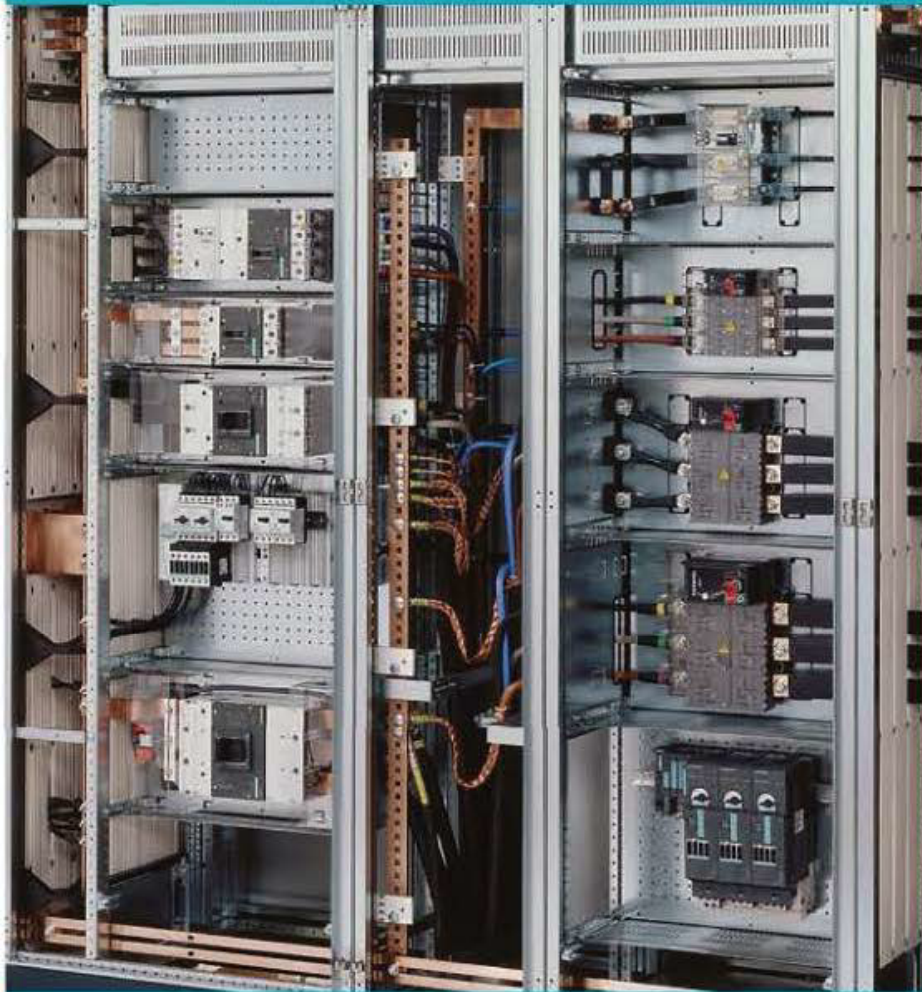


Montaje de cuadros y sistemas eléctricos

2



Los circuitos eléctricos se montan sobre unas placas de montaje y estas se protegen del ambiente exterior mediante unos armarios o cuadros. Estos armarios son montados y mecanizados por el técnico, por ello es importante que el profesional conozca los diferentes tipos de cuadros eléctricos y de qué partes se componen para que pueda montarlos.

En el proceso de montaje de los cuadros eléctricos intervienen muchos elementos, desde los mismos cuadros con todas sus partes hasta los elementos auxiliares. Además, para poder realizar el montaje, el técnico debe emplear una serie de herramientas según la tarea a realizar.

Contenidos

- 2.1. Los conductores eléctricos
- 2.2. Las canalizaciones eléctricas
- 2.3. El cálculo de secciones
- 2.4. Las envolventes de los cuadros eléctricos
- 2.5. Los cuadros de protección en viviendas
- 2.6. El mecanizado de cuadros eléctricos
- 2.7. Fases del montaje
- Prácticas de taller

Objetivos

- Aprender qué son los cuadros eléctricos y cuál es su función.
- Conocer los diferentes tipos de cuadros eléctricos.
- Conocer qué son los conductores eléctricos y de qué partes están compuestos.
- Entender cómo se designan los conductores eléctricos.
- Aprender el código de colores normalizados para los conductores eléctricos.
- Conocer y saber aplicar los diferentes tipos de canalizaciones.
- Saber identificar las partes de un armario eléctrico.
- Saber trabajar con armarios con embarrado.
- Conocer las herramientas necesarias en el trabajo diario del técnico.
- Saber emplear las herramientas con seguridad, según el trabajo a realizar.
- Adquirir destrezas en el mecanizado de cuadros eléctricos.

2.1. Los conductores eléctricos

Los conductores eléctricos son los elementos encargados de unir eléctricamente los diferentes dispositivos que componen el circuito (generador, elementos de mando y receptores). A través de estos circula la corriente, por ello son buenos conductores de la electricidad, siendo de cobre o de aluminio.

2.1.1. Clasificación de los conductores eléctricos

Existen varias formas de clasificación:

- Según su aislante:

- Conductores **aislados**. El conductor eléctrico va recubierto por un material aislante.
- Conductores **desnudos** o sin aislamiento. El conductor no lleva ningún recubrimiento. Por lo general, se emplean en conductores por donde circulan grandes corrientes eléctricas, por ejemplo, en el tendido de líneas aéreas, o en grandes cuadros eléctricos, en la parte de distribución (embarrado).



Figura 2.1. Conductor aislado.



Figura 2.2. Conductor desnudo.

- Según su forma:

- Cables **rígidos**. Están formados por un solo hilo conductor. Se emplean en pequeñas secciones.

- Cables **flexibles**. El conductor está formado por varios hilos (consiguiendo así cierta flexibilidad) y trenzados en forma de hélice.

- Según su número de conductores:

- Cables **unipolares**. Están formados por un solo conductor eléctrico.
- Cables **bipolares**. Están formados por dos conductores eléctricos.
- Cables **tripolares**. Están formados por tres conductores eléctricos.
- Cables **tetrapolares**. Están formados por cuatro conductores eléctricos.
- Cables **pentapolares**. Están formados por cinco conductores eléctricos.
- Cables **multipolares**. Están formados por más de cinco conductores eléctricos.



Figura 2.3. Cable tripolar.

2.1.2. Partes de un conductor eléctrico

Aunque no todos los conductores están formados de idéntica manera, la composición de estos se compone de las siguientes partes:

- **Alma**. Es el propio conductor eléctrico, que puede ser de un hilo o de varios.
- **Aislamiento**. Se encarga de aislar eléctricamente al conductor.
- **Cubiertas protectoras**. Se encargan de proteger al conductor y su aislamiento del medio que los rodea (ambientes agresivos a nivel físico o químico). Se puede componer de varias cubiertas protectoras.

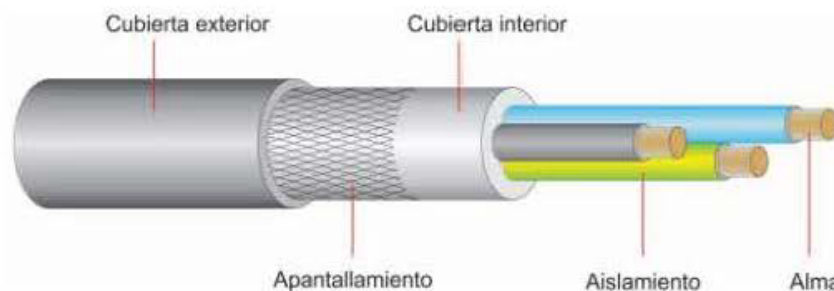


Figura 2.4. Composición de un cable formado por varios conductores.

- **Apantallamiento.** Algunos conductores llevan en medio de las cubiertas protectoras una malla metálica, que se conecta a tierra con el objeto de eliminar interferencias electromagnéticas.

2.1.3. Los aislantes

Existen varios materiales que se emplean en la función de aislantes eléctricos:

- **Termoplásticos.** Se alteran fácilmente con la temperatura. Los más empleados son el policloruro de vinilo (PVC) y polietileno (PE).
- **Termoestables.** Son más resistentes a las temperaturas y a esfuerzos mecánicos. El más empleado es el polietileno reticulado (XLPE).
- **Elastómeros.** Son derivados del caucho, lo que les aporta gran flexibilidad. El más empleado es el etileno-propileno (EPR).
- **Esmaltes.** Se basan en someter al conductor a un baño en un esmalte consiguiendo una capa aislante muy fina. Se emplea principalmente para aislar los conductores de las bobinas de los motores y transformadores.

