

AUTOMATISMOS INDUSTRIALES • 1MB

Tema 4 • Conexión básico III

Esquemas de fuerza

Versión provisional • I.E.S. Trinidad Arroyo (Palencia)

Hasta ahora casi todo lo que hemos cableado era **mando**: pulsadores, bobinas y pilotos. En este tema añadimos lo que falta para que un motor gire de verdad: el **circuito de fuerza**.

IDEA CLAVE

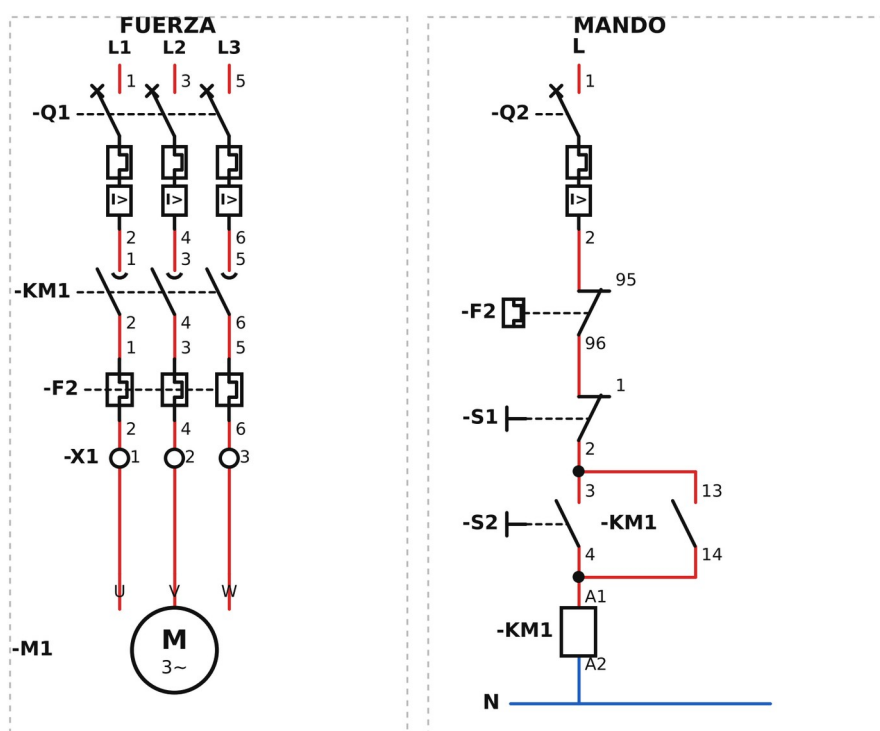
En un automatismo hay **dos circuitos** en el mismo cuadro:

Mando: lo que decide (pulsadores, contactos, bobinas, pilotos). Corriente pequeña, 230 V.

Fuerza: lo que trabaja (magnetotérmico, contactos principales del contactor, relé térmico y motor). Corriente grande, trifásica (en el aula, 230 V entre fases).

4.1 Fuerza y mando: dos circuitos, un solo cuadro

Un **motor trifásico** necesita mucha más corriente que una bobina o un piloto. Por eso no se enciende "a mano" con un pulsador: el pulsador solo activa la **bobina** del contactor (mando) y son los **contactos principales** del contactor los que dejan pasar la corriente grande al motor (fuerza). Los dos circuitos se dibujan por separado, pero están **en el mismo cuadro** y se unen a través de los aparatos.



Arranque directo de un motor: a la izquierda la fuerza, a la derecha el mando. Es el mismo contactor -KM1 y el mismo térmico -F2 en los dos esquemas.

	FUERZA	MANDO
Qué alimenta	El motor	Bobinas, pilotos, pulsadores
Tensión	Trifásica : L1, L2, L3 (en el aula, 230 V entre fases)	230 V : L y N
Corriente	Grande : la que pide el motor	Pequeña : menos de 1 A
Función	Mover el motor: llevarle la energía	Decidir cuándo arranca y cuándo se para

	FUERZA	MANDO
Aparatos	-Q1 (3 polos), contactos 1-2 / 3-4 / 5-6 del contactor, relé térmico, bornero y motor	-Q2, 95-96 del térmico, pulsadores, 13-14, bobinas A1-A2, pilotos
Tornillos	Los grandes del contactor y del térmico (1 a 6)	Los pequeños : A1-A2, 13-14, 53-54..., 95-96, 97-98
Cable real	Negro, grueso (1,5 o 2,5 mm ²)	Rojo, fino (1 mm ²)

¡OJO!

En los esquemas pintamos la **fase en rojo** y el **neutro en azul** solo para leerlos mejor. En el cuadro real los cables de fuerza son **negros** y los de mando **rojos**. No mezcles los colores del dibujo con los de los cables.

