancarlos toman una corriente grande que los puede dañar, en cambio a tensión reducida la corriente disminuye considerablemente permitiendo, que el motor arranque a velocidad y par reducidos, pero una vez que la velocidad se ha estabilizado, se debe aplicar la tensión total para que funcione en condiciones normales de trabajo.

# ARRANQUE DE MOTORES A TENSIÓN PLENA.

Para arrancar un motor a tensión plena, se emplea el método directo por medio de arrancador magnético y una estación de botones, hoy en día método común mente empleado.



# ARRANQUE DE MOTORES A TENSIÓN PLENA.

## ARRANCADOR



CONTACTOR

RELEVADOR DE SOBRECARGA

ESTACIÓN DE BOTONES



## **FUNCIÓN DE CADA UNA DE SUS PARTES:**

### **INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.**

Es operado manualmente y cuenta con un interruptor sencillo de palanca y como protección tiene un elemento termo magnético que protege contra sobrecarga (tiene la ventaja de que en caso de falla se puede restablecer el circuito).

### **BOBINA.**

Puede ser de 110 o 220 v. para motores monofásicos o trifásicos y protege al motor contra bajo voltaje y al energizarse cierra los contactos principales.

## **ELEMENTO TÉRMICO.**

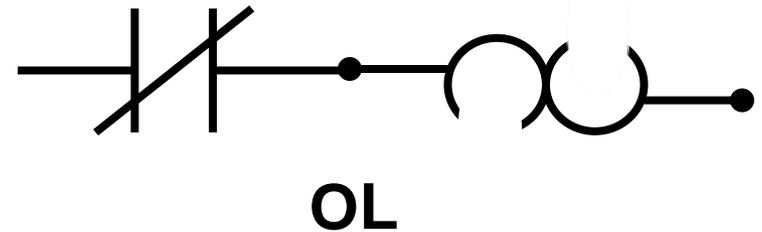
Protege contra sobrecargas y consiste en la unión de dos materiales que tienen diferentes coeficientes térmicos de expansión, a una corriente excesiva causara que el bimetalo se flexione operando un dispositivo de disparo.

## **CONTACTOR:**

Un contactor es un interruptor electromagnético (que conecta o desconecta una carga) dichos contactos están tratados químicamente para realizar un trabajo continuo con poco desgaste, por los arcos y calentamiento a que están expuestos, tiene contactos normalmente cerrados (N.C.), y normalmente abiertos. (N.A.)

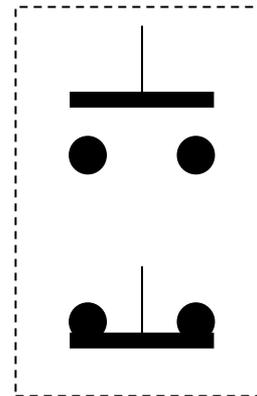
## RELEVADOR DE SOBRECARGA. (OL = Over Load).

Está formado por un contactor y un elemento térmico, y protege al motor por sobrecargas.