2.1.4. El código de colores en los conductores

Los conductores eléctricos van codificados mediante colores en su aislamiento según normativa (REBT-ITC-19).

En los circuitos de corriente alterna, se tiene:

Tabla 2.1. Tabla de colores en los conductores en corriente alterna.

Significado	Color
Conductor de fase	Negro, marrón o gris
Conductor de neutro	Azul
Conductor de protección	Verde-amarillo

Tabla 2.2. Tabla de colores en los conductores en corriente continua.

Significado	Color
Conductor positivo	Rojo
Conductor negativo	Negro

En los circuitos de automatismos, se pueden emplear otros colores para la parte del esquema de mando o maniobra.

2.1.5. Secciones normalizadas

A nivel comercial, los conductores se distribuyen según su sección, estando estas normalizadas.

Tabla 2.3. Tabla de secciones normalizadas.

Secciones normalizadas
0,5 mm ² , 0,75 mm ² , 1 mm ² , 1,5 mm ² , 2,5 mm ² , 4 mm ² , 6 mm ² , 10 mm ² , 16 mm ² , 25 mm ² , 50 mm ² ...

Para la parte del circuito de fuerza se emplean las secciones desde 1,5 mm² en adelante. Y para la parte de mando o maniobra se emplean las secciones por debajo de 1,5 mm².

2.1.6. Designación de los conductores eléctricos

Una primera clasificación de los cables se realiza en función de su nivel de aislamiento, encontrándose la clase para tensiones asignadas de 450/750 V y la clase de 0,6/1 kV.

La designación de los conductores eléctricos está normalizada por un código de letras y números.

- Parte 1. Aspectos generales:

Tabla 2.4. Tabla de los aspectos generales.

Posición	Referencia	Valor	Significado
1	Norma	H	Cable según normas armonizadas
		A	Cable de tipo nacional autorizado
		ES ES-N	Cable de tipo nacional (no existe norma armonizada)
2	Tensión asignada	01	100/100 V
		03	300/300 V
		05	300/500 V
		07	450/750 V

La tensión asignada consta de dos valores de tensión, la primera cifra hace referencia a la tensión entre el conductor activo y tierra y el segundo valor entre los conductores activos.

- Parte 2. Constitución:

Tabla 2.5. Tabla de aislamientos.

Posición	Referencia	Valor	Significado
3	Aislamiento	B	Goma de etileno-propileno
		G	Etileno-acetato de vinilo
		N2	Mezcla especial de policloropreno
		R	Goma natural o de estireno-butadieno
		S	Goma de silicona
		V	Policloruro de vinilo (PVC)
		V2	Mezcla de PVC (servicio de 90°)
		V3	Mezcla de PVC (servicio a baja temperatura)
		V4	Policloruro de vinilo (reticulado)
		Z	Mezcla reticulada a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos
		Z1	Mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos

Tabla 2.6. Tabla de revestimientos metálicos.

Posición	Referencia	Valor	Significado
4	Revestimientos metálicos	C4	Pantalla de cobre en forma de trenza, sobre el conjunto de los conductores aislados reunidos

Tabla 2.7. Tabla de cubierta y envoltorio no metálica.

Posición	Referencia	Valor	Significado
5	Cubierta y envoltorio no metálica	B	Goma de etileno-propileno
		G	Etileno-acetato de vinilo
		J	Trenza de fibra de vidrio
		N	Policloropreno
		N4	Polietileno clorosulfatado
		N8	Policloropreno especial, resistente al agua
		Q	Poliuretano
		R	Goma natural o de estireno-butadieno
		S	Goma de silicona
		T	Trenza textil sobre conductores aislados reunidos
		V	Policloruro de vinilo (PVC)
		V2	Mezcla de PVC (servicio de 90°)
		V4	Policloruro de vinilo (reticulado)
		V5	Mezcla de PVC (resistente al aceite)
		Z	Mezcla reticulada a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos
Z1	Mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos		

Tabla 2.8. Tabla de elementos constitutivos y construcciones especiales.

Posición	Referencia	Valor	Significado
6	Elementos constitutivos y construcciones especiales	(nada)	Cable redondo
		H	Cables planos, con o sin cubierta, cuyos conductores pueden separarse
		H2	Cables planos cuyos conductores aislados no pueden separarse
		H6	Cables planos, que comprenden tres conductores aislados o más
		H7	Doble capa de aislamiento extruido
		H8	Cable extensible

Tabla 2.9. Tabla de forma del conductor.

Posición	Referencia	Valor	Significado
7	Forma del conductor	-D	Flexible para uso en cables de máquinas de soldar
		-E	Muy flexible, para cables de máquinas de soldar
		-F	Flexible para servicios móviles (clase 5)
		-H	Extraflexible (clase 6)
		-K	Flexible para instalaciones fijas (clase 5)
		-R	Rígido circular de varios hilos (clase 2)
		-U	Rígido circular de un solo hilo (clase 1)
		-Y	Cintas de cobre arrolladas en hélice alrededor de un soporte textil (oropel)

- Parte 3. Número y sección nominal de los conductores:

Tabla 2.10. Tabla de número y sección nominal.

Posición	Referencia	Valor	Significado
8	Número de conductores	Núm.	Número de conductores
9	Símbolo o signo de multiplicar	X	No lleva conductor de protección
		G	Lleva conductor de protección
10	Sección	mm ²	Sección nominal.

En la designación no tiene por qué llevar todas las posiciones, puesto que hay partes que no son de aplicación. Por ejemplo, la posición 4 hace referencia a los revestimientos metálicos y un cable no tiene por qué llevarla. En este caso no se indica.

Actividad resuelta 2.1

Indica las características de un cable tipo H07Z-K1X1,5

Solución:

H: cumple con las normas armonizadas.

07: con tensión asignada de 450/750 V.

Z: aislamiento de mezcla reticulada a base de poliolefina, con baja emisión de gases y humos.

-K: es un cable flexible para instalaciones fijas.

1: de un solo conductor.

1,5: con una sección de 1,5 mm².

2.2. Las canalizaciones eléctricas

Las canalizaciones eléctricas son los elementos que portan y protegen al cableado eléctrico de las instalaciones.

2.2.1. Tubos protectores

Los tubos protectores son elementos cilíndricos que portan y protegen al cableado de la instalación. Se pueden clasificar de varias maneras:

- Según el **material**:
 - **Metálicos**. Suelen ser de acero o aleaciones de aluminio
 - **No metálicos**. Suelen ser de materiales plásticos, generalmente PVC.
 - **Mixtos**. Combinan materiales metálicos con partes no metálicas.



Figura 2.5. Tubo metálico.



Figura 2.6. Tubo no metálico.

- Según sus **características**:
 - **Rígidos**. Pueden ser metálicos o no metálicos.
 - **Flexibles**:
 - ✓ **Corrugados**. Son de material plástico.



Figura 2.7. Tubo corrugado.

- ✓ **Reforzados**. Disponen de dos capas de material plástico



Figura 2.8. Tubo flexible reforzado.

- ✓ **Metálicos flexibles**. Son de material mixto (metálico y no metálico). Se emplean en lugares con riesgos de golpes mecánicos.

Se distribuyen comercialmente en medidas de diámetro:

Tabla 2.11. Tabla de diámetros normalizados.

Diámetros normalizados
12 mm, 16 mm, 20 mm, 32 mm, 40 mm, 50 mm, 63 mm...

En tiradas de conducción más o menos largas, los tubos se unen con otros tubos de manera manual practicando un **abocardamiento** (ensanche del extremo del tubo para que el siguiente tubo encaje dentro) o mediante unas piezas destinadas a tal fin llamadas **manguitos de unión**.



Figura 2.9. Manguito.



Figura 2.10. Manguito roscado.

Cuando se produce un cambio de dirección, los tubos se pueden doblar de manera manual mediante herramientas adecuadas (aplicando calor en los tubos de PVC o de manera mecánica en los tubos metálicos), o bien mediante unas piezas destinadas a tal fin llamadas **curvas** y **codos** (los codos tienen un ángulo de giro muy corto respecto a las curvas).



Figura 2.11. Curva no metálica.



Figura 2.12. Curva metálica.

Los tubos se unen a los cuadros mediante un elemento llamado **prensaestopas**, el cual asegura la estanqueidad del conjunto.



Figura 2.13. Prensaestopas.

■ ■ 2.2.2. Bandejas metálicas

Son canalizaciones muy robustas, de las cuales existen tres tipos:

- **Bandejas metálicas no perforadas.** Son de chapa galvanizada.
- **Bandejas metálicas perforadas.** Son idénticas a las anteriores pero disponen de agujeros en su superficie.
- **Bandejas tipo escaleras.** Es una versión muy ligera en peso.

