

# Unidad 11

## Motores eléctricos



### En esta unidad aprenderemos a:

- Reconocer los diferentes motores eléctricos.
- Describir los diferentes tipos de arranque de motores asíncronos monofásicos y trifásicos.
- Instalar las protecciones de los motores.
- Realizar instalaciones de puesta en marcha de motores monofásicos de forma manual.
- Realizar instalaciones de puesta en marcha de motores trifásicos de forma manual.
- Describir las perturbaciones en la red.
- Medir los parámetros básicos de tensión, intensidad, potencia.
- Manejar los motores eléctricos respetando las normas de seguridad.

### Y estudiaremos:

- Motores eléctricos.
- Motores asíncronos trifásicos. Tipos y sistemas de arranque.
- Motores asíncronos monofásicos.
- Protección de los motores eléctricos.
- Medidas eléctricas en las instalaciones de motores eléctricos de corriente alterna.

## 1. Motores eléctricos

Los **motores eléctricos** son máquinas eléctricas que transforman en energía mecánica la energía eléctrica que absorben por sus bornes.

### Actividades

- ¿Qué velocidad tendrá una máquina que dispone de 2 pares de polos? ¿Y si tuviera 1 par?

Atendiendo al tipo de corriente utilizada para su alimentación, se clasifican en:

#### • Motores de corriente continua

- De excitación independiente.
- De excitación serie.
- De excitación (*shunt*) o derivación.
- De excitación compuesta (*compund*).

#### • Motores de corriente alterna

- Motores síncronos.
- Motores asíncronos:
  - Monofásicos.
    - De bobinado auxiliar.
    - De espira en cortocircuito.
    - Universal.
  - Trifásicos.
    - De rotor bobinado.
    - De rotor en cortocircuito (jaula de ardilla).

Todos los motores de corriente continua así como los síncronos de corriente alterna incluidos en la clasificación anterior tienen una utilización y unas aplicaciones muy específicas.

Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, son los que tienen una aplicación más generalizada gracias a su facilidad de utilización, poco mantenimiento y bajo coste de fabricación. Por ello, tanto en esta unidad como en la siguiente nos centraremos en la constitución, el funcionamiento y la puesta en marcha de los motores asíncronos de inducción.

La velocidad de sincronismo de los motores eléctricos de corriente alterna viene definida por la expresión:

$$n = \frac{60f}{p}$$

Donde:

$n$	Número de revoluciones por minuto
$f$	Frecuencia de la red
$p$	Número de pares de polos de la máquina

Se da el nombre de **motor asíncrono** al motor de corriente alterna cuya parte móvil gira a una velocidad distinta a la de sincronismo.

Aunque a frecuencia industrial la velocidad es fija para un determinado motor, hoy día se recurre a variadores de frecuencia para regular la velocidad de estos motores.

### Recuerda

La **velocidad de giro** de los motores eléctricos suele tener un valor fijo, a no ser que se utilicen variadores electrónicos de frecuencia.

## ● A. Constitución del motor asíncrono de inducción

Como todas las máquinas eléctricas, un motor eléctrico está constituido por un circuito magnético y dos eléctricos, uno colocado en la parte fija (**estátor**) y otro en la parte móvil (**rotor**) (véase la Figura 11.1).



Fig. 11.1. Motor eléctrico.

El circuito magnético está formado por chapas apiladas en forma de cilindro en el rotor y en forma de anillo en el estátor (véase la Figura 11.2).



Fig. 11.2. Estátor y rotor de motor eléctrico.

El cilindro se introduce en el interior del anillo y, para que pueda girar libremente, hay que dotarlo de un entrehierro constante.

El anillo se dota de ranuras en su parte interior para colocar el bobinado inductor y se envuelve exteriormente por una pieza metálica con soporte llamada **carcasa**.

El cilindro se adosa al eje del motor y puede estar ranurado en su superficie para colocar el bobinado inducido (motores de rotor bobinado) o bien se le incorporan conductores de gran sección soldados a anillos del mismo material en los extremos del cilindro (motores de rotor en cortocircuito) similar a una jaula de ardilla, de ahí que reciban el nombre de rotor de jaula de ardilla.

El eje se apoya en unos rodamientos de acero para evitar rozamientos y se saca al exterior para transmitir el movimiento, y lleva acoplado un ventilador para refrigeración. Los extremos de los bobinados se sacan al exterior y se conectan a la placa de bornes (véase la Figura 11.3).

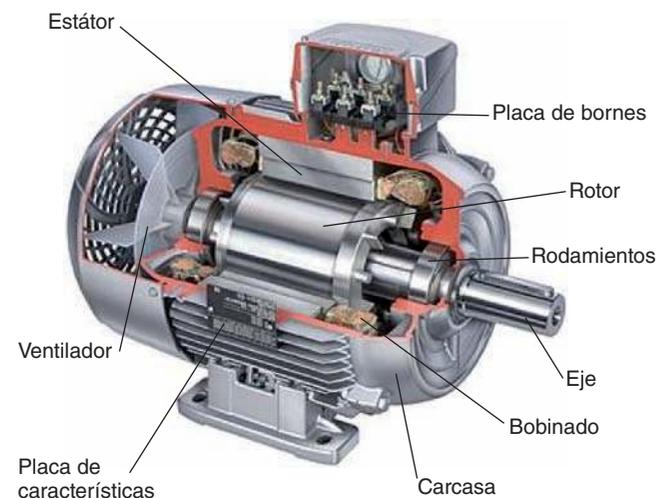


Fig. 11.3. Sección de motor eléctrico

### Recuerda

El **circuito magnético** de los motores eléctricos de corriente alterna está formado por chapas magnéticas apiladas y aisladas entre sí para eliminar el magnetismo remanente.

## B. Campo magnético giratorio

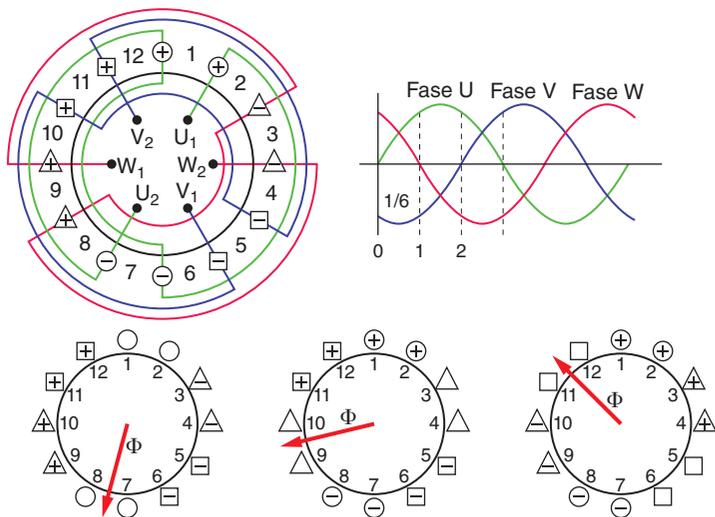


Fig. 11.4. Comprobación del campo magnético giratorio.

El campo magnético creado por un bobinado trifásico alimentado por corriente alterna es de valor constante pero giratorio y a la velocidad de sincronismo. Este fenómeno se puede comprobar con el estudio de las posiciones que va ocupando la resultante del flujo atendiendo a los sentidos de corriente que van tomando los conductores en el bobinado, véase la Figura 11.4.

En el instante 0, la fase U tiene valor cero, la fase V tiene valor negativo, por lo que la corriente circula desde  $V_2$  hasta  $V_1$ , y la fase W tiene valor positivo, con lo que la corriente circula desde  $W_1$  hasta  $W_2$ . En el bobinado se crea una bobina ficticia a la que aplicando la «regla del sacacorchos» nos da que, en este instante, la resultante del flujo se sitúa entre las ranuras 7 y 8.

El signo positivo representa que la corriente entra en el plano y el signo negativo que sale del plano, como se estudió en la Unidad 6.

El ciclo de la corriente se divide en seis partes iguales pasando ahora al instante 1, donde vemos que la fase U tiene valor positivo, la fase V sigue teniendo valor negativo y la fase W tiene valor positivo.

En este instante la resultante del flujo se sitúa entre las ranuras 9 y 10, con lo que ha avanzado **un sexto** de la circunferencia en el tiempo que ha transcurrido desde el instante 0 al 1, que se corresponde con un **un sexto** del periodo de la corriente.

Si vamos aplicándolo sucesivamente a los demás instantes, podemos ver que de uno a otro siempre avanza **un sexto** de vuelta igual que el tiempo que transcurre de un instante a otro el periodo de la corriente, lo que nos indica que el flujo es giratorio y su velocidad coincide con la velocidad del sistema de corriente alterna.

## C. Principio de funcionamiento

El funcionamiento del motor asíncrono de inducción se basa en la acción del flujo giratorio generado en el circuito estatórico sobre las corrientes inducidas por dicho flujo en el circuito del rotor. El flujo giratorio creado por el bobinado estatórico corta los conductores del rotor, por lo que se generan fuerzas electromotrices inducidas. Suponiendo cerrado el bobinado rotórico, es de entender que sus conductores serán recorridos por corrientes eléctricas. La acción mutua del flujo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor originan fuerzas electrodinámicas sobre los propios conductores que arrastran al rotor haciéndolo girar (Ley de Lenz).

La velocidad de rotación del rotor en los motores asíncronos de inducción es siempre inferior a la velocidad de sincronismo (velocidad del flujo giratorio). Para que se genere una fuerza electromotriz en los conductores del rotor ha de existir un movimiento relativo entre los conductores y el flujo giratorio. A la diferencia entre la velocidad del flujo giratorio y del rotor se le llama **deslizamiento**.

