

### Caso práctico

En la oficina de Carlos, se encuentran Carlos y Marisol. Ambos repasando los planos del proyecto cuándo el interfono, de los años 80, que le encanta a Carlos; les pega un buen susto. La secretaria anuncia la llegada de Lorenzo y tras las formalidades, cada vez menos ortodoxas tras semanas de trabajo conjunto; se centran en el motivo de la reunión.

- Siento haberte hecho venir aquí, pero me pareció más adecuado el despacho que en el terreno. Con la que está cayendo, no íbamos a poder ver ni los planos ni nada en realidad.- dice Carlos.

- No pasa nada, supongo que aquí podré hacerme una idea de lo que me váis a explicar, responde Lorenzo.

- Espero que más que una idea. Tenemos los planos finales y estamos esperando la aprobación de su supervisión para empezar a ponernos manos a la obra y encargar los pedidos.- comenta Marisol.

- No hace falta ser tan formales, Marisol, confío en vuestro criterio. Pero, son órdenes de arriba.

- Lo entendemos Sin embargo, con el plazo tan ajustado y tanta burocracia ....

- Si, lo sé. Yo no puedo hacer nada. Vamos a ponernos al tema y si puedo mandar la documentación esta tarde, solo quedará esperar el "OK" para mañana por la mañana. Hoy tocan los cuadros eléctricos, que según el presupuesto también supone una partida importante.

- Si, algunos elementos son muy caros y aumenta su precio exponencialmente al aumentar la intensidad que debe soportar el sistema...



**Materiales formativos de FP Online propiedad del Ministerio de Educación y Formación Profesional.**

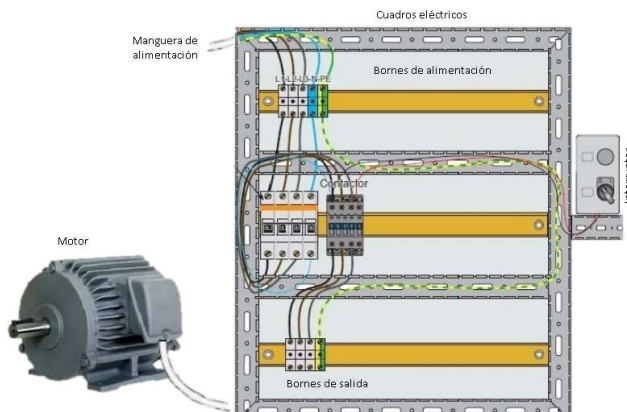
[Aviso Legal](#)

# 1.- Cuadros eléctricos

El **cuadro eléctrico o envoltorio** contiene, de forma ordenada, todos los dispositivos de maniobra (contactores, temporizadores, contactores auxiliares), protección (termomagnéticos, diferenciales, fusibles y relés térmicos) y medida (voltímetro, amperímetro, etc.) de un automatismo eléctrico, así como todos los elementos auxiliares de mando (pilotos de señalización, pulsadores, conmutadores, etc.).

Las funciones de un cuadro eléctrico o envoltorio son las siguientes:

- **Contener** los dispositivos de maniobra, protección y medida.
- **Proteger** a las personas frente a *defectos de aislamiento o contactos indirectos* que se puedan producir en el interior del cuadro eléctrico.
- **Proteger** el contenido frente a la *penetración de cuerpos sólidos y líquidos*, así como a *impactos mecánicos* (choques) sobre el propio cuadro eléctrico. El grado de protección se expresa mediante el *índice de protección IP e IK*.
- **Facilitar** la realización de cualquier modificación o reparación.



Aula eléctrica (CC BY-NC-SA)

## Caso práctico

Sobre la mesa extienden varios planos grandes de tamaños A3 y A2. Lorenzo y Carlos se ubican mejor sobre papel, son de "la vieja escuela". Aunque Carlos es casi un milenial.

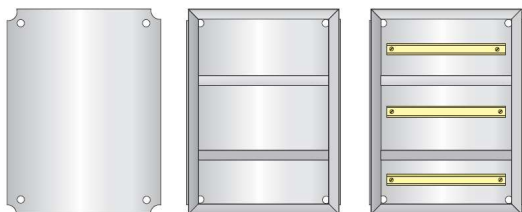
- Como puedes ver, tenemos aquí el plano general de toda central hidroeléctrica. Este otro más grande es de la nave industrial.- explica Carlos.

- Muy bien, estoy viendo la leyenda y hay cuadros en distintos colores, ¿es para diferenciarlos por zonas? - pregunta Lorenzo.

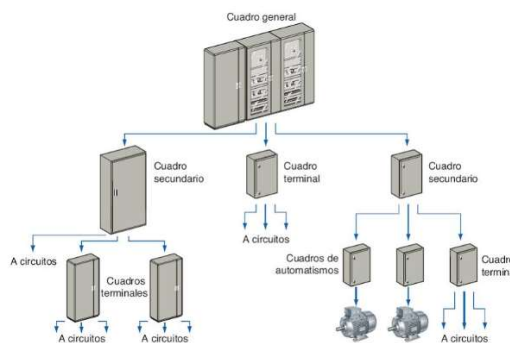
- Si y no, en realidad es para diferenciar el tipo de cuadro a instalar. La verdad es que en la mayoría de los casos, dependiendo de la zona, se utilizará un tipo u otro. Por ejemplo, estos que están aquí, en la parte exterior son especiales para intemperie. Los de interior son en su mayoría primando el aislamiento para el agua, ya que estamos muy cerca del agua y puede haber filtraciones, ... que no debería. La oficina utiliza cuadros estándar y en otras zonas utilizamos cuadros de obra. - responde Marisol.

- Perfecto, lo entiendo. Para mí es más fácil verlo con vosotros delante. Pero veo una gran cantidad de cuadros eléctricos, ¿son todos necesarios

- Claro, claro, ... para cada zona hace falta un cuadro ya que cada uno tiene una función. No sería ni rentable, ni seguro, ni tampoco legal poner un único cuadro que abarque todo lo que necesitamos - interviene Carlos.



Aula eléctrica (CC BY-NC-SA)



Aula eléctrica (CC BY-NC-SA)

## 1.1.- Constitución de un cuadro eléctrico

Las partes básicas de un cuadro eléctrico son las siguientes:

- **Cuadro eléctrico.** Contiene todos los dispositivos de maniobra, protección y medida.
- **Montantes verticales.** Son los elementos del cuadro eléctrico en donde se sujeta, mediante tornillos, el panel perforado o bastidor. Tenemos dos tipos de montantes: en **C** para cofres y en **Z** para armarios.
- **Panel perforado.** también se puede llamar bastidor. En él van montados los perfiles (carril DIN) o elementos que están diseñados para ser colocados sobre el bastidor.
- **Perfiles (carril DIN).** Es donde van colocados los dispositivos de maniobra y protección.
- **Bornes de conexión.** Para conectar con los receptores externos (motores, grupos de lámparas) o con los detectores externos (fotoeléctricos, de proximidad).
- **Canaletas perforadas.** Para llevar los cables de un dispositivo a otro, horizontal y verticalmente.
- **Cables eléctricos.** Interconectan los distintos dispositivos entre sí.
- **Puerta.** Para acceder a los dispositivos del automatismo eléctrico y realizar el mantenimiento del mismo.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)



### Para saber más

El cuadro más sencillo y al que más acostumbrados estamos, es al que recurrimos cada vez que se va la luz en nuestra vivienda. Así que debemos empezar por conocer precisamente con el que más interactuamos antes de proceder con otros cuadros eléctricos de mayor magnitud pero que parten de los mismos principios básicos.

[Descifrando el cuadro eléctrico de tu vivienda](#)

## 1.2.- Elección de un cuadro eléctrico

Los pasos a seguir para la elección de un cuadro eléctrico son los siguientes:

- 1.- Elegir el índice de protección más adecuado en función de la aplicación, utilizando la tabla de IP.
- 2.- Obtener la **superficie útil** necesaria en función de la superficie individual de cada elemento del automatismo eléctrico.
- 3.- Multiplicar el total obtenido por un coeficiente corrector, para tener en cuenta los elementos auxiliares de conexión (canaletas perforadas, bornes de conexión, etc.), de :
  - **2,2** si la superficie es inferior o igual a ( $\leq$ ) **34,2 dm<sup>2</sup>**.
  - **2,5** si la superficie es superior a ( $>$ ) **34,2 dm<sup>2</sup>**.
- 4.- El resultado obtenido es la **superficie total sin reserva** del automatismo eléctrico
- 5.- Reserva:

El armario eléctrico se diseñará con al menos un 20% de reserva en previsión de futuras ampliaciones.

Esta reserva se intentará dejar en cada una de las secciones del cuadro y se evitará la concentración del espacio libre en un solo lugar. Estos espacios no se ocuparán por cables, canales ni otros equipos.

Por lo que tenemos que calcular el **20%** de la **superficie total sin reserva**:

$$\text{Superficie total} = \text{superficie total sin reserva} + 20\%$$

- 6.- Elegir el tipo de cuadro eléctrico en función de la superficie obtenida:

- Si la superficie es inferior a ( $<$ ) 51 dm<sup>2</sup>, se elige un **Cofre**.



[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

- Si la superficie es superior a ( $>$ ) 51 dm<sup>2</sup>, se elige un **Armario**.

### Para saber más

[¿Cómo elegir cuadros eléctricos?](#)

Los cuadros y protecciones eléctricas son la pieza fundamental de toda instalación eléctrica. Sirven para controlar la potencia máxima de consumo en tu hogar o negocio y para proteger la instalación de sobrecargas y cortocircuitos. Por esta razón, Leroy Merlin propone los conceptos básicos que debes tener en cuenta a la hora de elegir.

## 1.2.1.- Cofre

Si el cuadro eléctrico elegido es un **Cofre**, los pasos a seguir son los siguientes:

- Elegir el panel perforado o bastidor para montantes en C en función de la superficie total obtenida. [Tabla 4a.](#)

Paneles para montantes en C		
Altura (mm)	Anchura (mm)	Superficie dm2
300	200	7,4
400	200	9,6
400	300	13,8
600	400	27,4
700	500	38,7
800	600	51

- Elegir las dimensiones del cuadro eléctrico en función de la superficie total ([tabla 7](#)), siendo la superficie del panel perforado ([tabla 4a](#)) y la del cuadro eléctrico **iguales**.

Cofres			
Altura (mm)	Anchura (mm)	Profundidad (mm)	Superficie útil dm2
400	300	200	7,4
500	300	200	9,6
500	400	250	13,8
700	500	250	27,4
800	600	300	38,7
900	700	300	51

### Ejercicio Resuelto

Juan ha recibido el encargo de realizar, en la empresa automatic S.L., el cuadro eléctrico del circuito de maniobra y de protección para uso en el interior de una carpintería. Tendrá que elegir el cuadro eléctrico más adecuado, así como los elementos auxiliares de montaje, formado por los siguientes dispositivos de maniobra y protección:

- 3 contactores de potencia de calibre 12 A.
- 1 temporizador electrónico.
- 6 fusibles tipo D01, clase aM calibre 12 A.
- 1 fusible tipo D01, clase gL calibre 2 A.
- 3 relés térmicos, de clase 20, de 9 a 13 A.
- 1 interruptor magnetotérmico calibre 20 A curva C.
- 1 interruptor diferencial calibre 25 A y sensibilidad 30 mA.

Mostrar retroalimentación

- El índice de protección elegido, según la [tabla 5](#), es de **IP 53** como mínimo.
- La **superficie útil** del automatismo eléctrico se obtiene a partir de las superficies individuales de cada elemento ([tabla 6](#)):

Elemento	Nº	Superficie elemento (dm2)	Superficie total (dm2)
Contactador	3	0,3	0,9
Temporizador electrónico	1	0,15	0,15
Fusibles	7	0,15	1,05

Relés térmicos	2	0,3	0,6
Interruptor Termomagnético	1	0,6	0,6
Interruptor Diferencial	1	0,6	0,6
Superficie útil del automatismo eléctrico			3,9 dm2

Obteniéndose la **superficie útil** necesaria para el circuito de maniobra y protección de **3,9 dm2**:

- Como la superficie obtenida es inferior a **34,2 dm2**, el coeficiente a aplicar es de: **2,2**. Por lo que la **superficie total sin reserva**, incluido los elementos auxiliares de conexión canaleta y bornes de conexión) es de  $3,9 \times 2,2 = 8,58 \text{ dm}^2$
- **Reserva:** Para la previsión del **20%** realizamos la operación de  $8,58 \times 0,2 = 1,71 \text{ dm}^2 = 20\%$ .
- Calculamos la superficie total del cuadro eléctrico, con la **superficie total** sin reserva obtenida más el 20%:

$$8,58 \text{ dm}^2 + 1,71 \text{ dm}^2 (20\%) = 10,29 \text{ dm}^2 < 51 \text{ dm}^2.$$

- Como la superficie obtenida es inferior a **51 dm2**, elegimos un:

#### **Cuadro eléctrico tipo Cofre.**

**Primero se elige el panel para montantes en C (tabla 4a) y luego el cofre (tabla 7).**

- El panel perforado elegido con montantes verticales en C es de 400 x 300 mm (tabla 4a), siendo su superficie útil (13,8 dm2) superior a la obtenida (10,29 dm2).
- Las dimensiones del Cofre elegido son de 500 x 400 x 250 mm (tabla 7), cuya superficie útil (13,8 dm2) es la misma que la del panel perforado.

## 1.2.2.- Armario

Si el cuadro eléctrico elegido es un **Armario**, los pasos a seguir son los siguientes:

- Elegir las dimensiones del cuadro eléctrico en función de la superficie total (**tabla 8**).

Armarios				
Altura (mm)	Anchura (mm)	Profundidad (mm)	Superficie útil dm <sup>2</sup>	Anchura panel perforado en Z
1.200	800	450	68,6	700
1.500	800	450	88,7	700
1.645	760	440	99,76	600
1.645	760	630	99,76	600
2.025	760	440	125,76	600
2.025	760	630	125,76	600

Tabla 8

- Elegir los paneles perforados para montantes en **Z** a asociar (**tabla 4b**), cuya **superficie total** (suma de la superficie de cada panel individualmente) sea inferior a la superficie del armario elegido en la tabla 8. Hay que tener la precaución de *elegir un panel cuya anchura sea inferior a la del Armario*, según lo recomendado en la **tabla 8**.

Paneles para montantes en Z		
Altura (mm)	Anchura (mm)	Superficie dm <sup>2</sup>
360	600	20,6
660	600	37,8
960	600	54,9
360	700	24,2
660	700	44,4
960	700	64,5

Tabla 4b

### Ejercicio Resuelto

Juan ha recibido el encargo de realizar, en la empresa autoelec S.L., el cuadro eléctrico del circuito de maniobra y de protección para uso interior en una fábrica de ladrillos.