Las bandejas metálicas deben conectarse a tierra mediante una conexión con el conductor de protección.



Figura 2.14. Bandeja no perforada.

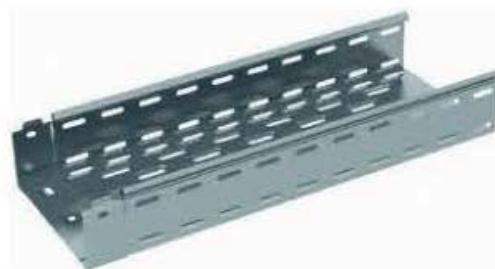


Figura 2.15. Bandeja perforada.



Figura 2.16. Bandeja tipo rejilla.

■ ■ 2.2.3. Canales protectoras

Son elementos de perfil rectangular compuestos de dos piezas: la base y la tapa. Son de material plástico (PVC).

Existen dos tipos:

- **Lisas.** Se emplean en distribución del cableado y en el montaje superficial. Pueden disponer, en ciertas partes de su superficie, de elementos auxiliares (tomadas de corriente, interruptores, tomas de red informática, etc.).
- **Ranuradas.** Se emplean en las canalizaciones del interior de los cuadros eléctricos. Disponen de unas ranuras a lo largo de sus laterales con el fin de facilitar el cableado entre los diferentes elementos que componen el cuadro eléctrico.



Figura 2.17. Canal lisa.



Figura 2.18. Canal ranurada.

2.2.4. Tipos de instalaciones

Las diferentes canalizaciones se emplean de acuerdo al tipo de instalación, así según normativa, se tienen las siguientes características:

- **Canalización mediante tubo empotrado.** Se realiza, generalmente, en obra nueva en paredes, suelos y falsos techos. Los tubos pueden ser rígidos o flexibles (es el más empleado y se utiliza el tubo corrugado).

Tabla 2.12. Diámetros mínimos para tubo empotrado, según número de conductores.

Sección del conductor (mm ²)	DIÁMETRO EXTERIOR MÍNIMO DE LOS TUBOS (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50

- **Canalización fija mediante montaje superficial.** Se realiza, generalmente, en edificaciones ya construidas, por ejemplo en el interior de naves industriales, donde la maquinaria fija las necesidades de la instalación eléctrica. Se debe emplear con preferencia el tubo rígido y si existe riesgo de golpes hacia la canalización, se empleará el tubo metálico.

Tabla 2.13. Diámetros mínimos para tubo en montaje superficial, según número de conductores.

Sección del conductor (mm ²)	DIÁMETRO EXTERIOR MÍNIMO DE LOS TUBOS (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50

- **Canalización enterrada.** Se emplea en la red de distribución eléctrica interior de la instalación.

Tabla 2.14. Diámetros mínimos para tubo enterrado, según número de conductores.

Sección del conductor (mm ²)	DIÁMETRO EXTERIOR MÍNIMO DE LOS TUBOS (mm)				
	Número de conductores				
	≤ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125

- **Instalación aérea.** Se tienen dos casos de instalación aérea:
 - Canalización mediante bandejas metálicas. Se emplea en la red de distribución eléctrica interior de la instalación.
 - Canalización destinada a partes móviles de máquinas. Se emplean tubos flexibles.

Tabla 2.15. Diámetros mínimos para tubo aéreo, según número de conductores.

Sección del conductor (mm ²)	DIÁMETRO EXTERIOR MÍNIMO DE LOS TUBOS (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40



RECUERDA

En el reglamento REBT-ITC-21 (tubos y canales protectoras) se encuentran recogidas las características mínimas que deben cumplir los diferentes tipos de tubos protectores y canales, así como una serie de prescripciones sobre los aspectos a tener en cuenta la hora de realizar las diferentes instalaciones y colocaciones.

2.3. El cálculo de secciones

Toda instalación eléctrica consta de un cableado eléctrico, la sección de dicho cableado se determina mediante tres criterios y se escogerá el más desfavorable (el de mayor sección):

- Intensidad máxima admisible.
- Máxima caída de tensión.
- Intensidad de cortocircuito.

El valor de partida será siempre la corriente. Este parámetro es imprescindible para el cálculo de las secciones.

- El criterio de **intensidad máxima admisible** determina cuál es la corriente máxima que puede circular por el cableado de manera permanente sin que se produzcan daños. Este criterio se basa en el efecto Joule (calentamiento debido a la circulación de la corriente) y en su capacidad de disipación. Su cálculo se basa en el empleo de unas tablas recogidas en el REBT (ITC-19). En esta tabla figura el método de instalación y las características del cableado (número de conductores y tipo de aislamiento).

Tabla 2.16. Tipos de aislamientos.

Aislamiento	Temp. máxima
Termoplásticos: policloruro de vinilo (PVC)	70 °C
Termoestables: polietileno reticulado (XLPE) o etileno polipropileno (EPR)	90 °C

Los pasos a seguir para utilizar esta tabla (Tabla 2.18) son:

- Determinar el tipo de montaje.
- Partiendo del montaje, nos desplazamos por la fila hasta encontrar el tipo de conductor (número de conductores y aislamiento).
- Desde este punto, nos desplazamos hacia abajo de la tabla en esa misma columna hasta encontrar un valor de corriente igual o superior al dato de cálculo.
- Con este valor de corriente, nos desplazamos por esa fila hacia la izquierda para determinar la sección del cableado.

Tabla 2.17. Tipos de montajes según REBT-ITC-19.

A1	Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes.
A2	Cables multiconductores (manguera) en tubos empotrados en paredes aislantes.
B1	Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrado de obra.
B2	Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrado de obra.
C	Conductores sobre pared o en bandeja no perforada.
D	Cables multiconductores o conductores aislados en montaje enterrado.
E	Cables multiconductores al aire libre (distancia a pared no inferior a $0,3 \times$ diámetro del cable) o en bandeja perforada.
F	Cables unipolares en contacto mutuo, en distancia a pared no inferior a $0,3 \times$ diámetro del cable o en bandeja perforada.
G	Cables unipolares separados un mínimo de D (diámetro del cable).

El cable EPR tiene el mismo tratamiento a la hora del cálculo de la intensidad máxima admisible que el cable XLPE.

Tabla 2.19. Factores de corrección en función de la temperatura ambiente.

	Temperatura ambiente (°C)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
PVC	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,82	0,71	0,58	-	-	-	-
XLPE, EPR	1,26	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55	0,45

Esta tabla de corrientes máximas admisibles se ha realizado para una temperatura ambiente de 40 °C (considerada como temperatura normal) y para un circuito de tipo resistivo. Si estas condiciones cambian se debe aplicar una serie de correcciones.

- **Corrección por temperatura.** Cuando la temperatura es diferente a 40 °C se multiplica la corriente de cálculo por el coeficiente de la Tabla 2.19.

Actividad resuelta 2.3

Corrige la corriente de 25 A, para una instalación compuesta de cableado de XLPE a una temperatura de 50 °C.

Solución:

El factor de corrección para 50 °C en XLPE es de 0,89. Aplicándolo da una corriente de:

$$I = I' \times K = 25 \text{ A} \times 0,89 = 22,25 \text{ A}$$

Este nuevo valor de corriente es el que se debe emplear para la determinación de la sección del cableado.

- **Corrección por número de circuitos.** Cuando por una misma canalización circula más de un circuito se debe aplicar un coeficiente corrector según la tabla 2.20:



NOTA TÉCNICA

La norma por la que se rigen estas características del cálculo de secciones es la UNE 20.460-5-523. A la que hay que recurrir en casos especiales o bien para ampliar los conocimientos.

Actividad resuelta 2.4

Corrige la corriente de 25 A, para una instalación compuesta de dos circuitos en montaje empotrado bajo tubo.

Solución:

- El tipo de instalación corresponde al tipo 1.
- El número de circuitos es de 2.
- Con los datos anteriores y consultando la tabla, se obtiene un coeficiente corrector de 0,8.

Aplicando el factor de corrección da un valor de corriente de:

$$I = I' \times K = 25 \text{ A} \times 0,80 = 20 \text{ A}$$



NOTA TÉCNICA

El cálculo mediante la intensidad máxima admisible es importante en instalaciones con poca longitud del cableado.

Tabla 2.20. Factores de corrección en función del número de circuitos.