Como se explica al inicio de la unidad, la velocidad de estos motores, según el principio de funcionamiento y la frecuencia industrial, tiene que ser una velocidad fija, algo menor que la de sincronismo. Gracias a los avances en la electrónica de potencia, actualmente se fabrican arrancadores estáticos que pueden regular la velocidad de estos motores actuando sobre la frecuencia de la alimentación del motor, es decir, convierten la frecuencia industrial de la red en una distinta que se aplica al motor. De ahí que reciban el nombre de **convertidores de frecuencia**, pudiendo regular la velocidad, amortiguar el arranque e incluso frenarlo.



### Recuerda

El **motor eléctrico de corriente alterna** basa su funcionamiento en la acción que ejerce el campo magnético giratorio generado en el estátor sobre las corrientes que circulan por los conductores situados sobre el rotor.

## ● 2. Motores asíncronos trifásicos. Tipos y sistemas de arranque

Como se ha mencionado antes, los motores asíncronos de inducción son aquellos en los que la velocidad de giro del rotor es algo inferior a la de sincronismo. Los podemos encontrar tanto monofásicos como trifásicos.

### ● A. Motores trifásicos

La constitución y el principio de funcionamiento se han expuesto en los párrafos anteriores. Son motores en los que el bobinado inductor colocado en el estátor está formado por tres bobinados independientes desplazados 120° eléctricos entre sí y alimentados por un sistema trifásico de corriente alterna. Los podemos encontrar de dos tipos:

- Rotor en cortocircuito (jaula de ardilla).
- Rotor bobinado.

### ○ Tensiones e intensidades en el estátor de los motores trifásicos

Todo bobinado trifásico se puede conectar en estrella (todos los finales conectados en un punto común, alimentando el sistema por los otros extremos libres) o bien en triángulo (conectando el final de cada fase al principio de la fase siguiente, alimentando el sistema por los puntos de unión), como se puede apreciar en la Figura 11.5.

En la conexión estrella, la intensidad que recorre cada fase coincide con la intensidad de línea, mientras que la tensión que se aplica a cada fase es  $\sqrt{3}$  menor que la tensión de línea.

En la conexión triángulo la intensidad que recorre cada fase es  $\sqrt{3}$  menor que la intensidad de línea, mientras que la tensión a la que queda sometida cada fase coincide con la tensión de línea.

Conexión estrella:

$$U_f = \frac{U_\ell}{\sqrt{3}}$$

$$I_f = I_\ell$$

Conexión triángulo:

$$U_f = U_\ell$$

$$I_f = \frac{I_\ell}{\sqrt{3}}$$

En estas condiciones, el motor se puede considerar como bitensión, ya que las tensiones normalizadas son de 230 o 400 V. Si un motor está diseñado para aplicarle 230 V a cada fase, lo podremos conectar a la red de 230 V en triángulo y a la red de 400 V en estrella. En ambos casos, la tensión que se le aplica a cada fase es 230 V. En una y otra conexión, permanecen invariables los parámetros de potencia, par motor y velocidad. La conexión estrella o triángulo se realiza sobre la placa de bornes mediante puentes como se puede apreciar en la Figura 11.6.

### ● B. Motor de rotor en cortocircuito

El motor de rotor en cortocircuito es el de construcción más sencilla, de funcionamiento más seguro y de fabricación más económica. Su único inconveniente es el de absorber una elevada intensidad en el arranque a la tensión de funcionamiento. Su constitución se vio en la Figura 11.3.

#### Recuerda

Los **motores eléctricos más utilizados** son los de rotor en cortocircuito, también llamados de jaula de ardilla.

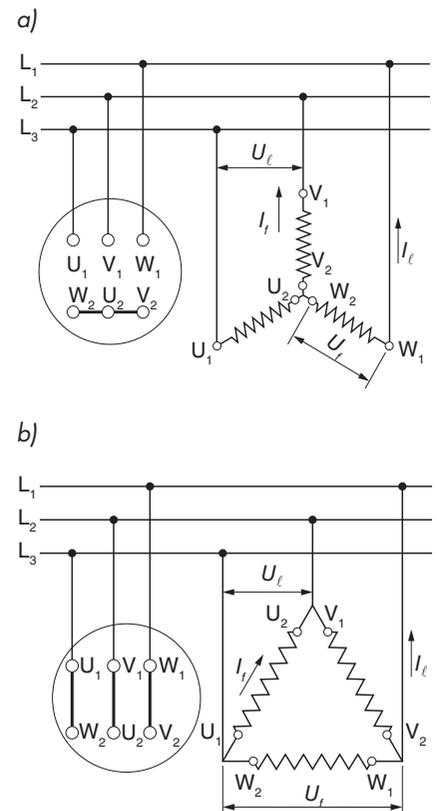


Fig. 11.5. Conexiones en los bobinados trifásicos: a) conexión estrella y b) conexión triángulo.

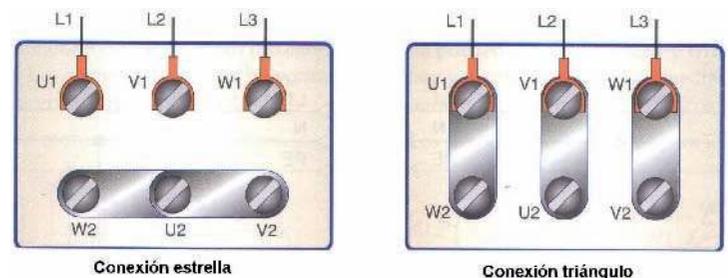
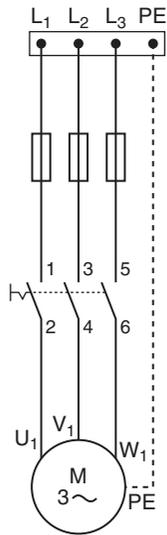


Fig. 11.6. Colocación de los puentes sobre las placas de bornes para conectar el motor trifásico en estrella o en triángulo.



**Fig. 11.9.** Arranque directo de un motor trifásico de forma manual.



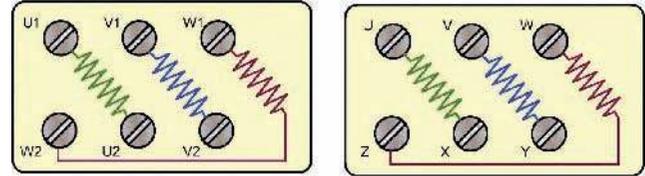
**Fig. 11.10.** Interruptores trifásicos para distintas intensidades.

En el momento del arranque este motor acoplado directamente a la red presenta un momento de rotación de 1,8 a 2 veces el de régimen, pero la intensidad absorbida en el arranque toma valores de 5 a 7 veces la nominal.

Para facilitar el conexionado en la placa de bornes del motor (véase la Figura 11.7), los extremos del bobinado inductor se disponen como muestra la Figura 11.8.



**Fig. 11.7.** Placa de bornes de motor trifásico.



**Fig. 11.8.** Distribución de los extremos de los bobinados en la placa de bornes y sus denominaciones.

Su puesta en marcha se realiza de una forma simple y sencilla mediante un interruptor manual tripolar (véase la Figura 11.9). Estos interruptores han de estar diseñados para la intensidad del motor (véase la Figura 11.10)

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) en su instrucción ITC-BT-47 regula la relación que debe existir entre las intensidades de arranque y plena carga de los motores alimentados desde una red pública de alimentación en función de su potencia. De dicha relación de proporcionalidad (véase la Tabla 11.1) se desprende que los motores de potencias superiores a 0,75 kW que no cumplan la relación de intensidades expuesta en la tabla, han de disponer de un sistema de arranque que disminuya esa relación.

Potencia nominal del motor de corriente alterna	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de arranque y plena carga
De 0,75 a 1,5 kW	4,5
De 1,5 a 5,0 kW	3,0
De 5,0 a 15,0 kW	2,0
De más de 15,0 kW	1,5

**Tabla 11.1.** Relación de intensidades de arranque y plena carga admisibles en los motores de corriente alterna para su puesta en marcha según el REBT.

La intensidad en el momento del arranque de motores que no cumpla esta relación puede hacer que salten las protecciones o bien perjudicar las líneas que los alimentan. Para evitar estos inconvenientes se disminuye la tensión en el periodo de arranque y con ello la intensidad, y una vez alcanzada la velocidad de régimen se conecta el motor a su tensión nominal, con lo que se logra amortiguar la intensidad de arranque. Para conseguir esto se utilizan los siguientes procedimientos:

- Arranque estrella triángulo.
- Arranque mediante autotransformador.
- Arranque mediante resistencias en serie con el bobinado estático.

### ○ Arranque estrella triángulo ( $\lambda - \Delta$ )

El procedimiento más empleado para el arranque de motores trifásicos de rotor en cortocircuito con relaciones superiores a la expuesta en la Tabla 11.1 consiste en conectar el motor en estrella durante el periodo de arranque y, una vez lanzado, conectarlo en triángulo para que quede conectado a la tensión nominal.

#### Recuerda

- **Par motor** es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia.
- **Par de arranque** es el que desarrolla el motor para romper la inercia y comenzar a girar.
- **Par nominal** es el que produce el motor para desarrollar sus condiciones de trabajo.

Para ello, se hace necesario intercalar entre el motor y la línea un conmutador manual especial que realiza las conexiones de los extremos del bobinado del motor, sin realizar los puentes sobre la placa de bornes.