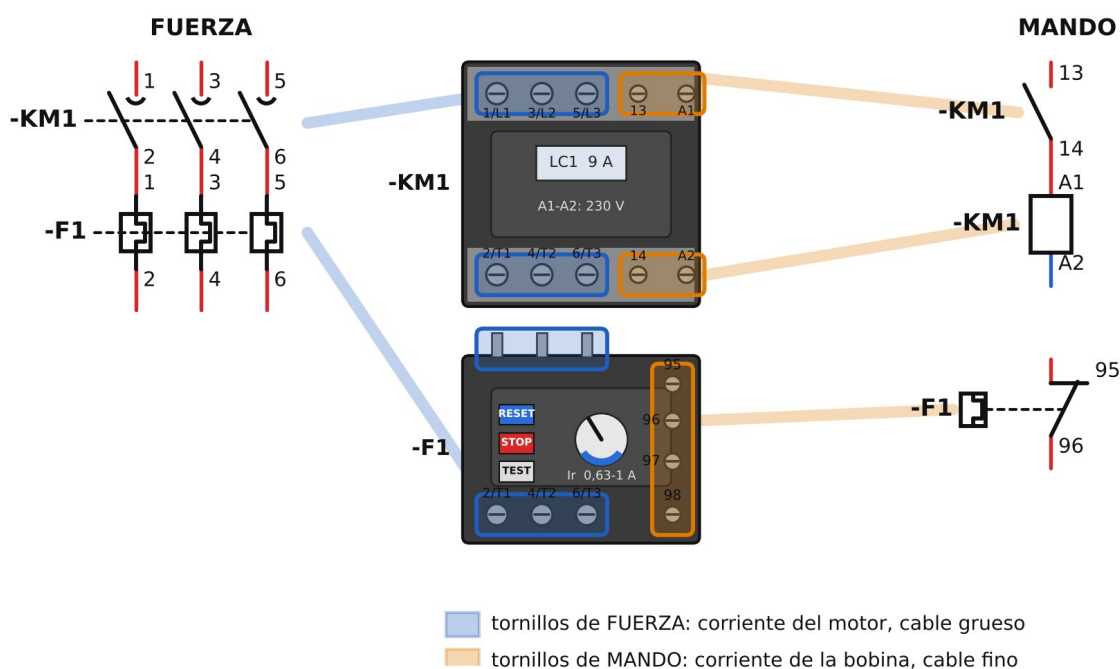
¿POR QUÉ?

Si se separan los dos circuitos, cuando algo falla sabes **dónde buscar**: si no se activa el contactor, la avería está en el **mando**; si se activa pero el motor no gira, está en la **fuerza**.

Separados en el papel, mezclados en el cuadro

En los esquemas, fuerza y mando van en **dos dibujos distintos** y parece que son dos cosas separadas. En el cuadro real **no lo están**: muchas veces los dos circuitos pasan por **el mismo aparato**, a un centímetro uno del otro.

- En el **contactor**, los tres tornillos grandes de arriba (1/L1-3/L2-5/L3) son fuerza, y justo al lado, en la misma fila, están el **13** (realimentación) y el **A1** (bobina), que son mando. Abajo igual: 2/T1-4/T2-6/T3 son fuerza y, pegados, el **14** y el **A2**.
- En el **relé térmico**, por las clavijas y por los 2/T1-4/T2-6/T3 pasa la corriente del motor (fuerza), y en la columna de la derecha, a dos dedos, están el **95-96** y el **97-98** (mando).
- Incluso el **cuadro** es el mismo: los cables negros y los rojos van por la misma canaleta y llegan a la misma regleta.



El mismo contactor y el mismo térmico aparecen en los dos esquemas. En azul, los tornillos de fuerza; en naranja, los de mando. Están juntos en el aparato, pero pertenecen a circuitos distintos.

Entonces, ¿en qué se diferencian de verdad? No en el aparato ni en el sitio. En **dos cosas**:

- La función que hace esa corriente.** Si la corriente va a **mover el motor**, es fuerza, pase por donde pase. Si va a **activar una bobina o encender un piloto**, es decir, a **decidir**, es mando. Cada tornillo pertenece a un circuito u otro según **para qué sirve**, no según dónde está.
- La sección del cable**, porque las corrientes son muy distintas: un motor del aula pide **amperios** y una bobina **centésimas de amperio**. Por eso la fuerza va con cable **grueso** (1,5 o 2,5 mm²) y el mando con

cable **fino** (1 mm^2). Si te equivocas de cable, un cable fino en la fuerza **se calienta** y un cable grueso en el mando **no entra** en los tornillos pequeños.

Secciones de cable, dibujadas a la misma escala (el cobre, dentro; el aislante, fuera)



IDEA CLAVE

Para saber si un cable es de fuerza o de mando, pregúntate: **¿esta corriente mueve el motor o solo decide?** Mueve → fuerza, grueso y negro. Decide → mando, fino y rojo. El sitio donde está el tornillo no te lo dice; la **función** sí.

EN EL TALLER

Antes de meter un cable en un tornillo, mira si el tornillo es **grande o pequeño** y si el cable es **grueso o fino**. Fuerza con fuerza y mando con mando. En el contactor, lo más fácil de confundir es el **A1 con el 5/L3** y el **A2 con el 6/T3**: están pegados.

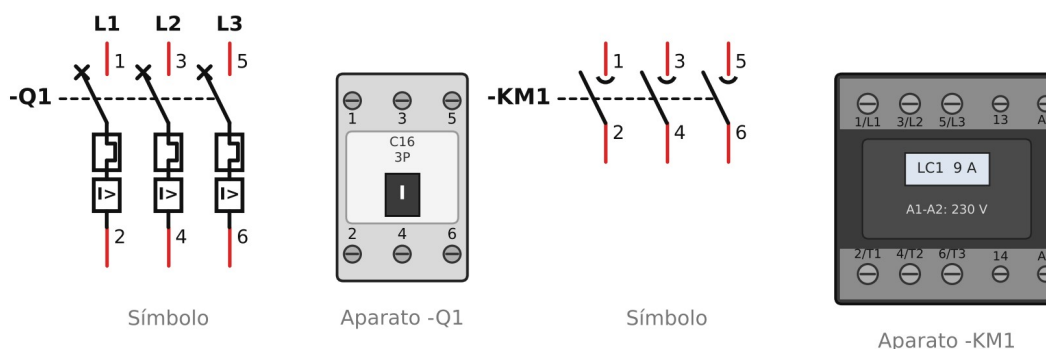
¿POR QUÉ?

