

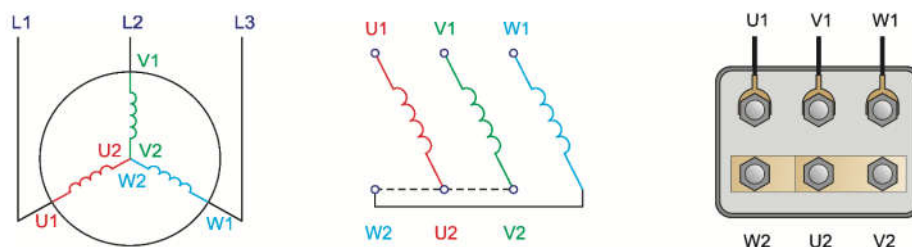
## UNIDAD 7. ARRANQUE Y PROTECCIÓN DE MOTORES

El arranque de un motor eléctrico es el intervalo de tiempo en el cual el motor, partiendo del reposo, se acelera hasta alcanzar la velocidad nominal diseñada para ese motor. Es por tanto una fase transitoria en el funcionamiento de los motores y depende fundamentalmente de la carga arrastrada por el motor y de la tensión del sistema eléctrico en cuestión. Para que un motor pueda arrancar es necesario que el par motor venza al par resistente que ofrece la carga. Esta unidad se centrará en el arranque de motores trifásicos de inducción o asíncronos, puesto que son los más presentes en cualquier instalación naval o industrial.

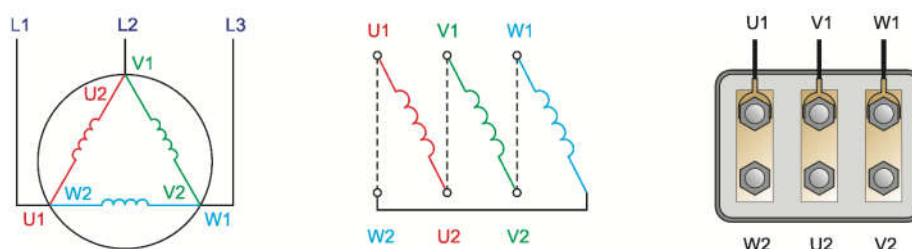
### Configuración de la conexión de los motores

En la caja de conexiones o bornes de un motor, podemos encontrar seis terminales. Cada uno de ellos corresponde al extremo de una de las tres bobinas que conforman el estator. Los motores se entregan con plaquitas que permiten conectar los bobinados en estrella o en triángulo, según se ha visto en la unidad 4.

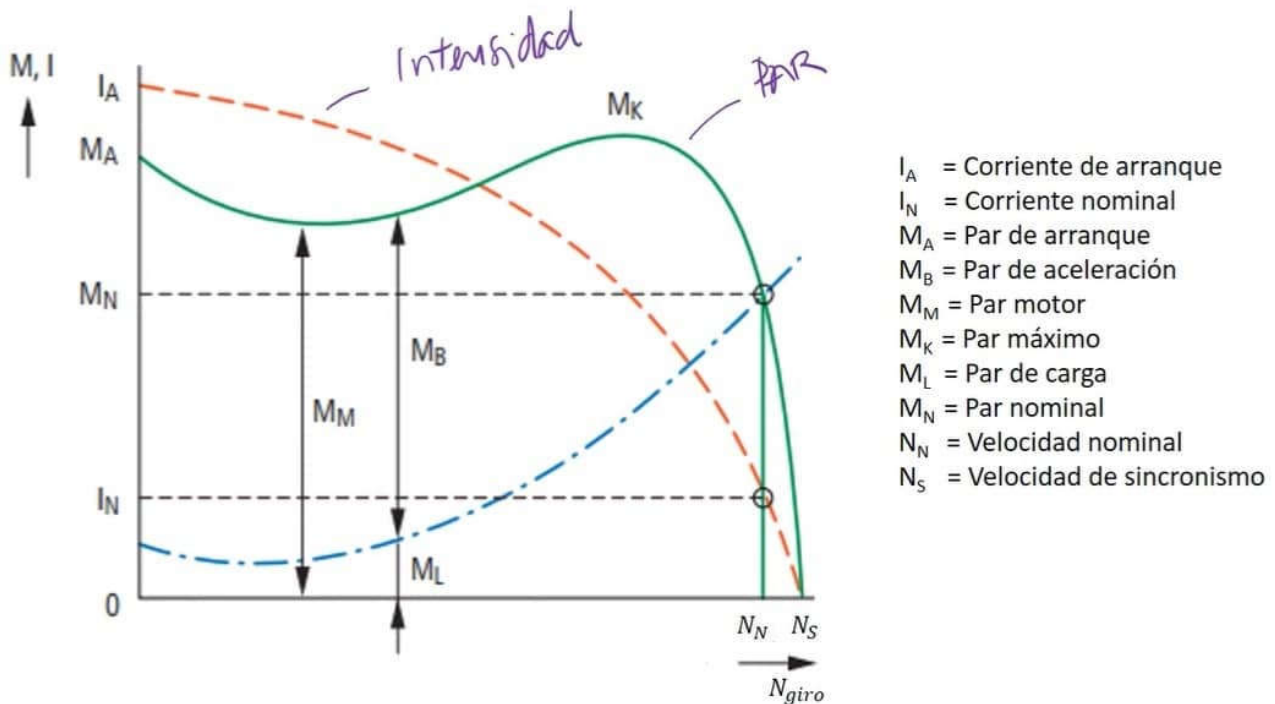
Si se utilizan dos placas para conectar los tres terminales del mismo lado de la caja, se habrán unido los tres finales de bobina en un solo punto, y se habrá configurado el motor en estrella