## ESTACIÓN DE BOTONES:

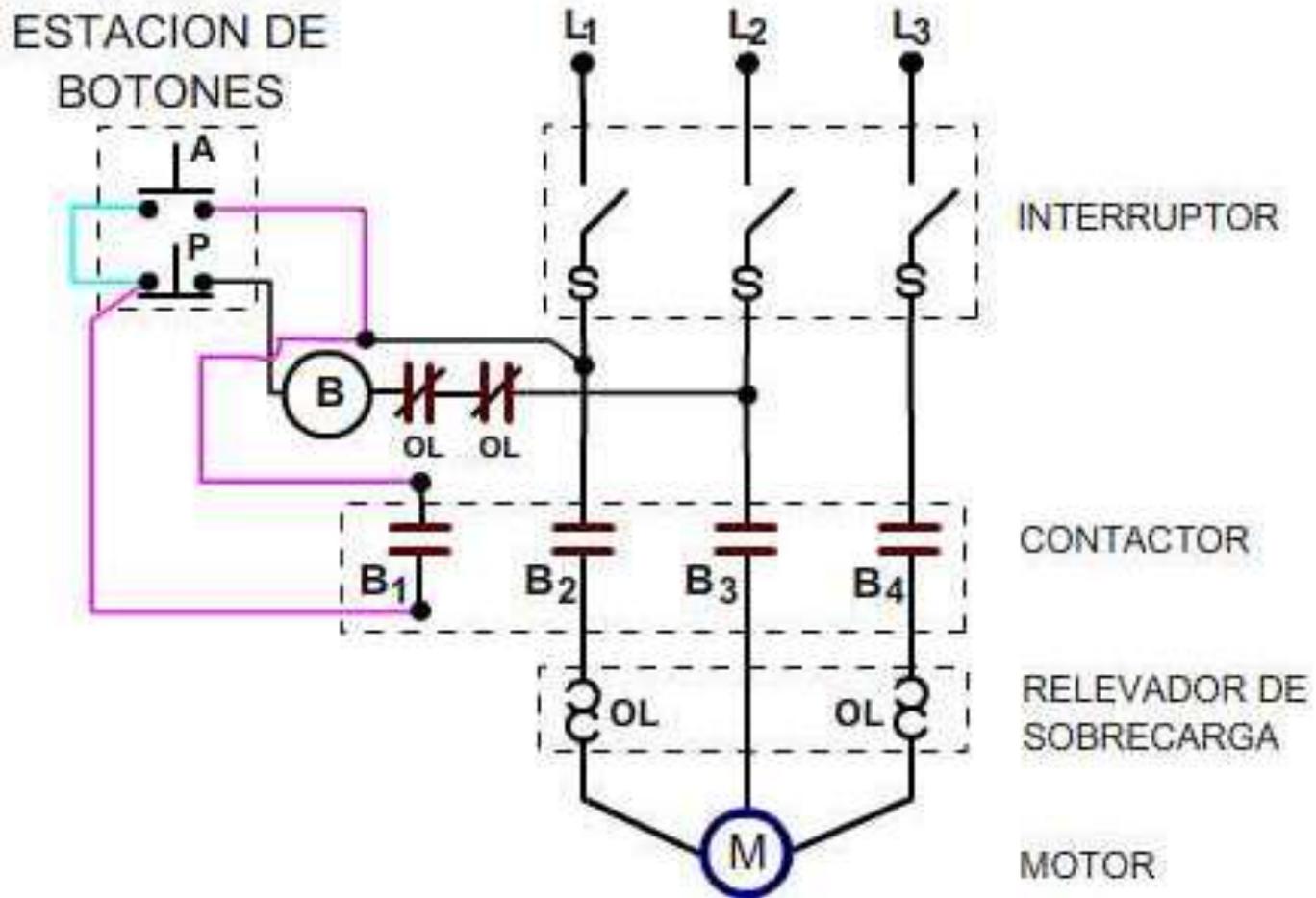
Este elemento controla el arranque y paro del motor a distancia, y puede ser de dos a mas puntos de control.