Los esquemas se dibujan separados **para poder leerlos**: si en el mismo dibujo estuvieran los tres hilos del motor y las ramas del mando, no se entendería nada. Separarlos es una ayuda para la persona, no una descripción de cómo están colocados los aparatos.

4.2 Los aparatos de la fuerza y sus tornillos

Recuerda: **borne** = **tornillo** del aparato. En la fuerza los tornillos son más grandes, porque por ellos pasa la corriente del motor. Siempre se entra por los **impares (1, 3, 5)** y se sale por los **pares (2, 4, 6)**.

El magnetotérmico de fuerza -Q1 y el contactor -KM1

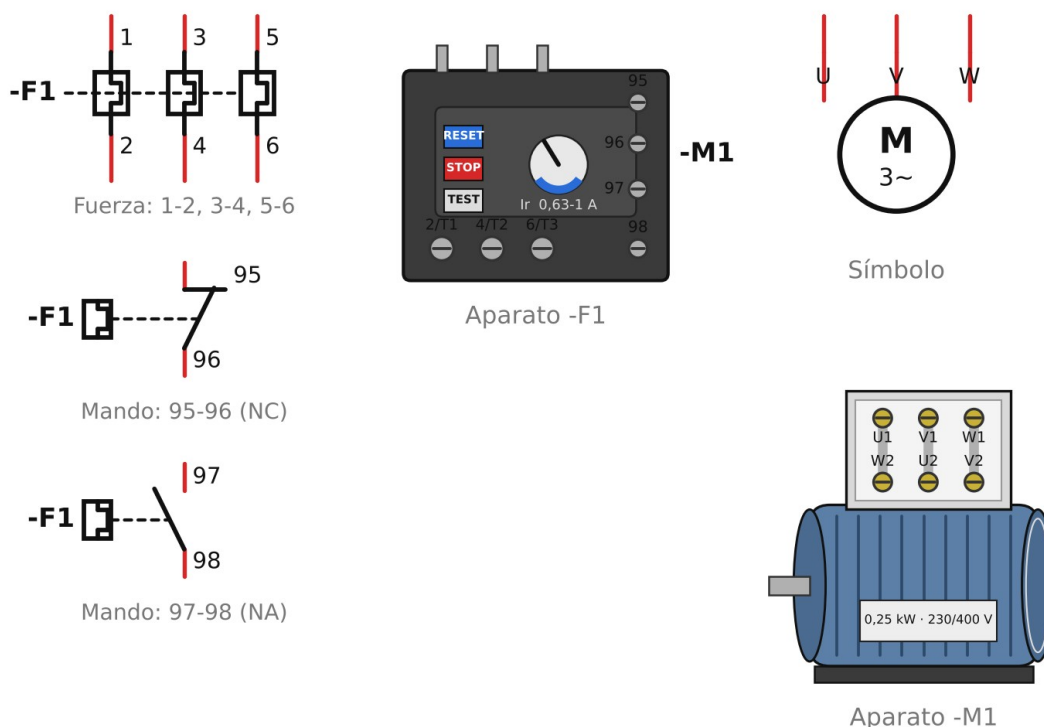


- **-Q1 (magnetotérmico de 3 polos):** entra por 1-3-5 y sale por 2-4-6. Sus tres láminas van unidas por la línea discontinua: si salta, **corta las tres fases a la vez**. Protege el cable y el cuadro contra **cortocircuitos**.
- **-KM1 (contactor):** los tornillos grandes 1/L1 - 3/L2 - 5/L3 (entrada) y 2/T1 - 4/T2 - 6/T3 (salida al motor) son sus **contactos principales**. Son NA: solo se cierran cuando la bobina A1-A2 está activada. Fíjate en el pequeño arco del símbolo: es la marca de "contacto de fuerza".

IDEA CLAVE

La **bobina A1-A2** y el **13-14** están en el mismo aparato que los contactos de fuerza, pero pertenecen al **mando**. Un contactor es un "puente" entre los dos circuitos.

El relé térmico -F1 y el motor -M1



- **-F1 (relé térmico):** por sus tornillos 1-2, 3-4 y 5-6 pasa **toda la corriente del motor**. Si el motor pide más corriente de la cuenta durante un rato (sobrecarga), el térmico "salta" y mueve sus contactos de mando: **95-96 se abre y 97-98 se cierra**. Se rearma con el botón **RESET**.
- **-M1 (motor trifásico):** sus tres tornillos de entrada son **U1, V1, W1** (en los esquemas sencillos, U, V, W). Debajo tiene W2, U2, V2, que se unen con puentes (punto 4.8). En el símbolo, la M y el 3~ quieren decir "motor de corriente alterna trifásica".