Si se utilizan tres plaquitas para conectar transversalmente cada terminal con el opuesto, se habrá conectado el final de cada bobina con el principio de la siguiente, y se habrá configurado el motor en triángulo



## Curvas características par-corriente-velocidad

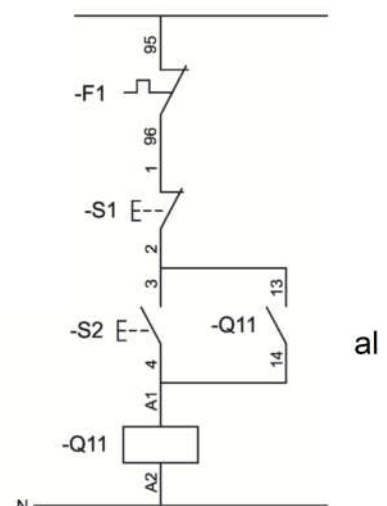
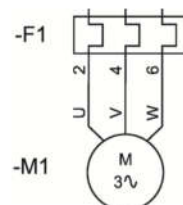


El momento del arranque es crítico en cualquier motor. En el caso del motor de inducción, el par motor experimenta una ligera disminución después del arranque, momento en el cual, si se iguala al par resistente, el motor podría pararse. Si esta eventualidad no ocurre, el par encuentra su valor máximo, para disminuir gradualmente hasta igualarse con el par resistente, ya a la velocidad nominal de giro del motor.

Otro parámetro crítico en el momento del arranque es la corriente. Esta magnitud puede alcanzar valores varias veces superiores al valor nominal de consumo de la máquina, y debe ser controlada por normativa. La industria ha desarrollado varios métodos para reducir esta corriente inicial, cosa que beneficia tanto a la propia máquina como al sistema eléctrico al que está conectada.

### Arranque directo

Esta es la manera más simple y económica de arrancar un motor y se encuentra en motores de pequeña potencia. Se dispone de un buen par de arranque, lo que consigue llevar el motor punto de trabajo en poco tiempo. El



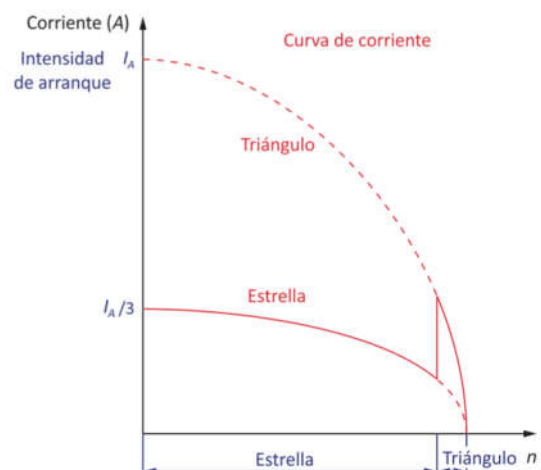
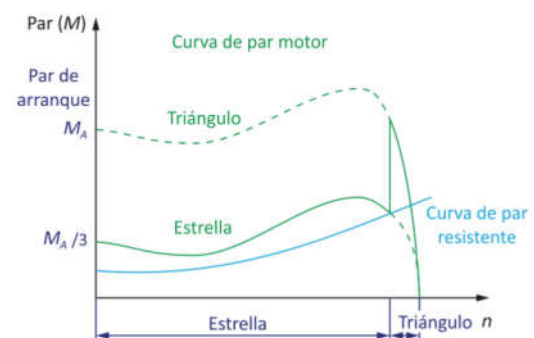
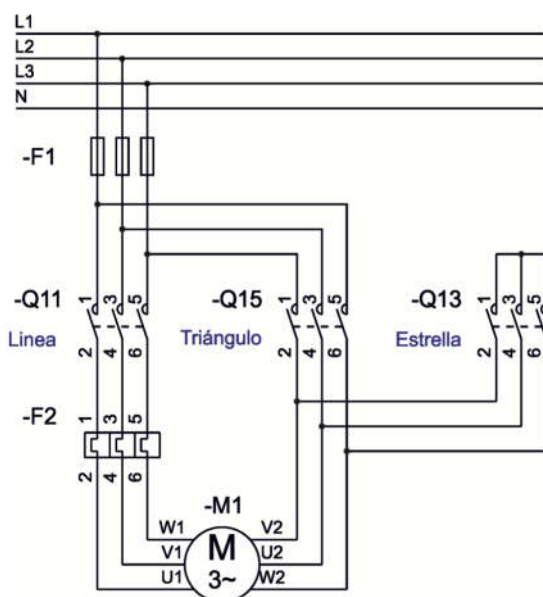
inconveniente es el alto pico de corriente que se experimenta. El arranque directo no se permite en motores de más de 750W

