

Motores eléctricos trifásicos: montaje y puesta en marcha



Prof. Ing. Alberto Luis Farina
Asesor en ingeniería eléctrica y
supervisión de obras
alberto@ingenierofarina.com.ar



El montaje y la puesta en marcha de un motor eléctrico trifásico (MET), como el de cualquier otro equipo tecnológico, requiere de la aplicación de ciertos métodos y conocimientos, ya que hacen no solo a su funcionamiento en sí y a su vida útil, sino también a las del equipo al cual está acoplado, que, como se ha insistido en las notas anteriores, hacen al servicio que presta este conjunto. Es por esto último que se ha incorporado esta parte, en la cual se dan algunas pautas elementales, como para poder realizar un trabajo satisfactorio.

Introducción

El concepto básico es que la forma de montar los MET es de fundamental importancia para el correcto funcionamiento y la vida útil tanto de este como del equipo acoplado, lo cual hace al servicio que el conjunto presta, como puede ser: una bomba de agua potable o la extracción de líquidos cloacales, un compresor, etc.

El montaje y puesta en marcha requiere algunas reglas simples que ineludiblemente se deben

cumplir; naturalmente la experiencia aporta lo suyo y, seguramente, abonará lo expresado aquí.

Ubicación

La ubicación física del equipo impulsado por un MET es determinada por la función del primero y del ambiente en que se hace el montaje del sistema que lo tiene incorporado, por ejemplo, un compresor de aire comprimido, una rampa, etc.

Las condiciones ambientales son de fundamental importancia, ya que determinan el grado de protección mecánica y la clase térmica del bobinado.

Montaje mecánico

La realización del montaje mecánico es la primera etapa de la puesta en funcionamiento de un equipo acoplado a un MET. Se pueden presentar los siguientes casos:

- » que el MET y el equipo impulsado formen una sola unidad;
- » que vengán montados sobre un bastidor;
- » que ambos se provean en forma separada.

En el primer caso, una vez posicionado el conjunto, se procede a su nivelado y fijado, luego de lo

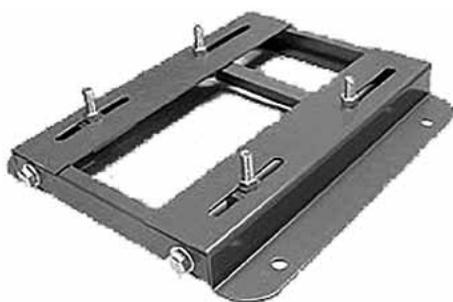


Figura 1. Bastidor o base para el montaje del MET

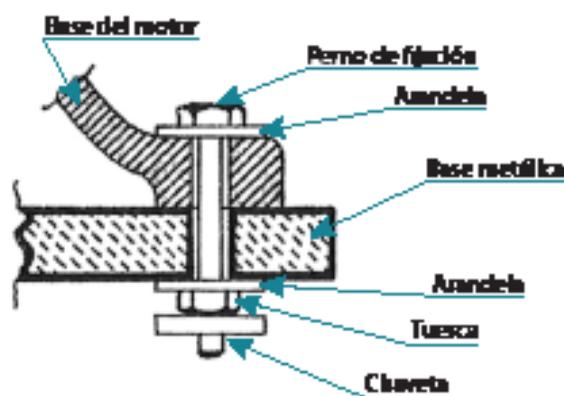


Figura 2. Fijación a una base metálica



cual se debe proceder al conexionado a su tablero eléctrico (TE).

Para el segundo caso, se procede en forma parecida con el bastidor sobre el cual están montados el MET y el equipo impulsado, o sea, se procede a fijar el primero, luego se nivela y finalmente se conecta a su tablero.

En la tercera de las opciones, o sea, cuando los componentes se provean en forma separada, se deben montar sobre una base común, continuando con el acoplamiento al equipo a impulsar, finalizando con la conexión eléctrica al tablero.

La cuestión exige que los MET estén convenientemente fijados a sus bases y con una forma especial de conexión eléctrica en virtud de que inevitablemente el conjunto motor-equipo produce vibraciones, las cuales se transmiten a sus bases y a la conexión eléctrica, a los fines de evitar deterioros paulatinos, lo cual desembocará en la interrupción del servicio prestado por el equipo impulsado.