Tendrá que elegir el cuadro eléctrico más adecuado, así como los elementos auxiliares de montaje, formado por los siguientes dispositivos de maniobra y protección.

- 10 Contactores 25 A.
- 5 Contactores 45 A.
- 8 Contactores auxiliares.
- 5 Temporizadores electrónicos.
- 15 Fusibles.
- 10 Relés térmicos.
- 8 Interruptores Termomagnéticos.
- 6 Interruptores Diferenciales.
- 1 Protector sobretensión permanente.
- 1 Protector sobretensión transitoria.
- 2 Fuentes de alimentación.
- 1 Automata programable.

Mostrar retroalimentación

- El índice de protección elegido, según la tabla 5, es de IP 55 como mínimo.
- La superficie útil del automatismo eléctrico se obtiene a partir de las superficies individuales de cada elemento (tabla 6):

Elemento	Nº	Superficie elemento (dm2)	Superficie total (dm2)
Contactador 25 A	10	0,5	5
Contactador 45 A	5	1,2	6
Contactador auxiliar	8	0,6	4,8
Temporizador electrónico	5	0,15	0,75
Fusibles	15	0,15	2,25
Relés térmicos	10	0,3	3
Interruptor Termomagnético	8	0,6	4,8
Interruptor Diferencial	6	0,6	3,6
Protector sobretensión permanente	1	0,6	0,6
Protector sobretensión transitoria	1	0,6	0,6
Fuente de alimentación	2	1	2
Autómata programable	1	2,5	2,5
Superficie útil del automatismo eléctrico			35,9 dm2

Obteniéndose la superficie útil necesaria para el circuito de maniobra y protección de 35,9 dm2.

- La superficie obtenida es superior a 34,2 dm2,  $35,9 \text{ dm}^2 > 34,2 \text{ dm}^2$  por lo que el coeficiente a aplicar es de: 2,5.

Con lo que la superficie total sin reserva, incluido los elementos auxiliares de conexión canaleta y bornes de conexión) es de:  $35,9 \times 2,5 = 89,75 \text{ dm}^2$ .

- Reserva: Para la previsión del 20% realizamos la operación de  $89,75 \times 0,2 = 17,95 \text{ dm}^2 = 20\%$ .
- Calculamos la superficie total del cuadro eléctrico, con la superficie total sin reserva obtenida, más el 20%:

$$89,75 \text{ dm}^2 + 17,95 \text{ dm}^2 (20\%) = 107,7 \text{ dm}^2 > 51 \text{ dm}^2.$$

- Como la superficie obtenida es superior a 51 dm2, elegiremos un:

#### Cuadro eléctrico tipo Armario

Primero se elige el armario (tabla 8) y luego el panel para montantes en Z según la anchura del armario (tabla 4b).

- Elegimos en la tabla 8 la superficie del armario que tiene que ser mayor o igual que la superficie total del panel perforado: elegimos el armario de 125,76 dm2.

$$125,76 \text{ dm}^2 > 107,7 \text{ dm}^2 (\text{superficie total}) > 99,76 \text{ dm}^2 (\text{armario de superficie inferior}).$$

2.025 mm de altura x 760 mm de anchura x 440 mm profundidad.

**Anchura del panel perforado = 600 mm.**

- Ahora elegiremos los paneles perforados para montantes en Z a asociar:

Como en la tabla 8 para el armario elegido nos indica que:

**La anchura del panel perforado tiene que ser de 600 mm.**

Tenemos que conseguir una superficie mínima de **107,7 dm2**. Con una anchura de panel perforado de 600 mm.

Consultaremos la (tabla 4b):

Elegiremos 2 paneles para montantes en Z de 54,9 dm2 de superficie y de:

**960 mm de altura x 600 mm de anchura:**



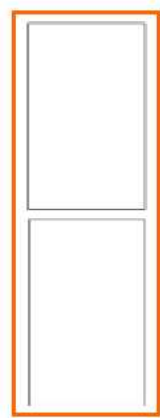


Licencia: [CC BY-NC-SA](#)

Sumamos la superficie de los 2 paneles:

**$54,9 \text{ dm}^2 + 54,9 \text{ dm}^2 = 109,8 \text{ dm}^2$**  (superficie elegida en panel perforado)  **$> 107,7 \text{ dm}^2$**  (superficie calculada)  **$< 125,76 \text{ dm}^2$**  (superficie del armario normalizada).

**En el armario quedarían colocados los paneles perforados uno encima del otro (yuxtapuestos).**



Licencia: [CC BY-NC-SA](#)

Altura panel perforado 1.920 mm.

Altura del armario 2.025 mm.

Anchura panel perforado 600 mm.

Anchura armario 760 mm.

Superficie del panel perforado 109,8 dm<sup>2</sup>.

Superficie del armario 125,76 dm<sup>2</sup>.

## 1.2.3.- Tablas necesarias para la resolución de ejercicios

Elemento de un automatismo eléctrico	Superficie útil dm2	Índice de protección (IP)	Aplicación		
Contactor tetrapolar hasta 12 A	0,3	IP 21	Salas de máquinas, bibliotecas, locales públicos.		
Contactor tetrapolar de 25 a 32 A	0,5	IP 31	Tratamiento de metales, aceites, tintes, cámaras frigoríficas		
Relé térmico	0,3	IP 53	Carpintería, industria, plásticos, panaderías		
Contactor auxiliar	0,6	IP 55	Fábricas de pólvora, de ladrillos		
Relé de mando	0,6	IP 65	Todos los anteriores para uso exterior (intemperie)		
Temporizador electrónico	0,15	<b>Paneles para montantes en C (cofres)</b>			
Temporizador neumático y contactor auxiliar	0,6				
1 Fusible	0,15	<b>Altura (mm)</b>	<b>Anchura (mm)</b>	<b>Superficie dm2</b>	
Interruptor termomagnético	0,6	300	200	7,4	
Interruptor diferencial	0,6	400	200	9,6	
Protector sobretensión permanente	0,6	400	300	13,8	
Protector sobretensión transitoria	0,6	600	400	27,4	
Fuente de alimentación	1	700	500	38,7	
Autómata programable	2,5	800	600	51	
<b>Paneles para montantes en Z (armarios)</b>					
<b>Altura (mm)</b>					
<b>Anchura (mm)</b>					
<b>Superficie dm2</b>					
360					
660					
960					
360					
660					
960					

Cofres				Armarios				
Altura (mm)	Anchura (mm)	Profundidad (mm)	Superficie útil dm2	Altura (mm)	Anchura (mm)	Profundidad (mm)	Superficie útil dm2	Anchura panel perforado en Z
400	300	200	7,4	1.200	800	450	68,6	700
500	300	200	9,6	1.500	800	450	88,7	700
500	400	250	13,8	1.645	760	440	99,76	600
700	500	250	27,4	1.645	760	630	99,76	600
800	600	300	38,7	2.025	760	440	125,76	600
900	700	300	51	2.025	760	630	125,76	600

## 1.3.- Índices de protección

Un grado de protección es el nivel de protección proporcionado por una envoltura contra el acceso a las partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua o contra impactos mecánicos exteriores, y además se especifica mediante métodos de ensayos normalizados.

Existen dos tipos de grados de protección y cada uno de ellos, tiene un sistema de codificación diferente, el Código IP y el Código IK. Los dos primeros epígrafes anteriores estarían contemplados en el código IP y el último en el código IK.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Cada uno de estos códigos se encuentran descritos en una norma dónde se indica además la forma de realizar los ensayos siendo éstas las siguientes:

**Código IP: UNE 20324**

**Código IK: UNE-EN 50102**

Por tanto, una envoltura quedará identificada de la siguiente forma:



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

### Debes conocer

Se os proponen dos NTP o guías de buenas prácticas para tener en cuenta cómo se definen los grados de protección de las envolturas de los [materiales eléctricos](#) y [aparatos eléctricos](#).

## 1.3.1.- Índice de protección IK

---

El código IK se designa con un número graduado del 0 al 10 indicando el grado de protección que posee la envolvente contra impactos mecánicos que puedan deteriorar los materiales y/o equipos en su interior.

IK	Energía en Julios
00	Sin protección
01	0,15
02	0,2
03	0,35
04	0,5
05	0,7
06	1
07	2
08	5
09	10
10	20

### Debes conocer

Página web propuesta y de consulta para una explicación más redactada de los conceptos clave a entender sobre los índices de protección y los diferentes tipos de clases de aislamientos de los aparatos eléctricos. Por ejemplo, los requerimientos de aislamiento para un pequeño electrodoméstico y una televisión.

[Grados de Protección IP, IK y Clase Eléctrica](#)

## 1.3.2.- Índice de protección IP

El código IP se compone de dos cifras, la primera cifra indica el grado de protección que ofrece la envolvente contra el acceso de cuerpos extraños y la segunda cifra indica el grado de protección de los equipos en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales del agua.

IP 1ª cifra	Protección contra la entrada de objetos sólidos
0	Sin protección
1	Protegida contra objetos sólidos de más de 50 mm
2	Protegida contra objetos sólidos de más de 12mm
3	Protegida contra objetos sólidos de más de 2,5 mm
4	Protegida contra objetos sólidos de más de 1 mm
5	Protegida contra la penetración de polvo
6	Totalmente estanco al polvo

IP 2ª cifra	Protección contra la entrada de líquidos
0	Sin protección
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protegida contra la caída de agua hasta 15° de la vertical
3	Protegida contra la caída de agua hasta 60° de la vertical
4	Protegida contra las proyecciones de agua en todas direcciones
5	Protegida contra el lanzamiento de agua en todas direcciones
6	Protegida contra el lanzamiento de agua similar a golpes de mar
7	Protegida contra inmersión
8	Protegida contra los efectos prolongados de inmersión

### Ejercicios Índice de protección (IP)

1.- Elegir el índice de protección (IP) más adecuado para un cuadro eléctrico que tiene que estar totalmente protegido contra el polvo y soportar el lanzamiento de agua en todas las direcciones.

**El IP elegido es IP 65, que suele ser llamado estanco.**

2.- Elegir el índice de protección (IP) más adecuado para un cuadro eléctrico que tiene que estar instalado en una carpintería.

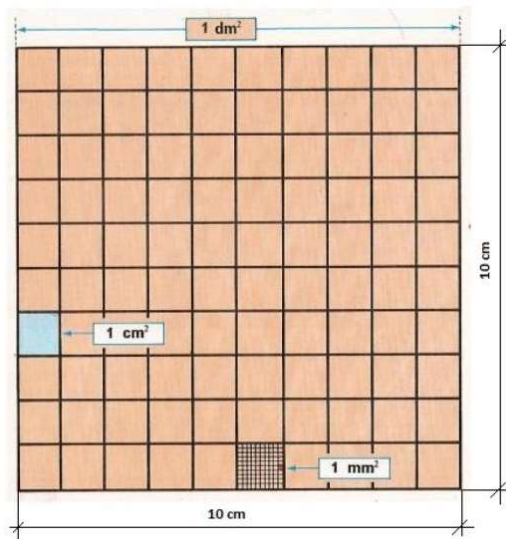
3.- Elegir el índice de protección (IP) más adecuado para un cuadro eléctrico que tiene que estar instalado en una fábrica de ladrillos.

4.- Elegir el índice de protección (IP) más adecuado para un cuadro eléctrico que tiene que estar instalado en una sala de máquinas.

5.- Elegir el índice de protección (IP) más adecuado para un cuadro eléctrico que tiene que estar instalado en una cámara frigorífica.

6.- Elegir el índice de protección (IP) más adecuado para un cuadro eléctrico que tiene que estar instalado a la interperie.

7.- Elegir el índice de protección (IP) más adecuado para un cuadro eléctrico que tiene que estar instalado en una biblioteca.



Licencia: [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Para saber más

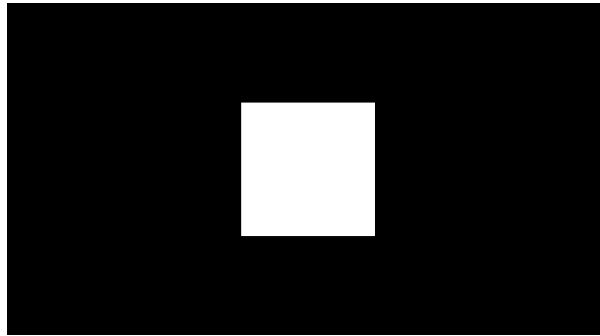
Tablas de referencia de Índices de protección IP para descargar:

[Índices de protección IP](#)

## 1.4.- Montaje de un cuadro eléctrico

---

Video bastante completo sobre el montaje de un cuadro eléctrico y las diferentes dimensiones a tener en cuenta.



00:00

16:20

*Montaje de un cuadro eléctrico*

## 2.- Elementos de protección eléctrica

### Caso práctico

Tras repasar más detenidamente los planos, Lorenzo empieza a revisar los particulares de cada cuadro y se percató de que son muy distintos unos de otros, pero que hay menos de los que se contabilizan en el presupuesto.

- No entiendo muy bien una cosa, tengo aquí varios planos de los cuadros, pero hay bastantes menos que los que aparecen en el presupuesto ¿faltan planos? -pregunta Lorenzo.

- No, si te fijas bien, algunos planos de los cuadros eléctricos hacen referencia a varios números. Eso quiere decir que varios cuadros son exactamente iguales. Lo hemos decidido así para facilitar la instalación y reducir costes, porque ya sabes que cuando más se pide de una misma cosa, mejor es el precio. - Explica Carlos.

- Lo que me habías comentado antes del precio exponencial, ¿a qué te referías?

- En general los cuadros eléctricos son todos iguales. Necesitan cumplir con la normativa y contar con unos magnetotérmicos y diferenciales específicos para cada circuito, para cada actividad. Si la actividad es común, como las luces, que consumen poco, pues los materiales convencionales son suficientes para una adecuada protección. En cambio, cuando nos vamos alejando de esas funciones comunes, y metemos motores, de mayor potencia y más necesidad de intensidad, hay que utilizar unos materiales mejores y por ende más caros. Además se fabrican menos, por lo que son un producto más exclusivo y evidentemente de mayor coste.- Expone Marisol.

- Ya veo, así es por ello que los cuadros que más se suelen repetir son los más baratos, sobre todo en el caso de la nave industrial y las oficinas.

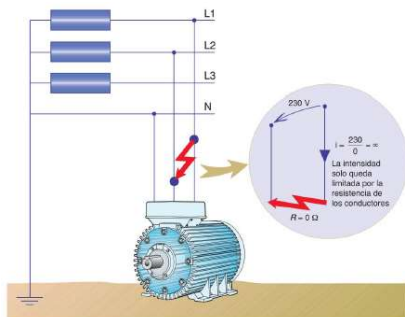
### Sistemas de protección eléctrica.