Tipo de instalación			Número de circuitos									
			1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Empotrado o embutido en canalización	A1 – A2 B1 – B2	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	
2	Capa única sobre muros o suelos o en bandejas no perforadas	C	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	-	-	-	
3	Capa única en el techo	C	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	-	-	-	
4	Capa única sobre bandeja perforada	E – F	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	-	-	-	
5	Capa única sobre rejilla metálica, soportes o abrazaderas	E – F	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	-	-	-	

- **Caída de tensión máxima admisible.** En todo circuito eléctrico se produce una caída de tensión, debido a la resistencia del cableado. Este criterio limita el voltaje que cae en la línea de transmisión de energía. El valor se puede dar en voltios, aunque es más común facilitar este dato en porcentaje.

Según la instalación sea monofásica o trifásica, las expresiones a emplear son:

$$\text{Monofásica: } S = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{\Delta V \times \gamma} ;$$

$$\text{Trifásica: } S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{\Delta V \times \gamma}$$

$$\text{Monofásica: } S = \frac{2 \times L \times P}{\Delta V \times V \times \gamma} ;$$

$$\text{Trifásica: } S = \frac{L \times P}{\Delta V \times V \times \gamma}$$

Siendo:

S : sección (mm^2).

L : longitud de la línea eléctrica (m).

I : intensidad (A).

V : tensión (V).

γ : conductividad del conductor a la temperatura de servicio ($\Omega \times \text{m}/\text{mm}^2$).

ΔV : caída de tensión máxima permitida (V).

P : potencia activa (W).

$\cos \varphi$: factor de potencia de la instalación.

Actividad resuelta 2.5

Calcula la sección para una instalación trifásica de 15 metros de longitud en cableado de cobre con aislamiento en XLPE (termoestable), que consume una corriente de 40 A a 400 V con un factor de potencia de 0,95. Se permite una caída de tensión máxima del 2 %.

Solución:

Se pasa el porcentaje de la caída de tensión a voltios:

$$\Delta V = \frac{\Delta V \% \times V}{100} = \frac{2 \times 400}{100} = 8 \text{ V}$$

La temperatura de servicio para los aislantes termoestables de 90 °C y la conductividad del cobre a esa temperatura es de $45 \Omega \times \text{m}/\text{mm}^2$.

Y se calcula la sección:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{\Delta V \times \gamma} = \frac{\sqrt{3} \times 15 \times 40 \times 0,95}{8 \times 45} = 2,74 \text{ mm}^2$$

Con este valor se escoge la sección comercial inmediata superior a la obtenida, que en este caso es de 4 mm^2 .

NOTA TÉCNICA

El cálculo mediante la caída de tensión máxima admisible es importante en instalaciones con longitudes del cableado largas.

- **Intensidad de cortocircuito.** En caso de un cortocircuito, como la resistencia de los conductores es muy baja, las corrientes generadas son de muy alto valor. Para el cálculo se admite la expresión:

$$I_{cc} = \frac{0,8 \times U}{R}$$

La resistencia del conductor depende del material y de la longitud de este.

Actividad resuelta 2.6

Calcula la corriente de cortocircuito de una instalación monofásica de 230 V cuya línea presenta una resistencia de 0,06 Ω .

Solución:

$$I_{cc} = \frac{0,8 \times U}{R} = \frac{0,8 \times 230}{0,06} \approx 3,066 \text{ A}$$

2.4. Las envolventes de los cuadros eléctricos

Los cuadros eléctricos que contienen los elementos de mando y maniobra del circuito van protegidos mediante unas envolventes. Esta envolvente también recibe el nombre de **armario eléctrico**.

Según el material de estos cuadros se pueden encontrar de:

- **Material aislante.**
- **Metálicos.** De chapa de acero. Ofrecen mayor robustez mecánica.

Se ofrecen para dos formas de colocación:

- **Mural.** De fijación sobre una pared.
- **De superficie.** Son de mayor tamaño que los de fijación sobre pared. Se apoyan sobre el suelo.



Figura 2.19. Armario mural.



Figura 2.20. Armario de superficie.



Figura 2.21. Armario compuesto de varios módulos.

Entre los armarios de superficie, los hay de unas dimensiones concretas y otros que permiten que se puedan acoplar varios entre sí hasta obtener las dimensiones deseadas. Esta modularidad los hace muy versátiles para grandes instalaciones.

2.4.1. Tipos de armarios eléctricos

Los armarios eléctricos se clasifican en función de la tarea que desempeñan, teniendo tres grupos:

- **Armarios de protección eléctrica.** Son los encargados de la distribución eléctrica y en ellos se encuentran los diferentes elementos de protección (interruptores magnetotérmicos, interruptores diferenciales, etc.). Según las dimensiones o las necesidades de la instalación puede haber varios armarios de protección, creándose una estructura piramidal, donde en la cima se halla el cuadro general de protección y en la base varios cuadros secundarios. Esta compartimentación permite que en el caso de querer aislar una zona, el resto no se vea afectada.
- **Armarios de automatismos.** Son armarios destinados a máquinas o elementos funcionales concretos. Se encuentran en el escalafón más bajo de la distribución eléctrica, ya que en ellos se conectan los receptores.
- **Armarios de medidas.** Son armarios destinados a contener instrumentos de medida, por ejemplo centralización de contadores.



Figura 2.22. Armario de automatismos.

2.4.2. Partes de un armario eléctrico

Partiendo de un armario de un solo módulo, un armario se compone de las siguientes partes:

- **Caja.** Es la envolvente principal y en su interior se encuentra la placa sobre la cual se monta el circuito eléctrico.

Si el armario es de tipo metálico, entonces cuenta con unos bornes de conexión para la puesta a tierra.



Figura 2.23. Armario.



Figura 2.24. Puerta de armario.

- **Puertas.** Es el elemento de cierre del armario. Según la instalación, su frontal se puede mecanizar para colocar en ellos la pulsantería (botones de marcha, paro, emergencias, etc.), y los elementos avisadores o de

supervisión (pilotos de señalización, instrumentos de medida, pantallas, etc.).

- **Tapa pasacables.** Es la tapa inferior del armario. Es desmontable y sobre ella se realiza la entrada del cableado al armario mediante prensaestopas.
- Para evitar el acceso a su interior de personal no autorizado, cuentan con algún sistema de cierre a base de llave.



Figura 2.25. Llaves.



Figura 2.26. Llaves.

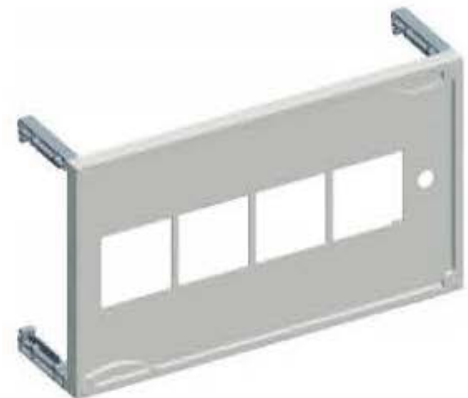


Figura 2.27. Cubrebornes.

- En ciertos casos, están preparados para colocar un **precinto**, como medida para verificar su integridad.
- En algunos cuadros, sobre todo los de protección, puede llevar una placa para **cubrir los bornes**. Cumplen una función de seguridad (impidiendo el acceso a las partes en tensión) y de estética.

En los armarios de gran tamaño:

- El **tejado** permite aumentar la robustez de la parte superior además de facilitar la evacuación de agua o líquidos al estar ligeramente inclinado.
- El **zócalo** permite elevar el armario del nivel del suelo facilitando, entre otras funciones, la entrada y salida del cableado.



Figura 2.28. Zócalo.



Figura 2.29. Cáncamo de elevación.

- Al ser armarios de cierto tamaño y peso, cuenta en las esquinas de la parte superior con unos **cáncamos de elevación**, con el objeto de facilitar su colocación en el lugar deseado.

Existen armarios que en vez de estar formados por una pieza, se componen de un **bastidor** sobre el cual se fijan los revestimientos perimetrales.



Figura 2.30. Bastidor.



Figura 2.31. Bastidor.

En el interior de los armarios, se encuentran:

- La **placa de montaje**, sobre la cual se montan los elementos de control que componen el circuito eléctrico (en el caso de armarios de automatismos) o los elementos de protección y distribución (en el caso de armarios de este tipo).

La placa de montaje puede ser de chapa metálica o de material aislante y puede ser lisa o perforada.



Figura 2.32. Placa de montaje lisa.

- **Chasis de montaje**. Sobre todo en los armarios de protección, el montaje de los elementos del circuito se realiza sobre un chasis en vez de sobre un cuadro. Estos chasis ya cuentan con los carriles fijados a la estructura. Una vez montados y cableados los elementos situados sobre el chasis, se puede introducir en el armario, lo que facilita la ergonomía del montaje.