La figura 1 muestra un bastidor o base para el montaje del MET y el equipo impulsado, un detalle de la fijación a una base metálica se puede apreciar en la figuras 2, y en la 3, la fijación a una base de hormigón.

Acoplamiento mecánico

Los MET siempre trabajan acoplados a los equipos que impulsan, aunque los estudios teóricos

sobre su principio y características de funcionamiento se hagan con estos tomados sin carga.

Los equipos impulsados se pueden acoplar de diversas formas, a saber:

- » mediante el mismo eje del motor
- » acoples rígidos
- » acoples flexibles
- » utilizando poleas y correas
- » empleando engranajes
- » utilizado en equipos más complejos

Una pieza fundamental en todos los tipos de acoplamientos mencionados es la chaveta, la cual se aloja en el extremo del eje del MET.

El tipo de acoplamiento que se empleará lo determina el fabricante del equipo impulsado, y es quien facilita las instrucciones para el correcto montaje y mantenimiento, más allá de las recomendaciones generales que se verán a continuación.

En el caso de que el MET no forme parte del equipo impulsado, se requiere la ejecución de técnicas especialmente desarrollada para eso.

Las técnicas de los acoplamientos son muy variadas y específicas, lo cual hace que haya especialistas dentro de ese rubro, que no es este el caso. En lo que sigue, solo se hará mención a los más simples que se utilizan que, por otro lado, son acordes con el tipo de MET.

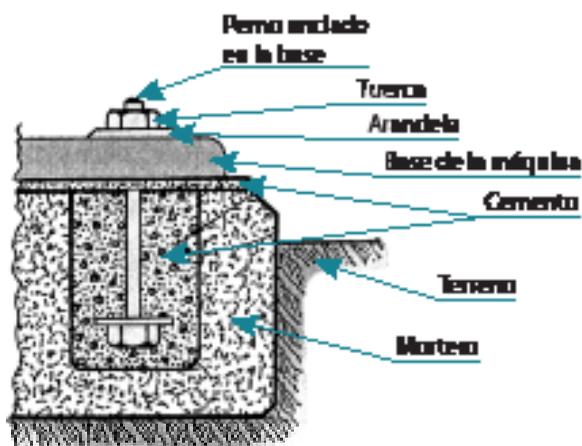


Figura 3. Fijación a una base de hormigón



Figura 4. Acoplamiento directo

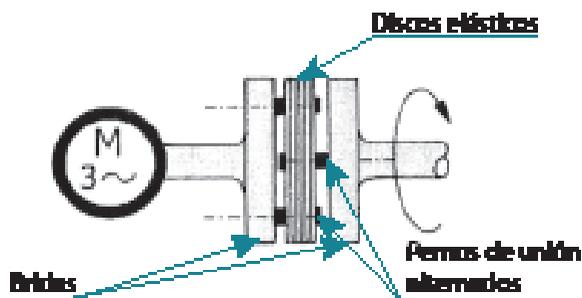


Figura 5. Acoplamiento flexible



Figura 6. Acoplamiento flexible

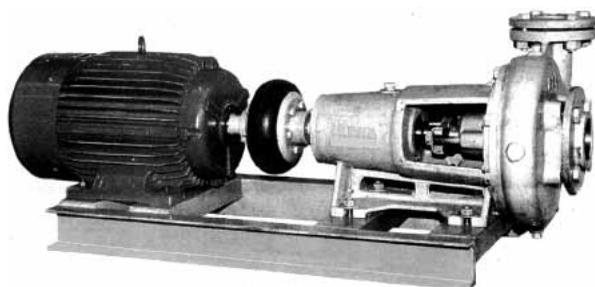


Figura 7. Acoplamiento flexible

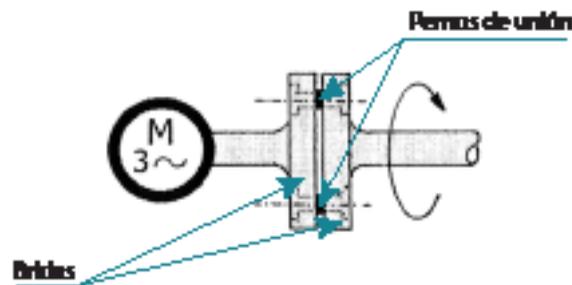


Figura 8. Acoplamiento rígido

Acoplamiento directo

El eje del MET es común con el del equipo impulsado, y forma parte del conjunto, por ejemplo, bombas centrífugas para agua, ciertos compresores, etc. (figura 4).