Los sistemas de protección eléctrica están constituidos por todos los medios destinados a proteger de los riesgos eléctricos a las personas y a los equipos de una instalación, así como de evitar las consecuencias que se derivan de los mismos como por ejemplo caídas, electrocución, incendios, explosiones, ...

Atendiendo a su naturaleza, podemos realizar la siguiente clasificación de los riesgos eléctricos:

Protección	Riesgos	Eléctricos
<b>Interruptor Diferencial</b>	Profesionales (choque eléctrico) Contra personas y animales domésticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contacto directo</li> <li>▪ Contacto indirecto</li> </ul>
<b>Interruptor automático termo-magnético Protector sobretensiones</b>	Materiales contra equipos eléctricos	<p>Sobreintensidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sobrecarga</li> <li>▪ Cortocircuito</li> <li>▪ Por descargas eléctricas atmosféricas</li> </ul> <p>Sobretensión</p>

▪



Aula eléctrica (CC BY-NC-SA)

### Sobreintensidad

La sobreintensidad se define como la intensidad que puede circular a través de una línea, y cuyo valor no es capaz de soportar. Las sobreintensidades que pueden circular por los conductores pueden ser debidas a tres factores:

- **Sobrecargas:** debidas al gran consumo de uno o varios aparatos conectados a la línea, o a algún defecto en los aislamientos. Por ejemplo, si tenemos una línea protegida por un dispositivo de 20 A que alimenta a dos receptores cuyo consumo es de 10 A cada uno; ambos no suponen inicialmente una sobrecarga a la línea general que los alimenta, pero si conectase un nuevo receptor de las mismas características, dicha línea se vería sometida a una intensidad de 30 A que haría saltar su protección, en caso contrario correría el riesgo de "quemarse".
- **Cortocircuitos:** ocurre cuando dos partes activas entran en conexión a través de una resistencia prácticamente nula, lo que hace que circule una alta intensidad en la línea. Recordando la expresión  $I=V/R$ , observamos que cuando la resistencia es muy baja, la intensidad se hace muy alta.

- **Por descargas eléctricas atmosféricas:** la tensión elevada que provoca un rayo o un defecto en una línea trifásica pueden llegar a producir intensidades muy elevadas.

### Protección contra Sobreintensidades

Los medios empleados son dispositivos de corte capaces de detectar dicha sobreintensidad y efectuar el corte de forma automática en un tiempo adecuado, el cual dependerá del valor de dicha sobreintensidad.

El tiempo de actuación es importante, ya que no es lo mismo un cortocircuito que una sobrecarga, debido a que en los cortocircuitos las intensidades son muy elevadas (los dispositivos de protección deben actuar en un tiempo lo suficientemente corto); sin embargo, en una



sobrecarga las intensidades son mucho menores con lo cual dichos elementos de protección son más lentos. los dispositivos de corte más utilizados como medida de protección son los interruptores automáticos y los fusibles, que estudiaremos a continuación con más detenimiento.

## Para saber más

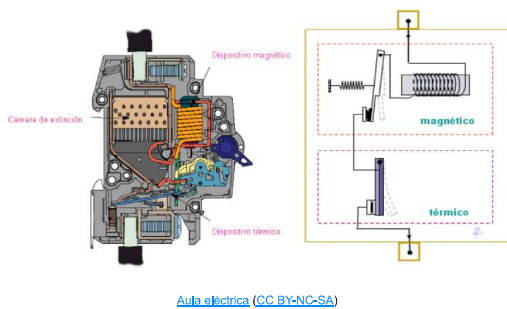
Este vídeo se ha realizado pensando especialmente en estudiantes de electricidad de cualquier nivel educativo, solo pretende acercar al estudiante a los conocimientos imprescindibles para llevar a cabo los montajes eléctricos más básicos y de uso frecuente. Los contenidos se exponen de forma sencilla y siguiendo un orden de aprendizaje lógico. Partimos del cuadro general de mando y protección y a partir de él se desarrollan todas las prácticas. Este vídeo es el primero de una colección. La colección de Montaje de Instalaciones Eléctricas consta de 4 títulos el primer título es el de Instalaciones Básicas.

<https://www.youtube.com/embed/F8CiAGhS2S4>

*Montaje de las protecciones*

## 2.1.- Interruptores Magnetotérmicos

Los interruptores automáticos son dispositivos, al igual que los fusibles, cuya misión es la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos, provocando la apertura del circuito cuando se produce una sobreintensidad.



Aula eléctrica (CC BY-NC-SA)

### Partes que componen un interruptor automático

Estos dispositivos basan su funcionamiento en dos partes:

- **Corte magnético:** producido por un electroimán por el cual circula la corriente del circuito a proteger. Cuando la corriente sobrepasa el límite de intervención fijado, el electroimán genera una fuerza, que mediante un dispositivo mecánico realiza la apertura de los contactos. El nivel de intervención del corte magnético de los interruptores automáticos, depende de las características del mismo y suele disparar cuando la corriente que lo atraviesa está comprendida entre 3 y 20 veces la intensidad nominal o calibre del automático, siendo su tiempo de intervención extremadamente rápido, del orden de unas milésimas de segundo, lo cual le hace muy seguro por su alta velocidad de reacción en la apertura del circuito, siendo esta parte la destinada a la protección frente a cortocircuitos, evento en el cual se produce un elevado y rápido aumento de intensidad.
- **Corte térmico:** Este otro tipo de corte se realiza al hacer pasar la intensidad de la línea a proteger a través de una lámina bimetálica calibrada según las características del dispositivo. De este modo esta lámina se calienta por el paso de la corriente, lo que provoca una deformación de la misma produciendo la apertura del circuito. Esta parte sería la encargada de realizar la protección contra sobrecargas, como por ejemplo aquellas en las que el consumo va aumentado a medida que se van conectando aparatos a línea.

En definitiva, ambos dispositivos internos se complementan: el magnético para la protección frente a cortocircuitos, y el térmico para sobrecargas. Los interruptores automáticos se comercializan de 4 tipos: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares.



Aula eléctrica (CC BY-NC-SA)

### Para saber más

Videotutorial que resume ¿qué son los interruptores automáticos magnetotérmicos?, ¿para qué se utilizan?, ¿cómo funcionan y cómo se ajustan?

<https://www.youtube.com/embed/yKLGIOdbKm0>

Interruptores automáticos magnetotérmicos

## 2.1.1.- Características y curvas de disparo

Las características de los interruptores automáticos son las siguientes:

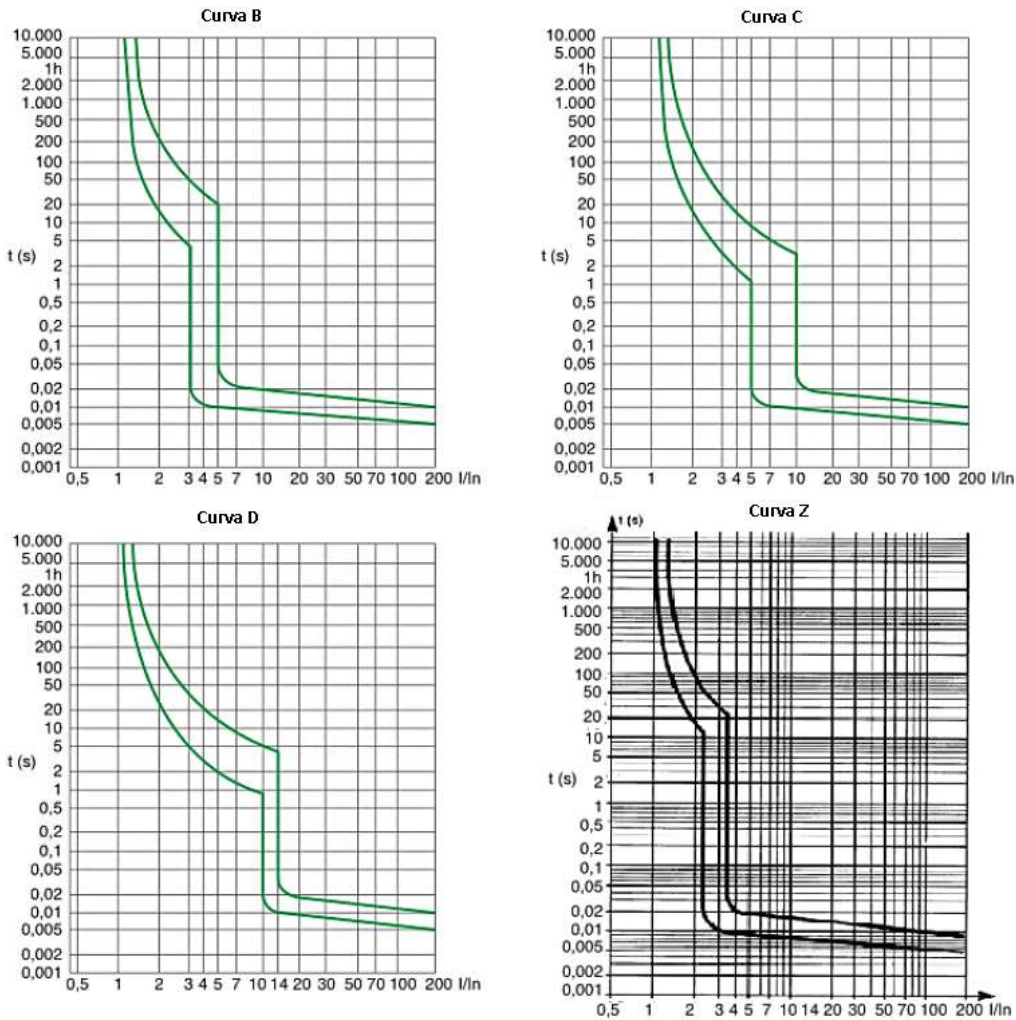
- **Intensidad nominal o calibre:** se define como la intensidad máxima que el interruptor automático es capaz de soportar sin que produzca la apertura del circuito. Sobrepasado este valor el dispositivo cortará el circuito en un tiempo determinado. Los calibres normalizados son los siguientes:

6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A

- **Poder de corte:** indica la intensidad máxima que es capaz de cortar el interruptor automático, expresada en kA. A diferencia de los fusibles, cuya ventaja principal es precisamente su elevado poder de corte, los interruptores automáticos poseen un poder de corte muy inferior a los otros, siendo éstos del orden de 4,5 kA, 6 kA, 10 kA y 20 kA. Debido a esto, todas las instalaciones interiores de baja tensión antes de conectarse a la línea de distribución deben disponer de un fusible, el cual realizará el corte de la línea para intensidades de cortocircuito elevadas producidas en la instalación interior.
- **Curvas:** determinan los tiempos de corte en función de la intensidad que circula por el dispositivo. A diferencia de los fusibles, no expresan la intensidad que puede circular a través de él, sino la intensidad que circula en función del calibre automático expresado como  $I/I_n$ .



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Estas curvas son ofrecidas por el fabricante para una serie de dispositivos de las mismas características independientemente del calibre, es decir, si por ejemplo para un automático de curva C representada previamente circulase una intensidad de 20 A por un automático de 10 A, esto supone 2 veces su  $I_n$  (20/10) y cortaría la corriente en un tiempo como mínimo de 10 segundos; ahora bien, si el automático fuese de 20 A en lugar de 10 A, esto supone una vez la  $I_n$  del dispositivo y, como podemos apreciar en la curva, no llegaría a cortar nunca.

El interruptor automático se elige no sólo por su calibre, sino por el tipo de receptor o instalación a proteger. Para ello se elige dependiendo de la curva de disparo que se compone de dos partes: una correspondiente al disparo térmico y otra correspondiente al disparo magnético, siendo las curvas y aplicaciones de la siguiente tabla:

Tipo de	Corriente	Calibre	$\geq I_n$	Aplicaciones
---------	-----------	---------	------------	--------------

curva de disparo	de magnético			
B	3 a 5 x I <sub>n</sub>			Protección de generadores y grandes longitudes de líneas y circuitos resistivos
C	5 a 10 x I <sub>n</sub>	1A, 2A, 3A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A,	25A, 32A, 40A, 50A, 63A, 80A, 100A, 125A,	Protección de cables alimentando receptores clásicos y protección general
D	10 a 20 x I <sub>n</sub>			Protección de líneas de receptores con fuerte puntas de arranque, motores y transformadores
Z	2 a 3 x I <sub>n</sub>			Circuitos electrónicos

## Para saber más



[Schneider \(CC BY-NC-SA\)](#)

Para calibres superiores a 125 A, los interruptores automáticos no son adaptables a carril DIN, sino que presentan una carcasa-soporte de material aislante que es parte integrante del interruptor automático, denominándose "interruptores automáticos compactos o de caja moldeada", siendo una de sus principales características su alto poder de corte.

## 2.1.2.- Elección de un Interruptor Automático magneto-térmico o termo-magnético

Para la elección de un interruptor automático se realizan los siguientes pasos:

- 1.- Elegir el tipo de curva de disparo\* más adecuada, según la aplicación que necesitemos para la instalación y la sobreintensidad admisible en el arranque
- 2.- Elegir el calibre, cuyo valor sea igual a la Inominal, y si no puede ser, pues el calibre inmediatamente superior.

### Ejercicio Resuelto

Elegir el interruptor automático más adecuado para proteger un receptor trifásico, que consume 10 A = I nominal y en su arranque se produce una sobreintensidad admisible de 12 veces esa corriente. **12 x In**

- 1.- La curva de disparo a elegir será la D, por ser la corriente de magnético (20x10=200 A) superior a la sobreintensidad admisible (12x10=120 A) en el arranque, y no actuaría el interruptor automático. Las demás curvas no se pueden elegir por ser inferior la corriente de magnético, a la corriente nominal, y actuaría la protección.
- 2.- El calibre a elegir es d 10 A, por ser igual a la corriente de servicio o Inominal.

$$I_{\text{NOMINAL DEL CIRCUITO}} < I_{\text{DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN}} < I_{\text{MÁXIMA ADMISIBLE DEL CONDUCTOR}}$$

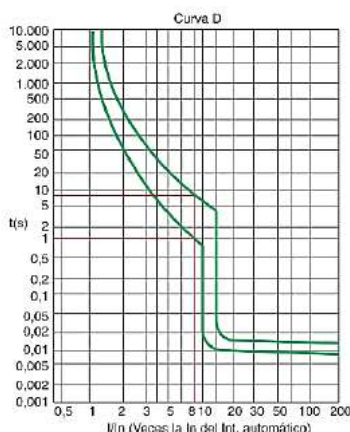
### Ejercicio Resuelto

En un cuadro de distribución se debe instalar un interruptor automático tripolar para la protección de una línea que alimenta a un motor de un molino de 25 CV, 400V, cos (phi)=0,73, el cual, además de ser fuertemente inductivo, posee una elevada intensidad de arranque (unas 11 veces su intensidad nominal) durante un periodo de tiempo de unos 500 ms.