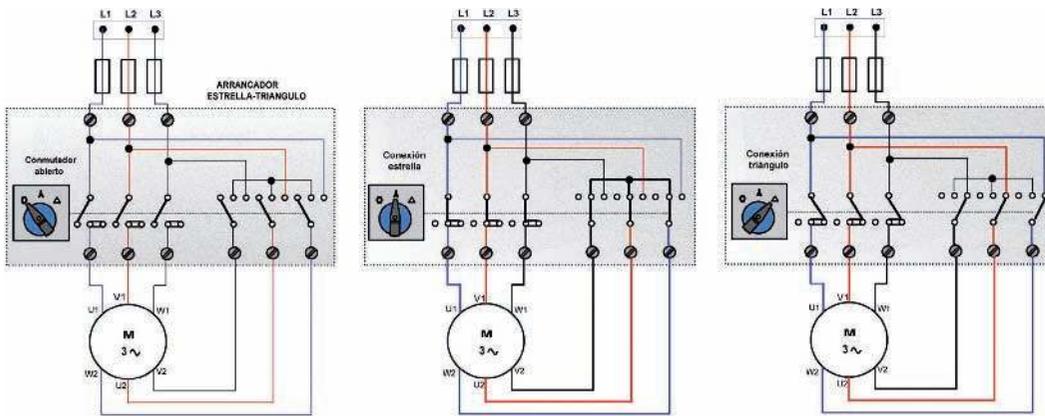


Fig. 11.11. Arranque estrella triángulo de un motor trifásico mediante arrancador manual.

Este conmutador posee tres posiciones: la inicial de desconexión, la siguiente que conecta los bobinados del motor en estrella y la tercera que conecta los bobinados en triángulo. La parada se hace de forma inversa, como se puede ver en el esquema de la Figura 11.11.

En el mercado podemos encontrar distintos modelos de conmutadores y para distintas intensidades. En la Figura 11.12 vemos un arrancador estrella triángulo denominado de paquete.

Para poder utilizar este método, es necesario que el motor pueda funcionar en conexión triángulo a la tensión de la red. En consecuencia, cuando en el arranque lo conectamos en estrella, cada fase queda sometida a una tensión  $\frac{\sqrt{3}}{3}$  menor que la de línea y, por lo tanto, la intensidad que circula por ella es también  $\frac{\sqrt{3}}{3}$  menor que si estuviese conectado en triángulo.

Teniendo en cuenta que si lo conectásemos en triángulo la intensidad en la línea es  $\sqrt{3}$  mayor que la de fase, mientras que en estrella son iguales, resulta que el mismo motor arrancado en estrella consume una intensidad  $\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \sqrt{3} = 1$  vez menor que si lo conectamos en triángulo. Por esta misma razón, el momento de rotación también se reduce en un tercio.

### ○ Arranque mediante autotransformador

Es un procedimiento que se utiliza para motores de gran potencia y consiste en intercalar entre la red de alimentación y el motor un autotransformador, como se ve de forma esquemática en la Figura 11.13.

Este tiene distintas tomas de tensión reducida, por lo que, en el momento del arranque, al motor se le aplica la tensión menor disminuyendo la intensidad y se va elevando de forma progresiva hasta dejarlo conectado a la tensión de la red.

### ○ Arranque con resistencias en serie con el bobinado del estátor

Es un procedimiento poco empleado que consiste en disponer un reóstato variable en serie con el bobinado estático.

La puesta en marcha se hace con el reóstato al máximo de resistencia y se va disminuyendo hasta que el motor queda conectado a la tensión de red.

Su representación de forma esquemática se puede apreciar en la Figura 11.14.

### Recuerda

Un motor trifásico arrancando en estrella consume de la línea de alimentación una intensidad **tres veces menor** que si lo hace directamente triángulo.



Fig. 11.12. Arrancador estrella triángulo manual.

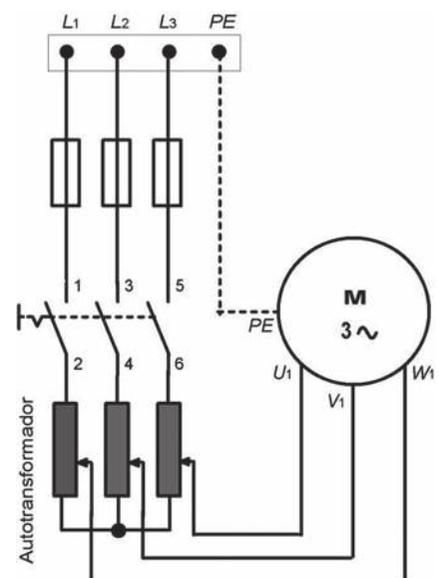
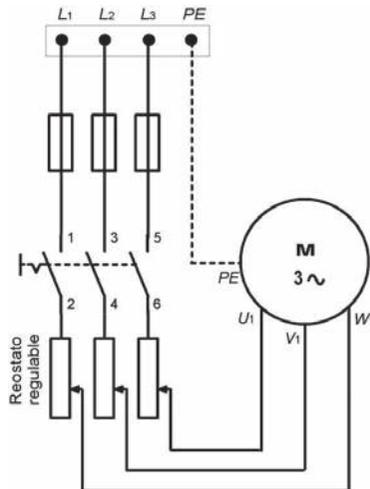


Fig. 11.13. Arranque de un motor trifásico mediante autotransformador.

**Recuerda**

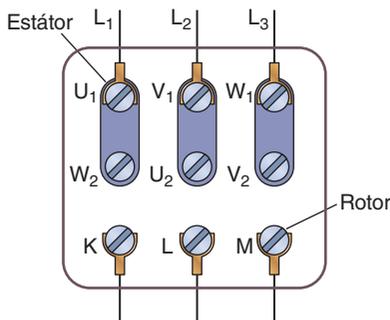
Para **reducir la intensidad** consumida por el motor de rotor en cortocircuito en el momento del arranque, siempre se recurre a disminuir la tensión aplicada en la puesta en marcha.



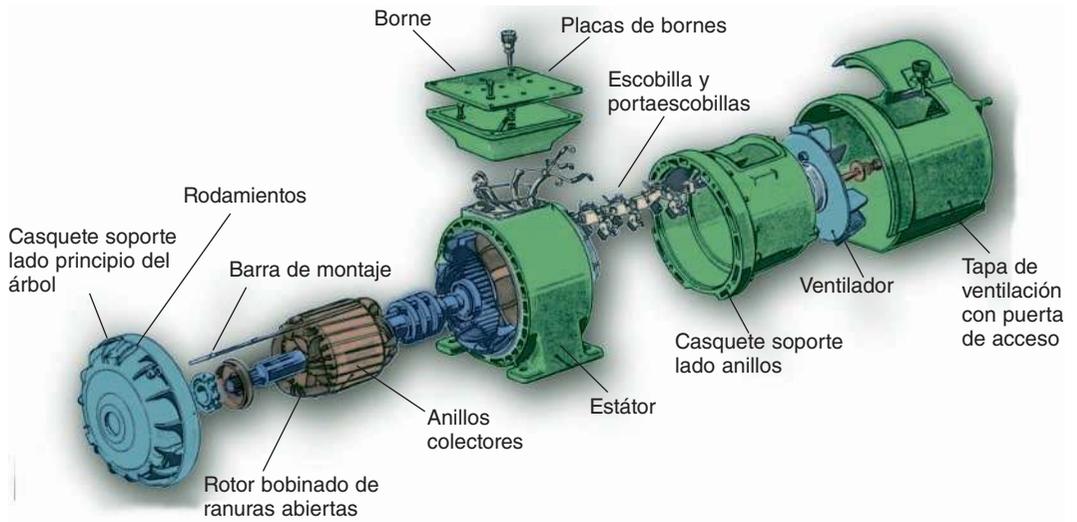
**Fig. 11.14.** Arranque de un motor trifásico mediante resistencias en serie con el estátor.

● **C. Motor de rotor bobinado y anillos rozantes**

En este tipo de motores, el rotor va ranurado igual que el estátor, y en él se coloca un bobinado normalmente trifásico similar al del estátor conectado en estrella y los extremos libres se conectan a tres anillos de cobre, aislados y solidarios con el eje del rotor. La Figura 11.15 muestra el despiece del motor de rotor bobinado.



**Fig. 11.16.** Placa de bornes de motor trifásico de rotor bobinado.



**Fig. 11.15.** Despiece del motor de rotor bobinado.

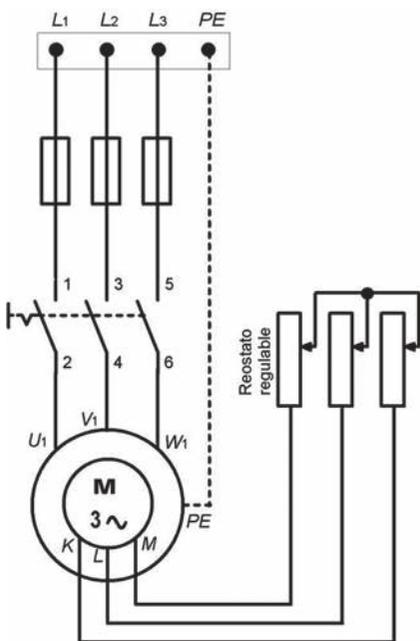
Sobre los anillos, se colocan los portaescobillas, que a su vez se conectan a la placa de bornes del motor. Por eso, en la placa de bornes de estos motores aparecen nueve bornes, como muestra la Figura 11.16.

La gran ventaja que presentan estos motores es su par de arranque, ya que puede alcanzar hasta 2,5 veces el par nominal, mientras que la intensidad en el arranque es similar a la del par nominal.

Para realizar la puesta en marcha, es necesaria la conexión de un reóstato de arranque conectado en serie con el bobinado del rotor, y una vez alcanzada la velocidad de régimen, se puentean los anillos en estrella.

En la Figura 11.17 podemos ver un esquema de conexión de estos motores.

Estos motores tienen una aplicación muy específica y, dada su constitución, necesitan de un mantenimiento mucho más exhaustivo que los de rotor en cortocircuito.