Sobre la placa de montaje se sitúan los diferentes elementos que la componen:

- **Carril.** Sobre este carril, de ancho normalizado, se sitúan los elementos que componen la instalación. Pueden ser de acero o aluminio y su superficie puede ser lisa o agujereada, lo que facilita su montaje. Este carril se fija a la placa mediante remaches, tornillos o piezas de fijación.



Figura 2.33. Carril.

- **Canales ranuradas o canaletas.** Sobre el interior de estas canales discurre el cableado de la instalación eléctrica. Sus laterales están ranurados con el fin facilitar la entrada de los cables en el interior de la canal (Figura 2.18).
- **Bornes de conexión.** Son los elementos de fijación del cableado de entrada y salida del cuadro eléctrico. Existen varios métodos de conexión, principalmente a tornillo o a presión. Los bornes que se emplean en los cuadros de automatismos tienen un lateral descubierto que se debe tapar en su último terminal por medio de una tapa.



Figura 2.34. Bornes de conexión.



Figura 2.35. Tapa de bornes.

- **Inclinadores de carril.** Los bornes de entrada y salida de la placa del cableado se realizan sobre unos bornes de conexión. Estos bornes se fijan en los carriles. Con el fin de facilitar el conexionado del cableado a los bornes, se colocan unos inclinadores para el carril.
- **Peines de conexión.** Es otro elemento de conexión. Consiste en un conjunto de barras de cobre con un revestimiento aislante, sobre el cual se distribuyen una serie de conexiones. Los hay de dos tipos: para cuadros de protección (permiten mayores corrientes) y para cuadros de automatismos.



Figura 2.36. Peines para cuadros de protección.

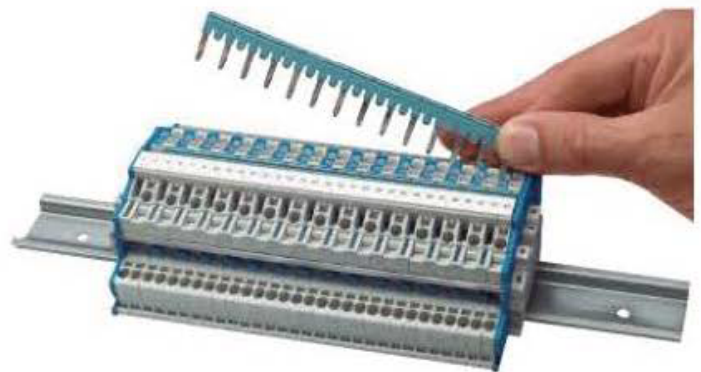


Figura 2.37. Peines para cuadros de automatismos.

- **Pletina de puesta a tierra.** Es un punto común de conexión de todo el cableado de tierra. Desde aquí parten las líneas de tierra hacia los diferentes circuitos.



Figura 2.38. Pletina de tierra.

- **Obturadores.** Son elementos que permiten tapar los huecos libres de las tapas. Cumplen principalmente una función estética a la vez que impiden la entrada de objetos en el interior.

2.4.3. El embarrado

Cuando la alimentación eléctrica de un armario es de cierta potencia, en vez de utilizar un sistema de cableado, se emplea un sistema mediante barras de cobre llamado **embarrado**.

El número de barras que comprende un embarrado depende de las necesidades, así un sistema trifásico con neutro contará con cuatro barras. Las dimensiones de estas barras dependerán de las necesidades de corriente.

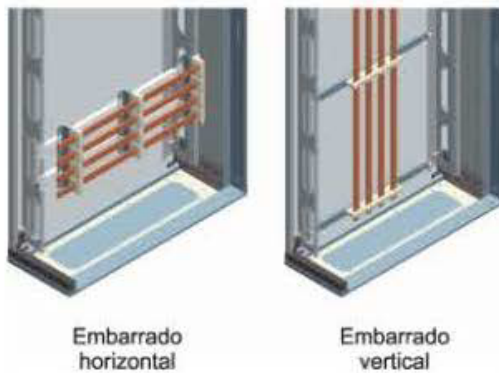


Figura 2.39. Armario eléctrico con embarrado (horizontal y vertical).

Las barras, en la mayoría de los casos, son de cobre desnudo, aunque también pueden ser aisladas. En ambos casos se deben etiquetar para identificar las fases (L1, L2 y L3), el neutro (N) y la protección (PE).

Cuando sea posible, el sistema de embarrado de entrada se colocará en una celda adosada del armario.

2.4.4. La compartimentación

La compartimentación de los armarios eléctricos tiene por objeto su división en unidades según la función a realizar. Esta operación aporta seguridad al disminuir los riesgos eléctricos en las tareas de mantenimiento.

Existen cuatro formas, según normativa:

- Forma 1: sin compartimentación.
- Forma 2: el embarrado separado del resto.
- Forma 3: separación de embarrado y el resto en unidades funcionales.
- Forma 4: separación de embarrado y el resto en unidades funcionales. Se separan también los bornes de entradas y salidas.

2.4.5. Los sistemas de control de la temperatura

Dependiendo del cuadro eléctrico y de su lugar de instalación puede ser necesario incluir algún sistema de ventilación o climatización.

En cuadros muy sencillos no es necesario tomar ninguna medida, pero en algunos se debe contar con algún sistema de control de la temperatura.

El sistema más simple consiste en dotar al cuadro de unas rejillas y es el propio aire que por diferencia de densidades entre el aire caliente y frío produce su movimiento y su renovación a través de dichas rejillas (convección).

Un paso adelante consiste en forzar dicha renovación del aire, para ello se dota al cuadro de unos ventiladores colocados sobre la rejilla. Como los cuadros se sitúan en ambientes industriales, lo normal es que el aire contenga polvo o partículas en suspensión. Con el fin de que dicha suciedad no entre en el interior, las rejillas llevan unos filtros.



Figura 2.40. Rejilla.



Figura 2.41. Rejilla con ventilador.



Figura 2.42. Rejilla con filtro.



NOTA TÉCNICA

No se debe olvidar de realizar un mantenimiento a los filtros de las rejillas de los cuadros eléctricos, para mantenerlos en condiciones óptimas.

El aire que entra en el cuadro debe hacerlo por la parte inferior y la expulsión realizarla por la parte superior, ya que el aire caliente tiende a subir (Figura 2.43).

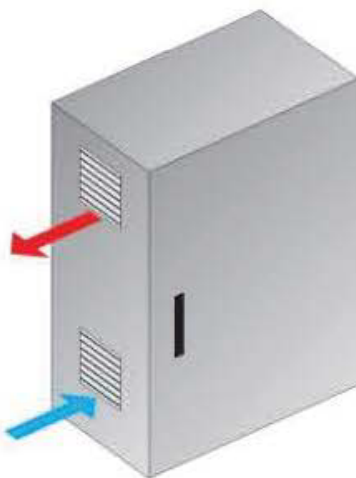


Figura 2.43. Sentido de la circulación del aire.



Figura 2.44. Resistencias calefactoras.

Cuando las condiciones climatológicas del ambiente donde esté situado el cuadro sean de bajas temperaturas, puede producirse en su interior la condensación y formación de agua. En estos casos, se necesita elevar la temperatura en el interior, para ello se dota al cuadro de unas resistencias calefactoras (Figura 2.44) que se colocan en la parte inferior del cuadro.

Para controlar el punto de funcionamiento de los sistemas, se emplean termostatos (Figuras 2.45 y 2.46).



Figura 2.45. Termostato.



Figura 2.46. Termostato.

2.4.6. Otros elementos

Existen una serie de elementos auxiliares que tienen como función mejorar las tareas de mantenimiento.

Todos los armarios eléctricos deben llevar un **portadocumentos**, el cual debe contener, al menos, los esquemas eléctricos y la documentación técnica.

En los grandes armarios, y sobre todo en aquellos que se sitúen en zonas poco iluminadas, se debe dotar de un

sistema de **iluminación interior**, para facilitar las tareas de mantenimiento.

El encendido de la iluminación se puede realizar manualmente mediante algún interruptor o bien de forma automática cuando las puertas se encuentren abiertas.

Otro punto importante, sobre todo en el caso de emplear autómatas programables (por la necesidad de conectar el ordenador para su programación), es el de dotar al armario con una **toma de corriente**.



Figura 2.47. Iluminación y toma de corriente en armario.

2.4.7. Consideraciones técnicas respecto al montaje

A la hora de realizar la planificación y el montaje de los armarios eléctricos, se deben tener en cuenta una serie de consideraciones técnicas respecto a las interferencias electromagnéticas generadas principalmente por motores, lámparas de descarga, etc., que son las siguientes:

- Todas las partes metálicas de la instalación deben unirse entre sí, para crear una masa común y conectarse a tierra.
- Los conductores de potencia deben separarse de los conductores de mando y maniobra, con el objeto de evitar falsas señales por interferencias electromagnéticas.
- En los cuadros con autómatas programables, se evitará en lo posible la iluminación con lámparas de descarga (fluorescentes).
- En los cuadros con autómatas programables de cierto tamaño, se intentará separar el circuito de mando del circuito de potencia.