Calcular el calibre y curva de disparo del interruptor automático. In= 45,47 A.

Según la tabla 1 de la ITC-BT 19 la sección del conductor debe ser de 16 mm<sup>2</sup> cuya Imax es de 59 A. Im = 59 A.

Mostrar retroalimentación



Para establecer el interruptor automático de protección, en primer lugar, determinamos el calibre, valor que obtenemos mediante la expresión:  $I_s < I_m \leq I_{m\text{áx}}$ .

Siendo por tanto:  $45,47 < 50 \leq 59$  A

Es decir, se utilizará un interruptor automático de 50 A.

El siguiente paso es determinar la curva de disparo, siendo la más adecuada una curva D al ser un receptor fuertemente inductivo, ya que como podemos observar, el motor ofrece un factor de potencia relativamente bajo (0,73) y una elevada punta de arranque (11 veces su IN), siendo la intensidad de arranque del motor de:

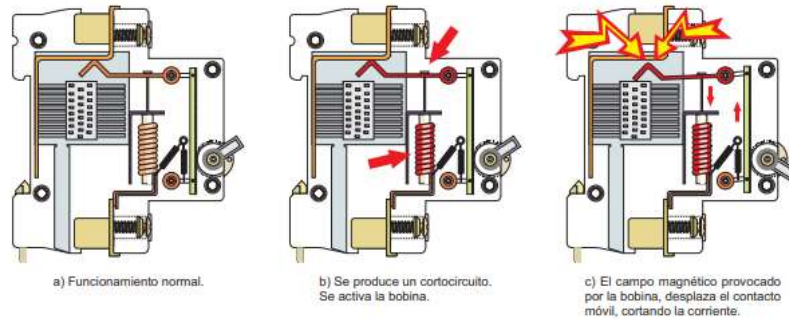
$$I_{\text{arranque}} = 11 \cdot \left( \frac{25 \cdot 736}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,73} \right) = 400 \text{ A}$$

Este valor supone  $400/50 = 8$  veces la In del interruptor automático de 50 A.

En el **catálogo del fabricante la curva ofrecida es la de la figura**, donde se puede observar que el interruptor automático para sobreintensidades, de 8 veces su intensidad nominal, no disparará como mínimo hasta transcurrido 1 segundo, tiempo más que suficiente (mayor de 500 ms) para que el motor pueda arrancar sin que actúe el dispositivo de protección.

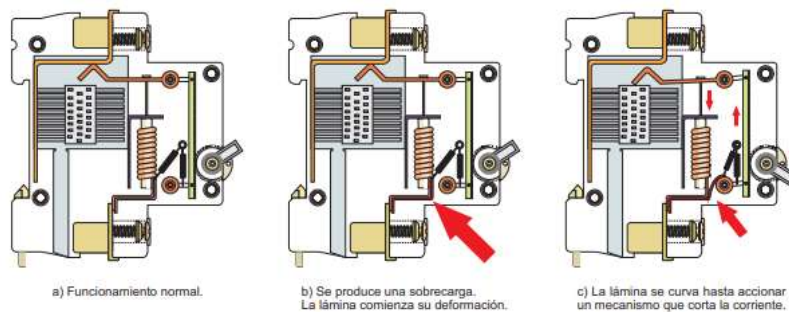
## 2.1.3.- Descripción interna de los efectos que produce un cortocircuito y una sobrecarga

### Protección contra cortocircuitos



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

### Protección contra sobrecargas



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

## Reflexiona

Incendio provocado por un cortocircuito al utilizar un ladrón para enchufar demasiados requerimientos eléctricos y sin un marcado CE. Reflexionar sobre las consecuencias y el por qué es tan importante prevenirlo.

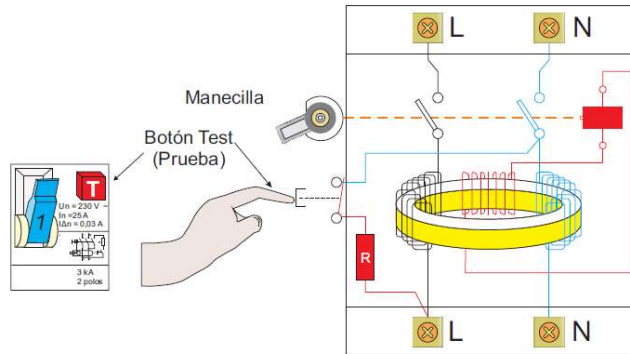
<https://www.youtube.com/embed/NitCdH9Br2c>

INSST Incendio

## 2.2.- Interruptores diferenciales

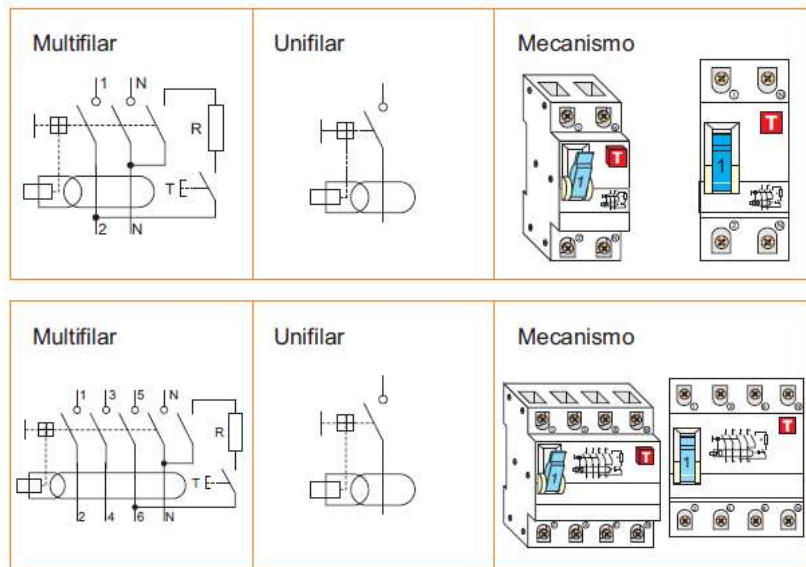
Es un dispositivo cuya misión es:

- **La protección de las personas contra contactos directos e indirectos:** de forma que cuando una persona entra en contacto de forma directa con las partes activas de la instalación (conductor, borne de conexión, ...), o de forma indirecta (entrando en contacto con una parte metálica de un aparato en derivación), el diferencial es capaz de detectar la corriente que puede circular a través de las personas. De esta forma realiza el corte de la línea en un tiempo lo suficientemente rápido como para evitar los riesgos que pueden derivarse del paso de la corriente a través del cuerpo humano. También dispone de un botón test o prueba para comprobar su perfecto estado de funcionamiento.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

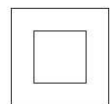
- **La protección de la instalación:** contra defectos de aislamiento.
- **Protección contra riesgos de incendio:** debidos a una corriente de defecto a tierra persistente que no provoque la actuación del dispositivo de protección contra sobrecorriente, es decir fusibles o interruptores automáticos.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

### Para saber más

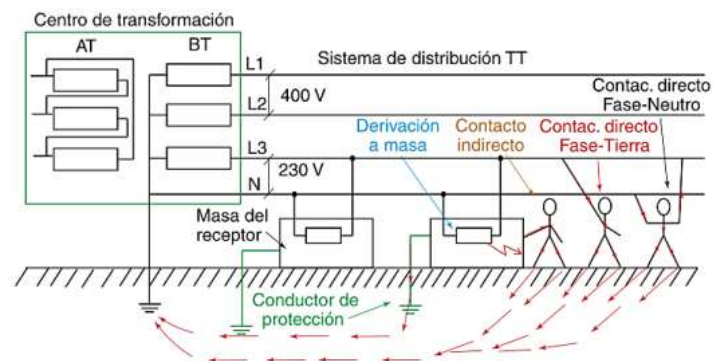
Como bien hemos estudiado antes, la normativa regula una serie de clases para englobar los diferentes aparatos eléctricos y su nivel de aislamiento requerido. Los más importantes los encontramos definidos por el símbolo adjunto que indica un doble aislamiento o aislamiento reforzado (material clase II), como podemos ver en el cargador de un ordenador portátil que mantiene aislada una fuente de alimentación.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

## 2.2.1.- Contacto directo e indirecto

Las redes de distribución pública, propiedad de las empresas suministradoras de energía eléctrica, emplean un sistema de conexiones para distribuir la baja tensión denominado sistema TT. Este sistema consiste en la puesta a tierra del neutro del centro de transformación y, también, la puesta a tierra de todas las masas. Esto garantiza la derivación a tierra de las corrientes de defecto que puedan aparecer en la instalación, y su detección por un dispositivo de corte, que generalmente será el diferencial.



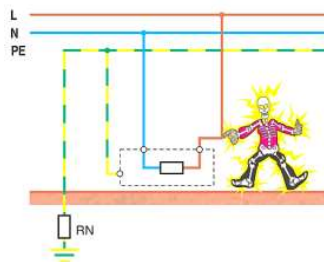
[Wikipedia \(CC0\)](#)

### Contacto directo

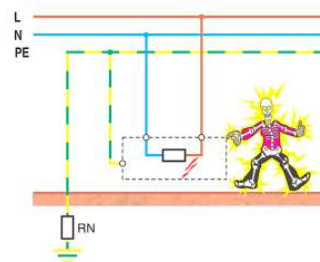
Se produce cuando una persona toca accidentalmente una parte en tensión de la instalación que no esté conectada a un electrodo de tierra. En esta situación, la persona se convierte en parte del circuito eléctrico a través de la resistencia del cuerpo y de la resistencia a tierra.

### Contacto indirecto

Se produce cuando una persona toca una pieza metálica de la carga, estando dicha pieza puesta a tierra, y accidentalmente hace contacto con un conductor eléctrico debido a una pérdida del aislamiento.



[Wikipedia \(CC0\)](#)



[Wikipedia \(CC0\)](#)

Las medidas de protección contra contactos directos según la ITC-BT-24 son las siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas
- Protección por medio de barreras o envolventes
- Protección por medio de obstáculos
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Las cuatro primeras (denominadas pasivas) están dirigidas a evitar el contacto directo, mientras que la quinta se basa en el corte automático del diferencial una vez que se ha producido el contacto, por tanto está destinada a complementar a las anteriores.

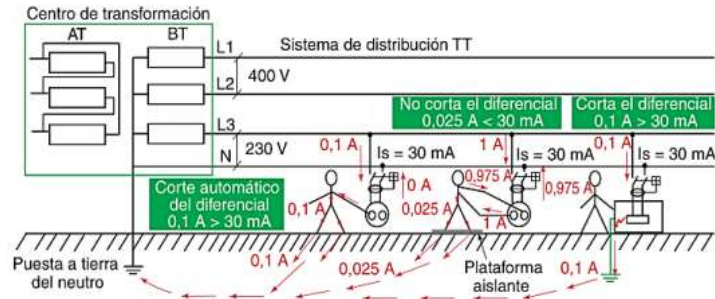
El diferencial basa su funcionamiento en la desconexión del circuito cuando la diferencia entre la corriente entrante y saliente de sus bornes supera su intensidad diferencial o sensibilidad. En el croquis de la figura siguiente observamos como la imprudencia de un usuario puede anular las medidas pasivas, quedando solamente protegido por la actuación del diferencial. Igualmente en dicha figura se observa el caso en que el diferencial no actúa, ya que la corriente de contacto es menor que la sensibilidad del diferencial.

Las medidas de protección contra contactos indirectos, según la ITC-BT 24 son:



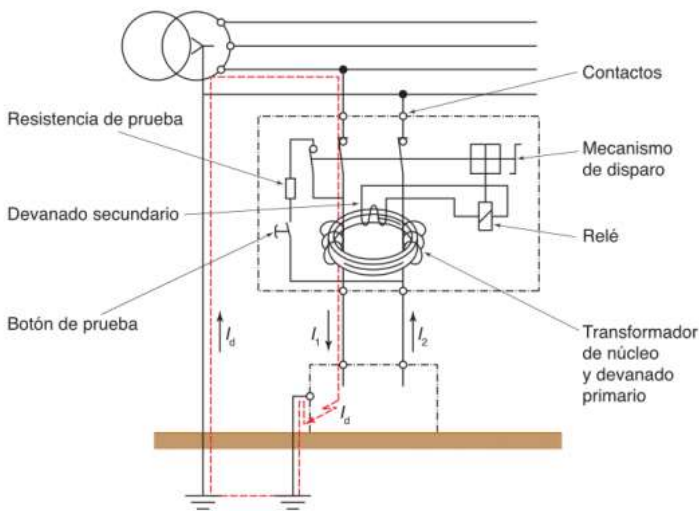
- Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente.
- Protección en los locales o emplazamientos no conductores.
- Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra.
- Protección por separación eléctrica.
- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual (diferencial).

Al igual que las medidas de protección contra contactos directos, las cuatro primeras son denominadas pasivas y están dirigidas a evitar las intensidades a tierra, mientras que la quinta se basa en el corte automático de la instalación una vez que el diferencial ha detectado una corriente a tierra, impidiendo que aparezca una tensión de contacto peligrosa.



## 2.2.2.- Funcionamiento y tipos de interruptores diferenciales

La protección consiste en hacer pasar los conductores de la línea a través de un núcleo magnético toroidal en el cual se encuentra arrollada una bobina. Cuando se cierra el circuito a través de una carga, toda la corriente retorna a través del neutro, de forma que se obtienen intensidades iguales pero de sentido contrario, anulándose los efectos de estas corrientes. Ahora bien, si existe un defecto a tierra, supongamos que por el contacto de una persona, la intensidad es igual o superior a un valor denominado sensibilidad, se induce una tensión lo suficientemente alta como para provocar una fuerza que haga abrir los contactos del diferencial produciendo la apertura del circuito.



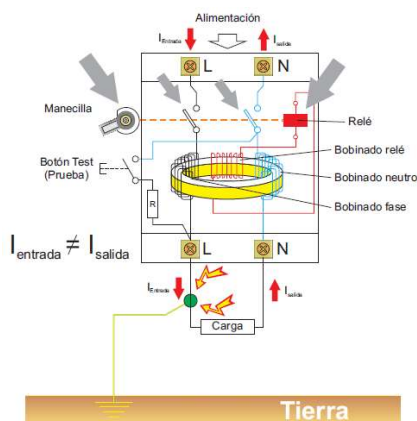
[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Tipos de interruptores diferenciales		
Tipo	Funcionamiento	
<b>AC</b>	Tipo AC, sólo para corrientes alternas.	Est: dife tod: corr
<b>A</b>	Tipo A, para corrientes pulsatorias y/o alternas con componentes de CC.	C
<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo B, para corrientes pulsatorias y/o alternas con componentes de CC y fallo constante de la corriente.</li> </ul>	A a: má si del C
<b>A SUPERINMUNIZADO (si)(Hpi)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interruptor diferencial superinmunizado: es un dispositivo diferencial del tipo A mejorado.</li> </ul>	Circ de Circ Equi Apo Mot Frig: Apo Caji Esta Circ Cpue los dr: por: • L • L • L • L • L • L • L
Según el tiempo de disparo		
<b>G (INSTANTÁNEOS)</b>	Se desconectan al instante	
<b>S (SELECTIVOS)</b>	Son dispositivos retardados a la desconexión. Se utilizan para garantizar la selectividad en un circuito que necesita disponer de dispositivos de sensibilidad en serie, el instalado en último es de clase S saltará más tarde. (40 ms).	