**Fig. 11.17.** Arranque de un motor trifásico de rotor bobinado mediante reóstato conectado en serie con el rotor.

## ● D. Sentido de giro de los motores trifásicos

Para comprobar el campo magnético giratorio, se tenía en cuenta el sentido de circulación de la corriente por las tres fases del bobinado. En él se ve que la resultante del flujo tiene el sentido de giro de las agujas del reloj (sentido horario), por lo que el rotor es arrastrado en el mismo sentido de giro.

Cuando necesitamos que el giro sea al contrario (sentido anti-horario), basta con permutar dos fases de alimentación del motor, como se ve en la Figura 11.18, con lo que el motor gira en sentido opuesto.

Hay que tener cuidado de no permutar las tres fases pues en ese caso el motor sigue girando en el mismo sentido. Este fenómeno se observa en el campo magnético giratorio de la Figura 11.4.

Cuando una máquina ha de girar en ambos sentidos, necesitamos un **conmutador** (inversor) que realice la permuta de la alimentación sin tener que manipular las conexiones.

Estos conmutadores han de estar dimensionados para la intensidad del motor y poseen tres posiciones, con el cero en el medio para conseguir que la inversión no se realice a contramarcha (véase la Figura 11.19).

En la Figura 11.20 podemos ver el esquema de conexiones de un inversor de giro manual para realizar estas maniobras sin tocar las conexiones.

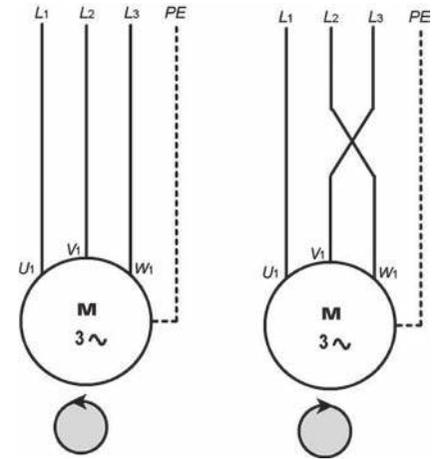


Fig. 11.18. Esquema de conexiones para el cambio de giro en motores trifásicos de corriente alterna.

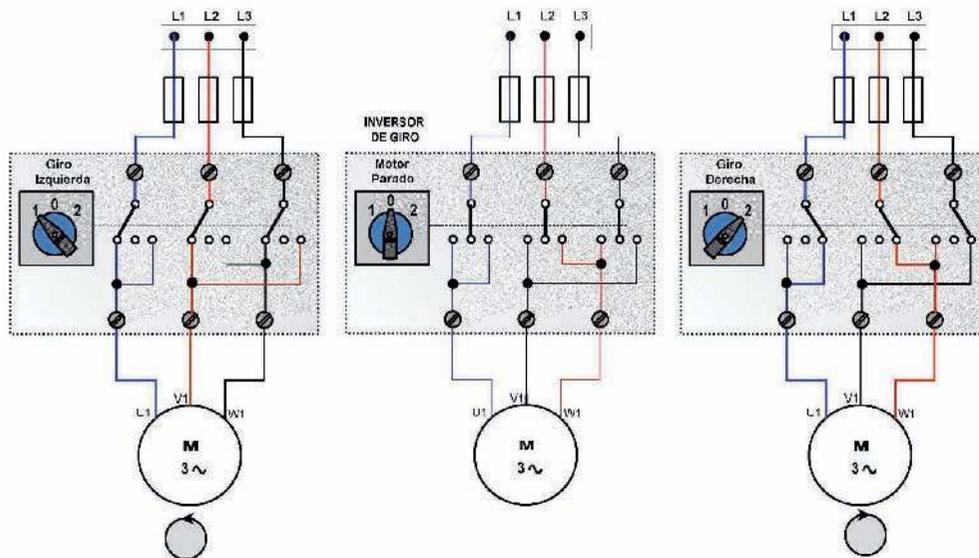


Fig. 11.19. Inversores de giro manuales.

Fig. 11.20. Esquema de conexiones para la inversión de giro de un motor trifásico de corriente alterna mediante conmutador manual.

### Caso práctico 1

#### Se pide:

Comprueba el sentido de giro de un motor trifásico y haz que gire en sentido contrario.

#### Solución:

1. En el cuadro de pruebas del taller, conecta un motor trifásico de corriente alterna mediante interruptor trifásico manual, acci6nalo y comprueba el sentido de giro.
2. Para y rehaz las conexiones de la placa de bornes como se ve en la Figura 11.18.
3. Acci6nalo y comprueba que ahora gira en sentido contrario.
4. Tambi6n puedes comprobar que si permutamos las tres fases el motor sigue girando en el mismo sentido.

#### Importante

Si necesitamos **invertir el sentido de giro** de un motor que arranca en estrella triángulo, es aconsejable invertir dos de los hilos de la alimentación, ya que hacerlo en la placa de bornes es más difícil.

### ● 3. Motores asíncronos monofásicos



#### Ten en cuenta

En el **ámbito doméstico** casi todos los motores que se utilizan son monofásicos.



#### Ten en cuenta

Si intentamos arrancar un **motor monofásico conectando solamente el bobinado principal**, no es capaz de girar hasta que le iniciemos el giro sobre el eje de forma manual en determinado sentido.

Una vez arrancado en el sentido que le hayamos impulsado, se mantendrá funcionando normalmente.



#### Importante

Aunque el motor sea monofásico, **es necesario dotarlo de algún sistema de arranque.**

En el ámbito doméstico tienen gran aplicación los motores eléctricos, por lo que es necesario que estos puedan funcionar en redes monofásicas. Los motores monofásicos son muy parecidos a los trifásicos, con el inconveniente de que su rendimiento y factor de potencia son inferiores. A igual potencia, el monofásico es más voluminoso que el trifásico y, siempre que las condiciones lo permitan, se utilizarán trifásicos. Los más utilizados son:

- Motor monofásico con bobinado auxiliar de arranque.
- Motor de espira en cortocircuito.
- Motor universal.



**Fig. 11.21.** Motor monofásico con condensador.

#### ● A. Motor monofásico con bobinado auxiliar de arranque, constitución y principio de funcionamiento

Como todos los motores eléctricos, está formado por un circuito magnético y dos eléctricos. El circuito magnético está formado por el estátor, donde se coloca el bobinado inductor y el rotor que incorpora el bobinado inducido, que en la mayoría de los casos suele ser de jaula de ardilla.

De su nombre se desprende que utiliza un solo bobinado inductor, recorrido por una corriente alterna que crea un flujo también alterno, pero de dirección constante que, por sí solo, no es capaz de hacer girar al rotor.

Si el rotor se encuentra ya girando, en los conductores del bobinado rotórico se generan fuerzas electromotrices que hacen que por el bobinado rotórico circulen corrientes, que a su vez generan un flujo de reacción desfasado  $90^\circ$  eléctricos respecto del principal.

La interacción entre estos dos flujos hace que el motor se comporte como un motor bifásico y el rotor continúe girando.

De lo expresado anteriormente se desprende que el motor monofásico es incapaz de arrancar por sí solo pero, si se pone en marcha, se mantiene funcionando de forma normal hasta su desconexión.

Por ello, hay que dotar a dicho motor de un dispositivo adecuado para iniciar el arranque. El más utilizado es incorporar al estátor un bobinado auxiliar que funciona durante el periodo de arranque y que se desconecta una vez que el motor está en funcionamiento.

En estas condiciones, el motor en el arranque es un motor bifásico, con sus bobinados desfasados  $90^\circ$  eléctricos, que hace que el motor se ponga en marcha. Una vez alcanzado el régimen de vueltas, se desconecta el bobinado auxiliar de forma que queda funcionando como motor monofásico.

Para realizar la desconexión del bobinado auxiliar, se utilizan los interruptores centrífugos acoplados en el eje del motor. Los bobinados se conectan en paralelo a la placa de bornes (véase la Figura 11.22). Como se ha explicado, el motor monofásico tiene un rendimiento, par de arranque y factor de potencia algo bajos. Para compensar dichos valores, se recurre a conectar en serie con el bobinado auxiliar un condensador electrolítico, con lo que se consiguen valores de rendimiento y par de arranque mucho mejores. Esto se puede apreciar esquemáticamente en la Figura 11.23 y externamente en la Figura 11.21.

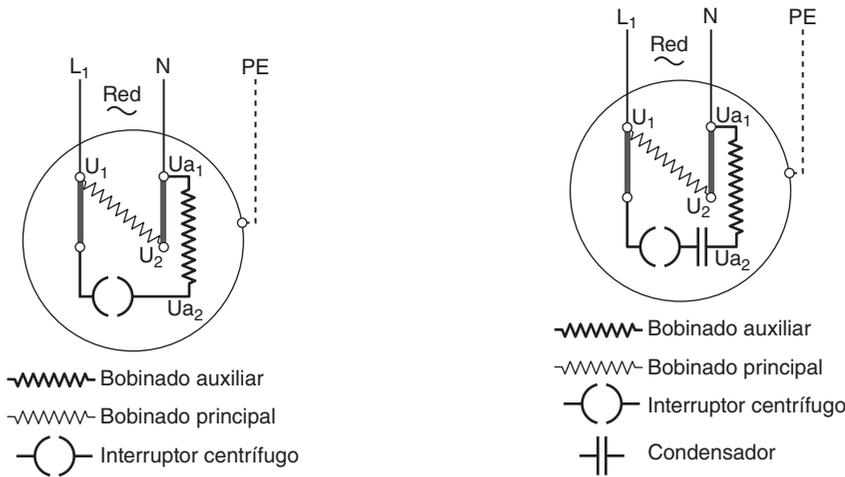


Fig. 11.22. Esquema de motor monofásico con bobinado auxiliar.

Fig. 11.23. Esquema de motor monofásico con bobinado auxiliar y condensador.