EN EL TALLER

El térmico **se enchufa directamente** debajo del contactor: sus tres clavijas entran en los 2/T1 - 4/T2 - 6/T3. Así no hace falta cable entre ellos.

Con la **ruleta Ir** se ajusta la intensidad a la que salta: tiene que ser la que pone la **placa del motor**. Si la pones muy alta, el térmico no protege; si la pones muy baja, salta sin motivo.

El disyuntor (guardamotor): lo que se usa hoy en las fábricas

En los cuadros nuevos de las fábricas casi no verás la pareja magnetotérmico + relé térmico. En su lugar se pone un **disyuntor de motor** (también llamado **guardamotor**): un solo aparato que lleva dentro el **magnético** (contra cortocircuitos) y el **térmico ajustable** (contra sobrecargas), con una ruleta **Ir** para ajustarlo a la intensidad del motor. Se monta antes del contactor y hace el trabajo de -Q1 y de -F1 a la vez.



	Disyuntor (guardamotor)	Magnetotérmico + relé térmico (aula)
Aparatos por motor	1: todo en uno	2: -Q1 y -F1 (más el contactor)
Protección térmica	Ajustable con la ruleta Ir	Ajustable con la ruleta Ir del térmico
Mando	Giratorio O-I; a veces con contactos auxiliares	Palanca del magnetotérmico; 95-96 y 97-98 del térmico
Precio aproximado	Unos 80 €	Unos 8 € el magnetotérmico (más el térmico)

¿POR QUÉ?

En el aula seguimos con **magnetotérmico + relé térmico** porque un disyuntor vale unas **diez veces más** que un magnetotérmico (unos 80 € frente a unos 8 €) y necesitamos muchos paneles. Lo que aprendes con los dos aparatos vale igual para el disyuntor: dentro lleva lo mismo.

¡OJO!

Cuando veas un cuadro con disyuntores, busca **dónde está el térmico**: en el disyuntor, no en un relé aparte. Y fíjate en si lleva un bloque de contactos auxiliares que avisa al mando cuando ha saltado, como hacen el 95-96 y el 97-98 de nuestro térmico.

4.3 Cómo se dibuja el esquema de fuerza

El esquema de fuerza se dibuja con los **mismos criterios** que el de mando, pero con tres hilos en vez de uno. De arriba abajo, siempre en este orden:

Orden	Qué va	Tornillos
1	Las tres fases L1, L2, L3 entran por arriba	—
2	Magnetotérmico -Q1 (3 polos)	entra 1-3-5, sale 2-4-6
3	Contactos principales de -KM1	entra 1-3-5, sale 2-4-6
4	Relé térmico -F1	entra 1-3-5, sale 2-4-6
5	Bornero -X1 : un círculo en cada hilo	1, 2, 3
6	Motor -M1 abajo del todo	U, V, W

- Los tres hilos van **paralelos y rectos**, de arriba abajo, sin cruzarse (salvo en la inversión de giro).
- Cada aparato de tres polos lleva una **línea discontinua** que une sus tres láminas: se mueven a la vez.
- El **nombre** del aparato va a la izquierda, a la altura de la línea discontinua. Los **números** de los tornillos, pegados al símbolo y a la derecha de cada hilo.
- Entre el térmico y el motor va el **bornero -X1**: la regleta del cuadro donde se conecta el cable que sale hacia el motor. Se dibuja como un círculo pequeño en cada hilo, con su número.
- El motor es un **consumo**: va **abajo del todo**, igual que las bobinas y los pilotos en el mando.
- Todo se dibuja **en reposo**: contactos del contactor abiertos, térmico sin saltar.

¡OJO!

Errores que se ven mucho al dibujar la fuerza:

Poner el **térmico antes del contactor**. El orden es -Q1 → -KM1 → -F1 → motor.

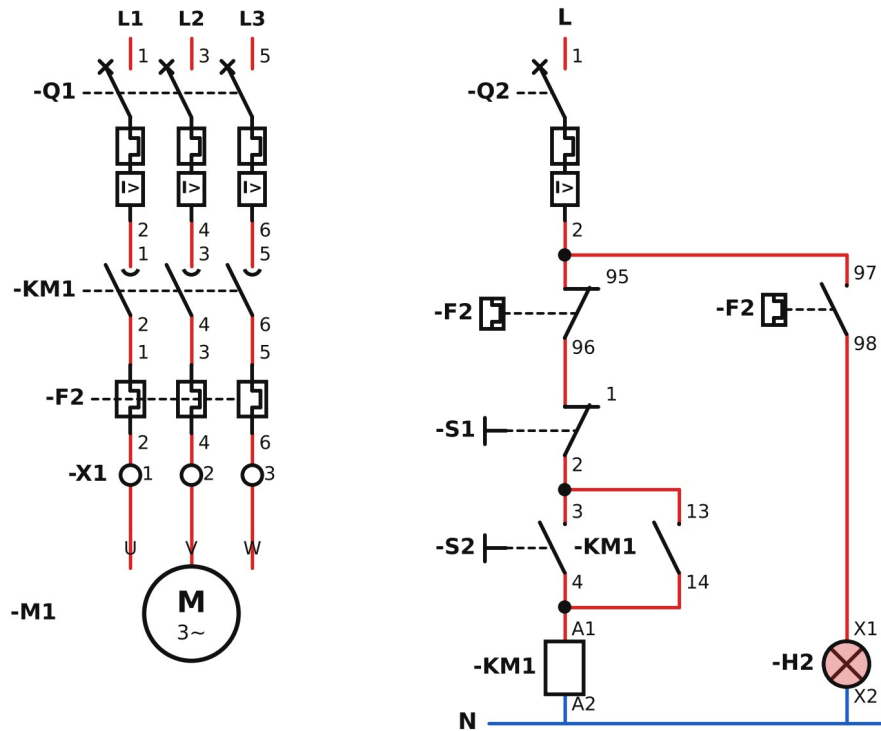
Dibujar **solo un hilo** y escribir "3" al lado. En nuestros esquemas se dibujan los **tres hilos**.