Acoplamiento flexible

Existe una amplia gama de estos dispositivos, diseñados y fabricados en función de la potencia mecánica que se transmitirá. Constan de dos placas de acero, para fijar al MET por un lado y al equipo que será impulsado por el otro, entre las cuales se coloca una pieza fabricada con un material elástico resistente de color negro que absorba mínimamente las desalineaciones y vibraciones. Este conjunto se fija mediante pernos y tornillos. La figura 5 muestra un esquema de este tipo de acoplamiento; la figura 6, un dispositivo de acoplamiento flexible típico, y la 7, una bomba acoplada.

Acoplamiento rígido

Físicamente parecido al anterior, este tipo no cuenta con la pieza intermedia (figura 8). La utilización de uno u otro tipo está relacionada con las características del equipo impulsado.

Acoplamiento con engranajes

Se emplea internamente en ciertos tipos de equipos o bien en las denominadas cajas reductoras de ciertas máquinas (figura 9).

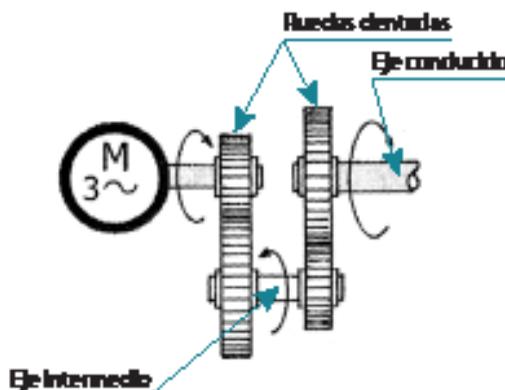


Figura 9. Acoplamiento con engranajes



Alineación de los acoplamientos

En los acoplamientos flexibles y rígidos es necesario mantener la linealidad entre los centros de los ejes, a los fines de obtener un correcto funcionamiento (figuras 10 y 11). Si no se logra, se producirán vibraciones y desgaste prematuro de los elementos involucrados en la rotación.

Polea y correa

Polea y correa es el sistema más usado cuando se trata de las potencias mecánicas medias y mayores (figura 12). Se requiere de dos poleas, una en cada eje. En general, estas tienen distintos diámetros (figura 13) y se vinculan mediante una correa del tipo en "V" o trapezoidal (figura 14). También, en ciertas aplicaciones se utilizan correas dentadas, que emplean poleas adecuadas.

Lo diámetros de las poleas están determinados por la potencia que se transmitirá y la velocidad de rotación del MET y el equipo impulsado.

Las partes de una polea son las siguientes:

- » Llanta. Es la zona exterior de la polea y su constitución es tal que tiene que adoptar la forma de la correa.
- » Cuerpo. Las poleas están formadas por una pieza maciza cuando son de tamaño pequeño. Cuando sus dimensiones aumentan, van provistas de nervios o brazos que generen la polea, uniendo el cubo con la llanta.
- » Cubo. Es el agujero cónico y cilíndrico que sirve para acoplar al eje.