La puesta en marcha se realiza mediante un interruptor bipolar manual adecuado a la intensidad del motor, como vemos en la Figura 11.24. Para invertir el sentido de giro, es necesario invertir las conexiones de uno de los bobinados del motor en la placa de bornes del motor (véase la Figura 11.25). No confundir con invertir las conexiones de la alimentación ya que, en ese caso, el motor sigue girando en el mismo sentido.

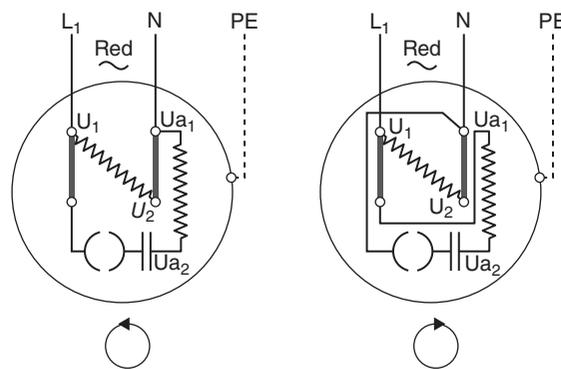
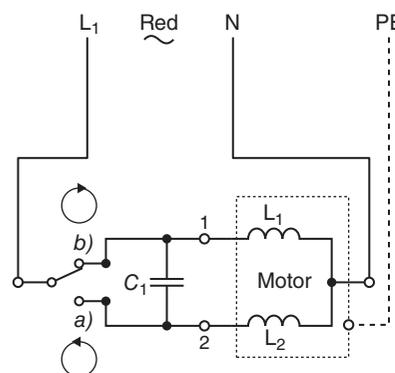


Fig. 11.25. Esquema de conexiones para invertir el sentido de giro de un motor monofásico con bobinado.

En los motores actuales, las bobinas de arranque se conectan con la red a través de un condensador en serie que, a la frecuencia de la red y la velocidad nominal del motor, produce un desfase tal entre las corrientes de los devanados de arranque y servicio que se hace innecesario desconectarlas, por lo que estos motores ya no necesitan incorporar el interruptor centrífugo simplificando su constitución y funcionamiento. Existe una forma más sencilla de invertir el giro, como se muestra en el esquema de la Figura 11.26, para estos motores.

Fig. 11.26. Esquema de conexiones para invertir el sentido de giro de un motor monofásico con bobinado auxiliar de funcionamiento permanente.



**Recuerda**

Para **invertir el sentido de giro de un motor monofásico con bobinado auxiliar**, hay que invertir las conexiones de los extremos de uno de los bobinados en la placa de bornes. No confundir con la inversión de los hilos de alimentación.

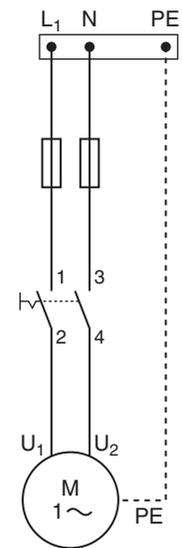


Fig. 11.24. Esquema de conexiones para la puesta en marcha de un motor monofásico de corriente alterna de forma manual.

**Importante**

Los motores monofásicos de bobinado auxiliar de arranque actuales **no incorporan interruptor centrífugo**, por lo que el bobinado auxiliar queda conectado permanentemente durante el funcionamiento.

● **B. Motor monofásico de espira en cortocircuito, constitución y principio de funcionamiento**

**! Importante**  
 Para **invertir el sentido de giro de un motor de espira en cortocircuito**, hay que desmontar el motor y montar el eje del rotor hacia el lado contrario. Solo se podrá realizar cuando el motor sea simétrico.

El motor de espira en cortocircuito está constituido por un estátor de polos salientes y un rotor de jaula de ardilla. En la masa polar se incorpora una espira en cortocircuito que abarca **un tercio** aproximadamente del polo. Las bobinas rodean las masas polares, como se muestra en la Figura 11.27.

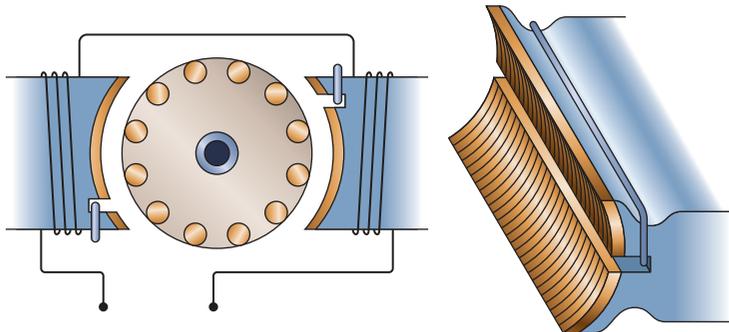


Fig. 11.27. Esquema de motor monofásico de espira en cortocircuito.

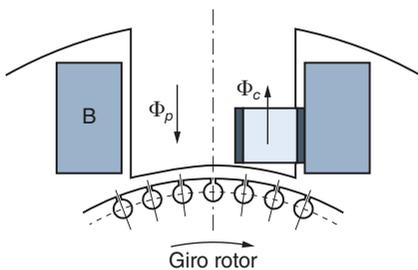


Fig. 11.28. Flujos creados en el motor de espira en cortocircuito.

Al alimentar las bobinas polares con una corriente alterna se produce un campo magnético alterno en el polo que por sí solo no es capaz de poner en marcha el motor. El flujo que atraviesa la espira genera en esta una fuerza electromotriz inducida que hace que circule una corriente de elevado valor por la espira. Esto a su vez crea un flujo propio que se opone al flujo principal. En estas condiciones se obtiene un sistema de dos flujos en el que el flujo propio estará en retraso respecto del flujo principal, haciendo que el motor gire (véase la Figura 11.28).

El sentido de giro será siempre el que va desde el eje del polo hacia la espira en cortocircuito colocada en el mismo. Si por algún motivo necesitásemos invertir el giro, tendríamos que desmontar el motor e invertir todo el conjunto del rotor manteniendo la posición del estátor.

Dado que estos motores tienen un rendimiento muy bajo, su utilización se limita a pequeñas potencias de hasta 300 W y para trabajos de ventilación, bombas de desagües de electrodomésticos, etc. (véase la Figura 11.29).

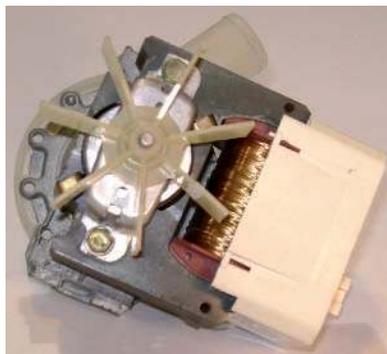


Fig. 11.29. Motor monofásico de espira en cortocircuito para bomba de desagüe de lavadora.

**! Recuerda**  
 Los motores de espira en cortocircuito suelen ser de **potencias inferiores a 300 W**.

**Actividades**

- Localiza en el taller de instalaciones los motores de corriente alterna, tanto monofásicos como trifásicos. Anótalos en tu libreta y especifica sus características. Desmonta alguno e identifica sus partes.

## ● C. Motor universal, constitución y principio de funcionamiento

Es un motor monofásico que puede funcionar tanto en corriente continua como alterna. Su constitución es esencialmente la del motor serie de corriente continua, y sus características de funcionamiento son análogas. En la Figura 11.30 podemos ver representado de forma esquemática este motor.

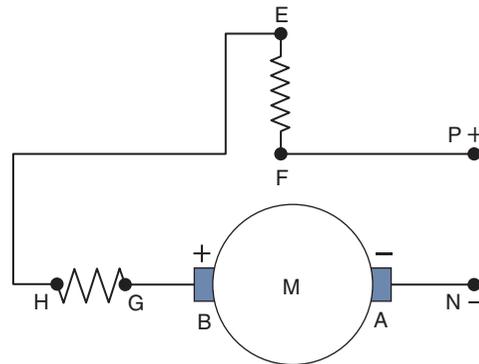


Fig. 11.30. Esquema de conexiones del motor universal.

El motor serie de corriente continua se caracteriza por tener un fuerte par de arranque y su velocidad está en función inversa a la carga, llegando a embalsarse cuando funciona en vacío. Funcionando en corriente alterna, este inconveniente se ve reducido porque su aplicación suele ser en motores de pequeña potencia y las pérdidas por rozamientos, cojinetes, etc., son elevadas con respecto a la total, por lo que no presentan el peligro de embalsarse, pero sí alcanzan velocidades de hasta 20000 revoluciones por minuto (rpm), que los hace bastante idóneos para pequeños electrodomésticos y máquinas herramientas portátiles. El motor universal es, sin duda, el más utilizado en la industria del electrodoméstico. Tienen la ventaja de poder regular la velocidad sin grandes inconvenientes. En la Figura 11.31, podemos ver el detalle del motor universal para un taladro eléctrico.



Fig. 11.31. Motor monofásico universal para un taladro eléctrico.

Para que un motor de este tipo pueda funcionar con corriente alterna, es necesario que el empilado de su inductor (el núcleo de los electroimanes) sea de chapa magnética para evitar las pérdidas en el hierro.

El bobinado inductor de los motores universales suele ser bipolar, con dos bobinas inductoras. El motor universal funciona en corriente continua exactamente igual que un motor serie. Si el motor se alimenta con corriente alterna, arranca por sí solo, ya que la corriente que recorre el bobinado inductor presenta cien alternancias por segundo, lo mismo que le ocurre a la corriente que recorre el bobinado inducido, por lo que el momento de rotación y el sentido de giro permanecen constantes.

### Recuerda

La mayoría de los pequeños electrodomésticos y máquinas herramientas incorporan **motores universales**.