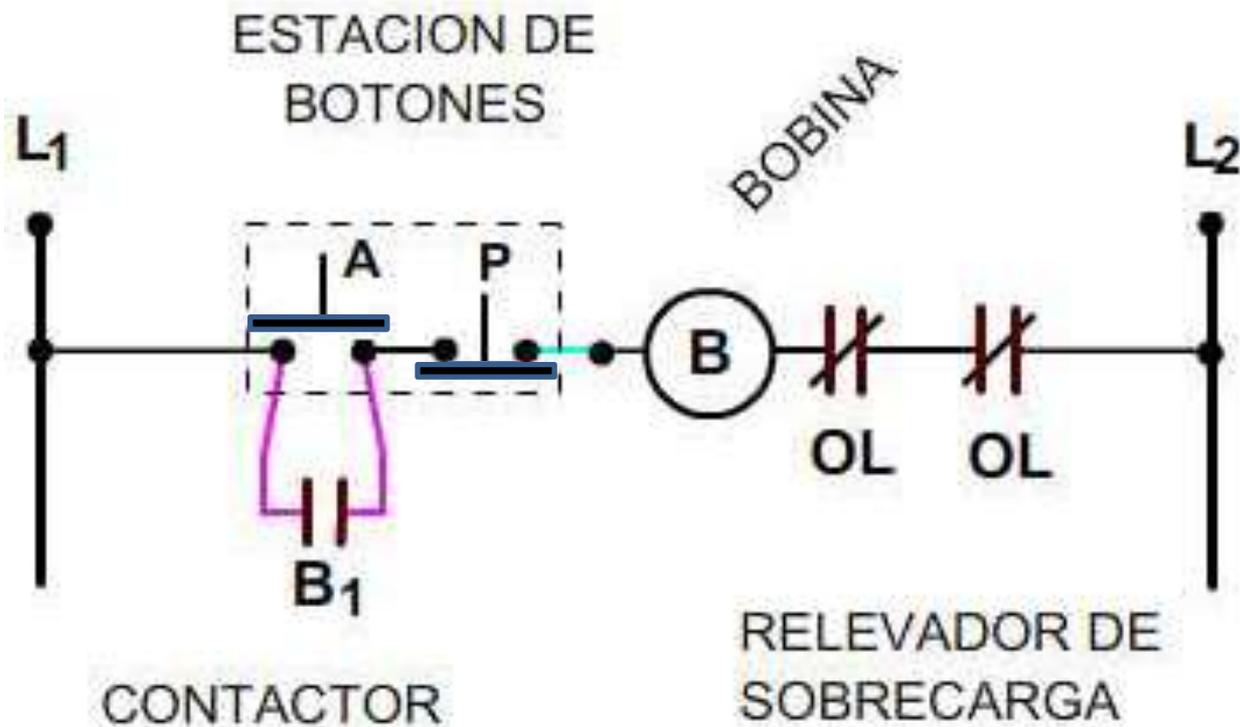
Botón (N.A.)

Botón (N.C.)

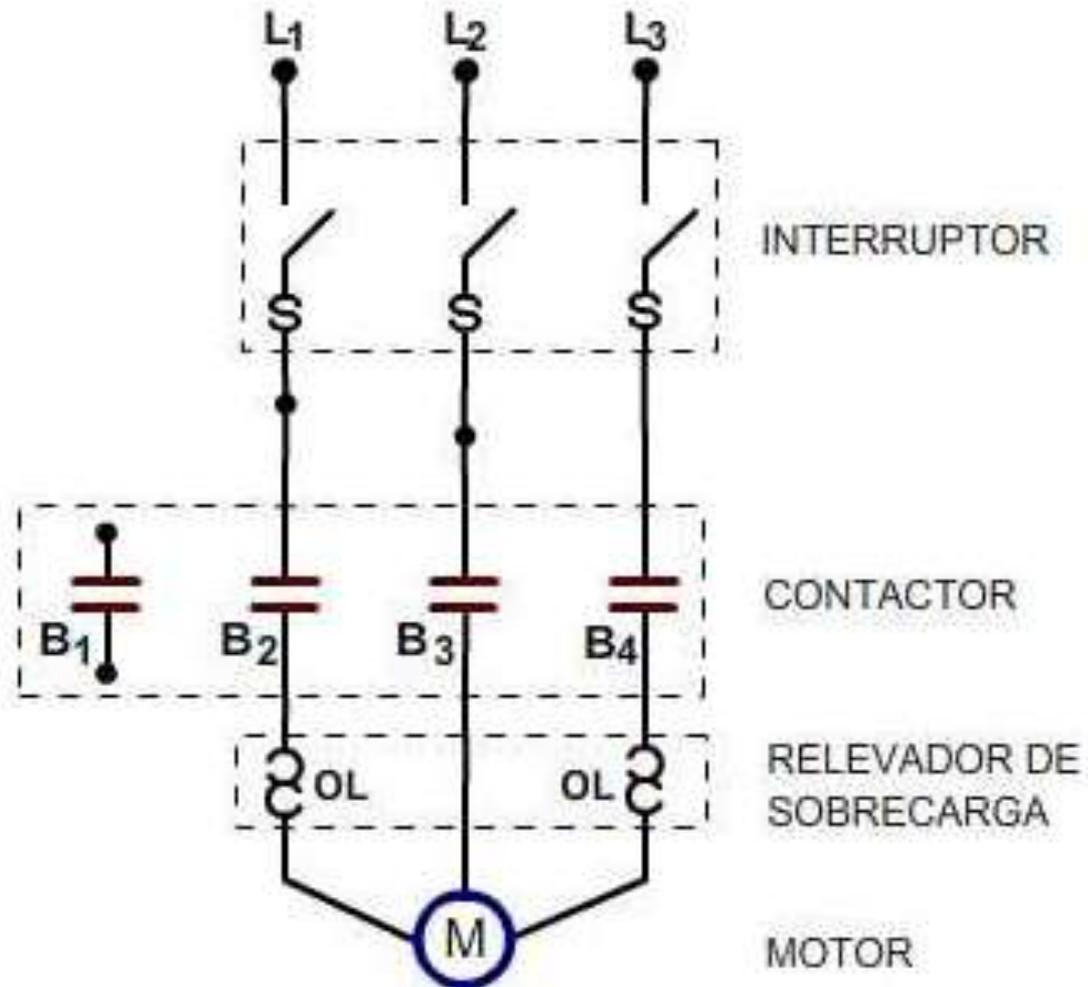
# DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE UN ARRANCADOR A TENSIÓN PLENA 3 FASES