No necesita más que un contactor, un pulsador de marcha y uno de paro y una conexión de realimentación del contactor

### Arranque estrella-triángulo

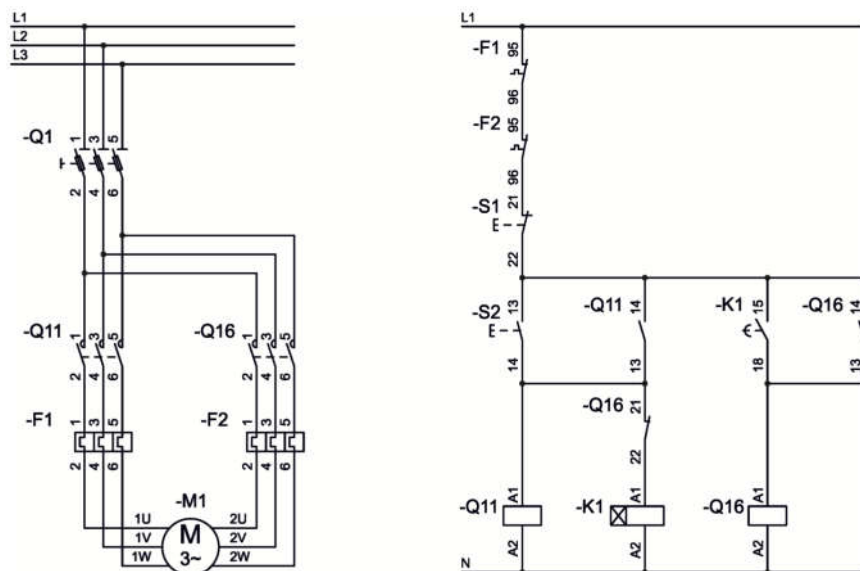
En esta maniobra, lo que se pretende es que el motor arranque en configuración estrella, es decir, con cada uno de sus devanados estáticos conectado a la tensión de fase (que es la menor disponible del sistema trifásico). De esta manera, se consigue reducir el pico de corriente inicial a pesar de sacrificar también par de arranque. Posteriormente, y con ayuda de un temporizador, se cambia la configuración a triángulo, sometiendo los devanados a la mayor tensión disponible y permitiendo que, ahora que el motor ya tiene inercia, desarrolle el máximo par motor posible, pero habiendo evitado el pico de corriente inicial.

Para conseguir lo anteriormente descrito, es necesario que el motor no esté configurado en estrella o triángulo dentro de la caja de bornes (mediante las plaquitas), sino que se utilizan dos contactores para realizar estas conexiones de manera externa. Así pues, para esta maniobra, además de pulsadores de marcha y paro, hacen falta tres contactores (uno para la alimentación, otro para la configuración estrella y otro para la triángulo, además de un relé temporizador, que permita la secuencia antes descrita.