### Actividades

- ¿Qué tipo de motor utilizan generalmente las máquinas herramientas portátiles?
- ¿Tiene peligro de embalsarse el motor de un taladro portátil? ¿Por qué?

### Web

Para saber más sobre **motores eléctricos** puedes visitar las siguientes páginas web:

[www.siemens.es](http://www.siemens.es)

[www.abb.es](http://www.abb.es)

[www.tecowestinghouse.com](http://www.tecowestinghouse.com)

**Recuerda**

Las **anomalías más frecuentes** en las instalaciones de motores eléctricos suelen ser las sobrecargas. Por ello, habrá que prestar especial atención a las protecciones de estas.

## 4. Protección de los motores eléctricos

La protección de motores es una función esencial para asegurar la continuidad del funcionamiento de las máquinas. La elección de los dispositivos de protección debe hacerse con sumo cuidado.

Los fallos en los motores eléctricos pueden ser, como en todas las instalaciones, los derivados de cortocircuitos, sobrecargas y los contactos indirectos. Los más habituales suelen ser las sobrecargas, que se manifiestan a través de un aumento de la intensidad absorbida por el motor, así como por el aumento de la temperatura de este.

Cada vez que se sobrepasa la temperatura normal de funcionamiento, los aislamientos se desgastan prematuramente. Los efectos negativos no son inmediatos, con lo que el motor sigue funcionando aunque a la larga estos efectos pueden provocar las averías antes expuestas. Por ello, las protecciones utilizadas para motores eléctricos suelen ser, entre otras, las que se expusieron en la Unidad 7:

- Protección contra contactos directos e indirectos.
- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- **Protección contra contactos directos e indirectos**

La protección contra contactos directos e indirectos se realiza mediante la colocación de interruptores diferenciales complementados con la toma de tierra y su ubicación, funcionamiento así como su conexión se expusieron en la Unidad 7.

- **Protección contra sobrecargas y cortocircuitos**

Las sobrecargas en los motores eléctricos pueden aparecer por exceso de trabajo de estos, desgaste de piezas, fallos de aislamiento en los bobinados o bien por falta de una fase. Para proteger las sobrecargas y cortocircuitos se hace uso de los fusibles y los interruptores magnetotérmicos.

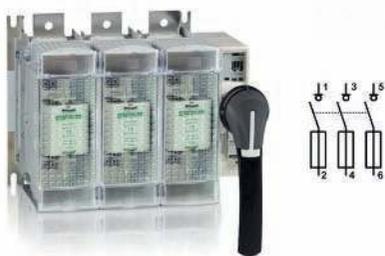
Los interruptores magnetotérmicos han de ser del mismo número de polos que la alimentación del motor. Para la protección de motores y transformadores con puntas de corriente elevadas en el arranque estarán dotados de curva de disparo **tipo D** en la que el disparo térmico es idéntico a los demás y el disparo magnético se sitúa entre diez y veinte veces la intensidad nominal ( $I_n$ ).

De esta forma, pueden soportar el momento del arranque sin que actúe el disparo magnético. En caso de producirse una sobrecarga durante el funcionamiento del motor, actuaría el disparo térmico desconectando toda la instalación.

La protección mediante fusibles es algo más complicada, sobre todo en los motores trifásicos, ya que estos proporcionan una protección fase a fase, de manera que en caso de fundir uno solo, dejan el motor funcionando en dos fases y provocan la sobrecarga.

Por eso, no se montan en soportes unipolares, sino que se utilizan los **seccionadores portafusibles** que, en caso de disparo de uno de ellos, cortan de forma omnipolar desconectando toda la instalación. En la Figura 11.32 podemos ver un seccionador fusible trifásico y su representación esquemática.

Hemos de recordar que los fusibles adecuados para proteger instalaciones que alimentan motores eléctricos son los del **tipo gG**.



**Fig. 11.32.** Seccionador fusible trifásico y su representación.

**Actividades**

5. ¿Por qué no se deben montar en soportes unipolares los fusibles para proteger a un motor trifásico?
6. ¿Qué utilizaremos en su lugar? ¿Por qué?

Con objeto de simplificar y mejorar las protecciones en los accionamientos manuales de motores eléctricos, aparecen los **disyuntores**, que pueden proteger contra cortocircuitos (disyuntores magnéticos) o contra cortocircuitos y sobrecargas (disyuntores magnetotérmicos).

El disyuntor magnético (véase la Figura 11.33) incorpora para su funcionamiento un corte magnético similar al del interruptor magnetotérmico, dotando a la instalación de una protección contra cortocircuitos más eficaz que los fusibles, ya que cortan la instalación en un tiempo menor, si bien hay que dotar a la instalación de otra protección contra las sobrecargas.

El disyuntor magnetotérmico, también llamado disyuntor motor (véase la Figura 11.34), aporta una protección mucho más eficaz a las instalaciones de alimentación de motores eléctricos, ya que proporciona el corte magnético para proteger los posibles cortocircuitos. Además, incorpora un corte térmico similar al del interruptor magnetotérmico pero, a diferencia de este, el disyuntor motor tiene la posibilidad de ajustar la intensidad de corte por sobrecarga.

Estos aparatos simplifican enormemente los accionamientos de motores y agrupan en un solo aparato las protecciones contra las averías más frecuentes. También aportan la ventaja de poder realizar la reposición del servicio de forma cómoda y rápida una vez solucionada la avería.

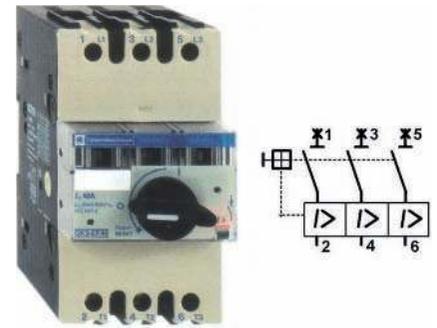


Fig. 11.33. Disyuntor magnético trifásico y su representación.



Fig. 11.34. Distintos modelos de disyuntores magnetotérmicos trifásicos y su representación.

**Actividades**

- Señala las diferencias entre el disyuntor magnético y el disyuntor motor.

En los siguientes esquemas se representa el accionamiento de un motor trifásico de corriente alterna mediante disyuntor magnético (véase la Figura 11.35), y mediante disyuntor magnetotérmico (véase la Figura 11.36). Observa que en el primero hay que dotar a la instalación de un seccionador fusible para la protección de las sobrecargas.

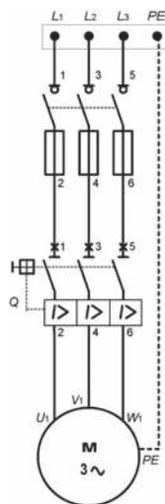


Fig. 11.35. Esquema de conexión para la puesta en marcha de un motor trifásico mediante disyuntor magnético trifásico y seccionador fusible.

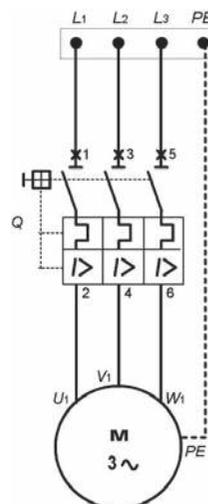


Fig. 11.36. Esquema de conexión para la puesta en marcha de un motor trifásico mediante disyuntor magnetotérmico trifásico.

**Recuerda**

Los **disyuntores magnetotérmicos** añaden las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos en un solo aparato, además de servirnos de interruptor de accionamiento.

## 5. Medidas eléctricas en las instalaciones de motores eléctricos

**Importante**  
 En las instalaciones de motores eléctricos es conveniente visualizar la medida de **la intensidad absorbida** para evitar averías.

En las instalaciones encargadas de alimentar motores eléctricos, es necesario el control y la medida de algunas magnitudes eléctricas para garantizar el buen funcionamiento de estas, y en caso de avería, poder localizarlas.

Las más frecuentes durante el funcionamiento suelen ser las medidas de intensidad, tensión, frecuencia y potencia, mientras que para localizar averías, suelen ser las de continuidad de los bobinados y la de resistencia de aislamientos.

La forma de realizarlas se expuso en la Unidad 5, aunque es conveniente que hagamos una particularización para estas instalaciones.

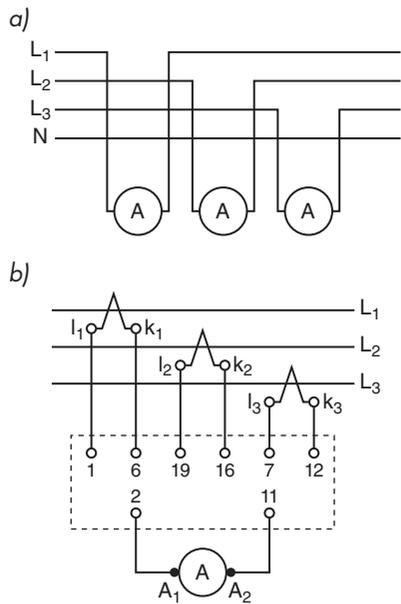


Fig. 11.37. Esquema de conexionado para la medida de intensidades en la línea de alimentación del motor.

### Medida de intensidad

Como se ha expuesto a lo largo de la unidad, el control de la intensidad eléctrica es la mejor forma de conseguir el buen funcionamiento tanto de la instalación como de los motores. La medida se puede realizar mediante aparatos fijos (de cuadros) o mediante portátiles. En este caso nos es de gran ayuda la pinza amperimétrica, pues podemos medir la intensidad sin tener que actuar sobre el conexionado.