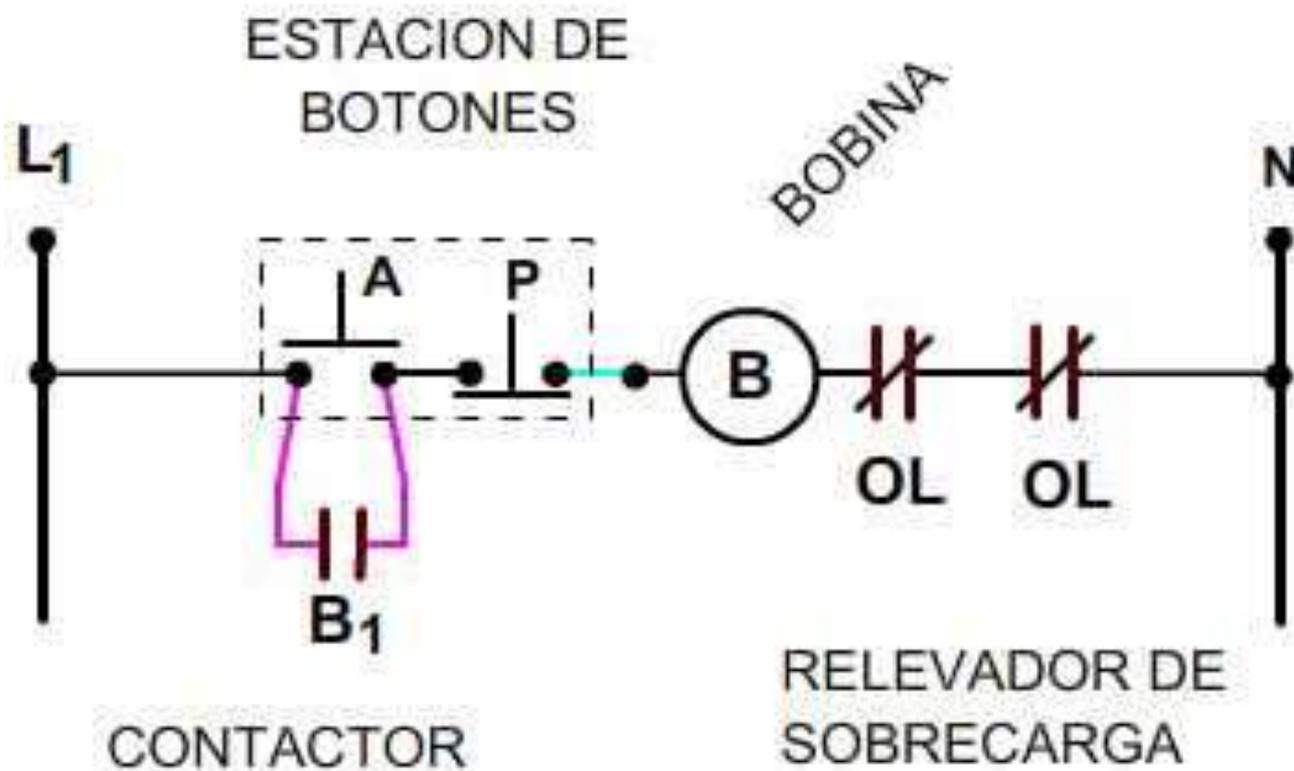
# CIRCUITO DE CONTROL 220 v.