Olvidar los **números** del térmico o del contactor: sin ellos no se puede cablear.

Dibujar las láminas del contactor **cerradas**. En reposo están abiertas.

4.4 El relé térmico: vigila en la fuerza, actúa en el mando

El térmico es el aparato que mejor enseña que fuerza y mando están unidos. Por la fuerza **vigila** la corriente del motor; por el mando **actúa**: abre el 95-96 para que se suelte el contactor y cierra el 97-98 para avisar.



El 95-96 va en serie, antes del paro: si salta el térmico, se suelta -KM1. El 97-98 enciende el piloto rojo de avería -H2.

¿POR QUÉ?

El térmico **no corta la fuerza** él mismo: sus contactos 1-2, 3-4, 5-6 no se abren. Lo que hace es abrir el **95-96**, que quita la corriente a la bobina, y es el **contactor** quien corta el motor. Por eso el 95-96 tiene que estar **en el mando**.

EN EL TALLER

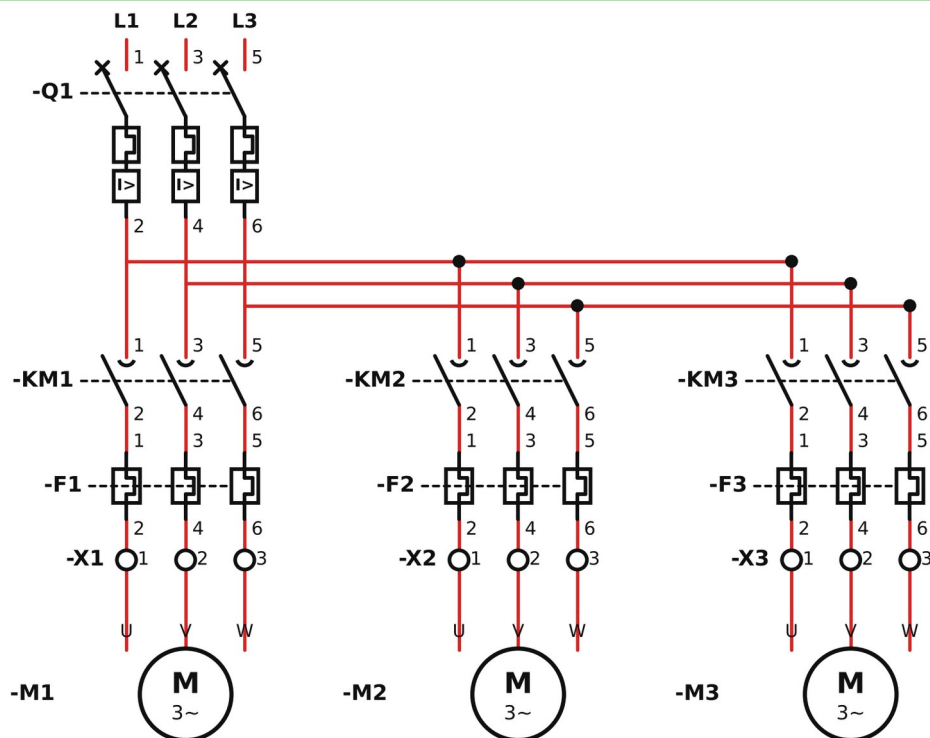
Cuando salta el térmico, el contactor **se suelta solo** y aunque pulses marcha no arranca. Hay que pulsar **RESET** en el térmico (el botón azul) y, después, volver a dar marcha. Antes de rearmar, pregúntate **por qué** ha saltado.

IDEA CLAVE

El **95-96** se coloca en el mando **antes del paro**, en serie con todo. Es como un paro automático: si se abre, se para todo lo que hay después.

4.5 Varios motores desde una misma línea

Cuando hay varios motores, **no** hace falta un magnetotérmico para cada uno: un solo **-Q1** protege la línea, y de sus tornillos 2-4-6 salen tres "barras" de las que cuelgan los motores. Lo que sí necesita **cada motor** es su propio **contactor** (para arrancarlo y pararlo) y su propio **relé térmico** (porque cada motor tiene su intensidad).



Tres motores con un solo -Q1. Cada motor lleva su contactor y su térmico. Los puntos indican dónde se conecta cada motor a las barras.

¡OJO!

Fíjate en los **puntos**: donde el hilo de un motor toca una barra hay punto (conexión). Donde dos hilos solo se cruzan **sin punto**, no están conectados. En este esquema cada hilo cruza las otras dos barras sin tocarlas.

EN EL TALLER

En el cuadro, las "barras" son **regletas** o **peines**: del 2, del 4 y del 6 de -Q1 sale un cable a una regleta, y de la regleta van cables al 1, 3 y 5 de cada contactor. Nunca metas tres cables en un mismo tornillo.