2.5. Los cuadros de protección en viviendas

Todas las viviendas disponen de un cuadro en el cual se instalan los elementos de protección que necesita una vivienda. Este cuadro se llama **cuadro general de mando y protección** (CGMP). La manera en cómo está compuesto y cuáles son sus características vienen fijados por el REBT.

NOTA TÉCNICA

Las características de las instalaciones interiores de viviendas vienen determinadas en el REBT en el capítulo V, ITC – 25, 26 y 27.

2.5.1. Los grados de electrificación

Los grados de electrificación determinan la potencia de la vivienda y el número de circuitos. Así, se tienen dos niveles:

- **Electrificación básica.** La potencia mínima a contratar es de 5.750 W, con dos escalones de potencia. Consta de un mínimo de 5 circuitos
- **Electrificación elevada.** Parte de una potencia mínima de 9.750 W y cuenta con tres escalones de potencia. Prevé la instalación de aire acondicionado, calefacción eléctrica, secadora, automatización, gestión de la energía, etc. También cuentan con esta electrificación todas aquellas viviendas con una superficie superior a 160 m².

Tabla 2.21. Grados de electrificación.

Grado de electrificación	Potencia (W)
Electrificación básica	5.750
	7.360
Electrificación elevada	9.200
	11.500
	14.490

2.5.2. Elementos del cuadro general de mando y protección

Al cuadro general de mando y protección le llega la corriente eléctrica a través de la derivación individual (DI) que parte desde la centralización de contadores.

En el CGMP, se instalan los elementos de protección a los cuales se conectarán los receptores eléctricos de la vivienda mediante circuitos independientes.



Figura 2.48. Cuadro general de mando y protección (CGMP).

Consta de los siguientes elementos:

- Un **interruptor de control de potencia (ICP)**. Es un interruptor automático de tipo magnetotérmico que obliga a instalar la compañía suministradora de energía, para controlar la potencia contratada. Cada vez que dicho valor se sobrepasa, el ICP actúa desconectando la instalación. Se encuentra, en primer lugar, separado del resto de elementos y precintado.
- Un **interruptor general automático (IGA)**. Es el magnetotérmico general de la vivienda. Es de corte omnipolar, con lo cual corta tanto la fase como el neutro. Su calibre depende del grado de electrificación.

Tabla 2.22. Calibre del IGA en función de la electrificación.

Grado de electrificación	Potencia (W)	IGA (A)
Electrificación básica	5.750	25
	7.360	32
Electrificación elevada	9.200	40
	11.500	50
	14.490	63

- Uno o varios **interruptores diferenciales (ID)**. Es un elemento de protección contra los contactos indirectos, y por tanto es un elemento de protección para las personas. El calibre del interruptor diferencial debe ser mayor o igual al calibre del interruptor magnetotérmico general y su sensibilidad debe ser de un

máximo de 30 mA. Se instala un interruptor diferencial por cada cinco circuitos.

Calibre: ID \geq IGA

- Un **interruptor automático magnetotérmico (PIA)** por cada circuito. Es de corte omnipolar y desde estos magnetotérmicos parte el cableado para cada circuito de la vivienda.
- Un elemento de **protección contra sobrecargas**. En las zonas geográficas propensas a descargas eléctricas atmosféricas, se instalan unos elementos para este tipo de protección contra sobretensiones.

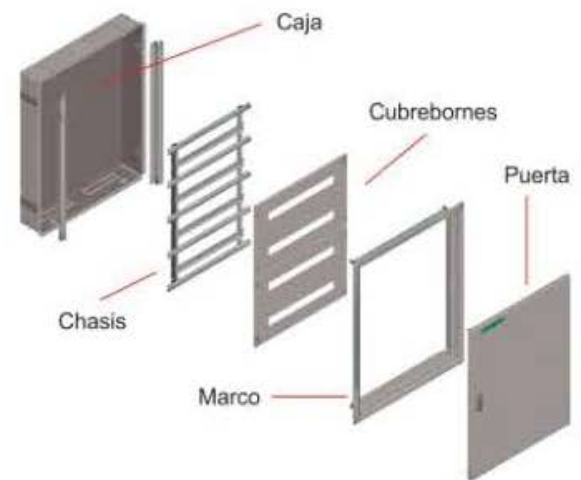


Figura 2.49. Partes de un cuadro de protección.

2.5.3. Electrificación básica

La electrificación básica consta de los siguientes circuitos:

Tabla 2.23. Circuitos y sus características de la electrificación básica.

Electrificación básica			
Círculo	Descripción	PIA	Cableado
C1	Iluminación	10 A	1,5 mm ²
C2	Tomas de corriente de uso general y frigorífico	16 A	2,5 mm ²
C3	Cocina y horno	25 A	6 mm ²
C4	Lavadora, lavavajillas y termo	20 A	4 mm ²
C5	Tomas de corriente de los cuartos de baño y cocina	16 A	2,5 mm ²

El circuito C4, destinado a lavadora, lavavajillas y termo eléctrico se puede desdoblarse en tres elementos, quedando:

Tabla 2.24. Desdoble del circuito C4, lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.

Circuito	Descripción	PIA	Cableado
C4	Lavadora	16 A	2,5 mm ²
	Lavavajillas	16 A	2,5 mm ²
	Termo eléctrico	16 A	2,5 mm ²

En este caso se tienen siete interruptores magnetotérmicos pero se siguen teniendo cinco circuitos, por tanto solo se instala un interruptor diferencial (Figura 2.50).

2.5.4. Electrificación elevada

En la electrificación elevada se necesitan, además de los cinco circuitos de la electrificación básica, los siguientes circuitos de la Tabla 2.25:

Tabla 2.25. Circuitos y sus características de la electrificación elevada.

Electrificación elevada			
Circuito	Descripción	PIA	Cableado
C6	Circuito adicional a C1, por cada 30 puntos de luz	10 A	1,5 mm ²
C7	Circuito adicional a C2, por cada 20 tomas de corriente o si la vivienda es superior a 160 m ²	16 A	2,5 mm ²
C8	Calefacción eléctrica	25 A	6 mm ²
C9	Aire acondicionado	25 A	6 mm ²
C10	Secadora	16 A	2,5 mm ²
C11	Sistema de automatización, gestión de energía y seguridad	10 A	1,5 mm ²
C12	Circuito adicional a C3, C4, C5		

NOTA TÉCNICA

Aunque el C4 se desdoble, sigue siendo un único circuito. Recuerda que un PIA no significa que sea un circuito.

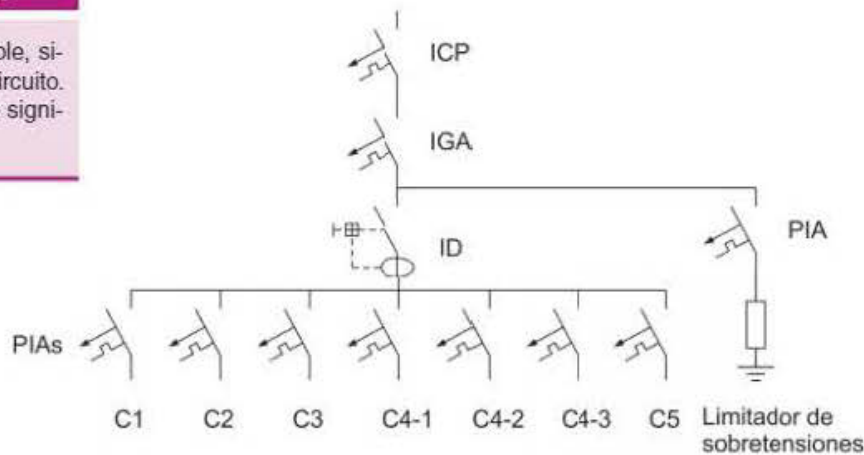


Figura 2.50. Esquema eléctrico de la electrificación básica con C4 desdoblado.