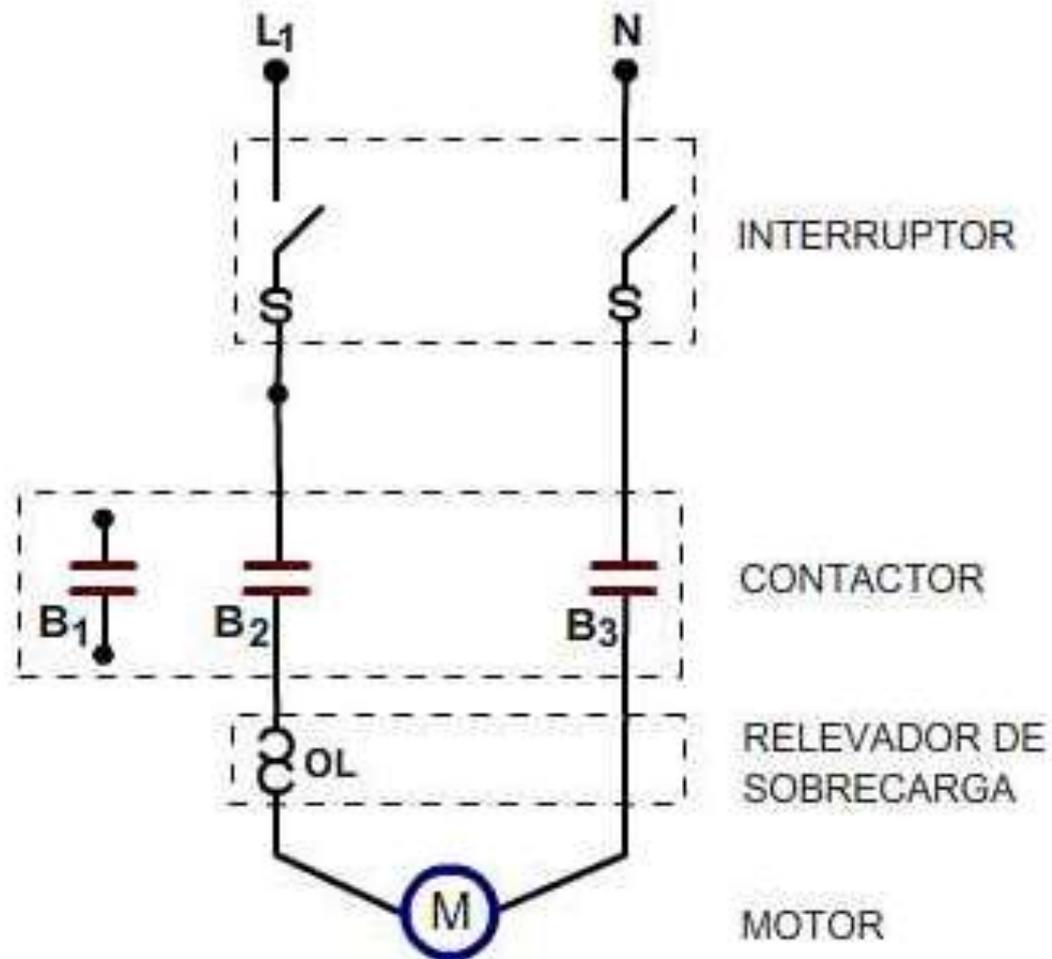
# CIRCUITO DE FUERZA MOTOR 3 FASES



# CIRCUITO DE CONTROL 127 v.



# CIRCUITO DE FUERZA MOTOR MONOFÁSICO



# **ARRANQUE DE MOTORES A TENSIÓN REDUCIDA.**

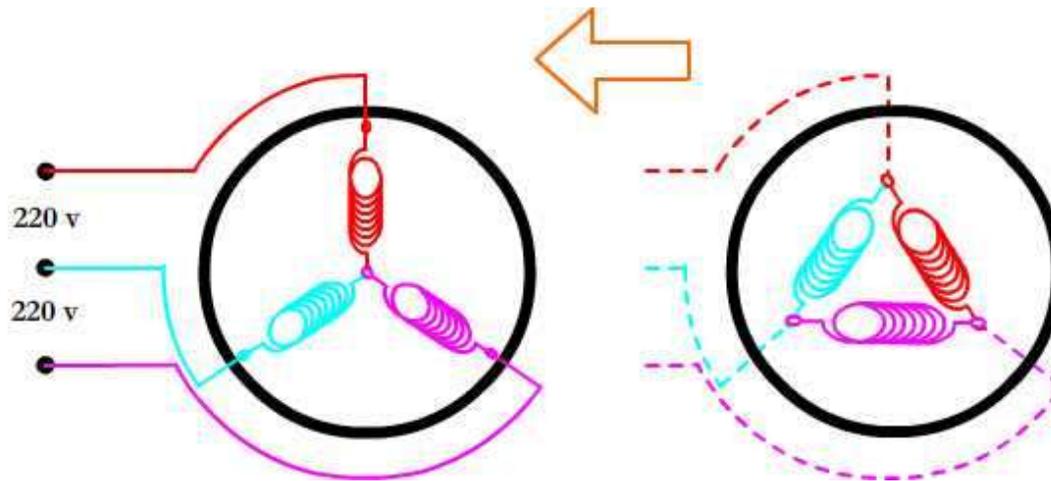
Para arrancar un motor a tensión reducida, se emplean varios métodos, entre otros tales como:

1).- Estrella-Delta.