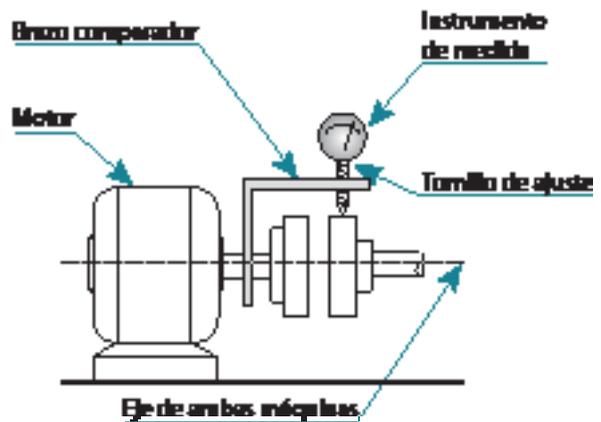


Figura 11. Alineación de ejes

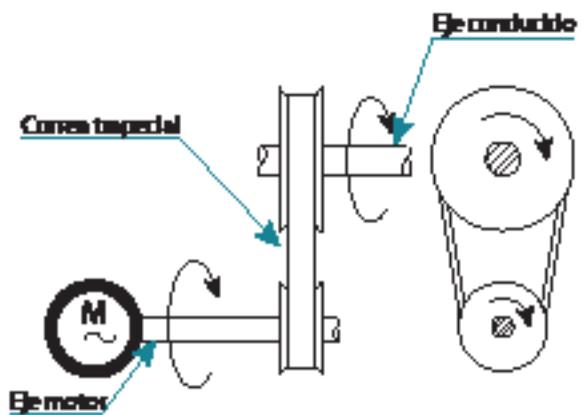


Figura 12. Acoplamiento con correa



Figura 13. Poleas

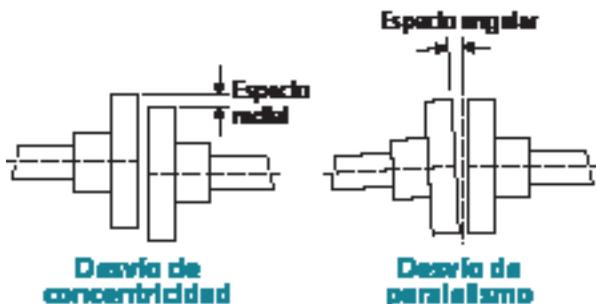


Figura 10. Alineación de acoplamientos



Figura 14. Corte de una correa en "V"



Figura 15. Polea



Figura 16. Acoplamiento con poleas y correas

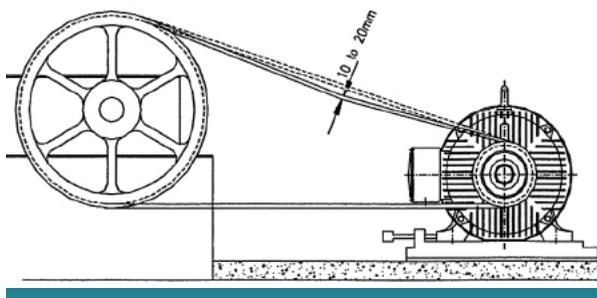


Figura 17. Tensado de una correa

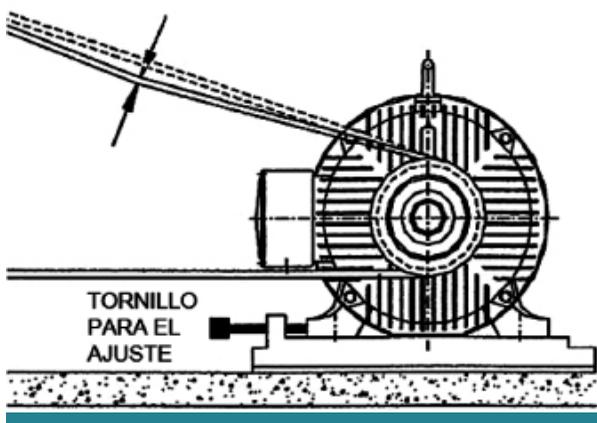


Figura 18. Ajuste del tensado

Las poleas se insertan en los ejes mediante un agujero practicado en el cubo de la polea, se fijan mediante un tornillo (figura 15), y se utiliza una chaveta, elemento metálico de forma prismática que se monta entre el eje y la polea. En la figura 15 se puede apreciar el lugar que se deja a estos efectos en la polea.

Una cuestión importante de este sistema es el tensado de la correa, el cual se puede ajustar mediante el desplazamiento del MET sobre el bastidor o base sobre el cual se monta (figuras 17 y 18).

Alineación

En los sistemas de acoplamiento que utilizan poleas y correas también es necesario mantener la linealidad entre los centros de los ejes, a los fines de obtener un correcto funcionamiento (figura 19). Si no se logra, se producirán vibraciones y desgaste prematuro de los elementos involucrados en la rotación.

Vibración

Los MET en general y los equipos acoplados a ellos, irremediamente, producen vibraciones no solo en el momento de arrancar sino también durante el funcionamiento normal, por lo cual se hace necesario utilizar los denominados "soportes antivibratorios", los cuales pueden presentar formas como las que se muestran en la figura 20, denominadas "tacos", o bien placas que se colocan debajo del motor y el equipo acoplado.