4.6 ¿Qué se para cuando salta un térmico?

Con varios motores hay que **decidir** qué pasa cuando salta el térmico de uno de ellos. Hay dos formas de conectar los 95-96 en el mando, y depende de lo que haga la máquina:

EJEMPLO

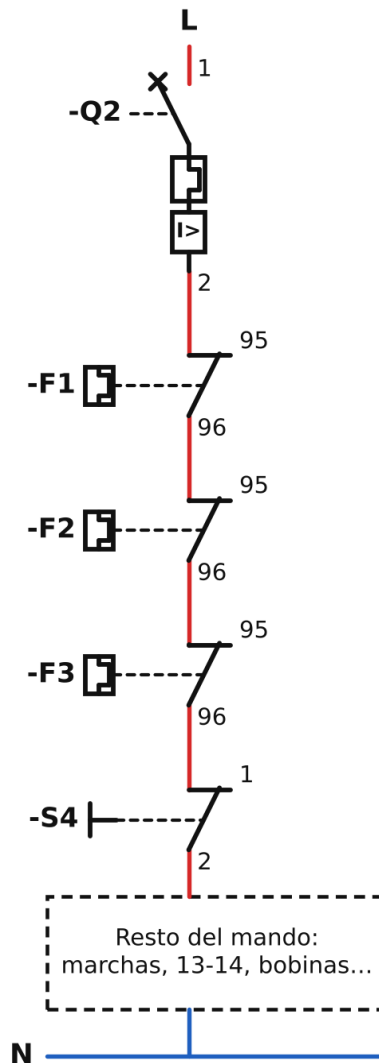
Cinta transportadora con tres motores (uno detrás de otro): si se para el segundo, el primero seguiría echando cajas encima. Hay que parar **todo** → opción A.

Tres bombas de riego independientes: que una se averíe no tiene por qué parar las otras → opción B.

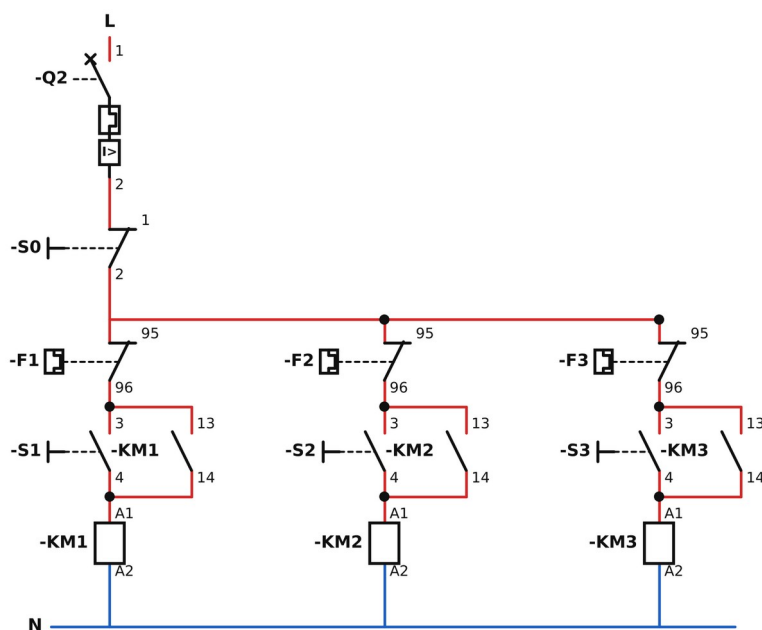
PISTA

En la **Práctica 3** montarás la opción A (3.1), dibujarás la opción B (3.2) y, con relés auxiliares, una mezcla de las dos: que un térmico pare solo su motor, pero que se pare todo si saltan **dos o más** (3.3).

A) Cualquier térmico para TODO. Los tres 95-96 van **en serie**, antes del paro general. Si salta uno, se queda sin corriente todo el mando y se paran todos los motores.