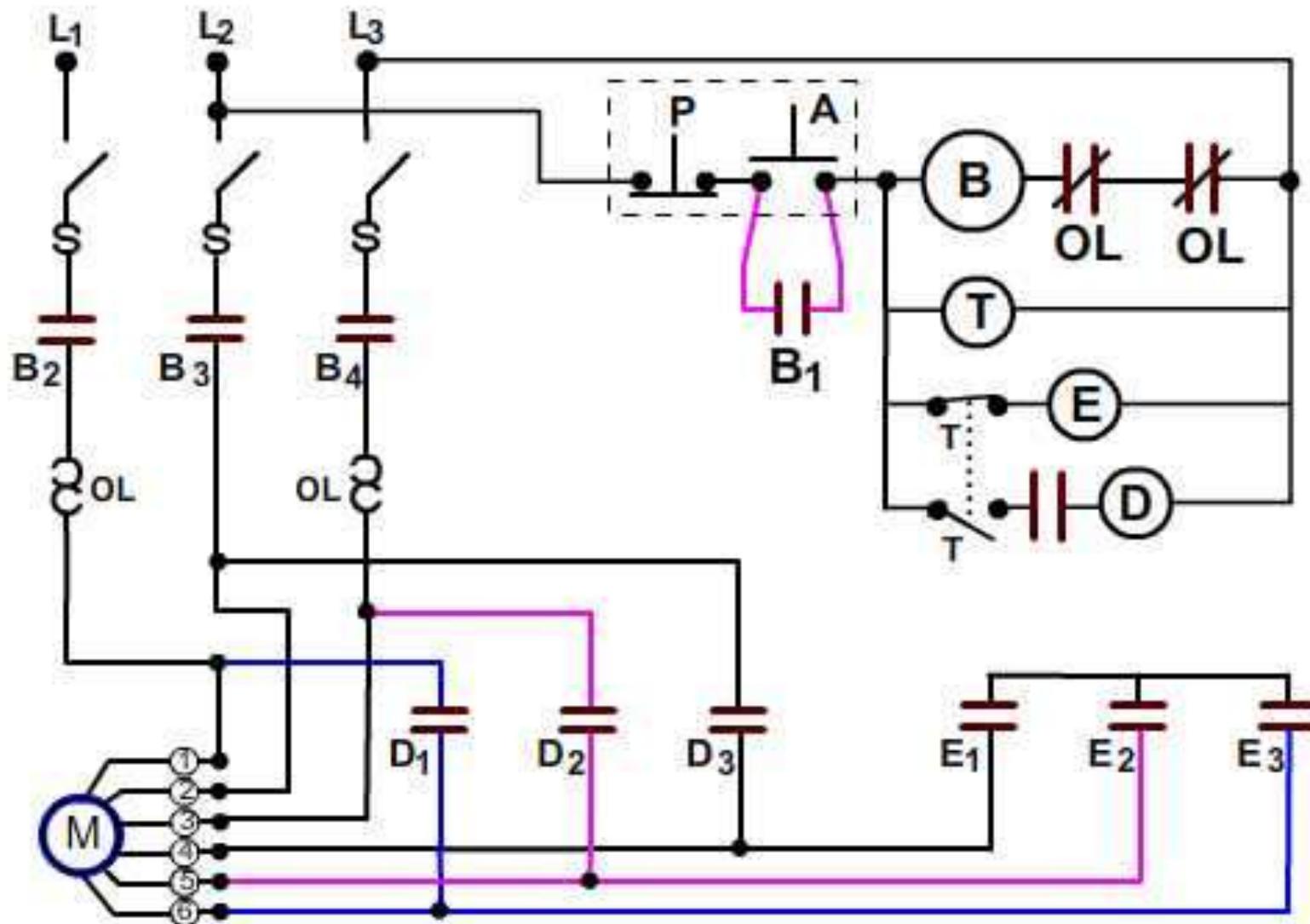
2).- Con auto-transformador.

# 1.- ARRANQUE ESTRELLA-DELTA.

El motor se arranca en estrella, después por medios automáticos con un relevador de tiempo o manualmente por medio de un botón, se hace que cambie a conexión delta; consiguiendo de esta manera, limitar hasta el 50% la corriente que toma el motor en el arranque debido a que al estar conectado en estrella, la corriente debe vencer el doble de resistencia que cuando está conectado en delta.