[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

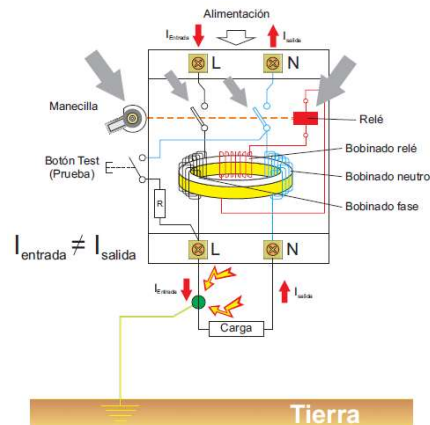
Detalle del funcionamiento de un interruptor diferencial

Interruptor diferencial sin actuar.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Interruptor diferencial con disparo activo.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

## Debes conocer

Lo que debes saber sobre el interruptor diferencial, resumen sobre lo expuesto previamente.

<https://www.youtube.com/embed/D8MXthS6Od8>

*Interruptor diferencial*

## Para saber más

Una de las medidas y ensayos que se realizan en las [instalaciones eléctricas de baja tensión](#) para determinar su correcto funcionamiento es la verificación de disparo del interruptor diferencial y la medición del tiempo de disparo del interruptor por corriente diferencial.

[¿Qué pasa si no tengo diferencial en casa?](#)

## 2.3.- Fusibles

Los fusibles son unos dispositivos de protección frente a sobrecargas. Aplicados a los circuitos de motores, complementan la protección de los térmicos proporcionando protección contra los cortocircuitos. A partir de la máxima intensidad previsible por sobrecarga (motor con tensión y rotor bloqueado), las intensidades de valor superior las podemos considerar originadas por cortocircuitos.

El cortocircuito más frecuente es el producido por un contacto directo entre dos fases, que puede tener su origen en las bornas del motor o en cualquier punto de su circuito de alimentación. Ante las elevadas corrientes que se originan, corren un gran riesgo todos los elementos que son atravesados por ellas (cables, contactores, relé térmico, ...). El cortocircuito entre tres fases suele originarse en los conductores por un seccionamiento accidental o por la acción del fuego.

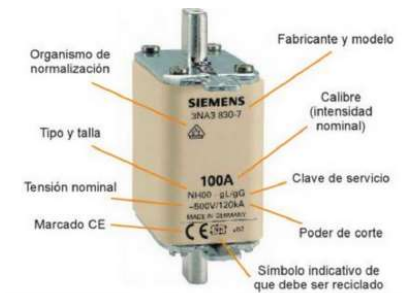
**Los fusibles se instalan en la cabecera de la instalación y su función es la de proteger los circuitos y receptores contra corrientes muy elevadas y de cortocircuito, que pueden resultar muy perjudiciales para los elementos comprendidos entre el cortocircuito y el fusible.**

### Características de los fusibles

- Tensión nominal asignada (250, 400, 500, 600 V)
- Corriente nominal asignada (corresponde al calibre del fusible)
- Poder de corte (corriente de corte en kA)
- Corriente de fusión (valor de la corriente que provoca la fusión del fusible)
- Clase de fusible (dependerá del tipo de circuito)

En este sentido, determinados tipos de fusibles cuentan con un elemento percutor, que consiste en un dispositivo indicador de que el fusible se ha fundido. Se esta manera se facilitan enormemente las tareas de mantenimiento y resolución de averías, especialmente en instalaciones de grandes dimensiones.

La instalación de los fusibles en los circuitos eléctricos se realiza mediante bases portafusibles cuya forma y método de apertura dependerá de cada tipo de fusible.



[Wikigadía \(CC0\)](#)

## Para saber más

Os adjunto una página web dónde detallan los tipos de fusibles constituidos por diferentes materiales que nos podemos encontrar en nuestro trabajo diario.

[Tipos de fusibles](#)

## 2.3.1.- Clasificación de los fusibles

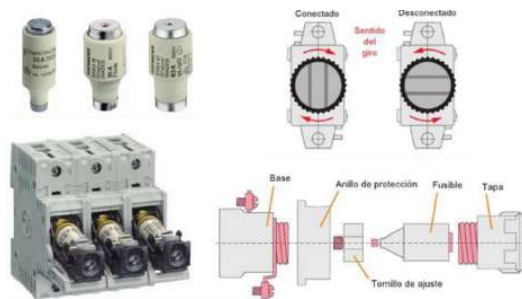
Según su topología:

- **Fusibles cilíndricos:** son fusibles que generalmente tienen un pequeño tamaño, de forma cilíndrica y con una intensidad nominal diseñada para proteger desde circuitos de maniobra o de muy poca potencia hasta circuitos de potencia media. El calibre de los fusibles cilíndricos puede variar entre 0,5 y 125 A y su poder de corte oscila desde 10 hasta 100 kA.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

- **Fusibles de rosca:** son fusibles de tamaño medio con una intensidad nominal diseñada para proteger circuitos de potencia baja e intermedia. El calibre de los fusibles cilíndricos puede variar entre 2 y 100 A y su poder de corte desde 60 hasta 100 kA. Existen básicamente dos modelos de fusibles de rosca, los denominados DIAZED y NEOZED.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

- **Fusibles de cuchilla:** también conocidos como fusibles NH, son dispositivos de gran tamaño con una intensidad nominal diseñada para proteger circuitos de alta potencia, generalmente entre 50 y 1.250 A. Su poder de corte suele ser de 120 kA.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

En cuanto a la clase de servicio los fusibles vienen designados mediante dos letras; la primera nos indica la función que va a desempeñar y la segunda el objeto a proteger:

1ª letra	g	Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir todas las corrientes desde su intensidad asignada ( $I_n$ ) hasta su poder de corte asignado. Cortan intensidades de sobrecarga y cortocircuito.
1ª letra	a	Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir todas las corrientes comprendidas entre el valor mínimo indicado en sus características tiempo-corriente y su poder de corte asignado. Cortan solo intensidades de cortocircuito.
2ª letra	G	Fusibles para protección de circuitos de uso general
	L	Fusibles para la protección específica de líneas (semejante al G)
	M	Fusibles para la protección de motores
	R	Fusibles de actuación rápida o ultra-rápida para protección de circuitos con semiconductores de potencia
	Tr	Fusibles para la protección de transformadores

# Debes conocer

## Control y monitoreo de fusibles

En instalaciones de automatismos muy avanzadas, además, resulta posible monitorizar el estado de un grupo de fusibles mediante un dispositivo denominado vigilador o controlador de fusibles.



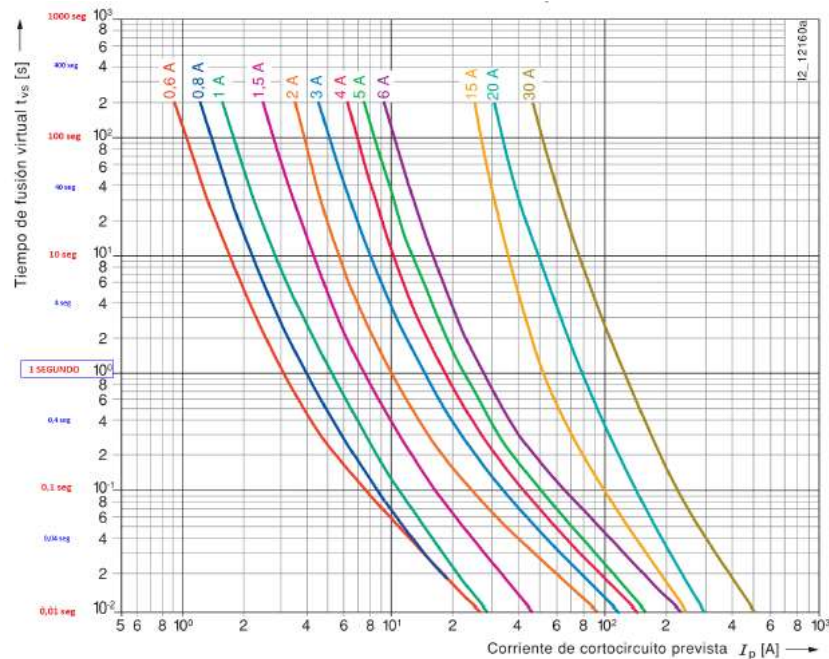
[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

## Para saber más

Aquí os dejo la representación o simbología de los diferentes tipos de fusibles necesarios para interpretar los esquemas eléctricos.

Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
	Fusible. Símbolo general.		
	Fusible basculante que queda unido al circuito por su parte inferior (negro)		En un circuito monofásico. Fusible en la fase.
	Fusible de acción lenta		En red trifásica. Fusible en las tres fases
	Portafusibles		En red trifásica con neutro y conductor de protección
	Portafusibles con fusible		
	Fusibles con percutor		Seccionador tripolar con fusibles
	Seccionador con fusible incorporado		Interruptor tripolar con fusibles
	Fusible de acción rápida		

## 2.3.2.- Curva característica intensidad/ tiempo



Si la intensidad de cortocircuito es de 1A, se observa en la gráfica que la curva que representa al fusible de 1A (verde) no se corta nunca con la vertical correspondiente a corriente de cortocircuito 1A ( $10^0$  A), es decir, el tiempo es infinito. Lo que indica que el fusible no se funde nunca, lo cual es lógico, ya que se trata del valor de intensidad nominal. Para valores inferiores a este tampoco se fundiría nunca, permitiendo el funcionamiento normal de la instalación.

Si la intensidad de cortocircuito es de 8A, buscando la intersección entre la curva correspondiente y la vertical trazada por una corriente de cortocircuito de 8A se cortan en un punto. Mirando el valor de ese punto en el eje de tiempos se tiene un valor de aproximadamente  $3 \cdot 10^{-1}$  segundos, es decir, 0,3 segundos tardará el fusible en fundirse.

### Prestaciones en condiciones de cortocircuito

*Poder asignado de cierre de un aparato de maniobra* es la intensidad, asignada por el fabricante, a la que dicho aparato puede cerrarse correctamente en las condiciones de cierre especificadas.

*Poder nominal asignado de corte de un aparato de maniobra* es la intensidad, asignada por el fabricante, a la que dicho aparato puede abrirse sin sufrir daños en las condiciones de corte especificadas.

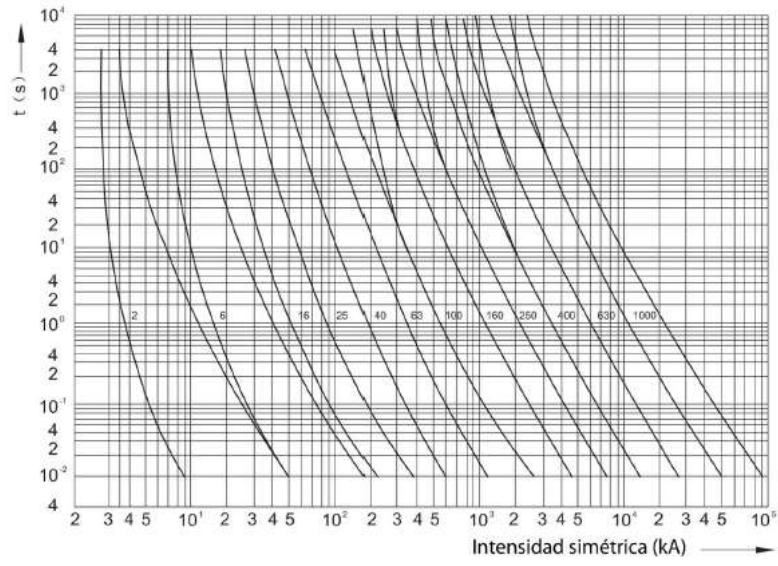
## Ejercicio Resuelto

¿Cuánto tiempo tarda en fundir el fusible siguiente a la intensidad indicada?

Se representa sobre papel de escala logarítmica y se obtiene la información de la siguiente manera:

Se selecciona un fusible tipo gG de una  $I_n = 10$ A y queremos saber cuánto tiempo tardara en fundir con una corriente  $I = 20$ A debemos buscar en el eje de abscisas la corriente  $I = 20$ A y con una línea perpendicular a este eje buscamos la curva del fusible de  $I_n = 10$ . Posteriormente se traza una línea hasta el eje de ordenadas dónde obtenemos el tiempo de prearco.

Mostrar retroalimentación





## 2.3.3.- Seccionador fusible

Un seccionador es un componente electromecánico que permite separar de manera mecánica un circuito eléctrico de su alimentación garantizando visiblemente una distancia satisfactoria de aislamiento eléctrico. El objetivo puede ser, por ejemplo, asegurar la seguridad de las personas que trabajen sobre la parte aislada del circuito eléctrico o bien eliminar una parte averiada para poder continuar el funcionamiento con el resto del circuito.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Un seccionador, a diferencia de un disyuntor o de un interruptor, no tiene mecanismo de supresión del arco eléctrico y por tanto carece de poder de corte. Es imperativo detener el funcionamiento del circuito con anterioridad para evitar una apertura en carga. En caso contrario, se pueden producir daños severos en el seccionador debidos al arco eléctrico.

**No se pueden desconectar en carga.**

### Reflexiona

En esta ocasión, la sección de Notas Prácticas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, trata el tema de la [seguridad en máquinas](#) frente a los riesgos mecánicos y a los peligros asociados a la maquinaria (eléctricos, térmicos, de ruido, de explosión...), que son coincidentes en distintas actividades. Se propone una actividad para reflexionar sobre las consecuencias de interactuar indebidamente con los diferentes elementos.

### 3.- Elementos de protección, mando y señalización

#### Caso práctico

Una vez que ya habían terminado de revisar los planos esquemáticos, y Lorenzo se predisponía a marcharse, Carlos lo detiene.

- Alto ahí campeón que aún nos queda un poco más
- ... bien, vale, me había hecho ilusiones.

Carlos saca un conjunto de fotografías y planos de detalle de algunos elementos, se los entrega a Marisol y esta los agrupa y presenta sobre la mesa.