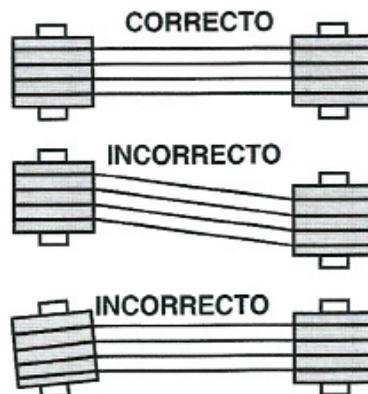


Figura 19. Alineación con correas



Canalización eléctrica

Los MET, al igual que otros tipos de aparatos, requieren de una alimentación con un determinado valor de tensión, la cual se llama “tensión asignada” o bien “tensión nominal”, y de una frecuencia, también asignada o nominal; ello les permitirá entregar una determinada potencia mecánica en su eje manteniendo el régimen térmico establecido en el diseño. En este caso, se trata de tres cables entre los cuales hay 380 volts, y la frecuencia de la red es de cincuenta hertzios (50 Hz).

La tensión de alimentación es de suma importancia para los MET, ya que esta influye sobre su funcionamiento y, sobre todo, en el par de arranque.

Los MET se conectan a un tablero eléctrico mediante una canalización eléctrica, la cual es un conjunto formado por elementos capaces de conducir la corriente eléctrica, tales como conductores, cables, barras, y los elementos para soportarlos y protegerlos mecánicamente. A estos últimos elementos se los denomina “canalización”. O sea que se tiene un tablero eléctrico más la canalización eléctrica, que está formada por los cables y la canalización para su funcionamiento.

El tablero eléctrico está definido por una interrelación entre la potencia del motor, la protección general adoptada y el circuito de control.



Figura 20. Soportes antivibratorios

Los MET de pequeñas potencias, sin otro requerimiento de control que la conexión y desconexión, se montan al pie del equipo, o sea, en su cercanía a un pequeño gabinete, con cerramiento acorde a las condiciones ambientales en cuyo interior hay un guardamotor termomagnético.

Para los MET de mayores potencias, que trabajan en forma unitaria, al igual que el caso anterior, se puede emplear un guardamotor termomagnético y un contactor.

En el caso de los MET que requieran de circuitos de control (caso de bombas elevadoras, etc.) aparte de las consideraciones anteriores, se requiere de transformador de control, interruptor o seccionador, elementos de protección por cortocircuito y sobrecargas, relés auxiliares, borneras, etc.

Al tablero eléctrico ingresarán los cables provenientes de la instalación eléctrica que lo alimenta, y los que traen las señales de sensores externos (detectores de nivel o posición), así como también pueden salir cables a las cajas de pulsadores para dar y detener la marcha, si bien estos últimos pueden estar en la puerta del gabinete.

En cuanto a la disposición de elementos de protección y control, estas consideraciones son generales, ya que pueden utilizarse fusibles, interruptores automáticos termomagnéticos, seccionadores, etc. que, adecuadamente combinados, realizarán estas funciones.

Disposiciones típicas de las canalizaciones eléctricas

Las canalizaciones eléctricas pueden estar hechas con caños rígidos de acero o material plástico (con sus respectivas variantes normalizadas) o bien con bandejas portacables de diversos tipos y materiales. Se destaca que la acometida a la caja de bornes del MET debe hacerse con caño de acero flexible, a fin de absorber vibraciones y diferencias de distancias.

Las figuras 21 a 23 muestran tres disposiciones generales que pueden adoptar las acometidas a la caja de bornes o de conexiones. En la figura 21 se

puede apreciar una acometida desde una canalización enterrada; en la figura 22, en cambio, se muestra una canalización superficial que llega hasta una caja de paso desde donde parte el caño flexible a la caja de bornes y, finalmente, la figura 23 muestra una que parte de una bandeja portacables, que no utiliza caño flexible sino el mismo cable del tipo potencia.

Conexión

Verificación previa

Antes de conectar el MET al tablero eléctrico, se puede hacer una verificación de continuidad y una medición de la resistencia eléctrica de aislamiento de los bobinados.