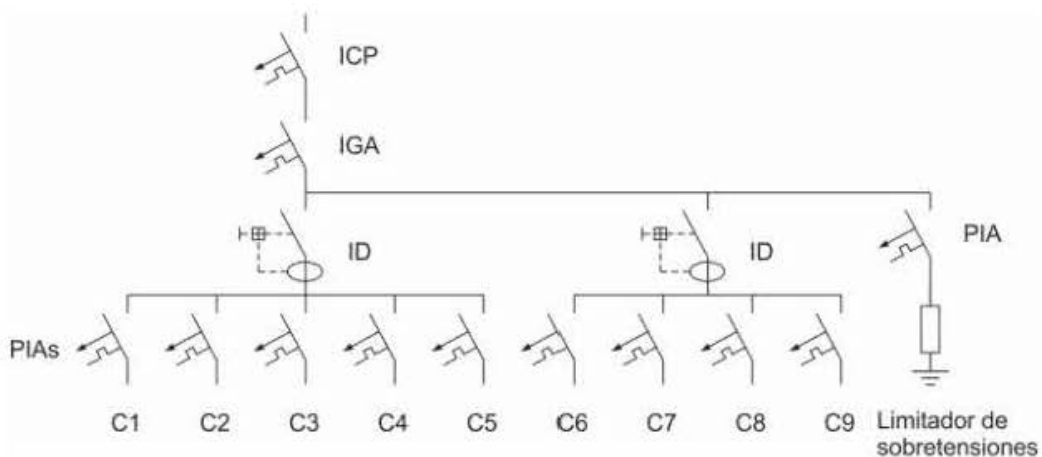


Figura 2.51. Esquema eléctrico de la electrificación elevada de nueve circuitos.

El número de interruptores diferenciales a instalar será de, al menos uno por cada cinco circuitos, por tanto se instalarán más de dos interruptores diferenciales.

2.6. El mecanizado de cuadros eléctricos

El mecanizado del cuadro eléctrico es el conjunto de operaciones mecánicas necesarias para preparar el cuadro para albergar todos los elementos en las posiciones deseadas.

Son, principalmente, las operaciones de:

- Preparar la placa de montaje (cortar y colocar las canales y el carril).
- Realizar las operaciones de corte y taladrado en la superficie del armario para colocar la pulsantería, elementos de señalización, etc.
- Realizar las operaciones de colocación de las rejillas de ventilación.
- Realizar los agujeros para los prensaestopas del cableado de entrada/salida.

2.6.1. Las herramientas de medida

El primer paso a la hora de realizar el mecanizado de las diferentes partes que compondrán el armario empieza con las tareas de medición. Entre las herramientas necesarias están:

- **Flexómetro.** También llamado metro. Es una cinta metálica enrollada en un carrete.
- **Calibre o pie de rey.** Es un aparato de medición más preciso que el metro.



Figura 2.52. Flexómetro.



Figura 2.53. Pie de rey.

2.6.2. Las herramientas de trazado y marcado

Antes de empezar a realizar las operaciones de mecanizado, con la ayuda de las herramientas de medida, se realiza la planificación del lugar donde se realizarán estas. Para esta labor, las herramientas a emplear son:

- **Regla.** Permite trazar líneas rectas.
- **Escuadra.** Permite trazar líneas perpendiculares.
- **Compás.** Permite trazar círculos.
- **Puntas de trazar.** Es un objeto puntiagudo metálico que permite marcar sobre las superficies metálicas.
- **Lápiz.** Permite realizar marcas sobre las superficies no metálicas, por ejemplo los cuadros de poliéster.
- **Granete.** Objeto puntiagudo que con la ayuda de un martillo permite marcar puntos. Se emplea para marcar los puntos donde se realiza un taladro.



Figura 2.54. Escuadra.



Figura 2.55. Compás.



Figura 2.56. Puntas de trazar.



Figura 2.57. Granete.

2.6.3. Las herramientas de corte

Muchas de las piezas de partida se deben cortar para adaptarlas a unas medidas específicas, para ello se emplean:

- **Sierra manual.** Es la sierra de arco con la cual se realiza la operación de aserrado.
- **Sierra de calar.** Es la versión automática de la sierra manual. Consta de una hoja de sierra que se mueve en vaivén realizando el corte.



Figura 2.58. Sierra manual.



Figura 2.59. Sierra de calar.

- **Sierra radial.** Consta de un disco abrasivo, el cual, por medio de la rotación y en contacto el canto del disco con el objeto, realiza el corte.
- **Sierra angular.** Es una sierra radial, apoyada en una columna sobre la cual se puede fijar un ángulo de corte.
- **Ingleteadora.** Es un elemento que tiene unas ranuras a 45°, y por medio de la sierra manual, realiza cortes a ese ángulo.



RECUERDA

Se debe emplear gafas protectoras con las herramientas de corte, por la posible proyección de partículas generadas en el corte.



Figura 2.60. Sierra radial.



Figura 2.61. Sierra angular.

2.6.4. Las herramientas de taladrado

Son las herramientas encargadas de realizar agujeros a un diámetro dado.

- **El taladro de pie.** Es una taladradora apoyada en una columna.
- **El taladro de mano.** Es una versión muy ligera de la taladradora.



Figura 2.62. Taladro de mano.



Figura 2.63. Taladro de columna.

**RECUERDA**

Se deben emplear brocas adecuadas al material a taladrar.

**NOTA TÉCNICA**

Para realizar agujeros de cierto tamaño con precisión, se puede realizar taladros previos de una sección menor e ir cambiando el diámetro de broca paulatinamente.

- **Broca escalonada.** También llamada fresa. Es una broca que cuenta con varios escalones fijos de diámetro. Se emplea con la taladradora y consiste en ir pasando de escalón en escalón hasta llegar al diámetro deseado.



Figura 2.64. Broca escalonada.

- **Corona.** Es una hoja de sierra de forma circular que se adapta a una taladradora. Permite hacer agujeros de un tamaño superior al que se podría conseguir con las brocas.
- **Punzonadora.** También llamada sacabocados. Es un conjunto formado por dos piezas. Se realiza un agujero previo y a través de este se introduce un eje con rosca de una de las piezas. Sobre esta rosca se coloca la otra pieza y se procede a roscar ambas. Mediante la presión ejercida conforme se va roscando, se produce un corte por cizallamiento siendo muy limpio, preciso y sin rebabas. Las punzonadoras pueden ser automáticas o manuales (en este caso se necesitaría un par de llaves para roscar el sacabocados). Existen en el mercado sacabocados de diferentes diámetros.



Figura 2.65. Corona.



Figura 2.66. Punzonadora o sacabocados para chapa.

**NOTA TÉCNICA**

Para realizar los agujeros donde se colocarán la pulsantería y los pilotos de señalización, el empleo de un sacabocados de 22 milímetros facilita y agiliza la tarea.

2.6.5. Las herramientas de acabado

En las operaciones de corte se originan rebabas que se deben eliminar, además en estas operaciones se debe terminar con un acabado fino y uniforme. Para ello, se emplean:

- **Limas.** Son elementos compuestos por un cuerpo de forma rugosa, el cual por medio de la acción de roza-

miento produce el desbaste del material. En función de la rugosidad o **picado**, se arranca más o menos material por pasada.

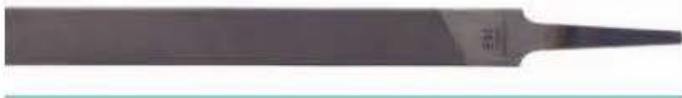


Figura 2.67. Lima.

2.6.6. Las herramientas de fijación

Muchas de las piezas se deben unir con otras. Existen varias técnicas de unión, pero las empleadas con los cuadros eléctricos son:

- **Remachadora.** Consiste en realizar un agujero de igual diámetro entre las piezas a unir y por medio de una remachadora se aplica un remache. Un remache es un espárrago con una cabeza, al cual se le aplica una fuerza de compresión deformando la cabeza del remache y provocando la unión. El espárrago sobrante se corta en la misma operación de remachado. Produce uniones fijas.



Figura 2.68. Remachadora.



Figura 2.69. Macho de roscar.

- **Atornillado.** Operación que consiste en unir dos piezas mediante un tornillo. Este tornillo puede ser a roscachapa o mediante tuerca. Produce uniones desmontables.

- **Roscado.** Consiste en realizar la rosca sobre una superficie metálica, evitando el uso de tuercas. Se realiza un agujero previo y sobre este, y por medio de un macho de roscar, se genera la rosca.

NOTA TÉCNICA

Para realizar la rosca se emplean tres machos de roscar, de los cuales el primero inicia la rosca, el segundo arranca la mayoría del material y el tercero produce el acabado final de la rosca.

2.6.7. Las herramientas de montaje

De índole eléctrica, se tienen:

- **Destornillador.** Es la herramienta principal del técnico. Se emplea principalmente para fijar el cableado a los elementos que componen la instalación. Hay de varios tamaños y de distintas formas de la punta.



Figura 2.70. Destornilladores.

- **Alicates.** Se emplean para sujetar (alicates universales) y cortar cableado (alicates de corte).