- Esto es rápido. Algunos de los cuadros son los tradicionales, los cuáles están completamente cerrados y listo. Pero en la mayoría de los casos, hay que troquelar para incluir los elementos adicionales que requiere cada sistema. En los más importantes, hay una señalización de emergencia, avería o parada y en el caso de máquinas, además; hay a parte de los sistemas de telecontrol, un sistema que avisa de los problemas por correo electrónico y sms, según la urgencia. Entonces, a parte de la señalización, también tenemos los de control; que son para activar manualmente alguna maquinaria o la propia central hidroeléctrica. Ya ves, que hay simples de varias posiciones o palancas de seguridad muy bien aisladas.

- Si, está bastante claro en los planos. Claro ... una vez que sabes que es cada cosa, pero están a simple vista ¿puede pasar cualquiera y activarlos? -observa Lorenzo.

- Ahí te doy la razón, pero para ello están los planes de formación del personal que trabaja allí. Por supuesto, también contamos con los sistemas de protección mecánica, como candados, para evitar que se manipulen por accidente los elementos más críticos.

- Perfecto entonces, después de tres horas sin parar, creo que ya me puedo ir a preparar el informe.

- Mucho me temo que no. - comenta Carlos tristemente con una medio sonrisa.

Ante la manipulación de un cuadro eléctrico hay una serie de normas recogidas como:

- Los trabajos serán efectuados por personal cualificado y que haya sido encargado de este cometido, absteniéndose el resto del personal en manipular en el cuadro.
- Los trabajos de mantenimiento y reparación que deben realizarse serán programados con antelación si las circunstancias lo permiten.
- Se elaborará un plan de actuación ordenando el proceso paso a paso. Para ello se estudiarán los esquemas (que deben estar situados en lugar adecuado y próximos al cuadro), localizando las zonas a manipular y los riesgos que pudieran existir.

... que limitan los procedimientos de actuación pero también se disponen de medidas pasivas para evitar un mayor riesgo. Estas medidas o elementos son los recogidos como elementos de protección, mando y señalización.

**Protección,** por ejemplo con el empleo de llaves que limiten el acceso a estos cuadros eléctricos



Editex (CC BY-NC-SA)

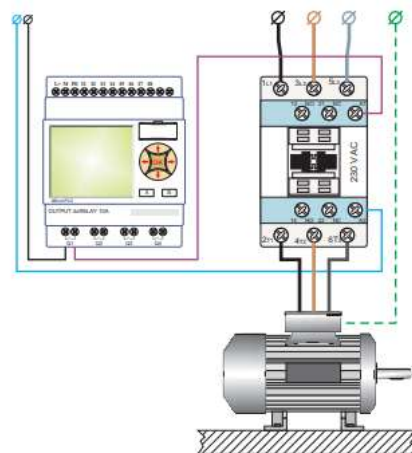
#### Lámparas de señalización

Estos elementos se añaden a los cuadros eléctricos para indicar al usuario el funcionamiento de determinados sistemas. En función del color de la lámpara, esta nos indica el comportamiento del sistema.

Color	Significado	Explicación	Acción por el operador
Rojo	Emergencia	Condición de peligro	Acción inmediata
Naranja	Anomalia	Condición de anomalia	Restablecer la función causa de la anomalia
Azul	Obligatorio	Requiere la obligación del operador	Acción obligatoria
Verde	Normal	Condiciones normales	No se requiere acción. Opcional
Blanco	Neutro	Otras condiciones diferentes a las anteriores	Monitorizar, controlar

Aula eléctrica (CC BY-NC-SA)

**Mando,** sistemas de control propuestos como Scada o PLCs para automatizar procesos junto a pantallas táctiles para controlar, interrumpir o detener estas actuaciones.



Aula eléctrica (CC BY-NC-SA)

**Debes conocer**

Os presentamos el procedimiento para la mecanización de un cuadro para automatismos industriales, con todos los procedimientos de punzonado, taladrado, aserrado y fijación de perfil DIN, canaletas y la fijación de botoneras, seta de emergencia, pilotos de señalización, finales de carrera, bornas de conexión, protecciones eléctricas, contactores, temporizadores y relés térmicos. Como podeis observar, se trata de un video muy completo e instructivo desde un ámbito práctico que es realmente a lo que va direccionado el contenido de este tema.

[https://www.youtube.com/embed/z\\_JdfwzClx8](https://www.youtube.com/embed/z_JdfwzClx8)

*Procedimiento para la mecanización de un cuadro para automatismos industriales*

## 4.- Elementos de cableado y conexión

### Caso práctico

Lorenzo se vuelve a sentar con resignación y espera otra larga explicación de sus compañeros. Carlos se vuelve para coger algo de otra estantería y deja caer pesadamente un libro exageradamente grande sobre la mesa, dando la sensación de que han dejado lo más denso para el final. Con mirada apesadumbrada, Lorenzo lee la portada y se anima al ver que es un catálogo de cables.

- Todo este libro es para explicar....- comienza Marisol.

- Espera, espera, espera, que eso me lo sé. -dice Lorenzo.- No hace falta que me expliquéis que hay distintos tipos de cables, dependiendo de su uso. Principalmente es el aislamiento el que cambia, depende de la función o lo que tenga que resistir el cable; pondremos de un aislamiento u otro. El material, principalmente es de cobre, salvo en el caso de grandes tensiones que se utiliza el de aluminio y también tenemos distintos colores para identificar las fases. Si es continua, alterna, para saber si son elementos de maniobra, cables de tierra, elementos de seguridad o de sistemas de protección de incendios. Además, tenemos distintas secciones dependiendo de la potencia a transportar y la caída de tensión máxima admisible, si utilizamos unipolares o multipolares y todas esas cosas ¿no? - termina ilusionado Lorenzo.

- Muy bien, me sorprende; creo que ya sabes de lo que íbamos a hablar.- aprecia Marisol.

- Sí, es que fui comercial de cables unos años. Algo se me ha quedado. ¿Entonces nos podemos ir ya?- pregunta esperanzado Lorenzo, con cara de no haber roto nunca un plato.

Se miran Carlos y Marisol, con cara de preocupación, esperando y cuando cambia la cara ilusionada de Lorenzo por una más seria, dice Carlos.

- Claro que sí, hombre. Te invito a un café y un pincho, nos lo hemos ganado.

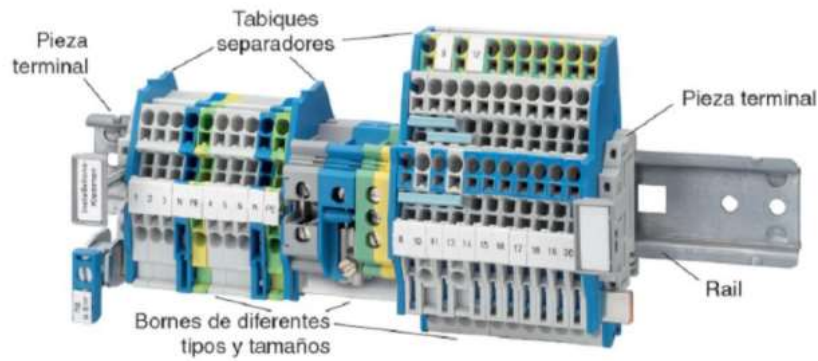
### Para saber más

Os invito al visionado de los tres videos propuestos para acabar de entender o tener una idea previa al estudio de cómo se instala el cableado de un cuadro eléctrico.

<https://www.youtube.com/embed/F0YcRyaf0>

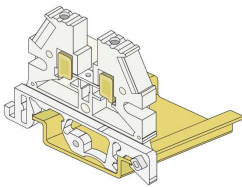
¿Cómo Cablear un Cuadro de Automatismos Industriales? Introduccion

## 4.1.- Regletero



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Es la parte del cuadro donde se encuentran las regletas o bornas de conexión. Se utilizan para conectar los conductores del interior del cuadro con elementos situados fuera de él. Es decir, son los elementos de enlace entre los componentes del cuadro y los componentes exteriores.

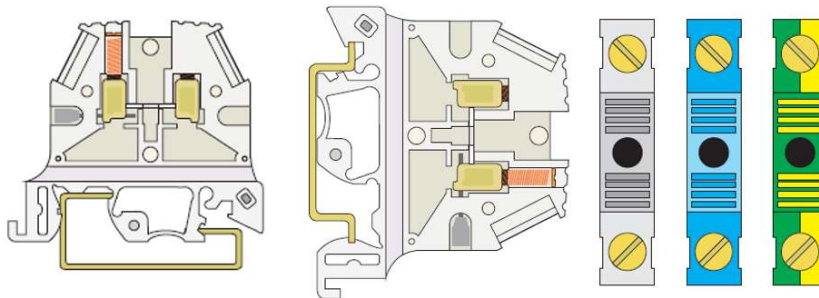


[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Se fijan en perfiles normalizados con pestañas tipo clip. La conexión de los cables es lateral y su fijación se realiza desde la parte superior con los tornillos de apriete.

Su composición se realiza por bloques de bornas unidas lateralmente, separadas por tabiques aislantes que facilitan su identificación. El atornillado de topes de fijación en los extremos evita el desplazamiento lateral de los elementos del regletero. Una pieza terminal, de material aislante, situada en uno de los laterales, evita el contacto directo con zona conductora de la última borna.

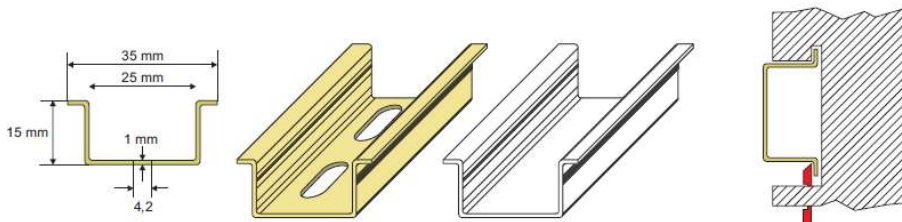
La elección del color se hace en función del tipo de conductor: azul para el neutro y verde-amarillo para el conductor de protección.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

El dimensionado de los bornes de conexión de todo cuadro eléctrico debe realizarse teniendo en cuenta la sección de los conductores de entrada y salida. En la mayor parte de los casos, su sección deberá ser superior a la de los cables.

Los bornes de conexión permiten el alojamiento de conductores de secciones que pueden llegar hasta los 240 mm<sup>2</sup>. Conforme indican las normas DIN, se montan sobre perfiles metálicos que se sujetan a la placa del cuadro mediante tornillos.

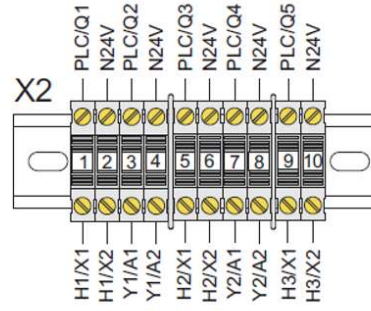


[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

El conjunto puede completarse con el empleo de numeraciones o letras que pueden adaptarse tanto a los bornes como a los conductores.

Salidas digitales del PLC

Cable		REGLETERO X2									
Destino A		Nº	Destino B		Nº		Destino C		Nº		
H1/X1	PLC/Q1	1	H1/X1	N23V	2	H2/X1	PLC/Q3	5	H2/X2	N24V	
H1/X2	N23V	3	H2/X2	PLC/Q4	6	H3/X1	PLC/Q5	9	H3/X2	N24V	
Y1/A1	PLC/Q2	4	Y1/A2	N24V	7	Y2/A1	N24V	8	Y2/A2	N24V	
Y1/A2	N24V	8	Y2/A2	PLC/Q5	9	H3/X1	N24V	10	H3/X2	N24V	



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Entre los bornes de conexión y el final del cuadro hay que dejar un espacio, además de los 2,5 cm de diferencia existente entre la longitud de la placa respecto al cuadro, con el fin de facilitar las tareas de conexión y desconexión de los conductores que alimentan los aparatos exteriores del cuadro.

## 4.2.- Bornas y su marcado



Bornes (CC BY-NC-SA)

Los conductores de neutro y protección pueden tener bornas con múltiples agujeros para conectar a ellos cables de diferentes secciones. Generalmente se presentan sin aislar, aunque es posible la colocación de una tapa protectora. Los cuadros pequeños suelen tener una borna fija en la propia caja, destinada a la conexión del conductor de toma de tierra (PE). Los armarios mayores permiten la fijación de bornas en perfiles normalizados o sobre soportes especiales.

### Marcado de bornas

Cada borna o regleta ha de ser identificada en el plano y en el cuadro para facilitar las operaciones de montaje y mantenimiento.

El marcaje se realizará por etiquetas identificativas de material plástico o con roturadores de tinta inalterable. Todas las regletas se identificarán por un código presentado de la siguiente forma: Xn, donde X indica que es una borna y n el número que hace en el cuadro. Así todos los elementos que se encuentran en el exterior del cuadro estarán representados en el plano entre círculos etiquetados con Xn.







Las fundas termorretráctiles se encogen al aplicarle calor. Esta propiedad puede ser aprovechada para el marcado de conductores y la formación de mazos de cables.

## Debes conocer

Los conductores de un circuito eléctrico, los podemos distinguir por el tipo de aislamiento, por su sección, por el color del aislamiento, etc., así distinguimos el conductor neutro N de color azul, de los conductores de fase, negro, marrón, gris, pero esto no es suficiente, para distinguir unos circuitos de otros, con las mismas características, por este motivo utilizaremos señalizadores, para identificar y distinguir los diferentes circuitos, que existen dentro del cuadro.

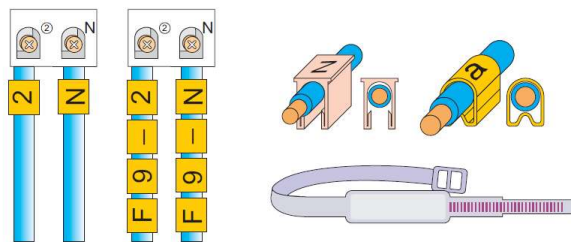
[Cuadros Eléctricos -Señalización y Marcaje de cables](#)

## 4.3.- Marcado de cables y su terminación

Color	Aplicación	Secciones en mm <sup>2</sup>			
		Unipolares		Mangueras	
		Uso	Norma	Uso	Norma
 Negro	Conductores activos de potencia en AC y DC	1,5 mm <sup>2</sup>	0,75 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>	0,75 mm <sup>2</sup>
 Azul claro	Neutro en circuitos de potencia	1,5 mm <sup>2</sup>	0,75 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>	0,75 mm <sup>2</sup>
 Rojo	Circuitos de mando en corriente alterna	0,75 mm <sup>2</sup>	0,20 mm <sup>2</sup>	1 mm <sup>2</sup>	0,20 mm <sup>2</sup>
 Azul	Circuito de mando en corriente continua	0,75 mm <sup>2</sup>	0,20 mm <sup>2</sup>	1 mm <sup>2</sup>	0,20 mm <sup>2</sup>
 Naranja	Circuito de enclavamiento desde una fuente exterior	0,75 mm <sup>2</sup>	0,20 mm <sup>2</sup>	1 mm <sup>2</sup>	0,20 mm <sup>2</sup>
 Amarillo/verde	Conductor de protección (Tierra)	Mínima sección = conductor activo de potencia, aunque se tendrá en cuenta REBT.			