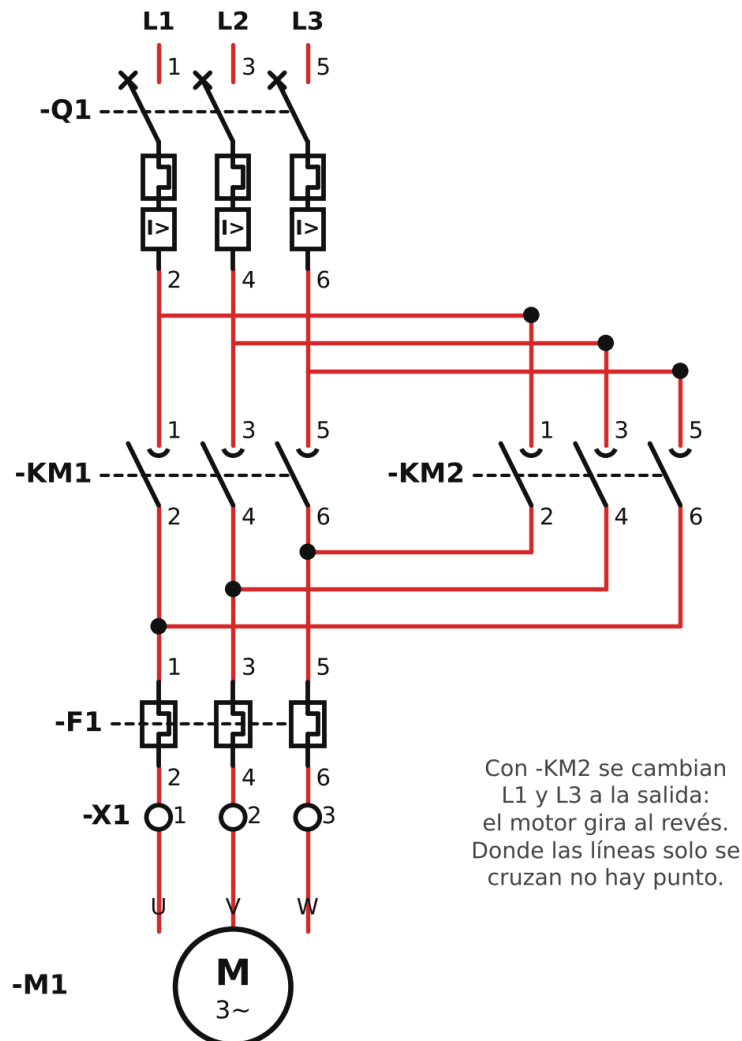


B) Cada térmico para solo SU motor. Cada 95-96 va **en su rama**, antes de las marchas de su contactor. Si salta uno, solo se para ese motor; los otros siguen funcionando.



4.7 Cambio de sentido de giro en la fuerza

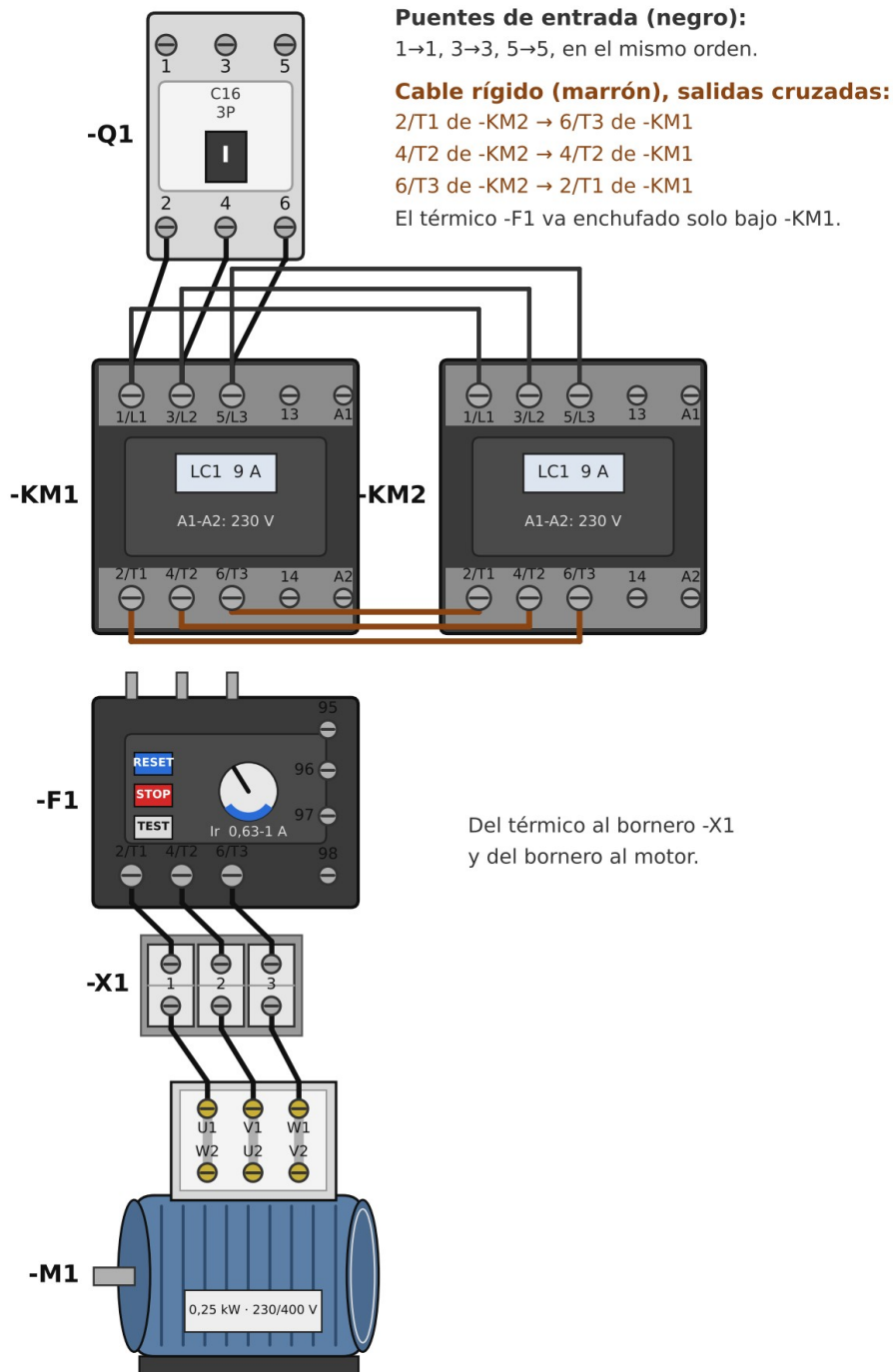
Un motor trifásico gira al revés si se **cambian dos fases cualesquiera** entre sí. En la fuerza eso se hace con **dos contactores**: -KM1 lleva las fases al motor tal cual ($L1 \rightarrow U$, $L2 \rightarrow V$, $L3 \rightarrow W$) y -KM2 las lleva con **L1 y L3 cambiadas** ($L3 \rightarrow U$, $L1 \rightarrow W$). Nunca pueden entrar los dos a la vez: el mando lleva el **enclavamiento** que viste en el Tema 3 (3.6 y 3.10).