- » Verificación de continuidad. Como su nombre lo indica, se debe verificar la continuidad de las distintas bobinas que forman el bobinado del estator, y entre estas y tierra. Para realizar esta tarea se requiere de un multímetro o tester.
- » • Medición de la resistencia de aislamiento. Se trata de una acción prudente de realizar antes de energizar el motor, para lo cual se hace necesario el empleo de un instrumento portátil que, a diferencia del mencionado anteriormente, mide valores elevados de resistencia en ohmios, mega- o teraohmios, y lo hace a tensiones

que pueden ser de 250, quinientos o mil volts (25, 500 o 1.000 V). Este instrumento se denomina popularmente como “megómetro”, nombre derivado de Megger, una empresa fabricante por tradición. Los más antiguos se accionan girando una manija, en la actualidad son del tipo de estado sólido. Se mide desde la caja de conexión entre cada extremo de bobina y entre estas y tierra. Luego de realizar estas mediciones es prudente “descargar” los bobinados a los fines evitar un shock eléctrico. Se hace necesario que la medición solo se haga con este tipo de instrumento, descartando cualquier otro tipo, tales como multímetros o tester.

Conexión propiamente dicho

El cable que se empleará debe ser siempre del tipo energía, o sea, para una tensión máxima de 1,1 kilovolt (IRAM 2.178), y la conexión de cada conductor del cable al borne correspondiente de la caja de conexiones se debe hacer empleando un terminal del tipo cerrado. Estará conformado por cuatro cables (R, S, T y PE).

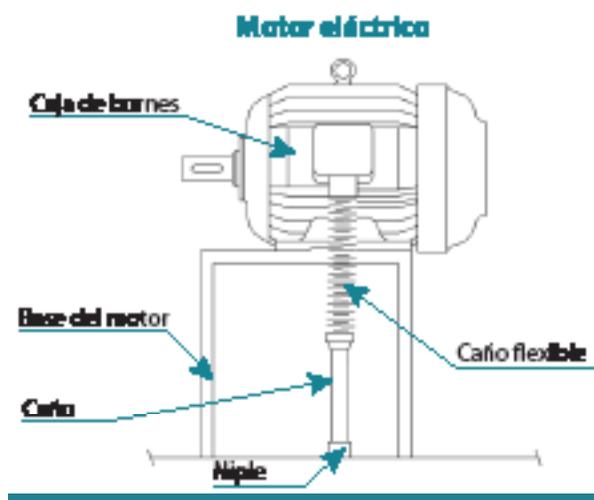


Figura 21. Acometida desde una canalización subterránea

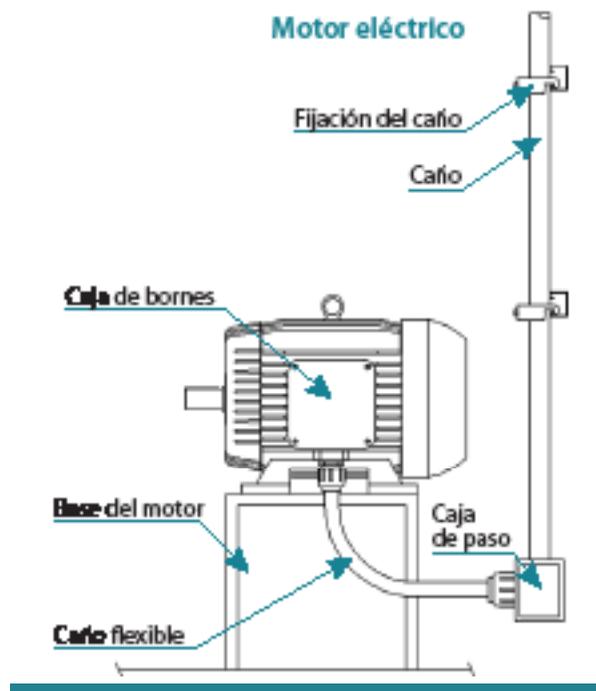


Figura 22. Acometida desde una canalización superficial



Cable

La determinación de la sección del cable se basa en el tipo de canalización que se empleará (BPC, caño tipo plástico o de acero), si está tendida a la vista o enterrada. También es imprescindible conocer la corriente de cortocircuito disponible en los bornes de salida del elemento de protección general del tablero eléctrico, y la distancia que media entre este último y el MET, y tipo de ambiente en donde se tenderá la canalización eléctrica.