Cuando realizamos la medida mediante aparatos fijos, se usan aparatos de cuadros intercalados en la línea de alimentación [véase la Figura 11.37 a)], o bien se hace uso de los conmutadores de medidas para no tener que aumentar el número de aparatos [véase la Figura 11.37 b)]. En muchos casos, los motores son de mediana y gran potencia, con lo que las intensidades toman valores considerables. En estos casos, se recurre a la medida de esta mediante transformadores de intensidad, como se ve en el esquema de la Figura 11.38.

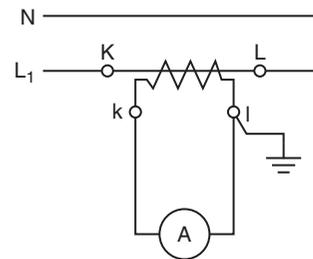


Fig. 11.38. Esquema de conexionado para la medida de intensidades en la línea mediante transformador de intensidad.

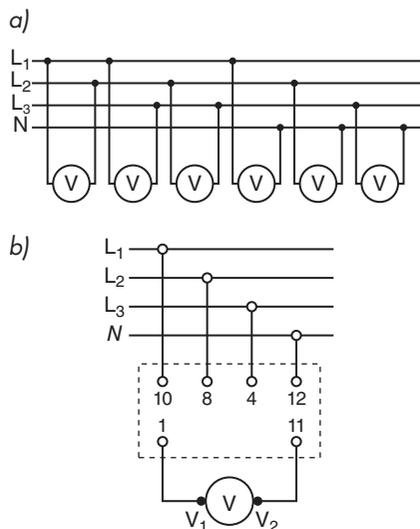


Fig. 11.39. Esquema de conexionado para la medida de tensiones en la línea de alimentación del motor.

### Medida de tensión

También es importante conocer las tensiones aplicadas a los motores, ya que la intensidad absorbida será proporcional a estas, además de indicarnos la falta de fase cuando esta se produce. Es por ello que en los cuadros de alimentación es conveniente incorporar aparatos de medidas de forma similar a como se ha expuesto para las intensidades, como se aprecia en las Figuras 11.39 a) y b).

### Medida de frecuencia

La frecuencia es otra de las magnitudes que, en determinadas ocasiones, nos puede servir para determinar el funcionamiento del motor, sobre todo cuando se utilizan convertidores de frecuencia. Su conexión, como se expuso en la Unidad 5, se realiza en paralelo con la línea.

○ **Medida de potencia y factor de potencia**

En las instalaciones de motores eléctricos, la medida de potencia nos puede servir para descartar anomalías, aunque no sea una medida que se haga de forma regular. Eso sí, para realizarla es conveniente tener en cuenta que existen vatímetros trifásicos con un solo circuito medidor o con varios circuitos medidores.

Los primeros se pueden aplicar en circuitos equilibrados, mientras que para los circuitos no equilibrados hay que utilizar los segundos.

Podemos apreciar la forma de conexión en el esquema de la Figura 11.40.

En estas instalaciones, sí es conveniente conocer el factor de potencia de la instalación. Para ello se hace uso de los fasímetros trifásicos que, al igual que la potencia, no se suelen realizar con frecuencia, pero sí para aquellos casos en los que necesitemos detectar anomalías de funcionamiento.

Su conexión se representa en el esquema de la Figura 11.41.

○ **Continuidad y resistencia de aislamiento**

Estas medidas se utilizan para comprobar el buen estado del motor y se realizan con este desconectado de la instalación. Para comprobar la continuidad de los bobinados, se utiliza el polímetro en la escala de óhmetro midiendo el valor de la resistencia de cada fase y se comparan los resultados, ya que estos han de ser idénticos. De no ser así, el motor presenta algún defecto.

Otra comprobación necesaria para descartar posibles averías es la de la resistencia de los aislamientos del motor ya que, como se ha dicho anteriormente, van a sufrir constantes cambios de temperatura, que son la principal causa de su deterioro y puede provocar su mal funcionamiento. Por ello, es conveniente realizar dicha comprobación que, como sabemos, se realiza con el megger.

Habrà que comprobar la resistencia de aislamiento entre las tres fases del motor, así como entre cada fase y la carcasa metálica (conductor de protección). Los resultados han de estar de acuerdo a los recogidos en la Tabla 5.5 de la Unidad 5. La conexión se realiza como se aprecia en el esquema de la Figura 11.42.

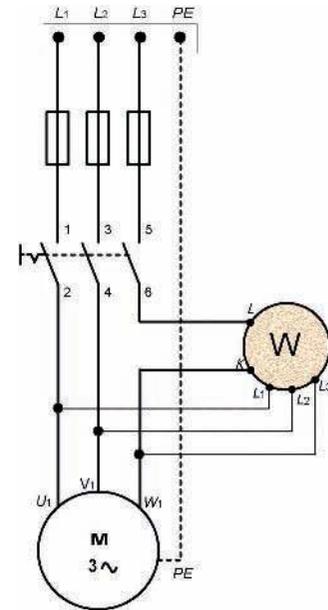


Fig. 11.40. Esquema de conexión para la medida de potencia en la línea de alimentación del motor.

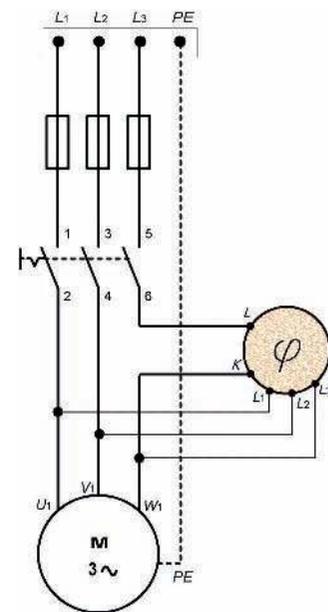


Fig. 11.41. Esquema de conexión para la medida del factor de potencia en la línea de alimentación del motor.

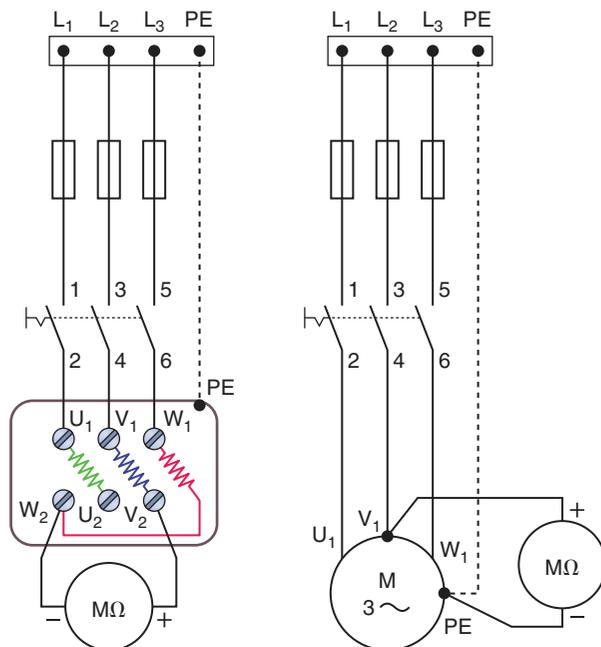


Fig. 11.42. Esquema de conexión para la medida de la resistencia de aislamiento del motor.

**Actividades**

- Realiza la medida de la resistencia de aislamiento de un motor del taller de instalaciones y compara los resultados con los de la Tabla 5.5 de la Unidad 5.

## Comprueba tu aprendizaje

### Reconocer los diferentes tipos de motores eléctricos

1. ¿Cómo se clasifican los motores eléctricos atendiendo a la corriente de alimentación?
2. ¿Cómo se clasifican los motores de corriente alterna?
3. ¿Cómo se clasifican los motores trifásicos?
4. ¿Cuántos circuitos eléctricos lleva un motor?
5. ¿De qué material está compuesto el circuito magnético de los motores eléctricos de corriente alterna?
6. ¿Para qué se acopla un ventilador en el eje del motor eléctrico?
7. ¿En qué se diferencia el motor de rotor bobinado del de rotor en cortocircuito?
8. ¿Por qué llamamos al motor de rotor en cortocircuito motor de jaula de ardilla?

### Describir los tipos de arranque de motores monofásicos y asíncronos trifásicos

9. ¿A qué llamamos deslizamiento?
10. ¿Cómo se realiza la conexión estrella en un motor trifásico de corriente alterna?
11. ¿Qué relación existe entre la tensión de línea y la tensión a la que quedan sometidas cada fase en la conexión estrella?
12. ¿Cómo han de ser las tensiones de línea y de fase para conectar un motor trifásico en triángulo?
13. ¿Qué conexión harías a un motor trifásico de tensiones de funcionamiento 230/400 V si la tensión de la línea es de 400 V?
14. Nombra los sistemas más utilizados para amortiguar la intensidad en el arranque de los motores de jaula de ardilla.
15. ¿Qué relación existe entre la intensidad absorbida por un mismo motor si lo arrancamos en estrella o si lo arrancamos en triángulo?
16. ¿Qué conexión utilizamos si se puentean en la placa de bornes los terminales  $U_2$ ,  $V_2$  y  $W_2$ ?
17. ¿Cuántos bornes hay en la placa de un motor trifásico de rotor bobinado? ¿Cuáles serán sus indicaciones?
18. ¿Por qué se sacan a la placa de bornes solo tres puntas del bobinado rotórico?
19. ¿Qué habrá que hacer para que un motor trifásico cambie su sentido de giro?
20. ¿Cambia el sentido de giro un motor trifásico si permutamos las tres fases que le llegan a la placa de bornes?
21. Nombra los tipos de motores monofásicos más utilizados.
22. ¿Por qué hay que utilizar algún sistema de arranque en los motores monofásicos?