Fuerza de la inversión de giro: las entradas de -KM2 son las mismas que las de -KM1; a la salida, -KM2 cruza L1 y L3. Un solo térmico -F1 para los dos sentidos.

Cómo cablearlo de forma ordenada

- Entradas, sin cruzar:** del 2-4-6 de -Q1 al 1-3-5 de -KM1. De ahí, tres **puentes cortos** al 1-3-5 de -KM2 **en el mismo orden** ($1 \rightarrow 1$, $3 \rightarrow 3$, $5 \rightarrow 5$).
- F1 enchufado solo bajo -KM1:** sus clavijas entran en el 2/T1-4/T2-6/T3 de -KM1. Por él pasa la corriente del motor gire hacia donde gire, así que con **un solo térmico** basta.
- Salidas de -KM2, cruzadas, a las salidas de -KM1:** 2/T1 de -KM2 $\rightarrow$ 6/T3 de -KM1; 4/T2 $\rightarrow$ 4/T2; 6/T3 de -KM2 $\rightarrow$ 2/T1 de -KM1. Es el único sitio donde se cruza, y se cruza **una sola vez**.
- Del térmico al bornero y del bornero al motor:** 2/T1-4/T2-6/T3 de -F1 al 1-2-3 de -X1, y de ahí a U1-V1-W1, como siempre.
- Antes de dar tensión: comprueba el **enclavamiento** en el mando y que las entradas de los dos contactores están **en el mismo orden**; si cruzas también las entradas, el motor gira igual en los dos sentidos.



El montaje con los aparatos: puentes de entrada en negro, salidas cruzadas con cable rígido en marrón, y el térmico enchufado solo bajo -KM1.

EN EL TALLER

El problema: los fabricantes venden unas **pletinas** (barras ya cortadas) para unir las salidas de los dos contactores con el cruce hecho. Con el térmico enchufado bajo -KM1, sus clavijas ya ocupan los tornillos 2/T1-4/T2-6/T3, y las pletinas **no entran bien**: quedan torcidas y el tornillo no aprieta.

La solución del aula: hacer esos tres cruces con **cable rígido**, bien doblado, que entra en el tornillo junto a la clavija del térmico y queda apretado. Pela solo lo justo y dóblalo con la forma del recorrido antes de meterlo.

¡OJO!

Si al arrancar en un sentido el motor gira y en el otro **también gira igual**, has cruzado las entradas además de las salidas (o ninguna de las dos). Revisa los puentes 1→1, 3→3, 5→5.

Si los dos contactores entran a la vez, L1 y L3 quedan unidas a través de ellos: **cortocircuito** y salta -Q1. Por eso el enclavamiento no es opcional.

4.8 La placa de bornes del motor

Un motor trifásico tiene **seis tornillos** en su caja de bornes: U1, V1, W1 arriba y W2, U2, V2 abajo. Con unos **puentes** metálicos se elige cómo quedan conectadas sus tres bobinas. De momento solo necesitas saber esto:

EN EL TALLER

En el aula la línea de fuerza es de **230 V trifásica** y todos los motores son de **230/400 V**: se conectan en **triángulo**, con los **tres puentes verticales** (U1-W2, V1-U2, W1-V2), como están en la figura del punto 4.2.

Las fases L1, L2 y L3 entran por **U1, V1 y W1**. No cambies los puentes de un motor sin preguntar: el porqué de las dos conexiones lo veremos en otro tema.

4.9 Resumen

Idea	Qué es	Para qué
Circuito de fuerza	-Q1, contactos principales, térmico y motor, con tres hilos	Llevar la corriente grande al motor
Contactos principales	1-2, 3-4, 5-6 del contactor (tornillos grandes)	Cerrar y abrir la fuerza desde el mando
Relé térmico	1-2, 3-4, 5-6 en fuerza; 95-96 y 97-98 en mando	Proteger el motor de sobrecargas
95-96 en serie	Antes del paro, con todo el mando	Que cualquier térmico pare todo
95-96 en su rama	Antes de las marchas de su contactor	Que cada térmico pare solo su motor
Varios motores	Un -Q1 común; un contactor y un térmico por motor	Arrancar y proteger cada motor por separado
Disyuntor	Magnético + térmico ajustable en un solo aparato (unos 80 €)	Lo que se usa en las fábricas en lugar de -Q1 + -F1
Inversión de giro	-KM2 cruza L1 y L3 a la salida; un solo térmico; cruce con cable rígido	Que el motor gire en los dos sentidos
Placa de bornes	U1-V1-W1 / W2-U2-V2 con puentes	En el aula, motores 230/400 V en triángulo

IDEA CLAVE

Para buscar una avería: primero el **mando** (¿se activa el contactor?), después la **fuerza** (¿llega tensión al motor?) y, si ha saltado el térmico, **pregúntate por qué** antes de pulsar RESET.