[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

El marcado de cables permite identificar cada conductor respecto al plano de montaje. Esto facilitará la construcción y el posterior mantenimiento del cuadro. La señalización puede hacerse de forma alfabética, numérica o alfanumérica. Los elementos utilizados para el marcaje puede ser:



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Etiquetas de plásticos con caracteres individuales que se colocan en las puntas de los conductores. Las de tipo anilla se han de colocar antes de conectar el cable a marcar y las de tipo brazaletes se fijan una vez que ha sido conectado al aparato eléctrico.

Existen modelos termorretráctiles que se encogen, abrazando el cable, una vez que se les ha aplicado calor.

- Bridas de identificación con zona de marcaje manual para escribir el referenciado con roturadores de tinta inalterable. Se utilizan para el marcado de mazos de cables y mangueras.

Terminación de cables

Los conductores que se encuentran en el cuadro, además de estar identificados por etiquetas, deben tener una buena terminación que evite desconexiones o falsos contactos. Para esto se utilizan piezas terminales de diferentes tipos:

- Casquillos o punteras
- Terminales

### Para saber más

Como bien os comentaba previamente, os propongo el siguiente video que continua con la Introducción previamente expuesta.

<https://www.youtube.com/embed/Vyj8SSGYjwU>

¿Cómo cablear un cuadro de automatismos industriales? 1ª Parte: Cableado de los Pulsadores de Paro

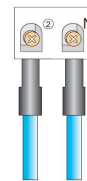


## 4.3.1.- Casquillos o punteras

Son piezas cilíndricas de cobre estañado en cuyo interior se inserta el extremo del conductor. La fijación del casquillo al cable se hace por presión con tenazas especiales de crimpar.

Pueden estar desnudos o con cubierta de material plástico de varios colores, que facilita su identificación y codificación.

Las herramientas para crimpar se encargan de fijar las punteras y terminales a los conductores por simple presión sobre la pipa de éstas, garantizando una correcta y fiable conexión eléctrica.



[Aula eléctrica](#) [CC BY-NC-SA](#)

### Para saber más



*Colocar terminales y punteras*

## 4.3.2.- Terminales

El terminal es una pieza metálica que en un extremo adopta diversas formas y en el otro tiene orificio por donde se introduce el conductor y que va sujeto al terminal mediante presión, soldado, etc. Sirve para conectar los conductores a los distintos aparatos de la instalación.

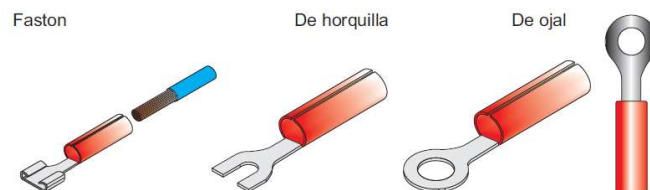
Esta parte generalmente va forrada de un material aislante, de modo que el único extremo que se queda libre es el que se conecta a los aparatos.

De la misma forma que los casquillos o punteras, los terminales permiten realizar una correcta conexión de los cables, en los bornes de los aparatos y embarrados. Los de pequeña sección se utilizan con cubiertas codificadas por colores para su identificación. Su fijación se realiza con la tenaza de terminales o pinza de crimpar.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Según su norma, los terminales pueden ser:



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

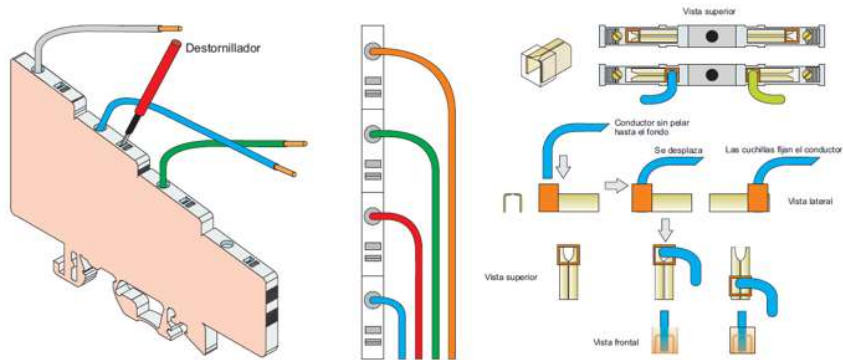
**De ojal:** Es de tipo cerrado. El tornillo de fijación al borne ha de ser introducido por el orificio en forma de ojal, que se encuentra en la superficie de conexión. Este tipo de terminal es el aconsejado para conductores de grandes secciones (hasta 300 mm<sup>2</sup>).

- **De horquilla:** Es de tipo abierto con la superficie de conexión en forma de U. El tornillo al que va fijado no necesita extracción para su conexionado.
- **De pin afilado:** Su aspecto es similar al de las punteras. Con la diferencia que el conductor no se encuentra presionado por la pipa del adaptador.
- **De lámina:** La superficie de conexión tiene forma plana. Están especialmente diseñados para su conexión con hembras tipo Faston.
- **Manguitos de empalme:** Permiten realizar conexiones fiables entre los extremos de dos conductores. Se utilizan para realizar prolongaciones de cables en espacios reducidos, donde no se pueden aplicar regletas de conexión, como canaletas o tubos. Pueden estar aislados o desnudos. Se aconseja su utilización en operaciones provisionales de reparación, siendo necesario su sustitución por un conductor sin empalmes en un tiempo breve.

No hace mucho tiempo, aparecieron en el mercado unos terminales denominados sobremoldeados, que resultan algo más económico y además no necesitan preparación, al revés de cómo sucedía con los terminales convencionales.

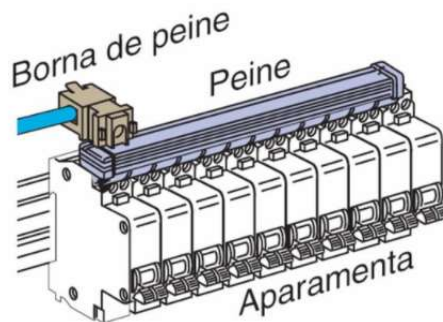
En efecto, su empleo no necesita soldadura, engastado ni útiles especiales. La sujeción se efectúa automáticamente, introduciendo el conductor dentro del terminal y llevándolos juntos hasta el lugar de conexión; al apretar el tornillo de la conexión, el terminal cede hasta oprimir el conductor.

## 4.4.- Sistema de conexión rápida




[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Cada vez están más extendidos los elementos de conexión rápida en aparatos y bornes para cuadros. Estos permiten fijar los conductores sin herramientas, por simple presión. Así el tiempo empleado en los trabajos de montaje y mantenimiento se reduce considerablemente.

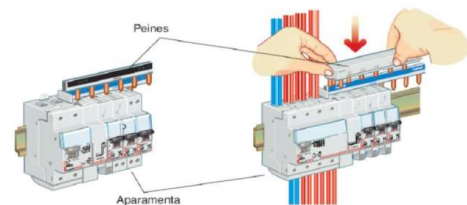


[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

- **Peines**, son piezas longitudinales que se utilizan para conectar varios elementos de protección, como magnetotermicos o interruptores de caja moldeada, sin utilizar cables. Están formados por piezas de cobre, que puentean elementos comunes entre un grupo de aparatos, por ejemplo las fases de entrada en los aparatos de protección de un sector.

 Ilustración de diferentes tipos de peines

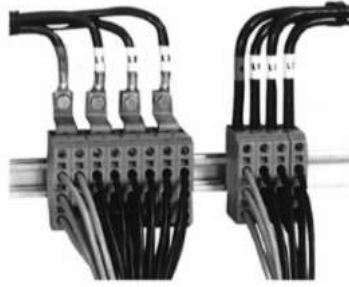
[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)



[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

Una de las características más importantes de los peines es que permiten desconectar un aparato modular sin quitar la alimentación de los contiguos. Los peines para interruptores de potencia están preparados para su conexión directa sobre el embarrado.

- **Bornas de reparto de inserción directa**, permite realizar la conexión de cables sin tornillos. Cada orificio solamente admite un conductor, bien del tipo flexible o rígido sin puntera. Se sitúan sobre perfil normalizado y su aspecto es similar a las bornas de los regleteros. La unión entre varias bornas de este tipo, se realiza con pequeños embarrados o cables con terminales.



[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

## Para saber más

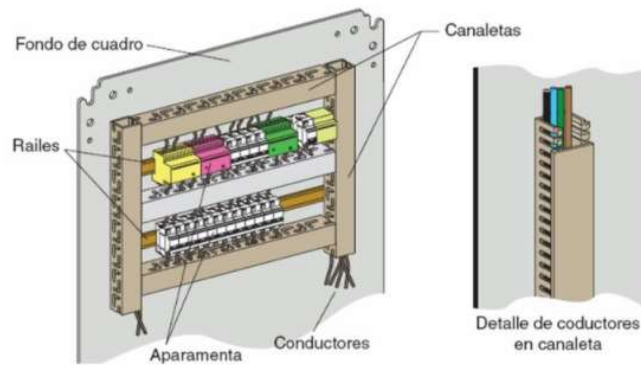
Continuando con los videos propuestos, aprenderemos a interpretar el esquema de conexionado, y realizar el conexionado de los Pulsadores de marcha, pilotos de señalización y finales de carrera.

<https://www.youtube.com/embed/nfEzjCL12IE>

*¿Cómo cablear un cuadro de automatismos industriales? 2ª parte conexionado de pulsadores y pilotos*

## 4.5.- Fijación del cableado

La correcta organización de los cables que forman un cuadro es esencial para su óptimo funcionamiento y operaciones de mantenimiento. Un cableado inadecuado puede generar situaciones de peligro para el operario, además de averías inesperadas por calentamiento y falsos contactos. Siempre que sea posible se evitarán las mangueras o mazos de cable con conductores de potencia.



[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

En los cuadros en los que existan circuitos de maniobra y fuerza, se canalizarán independientemente. Los elementos más usados para la fabricación del cableado son los siguientes:

- Canaletas
- Brazaletes
- Bridas
- Espirales

### Para saber más

último video de la serie propuesta, una vez montado el cableado debemos verificar el cableado del esquema de conexionado, al igual que el de los pulsadores de marcha, pilotos de señalización y finales de carrera.

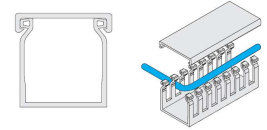
<https://www.youtube.com/embed/LnqPA6jUdK4>

## 4.5.1.- Canaletas

Se utilizan para fijar los conductores eléctricos que no superen lo 10 mm<sup>2</sup> de sección, por el interior del cuadro, sin elementos auxiliares de sujeción. El reparto de cables, a los diferentes aparatos y regletas, se hace por las perforaciones realizadas en sus laterales.

Este tipo de elemento auxiliar, generalmente construido de plástico, tiene tres caras formando ángulo recto entre sí. Lleva una tapa de cierre que se le acopla para formar un cuadrado o rectángulo hueco en su interior, que es donde se alojan los conductores.

Una de las caras, la que hace de base, opuesta a la que ocupa la tapa, va taladrada para facilitar su sujeción en el cuadro. Las caras laterales, en las canaletas perforadas, llevan unas ranuras que se utilizan para dar salida a los conductores, y así, poder conectarlos a los aparatos.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

En el mercado suele encontrarse en tiras de 2 metros de longitud y no se aconseja que el llenado de las canaletas supere el 70 %.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Con este tipo de canalización, la ampliación o modificación de los cableados resulta sencilla, ya que el acceso al interior, una vez retirada la tapa, se hace en toda su longitud. Así, la visualización y manipulación de los conductores es idónea.

En el interior de esta canaletas van introduciéndose los distintos conductores que forman la instalación. También aquí el cableado es frontal y va oculto por la tapa de cierre que engancha sobre las canaletas. Hay canaletas de distintos grosores y profundidades en función de la cantidad y tamaño de los conductores que deben soportar. Las tareas de revisión, reparación y sustitución se realiza con suma facilidad, ya que basta con retirar la tapa para acceder a los conductores.

### Para saber más

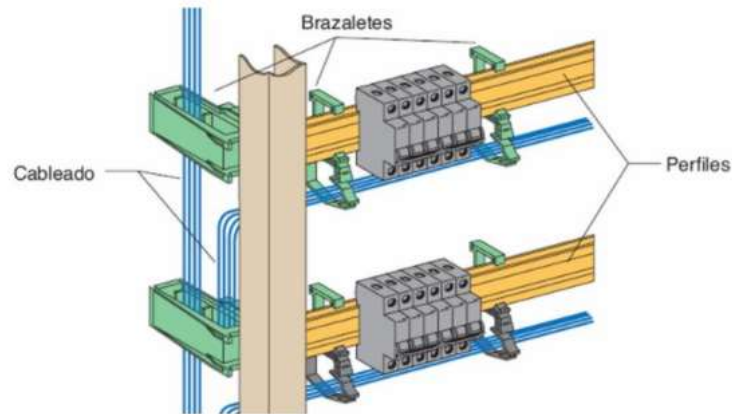
[Catalogo de bornes](#), dónde queda perfectamente ilustrados los tipos de conexión al carril que podemos encontrar en el mercado.

<https://www.youtube.com/embed/4QWwqgrJ4zA>

## 4.5.2.- Brazaletes, bridas y espirales

### Brazaletes

Sirven para realizar cableados al aire, con mangueras de conductores de gran sección, que necesitan una buena disipación térmica.

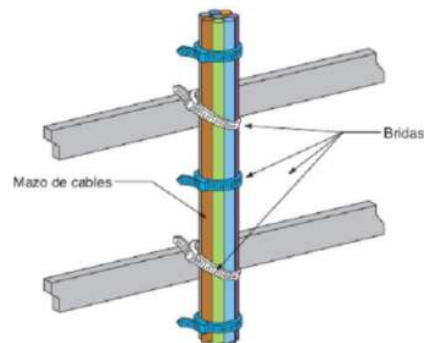


[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

Se engancha directamente sobre perfiles normalizados, pasados los conductores por su interior. Es aconsejable utilizar un brazaletes cada 10 o 15 cm, para evitar el curvado excesivo de los cables debido a su propio peso.

### Bridas

Son cintas de nylon, estriadas por una cara, que poseen en un extremo una cabeza con trinquete. Cuando el extremo libre se pasa por la cabeza, se realiza el cierre de forma permanente, no permitiendo su extracción.