Estos temas son los que se desarrollan en el libro *Instalaciones eléctricas de viviendas, locales y oficinas*, del Ing. Alberto Luis Farina, publicado por Editorial y Librería Alsina.

Sentido de giro

En los MET, el sentido de giro depende de la secuencia de fases, en consecuencia, se debe conocer que exige el equipo acoplado. Según lo visto en la

parte 3 de estas notas (“Motores eléctricos trifásicos: arranque estrella-triángulo e inversión del giro”, Ingeniería Eléctrica 334), esto es muy importante porque no todos los equipos pueden girar en sentido contrario al indicado por el fabricante. En la figura 24 se muestran las secuencias de fases y el sentido de giro de las diversas opciones de conexiones.

La determinación de la secuencia de fases se puede realizar empleando un instrumento de mano denominado secuencímetro (figura 25).

Ajuste de las protecciones

Una vez conectado y verificado el correcto funcionamiento, se debe proceder a medir la corriente eléctrica consumida por el MET a plena carga, a los fines de poder regular el relé de protección por sobrecarga empleado.

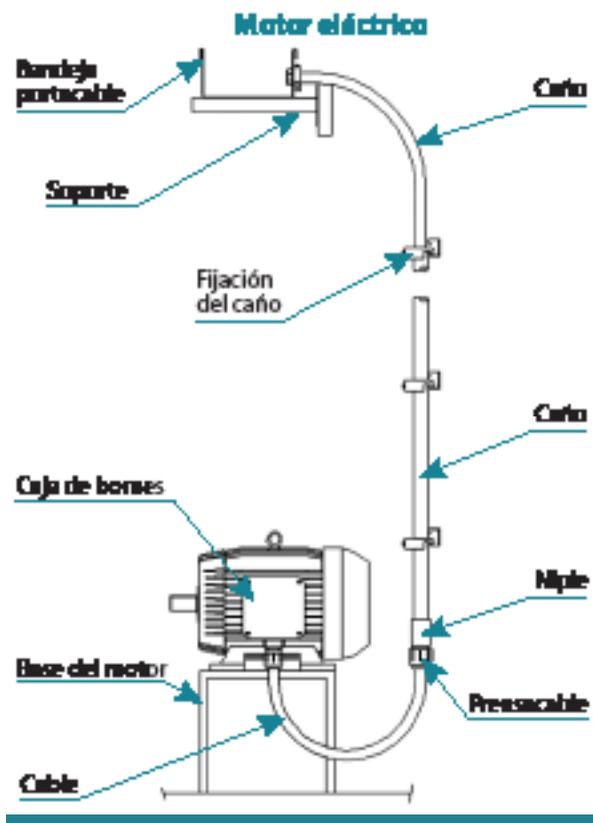


Figura 23. Acometida desde una bandeja portacables

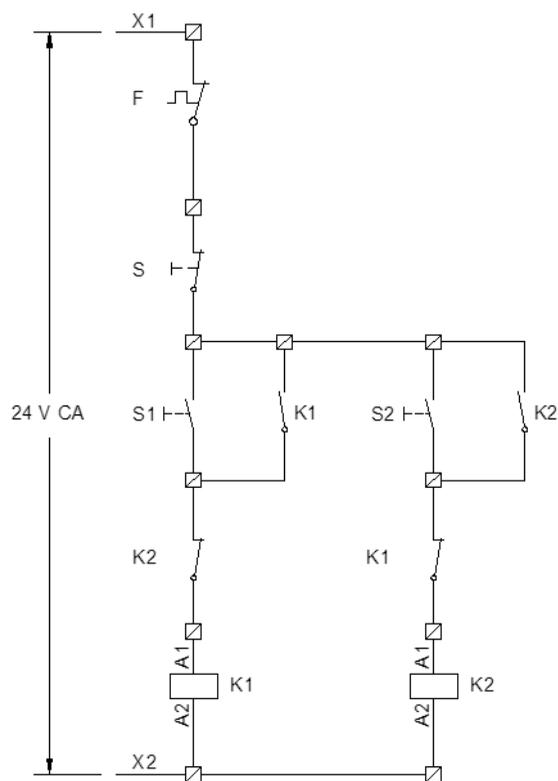


Figura 24. Sentidos de giro



Figura 25. Secuencímetro

Puesta a tierra

Se debe tener presente que la carcasa del MET, independientemente del tipo constructivo, debe estar rígidamente conectada al sistema de puesta a tierra, asegurando un contacto efectivo del metal con el terminal del conductor o cable, para lo cual, de ser necesario, se debe quitar la pintura, en caso de no traer un tornillo para tal efecto. Desde todo punto de vista es el equipo eléctrico que más necesita esta conexión.