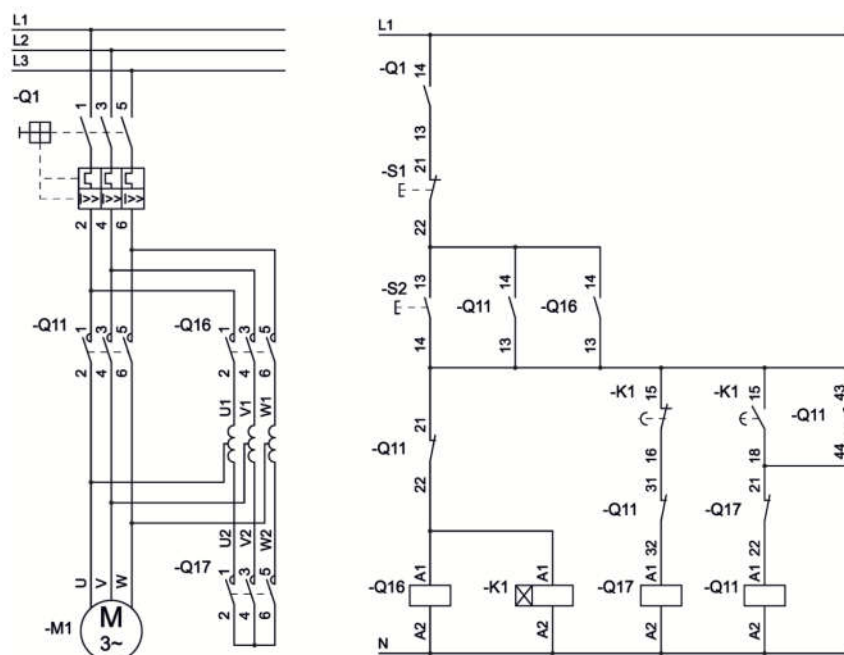
### Arranque de motor con devanados separados

Este arranque se basa en que cada uno de los tres devanados consta de dos partes. De esta manera, es posible arrancar con la mitad de los devanados estáticos, reduciendo así el pico de corriente inicial, para instantes después, y mediante un temporizador, conectar la otra mitad para que el motor desarrolle toda su potencia.



### Arranque con autotransformador

En este caso la técnica para reducir la corriente de arranque consiste en utilizar un transformador especial llamado autotransformador. Un autotransformador utiliza un único devanado con tomas múltiples, para proporcionar diferentes niveles de tensión (50%, 60%, 70%....) Así, el motor es inicialmente alimentado a una tensión reducida proveniente del transformador, que se controla con dos contactores. Pasado el tiempo configurado, se desconecta el autotransformador y se suministra al motor el 100% de la tensión disponible.



## Arrancador progresivo

Son dispositivos electrónicos que funcionan con tiristores, y en los que se puede ajustar el voltaje inicial que se suministra al motor, así como los tiempos (rampas) de arranque y de parada. Al controlar el voltaje inicial, se controla el pico de corriente, aunque esto determina el par de arranque. Existen arrancadores con más parámetros configurables, como la corriente máxima (lo que permite la detección de sobrecargas), control de temperatura, o ajuste de la dificultad de arranque.



## PROTECCIÓN DE MOTORES

Los motores se deben proteger ante sobrecargas (cuando el par resistente aumenta por algún motivo) y sobreintensidades.

### El relé térmico

El relé térmico es uno de los elementos más habituales para la protección de motores eléctricos. Es un dispositivo de acción lenta que basa su acción en la deformación paulatina de una lámina bimetálica, por efecto de la temperatura. Al estar compuesta de dos metales con coeficientes de dilatación diferentes, la lámina se arquea y es capaz de actuar sobre un resorte que hace saltar la protección.

Puesto que protege contra sobreintensidades y sobrecargas solamente, se debe combinar con algún dispositivo de protección electromagnética que proteja al motor ante cortocircuitos o sobretensiones transitorias (por ejemplo con disyuntores electromagnéticos o con fusibles). El relé dispara ante los siguientes eventos:

- Sobrecarga por aumento del par resistente
- Sobrecarga por fallo mecánico del motor (cojinetes desgastados por ejemplo)
- Exceso de arranques y paradas
- Fallo o desequilibrio de una fase de alimentación
- Disminución de la tensión de alimentación

El relé térmico consta de un dial para ajustar la corriente de disparo, además de un botón de reset. Dispone también de contactos auxiliares que permiten funciones adicionales como la señalización del fallo mediante la alimentación de pilotos luminosos. Suele contar con unas varillas conductoras que permiten su inserción directa en los bornes inferiores de los contactores.



### El disyuntor guardamotor

Este dispositivo combina la protección contra cortocircuitos y la protección contra sobrecargas que brinda el relé térmico. Dispone también de un dial regulador, un botón de rearme y contactos auxiliares de montaje frontal o lateral.



### Las sondas de temperatura

La protección de motores mediante sondas térmicas es otra técnica que se utiliza para salvaguardar los motores eléctricos contra el sobrecalentamiento, una de las principales causas de fallos en los motores. Las sondas térmicas, también conocidas como sensores térmicos o termistores, se instalan dentro del motor en puntos estratégicos, como los devanados y el núcleo, para monitorear continuamente la temperatura interna. Cuando la temperatura del motor excede un umbral predefinido, las sondas térmicas envían una señal a un dispositivo de control, como un relé de protección o un variador de frecuencia, que puede activar mecanismos de protección, como la disminución de la velocidad, o incluso el apagado del motor para evitar daños severos.

Estas sondas son termistores PTC, es decir resistencias variables con la temperatura