23. ¿Para qué se utiliza el condensador en el motor monofásico con bobinado auxiliar de arranque?
24. ¿Qué misión tiene el interruptor centrífugo en los motores monofásicos con bobinado auxiliar de arranque?
25. ¿Cómo se conectan los bobinados del motor monofásico de bobinado auxiliar de arranque a la placa de bornes del motor?
26. ¿Qué tendremos que hacer para que un motor monofásico de bobinado auxiliar de arranque cambie el sentido de giro?
27. ¿Hasta qué potencias se suelen fabricar los motores monofásicos de espira en cortocircuito?
28. ¿Qué tipo de rotor llevan los motores monofásicos de espira en cortocircuito?
29. ¿Qué tipo de motor llevará una batidora de brazo doméstica?
30. ¿A qué motor de corriente continua es análogo el motor universal?

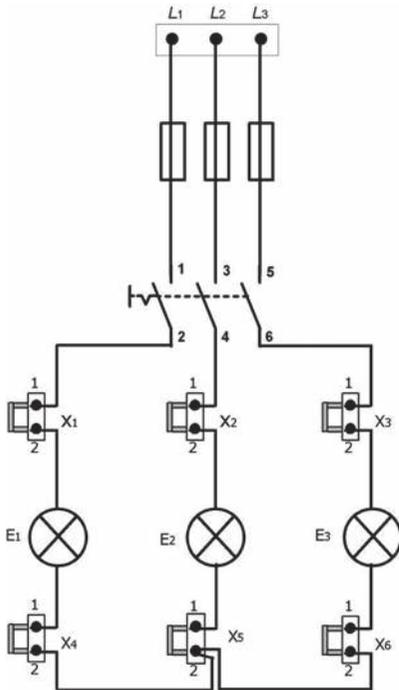
### Instalar las protecciones de los motores. Medir los parámetros básicos (tensión, intensidad, potencia, entre otros). Verificar el correcto funcionamiento de las instalaciones. Verificar los síntomas de la avería a través de las medidas.

31. ¿Qué protecciones han de incorporar las instalaciones para motores eléctricos?
32. ¿Qué ocurrirá si protegemos las sobrecargas de un motor trifásico solo con fusibles unipolares?
33. ¿Podemos utilizar fusibles con la indicación aM para proteger las sobrecargas de un motor eléctrico?
34. ¿Qué tipo de curva de disparo han de tener los interruptores magnetotérmicos para proteger las sobrecargas en motores eléctricos?
35. ¿Qué aparato utilizaremos para comprobar la continuidad de los bobinados de un motor? ¿Cómo lo comprobaremos?
36. ¿Qué aparato utilizaremos para comprobar la resistencia de aislamiento de los bobinados de un motor? ¿Cómo lo comprobaremos?
37. Responde a las siguientes cuestiones:
  - a) Para un motor que funciona a una tensión de 230 V, ¿a qué tensión de corriente continua habrá que someterlo para realizar el ensayo de la resistencia de aislamiento?
  - b) ¿Qué valor de resistencia de aislamiento debe tener como mínimo?
38. Cuando conectamos un motor a la red, se desconecta el interruptor diferencial. ¿De qué tipo de anomalía se trata? ¿Cómo se puede localizar?

Práctica final

Práctica 11.1

Accionamiento mediante interruptor tripolar de tres lámparas en conexión estrella.



Esquema 11.1. Lámparas en conexión estrella.

Conexión estrella	Sistema equilibrado			Sistema desequilibrado		
	L <sub>1</sub> -L <sub>2</sub>	L <sub>2</sub> -L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> -L <sub>2</sub>	L <sub>2</sub> -L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>
Tensión de línea						
Tensión de fase	U <sub>1</sub> -U <sub>2</sub>	V <sub>1</sub> -V <sub>2</sub>	W <sub>1</sub> -W <sub>2</sub>	U <sub>1</sub> -U <sub>2</sub>	V <sub>1</sub> -V <sub>2</sub>	W <sub>1</sub> -W <sub>2</sub>
Intensidad de línea	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
Intensidad de fase	U	V	W	U	V	W

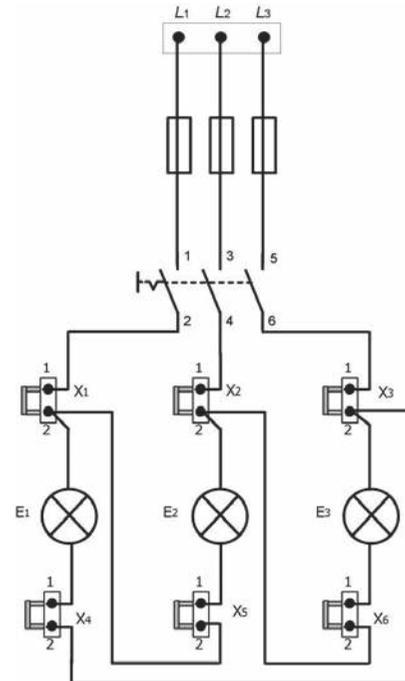
Tabla 11.2. Recogida de datos de la práctica 11.1.

Cuestiones:

1. Realiza las medidas correspondientes para completar la Tabla 11.2 y 11.3 conectando primero tres lámparas de las mismas características para un sistema equilibrado. Después, sustituye una de las tres lámparas por otra de distintas características para obtener un sistema desequilibrado.
2. Suponiendo que las lámparas sean de 230 V cada una, ¿a qué tensión habrá que conectar el circuito para que den su máximo rendimiento?
3. Si quitamos la lámpara E<sub>1</sub>, ¿cómo afecta al resto de las lámparas?
4. Si desconectamos la fase L<sub>1</sub>, ¿cómo afecta al resto de las lámparas?

Práctica 11.2

Accionamiento mediante interruptor tripolar de tres lámparas en conexión triángulo.



Esquema 11.2. Lámparas en conexión triángulo.

Conexión triángulo	Sistema equilibrado			Sistema desequilibrado		
	L <sub>1</sub> -L <sub>2</sub>	L <sub>2</sub> -L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> -L <sub>2</sub>	L <sub>2</sub> -L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>
Tensión de línea						
Tensión de fase	U <sub>1</sub> -U <sub>2</sub>	V <sub>1</sub> -V <sub>2</sub>	W <sub>1</sub> -W <sub>2</sub>	U <sub>1</sub> -U <sub>2</sub>	V <sub>1</sub> -V <sub>2</sub>	W <sub>1</sub> -W <sub>2</sub>
Intensidad de línea	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
Intensidad de fase	U	V	W	U	V	W

Tabla 11.3. Recogida de datos de la práctica 11.2.

## Práctica final

### Práctica 11.3

#### Accionamiento mediante disyuntor magnetotérmico tripolar de un motor trifásico de corriente alterna.

Realiza el montaje de la instalación como el representado en la Figura 11.36.

#### En la prueba de la práctica:

- Haz que el motor gire en los dos sentidos.
- Conecta el motor tanto en estrella como en triángulo.
- Mediante pinza amperimétrica mide las intensidades de arranque y de régimen en las dos conexiones.
- Comprueba el equilibrio de fases.

#### Cuestiones:

1. Realiza el esquema de conexiones.
2. Suponiendo que el motor sea de 230/400 V, ¿a qué tensión habrá que conectarlo a la red si realizamos la conexión estrella? Razona tu respuesta.
3. ¿Y si realizamos la conexión triángulo? Razona tu respuesta.

### Práctica 11.4

#### Accionamiento mediante disyuntor magnetotérmico tripolar e inversor manual, de un motor trifásico de corriente alterna.

Este accionamiento está destinado a conectar y proteger el motor mediante el disyuntor magnetotérmico, añadiendo a la instalación la posibilidad de que el motor gire en los dos sentidos sin necesidad de manipular las conexiones del motor.

#### Cuestiones:

1. Realiza el esquema de conexiones.
2. ¿Qué función hace el inversor manual para provocar el cambio de sentido de giro en el motor?
3. ¿Dónde utilizaremos este tipo de instalación?
4. ¿Qué ocurre si el motor se queda a dos fases mientras está funcionando?
5. ¿Para qué utilizamos en la instalación el disyuntor magnetotérmico?
6. Realiza la medida de continuidad de cada una de las fases del motor y analiza el resultado.

### Práctica 11.5

#### Accionamiento mediante disyuntor magnetotérmico tripolar y arrancador estrella triángulo manual de un motor trifásico de corriente alterna.

Este accionamiento está destinado a conectar y proteger el motor mediante el disyuntor magnetotérmico añadiendo a la instalación el accionamiento del motor en estrella-triángulo para amortiguar la intensidad en el arranque.

#### Cuestiones:

1. Realiza el esquema de conexiones.
2. Suponiendo que el motor sea de 230/400 V, ¿qué tensión deberá tener la red para poder realizar el arranque estrella-triángulo? Razona tu respuesta.
3. ¿Qué función hace el arrancador estrella-triángulo para provocar el cambio de conexión en el motor?
4. ¿En cuál de las dos conexiones gira el motor a mayor velocidad?
5. ¿Dónde utilizaremos este tipo de instalación?

### Práctica 11.6

#### Accionamiento mediante interruptor bipolar de un motor monofásico de corriente alterna de bobinado auxiliar de arranque.

#### En la prueba de la práctica:

- Mide las intensidades tanto de arranque como de régimen.
- Haz que el motor gire en los dos sentidos.

#### Cuestiones:

1. Realiza el esquema de conexiones.
2. ¿Cómo provocamos el cambio de sentido de giro en el motor monofásico?
3. ¿Qué le ocurre al motor si le quitamos el condensador de arranque?
4. Realiza la medida de continuidad de la fase principal y auxiliar del motor y analiza el resultado.
5. Realiza la medida de la resistencia de aislamiento y comprueba si cumple con la normativa.
6. Con la ayuda de la pinza amperimétrica, realiza la medida de las intensidades de arranque y nominal de los dos bobinados.