# CONEXION DE UN ARRANCADOR A TENSION REDUCIDA ESTRELLA DELTA

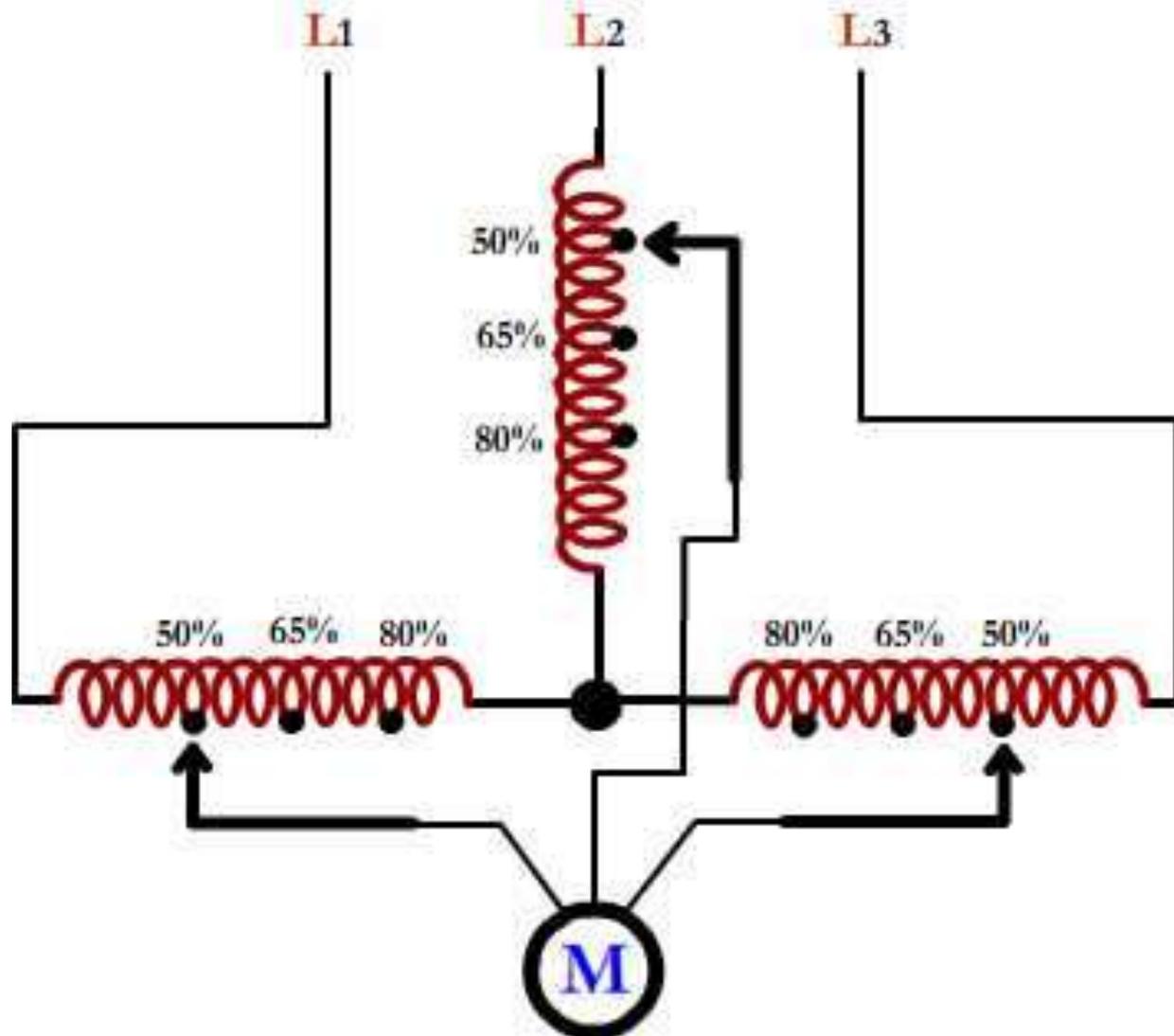


## 2.- ARRANQUE CON AUTO-TRANSFORMADOR.

El arranque de un motor a baja tensión empleando un auto-transformador se efectúa por medios automáticos o manuales a base de contactores que abran o cierren circuitos que hacen que instantes después de haber arrancado, reciba la tensión nominal para que el motor marche normalmente.



# ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA CON AUTOTRANSFORMADOR.



## BIBLIOGRAFÍA.

EL "ABC" DE LAS MAQUINAS ELÉCTRICAS, TOMO II MOTORES DE C.A.

ING, ENRIQUEZ HARPER GILBERTO  
IPN/LIMUSA ED. 1991.

MOTORES ELÉCTRICOS, TOMO I Y II  
ROSEMBERG ROBERT  
GUSTAVO GILI, S.A. ED. 1990.

OPERACIÓN CONTROL Y PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS.  
ING. BUITRON SANCHEZ HORACIO.  
IPN. ED 1992.

CONTROL DE MOTORES INDUSTRIALES.  
WILDI THEODORE/VITO MICHAEL  
LIMUSA ED. 1990.

CURSO DE TRANSFORMADORES Y MOTORES DE INDUCCION  
ING. ENRIQUEZ HARPER GILBERTO.  
LIMUSA.

## DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

<http://www.nichese.com/motor>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>

[http://apuntes.rincondelvago.com/motores-trifasicos-electricos.](http://apuntes.rincondelvago.com/motores-trifasicos-electricos)

[http://www.monografias.com/trabajos16/circuitos-trifasicos/circuitos-trifasicos.](http://www.monografias.com/trabajos16/circuitos-trifasicos/circuitos-trifasicos)