Equipo de protección personal

La ejecución de algunas de las tareas descriptas hasta aquí se hace con la instalación eléctrica bajo tensión, por lo cual estas deben ser planeadas de antemano, de acuerdo a la disposición que adopta en el lugar del montaje, a los fines de evitar accidentes personales. Esto incluye necesariamente los instrumentos y los otros elementos afines que se utilizarán.

En este orden de cosas se deben utilizar los elementos de protección personal (EPP) tales como calzado para electricista, casco dieléctrico, anteojos de seguridad, máscara y guantes dieléctricos. ■

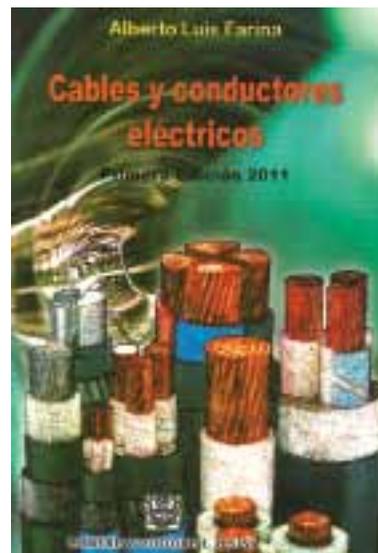
Bibliografía

- [1] Editores SRL, *Ingeniería Eléctrica*
- [2] Sobrevila, Marcelo A., *Máquinas eléctricas*, Librería y Editorial Alsina
- [3] Sobrevila, Marcelo A., *Accionamientos*, Librería y Editorial Alsina.
- [4] Sobrevila, Marcelo A.; Farina, Alberto L. *Instalaciones Eléctricas*, Librería y Editorial Alsina
- [5] WEG, información

Para seguir ampliando conocimientos...

Alberto Luis Farina es ingeniero electricista especializado en ingeniería destinada al empleo de la energía eléctrica y profesor universitario. De la mano de la Librería y Editorial Alsina, ha publicado libros sobre los temas de su especialidad:

- » *Instalaciones eléctricas de viviendas, locales y oficinas*
- » *Introducción a las instalaciones eléctricas de los inmuebles*
- » *Cables y conductores eléctricos*
- » *Seguridad e higiene, riesgos eléctricos, iluminación*
- » *Riesgo eléctrico*



Nota del autor. Los motores eléctricos son máquinas que están presentes en numerosas aplicaciones que van desde los ámbitos hogareño, hospitalario, de servicios, hasta los industriales, entre otros. Oportunamente, se ha publicado una serie de notas sobre los motores de tipo monofásico, y a partir de la edición de *Ingeniería Eléctrica 330* (abril de 2018) se editan notas acerca de los trifásicos. La variedad constructiva de estas máquinas es muy grande, por lo cual el centro de la atención estará en aquellos que tienen aplicaciones más comunes en los ámbitos generales. Estas publicaciones se hacen con tono práctico para quienes tienen que reemplazar, instalar y mantener motores, dejando de lado las aplicaciones más complejas o particulares.

- Parte 1. Usos, componentes y funcionamiento (*Ingeniería Eléctrica 330*, abril de 2018)
- Parte 2. Características constructivas y tipos de arranques (*Ingeniería Eléctrica 332*, junio de 2018)
- Parte 3. Arranque e inversión del giro (*Ingeniería Eléctrica 334*, agosto de 2018)
- Parte 4. Protección (*Ingeniería Eléctrica 336*, octubre de 2018)
- Parte 5. Montajes y puesta en marcha (*Ingeniería Eléctrica 338*, diciembre de 2018)
- Parte 6: Los MET y los RIEI b (aún no publicado)