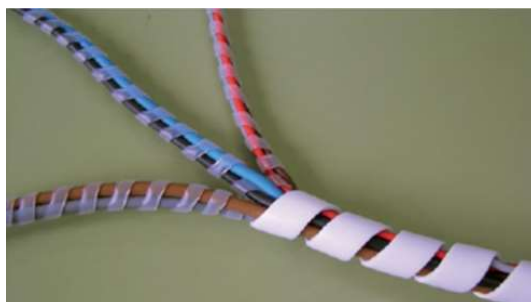


[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

Las bridas se utilizan para la sujeción de cables en cuadro o la formación de mangueras de conductores.

### Espirales

Son cintas plásticas tubulares que permiten la creación de mangueras por arrollamiento en forma de espiral.



[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

Se utilizan en cuadros de automatismos para dar libertad de movimiento a las puertas o portezuelas.



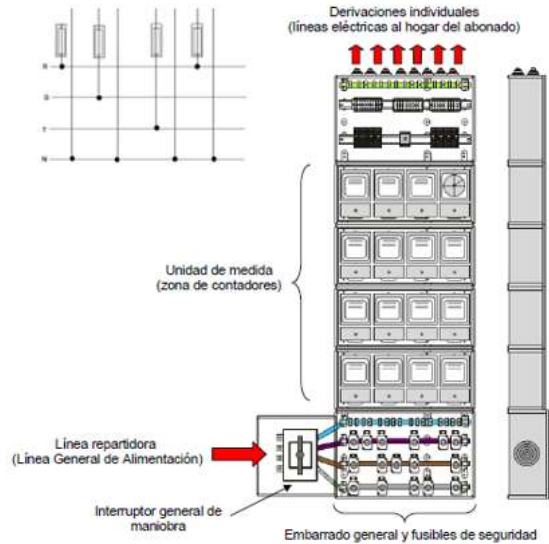


## 4.6.- Embarrados

Los embarrados son los encargados de suministrar la energía eléctrica al cuadro. Están formados por un determinado número de barras que dependerá del sistema de alimentación así, por ejemplo, un sistema trifásico con neutro dispondrá de cuatro barras, tres para las fases y una para el neutro. Las dimensiones de las barras estarán en relación directa con la potencia que suministrará el cuadro a la instalación. Es muy importante realizar una correcta instalación del embarrado, ya que el buen funcionamiento del cuadro dependerá en gran medida de esta operación.

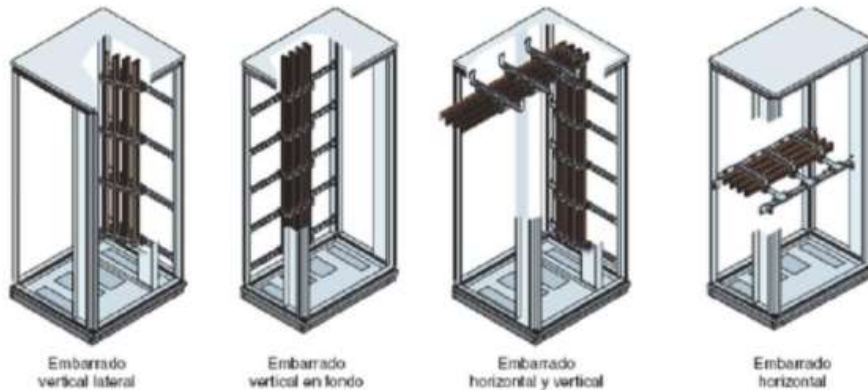


[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

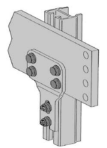
La colocación de las barras conductoras se realizará, en gran medida, dependiendo del tipo de armario y el espacio reservado para tal fin. Cuando el espacio no sea determinante, las barras se colocarán en una celda adosada al armario principal. Esto permite que, en los trabajos con tensión, no existan riesgos de contactos indirectos.



[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

Si las dimensiones del armario no permiten la configuración anterior, se hace necesario colocar el sistema de barras de forma vertical en fondo. El trabajo de instalación y conexión se ha de realizar con el revestimiento trasero retirado. Las barras en horizontal permiten la conexión de varias celdas de un mismo cuadro. Este juego de barras puede estar situado a cualquier altura dependiendo de las necesidades del montaje. La unión horizontal/vertical se realiza con bridas especiales de cambio de sentido, aunque es posible utilizar también pletinas o barras dobladas.

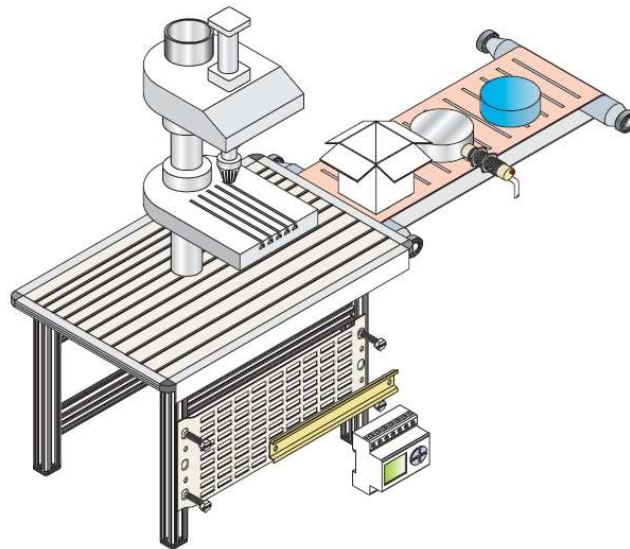
Las salidas con cable de un embarrado se hacen siempre con terminales fijados por tornillos y tuercas.



[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

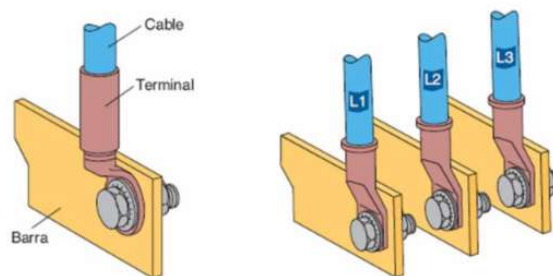
Debido a que, por lo general, las barras no están cubiertas de material aislante, se ha de prestar gran atención en las tareas de mantenimiento y reparación.

Las barras fijas son pletinas de cobre macizas, con orificios en toda su longitud para las conexiones de los elementos al cuadro. Es aconsejable utilizarlas siempre en tramos rectos, tanto en vertical como en horizontal.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

Las barras flexibles están formadas por un alma conductora de láminas de cobre y recubiertas de material aislante. Este tipo admite replegado, por lo tanto permite su desdoblado y posterior plegado para su reutilización en el mismo cuadro si existen modificaciones.



[Editex \(CC BY-NC-SA\)](#)

Se utilizan para atacar bornes de aparatos y otros embarrados donde es imposible colocar barras de tipo recto. Algunos fabricantes diseñan barras específicas para sus cuadros con perfiles de conexión rápida.

### Mecanizado de las barras

- Agujereado

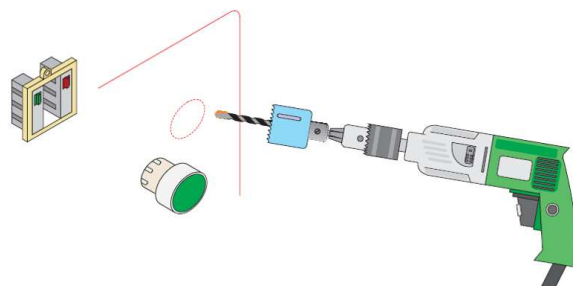
Dos son las formas de realizar agujeros en las barras:

#### Por punzonado.

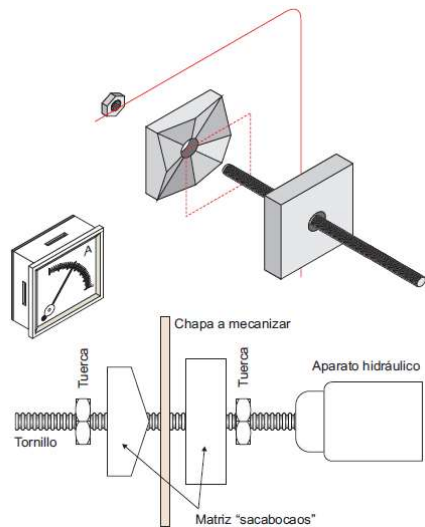
Para el punzonado, se recomienda la utilización de las punzonadoras específicas que los fabricantes disponen en sus catálogos.

#### Por taladro

Para el taladro, es necesario el uso de una guía de perforación para evitar las deformaciones en la barra.



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

En ambos casos, se hace necesario vigilar la operación para evitar que la barra se doble o deforme, ya que una conexión eléctrica defectuosa tendría graves consecuencias en el funcionamiento del cuadro.

- Plegado

Las barras fijas admiten un solo plegado. En esta operación se ha de respetar un radio mínimo para evitar que el metal se rompa.

Las barras flexibles admiten múltiples plegados que se realizan manualmente para evitar que la cubierta aislante sea dañada.

- El corte

En las barras fijas al corte se realizará con arcos de sierra para metales.

En las flexibles, se utilizarán una cizalla para igualar las láminas de cobre que se desplazan en la operación de doblado.

En ambos casos se han de evitar rebabas y virutas que producirían malos contactos en unión con otras barras.

- Limpieza de las superficies de contacto

La superficie de la barra, que estará en contacto con el aparato o con otras barras, se limpiará detenidamente con un papel de lija, para eliminar las asperezas generadas por las operaciones del taladro y corte. En algunos casos, será necesario el desengrasado de la barra utilizando disolventes. Se tendrá en cuenta que estos no ataquen el cobre.

# Anexo. Seguridad en las instalaciones de automatismos

<b>AVERÍA</b>	
<b>CAUSAS</b>	
<b>PROCEDIMIENTO</b>	

**AVERÍA**  
Al presionar un pulsador de marcha, no se activa contactor o relé alguno

**CAUSAS**

- Falta alimentación en el circuito de maniobra.
- Falta el disyuntor de este circuito.
- Falta el contactor.
- Falta el relé térmico.
- Falta el cableado en algún punto.

**PROCEDIMIENTO**

1. Se comprueba la existencia de corriente en el circuito de maniobra.
2. Se comprueba que hay corriente desde el borne A2 del relé, hasta la fase principal (o positivo, según sea el caso).
3. Se comprueba que desde A2 existe corriente a la salida del pulsador una vez es presionado.
4. Se comprueba que desde A2, hay corriente hasta los siguientes elementos después del pulsador, hasta llegar a A1.

[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

<b>AVERÍA</b>	
<b>CAUSAS</b>	
<b>PROCEDIMIENTO</b>	

**AVERÍA**  
El motor no arranca

**CAUSAS**

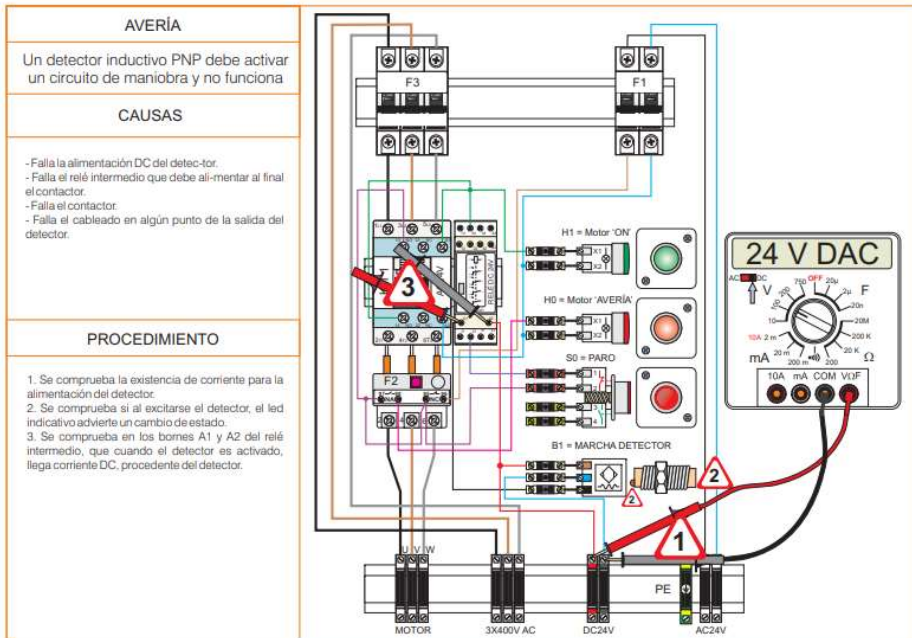
- Falta alimentación general
- Falta el disyuntor.
- Falta el contactor.
- Falta el relé térmico.
- Falta el cableado en algún punto.

**PROCEDIMIENTO**

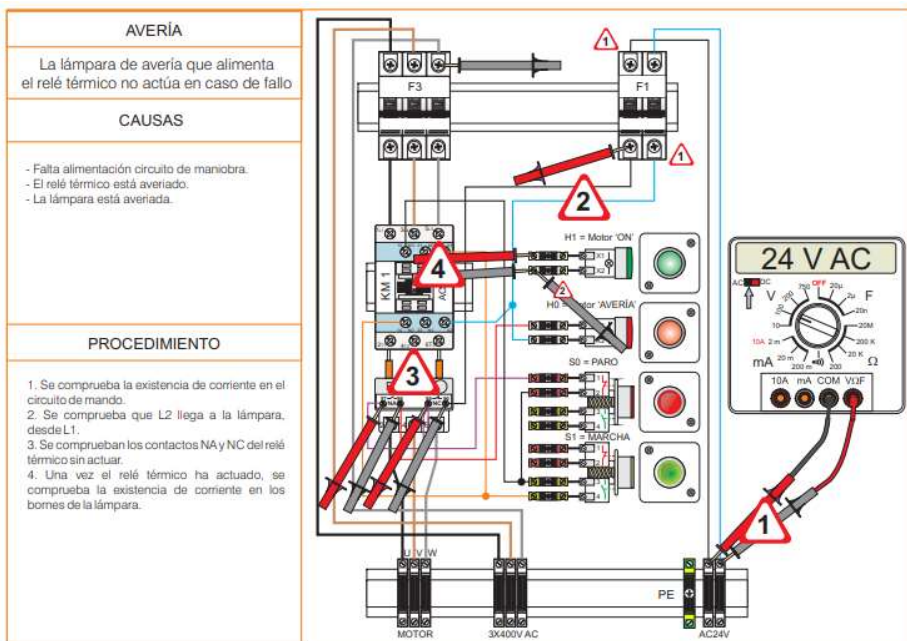
1. Se comprueba la existencia de corriente en el cuadro.
2. Se comprueba que la corriente llega al contactor o disyuntor previo al motor.
3. Se comprueba la corriente que sale del contactor (o disyuntor) o relé térmico hacia los bornes del motor.
4. Se comprueba que la corriente llega a los bornes del motor.

Si la corriente llega al motor, la avería proviene de éste. Comprobar el co-nexionado.

[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)



[Aula eléctrica \(CC BY-NC-SA\)](#)