Figura 2.71. Alicates universales.



Figura 2.72. Alicates de corte.

- **Pelacables.** Su objetivo es eliminar el aislamiento de los conductores.
- **Crimpadora.** Una vez el cable pelado, se introduce en unas punteras metálicas y por medio de la crimpadora se fijan ambas partes.



Figura 2.73. Crimpadora.



Figura 2.74. Martillo.

De índole mecánica, se tienen:

- **Martillo.** De uso esporádico, principalmente en las operaciones de marcado con el granete.
- **Juego de llaves** (fijas, Allen, Torx, etc.). Es un conjunto de llaves de diferentes medidas y formas. Se utilizan en operaciones de fijado de algunos elementos.

2.7. Fases del montaje

El montaje de un cuadro eléctrico abarca varias fases:

1. El técnico recibe la **orden de trabajo** junto con la documentación (esquemas eléctricos, distribución topográfica, lista de materiales, etc.). Lo verifica y comprueba.
2. Se dirige al **almacén de materiales** y hace acopio de estos.
3. Con los materiales procede a **comprobar la distribución** en el cuadro. Verifica su ubicación y comprueba que hay espacio suficiente de reserva para posibles ampliaciones. Los elementos pesados

se colocarán, siempre que sea posible, en la parte inferior. En caso contrario se reforzará su lugar de ubicación.

NOTA TÉCNICA

Se debe dejar en los cuadros eléctricos un espacio de reserva para posibles modificaciones en el futuro sobre el cuadro. De esta manera se facilita el mantenimiento y mejora de las instalaciones.

4. Si el armario viene desmontado, se **monta el bastidor**, dejando sin acoplar las puertas y laterales.
5. Se procede al **mecanizado** del armario:
 - Se realizan las marcas que servirán de inicio del mecanizado (con el granete se marcarán los puntos de taladrado, con la regla y las puntas de trazar se marcará el perímetro de las superficies a cortar, etc.).
 - Se realizan los agujeros para el interruptor general.
 - Se realizan los cortes para la ubicación del sistema de ventilación (rejillas).
 - Se realizan los cortes para la ubicación de las pantallas o paneles (HMI).
 - Se realizan los agujeros con el sacabocados para la pulsantería y los pilotos de señalización.
6. Si el cuadro cuenta con **embarrado**, se preparará, midiendo las barras de cobre y cortándolas. Posteriormente se fijarán y se marcarán.
7. Con la placa de montaje sobre la mesa de trabajo (si es un cuadro pequeño) se procede a medir y marcar la distribución de las **canales ranuradas** por las que discurrirá el cableado. Se **cortan** en ángulo recto las necesarias y las que van en las esquinas se cortan a inglete de 45°.
8. Una vez cortadas se comprueban sobre la placa de montaje, se taladran y se **fijan** mediante remaches.

NOTA TÉCNICA

Para asegurarse de que no se van a mover las piezas largas durante el montaje (de canales o de los carriles) se taladra y se fija con remache uno de los extremos. Se procede igual con el otro extremo. Y por último con los puntos intermedios. Una vez fijada la pieza inicial, a partir de esta se fijan las demás.

9. A continuación se miden los **carriles DIN** y se cortan (por ejemplo, con la sierra radial) y se liman las superficies de corte para eliminar las rebabas. Si el carril es perforado se marca por donde se fijará a la placa de montaje y si el carril es liso se realizarán los taladros y se fijarán a la placa de montaje mediante remaches.
10. Con los carriles y las canales fijadas, se procede a **colocar** los diferentes elementos sobre la **placa de montaje** (aparamenta, bornes de conexión, etc.).
11. Se inicia la **colocación del cableado**. Se pelan las puntas y se colocan las punteras. Se les dejará una longitud suficiente y holgada. Se conectan a los diferentes elementos eléctricos. Una vez atornillado al dispositivo eléctrico, se comprobará su correcta unión dándole un pequeño tirón. Es una fase importante, pues una mala conexión puede dar lugar a averías e incluso accidentes graves si se suelta un cable en tensión.

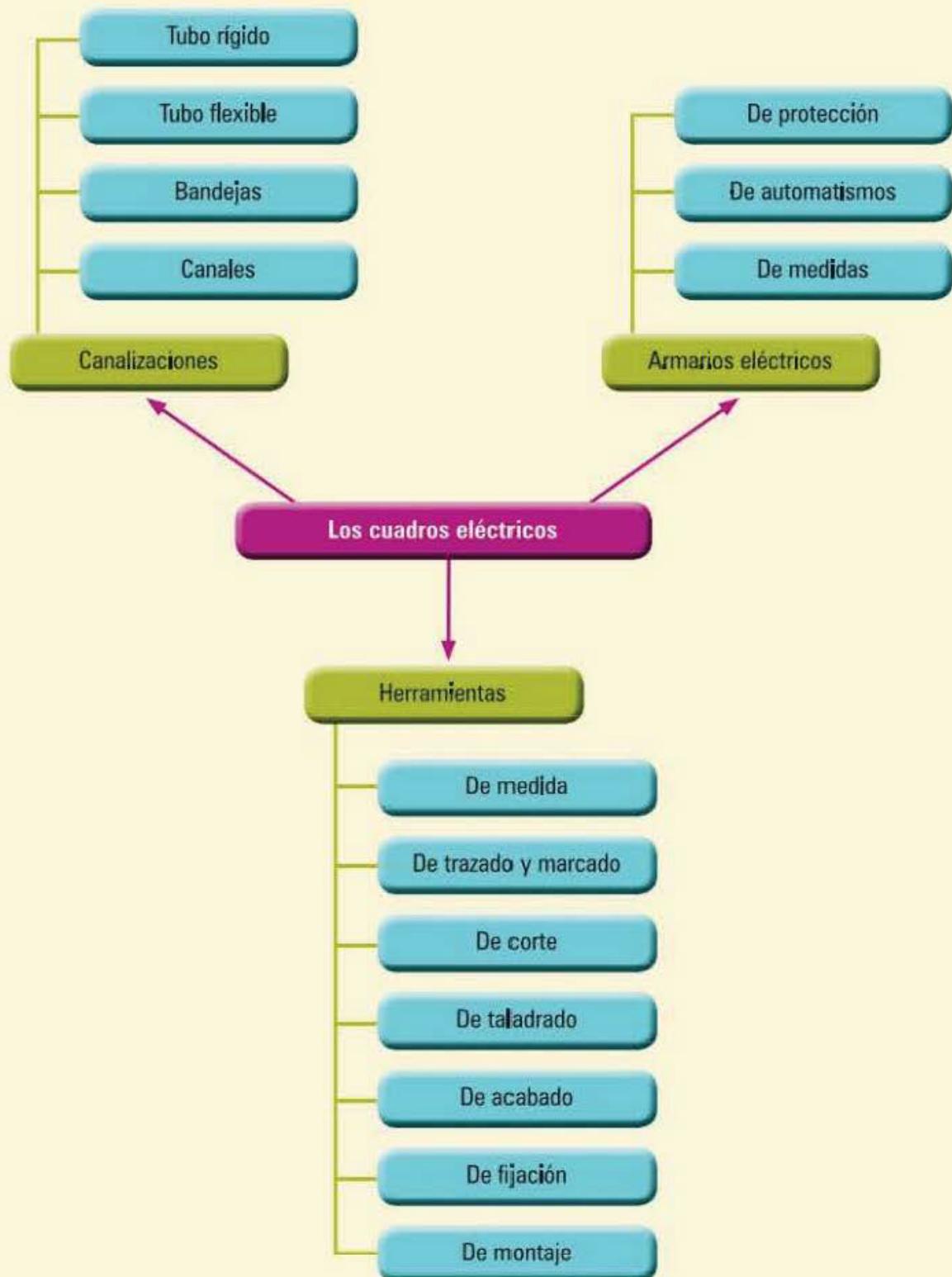
El cableado que va hacia los elementos externos de la placa de montaje, pero perteneciente al armario, se cablea dejando ese extremo sin conexión de momento. Se debe dejar suficiente longitud de cable.
12. Una vez terminada esa fase de cableado se **verifica** con el multímetro el correcto y completo conexionado del cableado.
13. Se colocan los **elementos de las puertas y laterales** (pulsadores, pilotos de señalización ventiladores, sistema de iluminación, etc.).



NOTA TÉCNICA

Siempre se debe trabajar con los esquemas eléctricos delante y seguir un orden para evitar que se nos pase la conexión de algún cable. Por ejemplo, empezar a cablear primero el esquema de fuerza, cablear por columnas según los esquemas, etc.

14. Se montan las **partes** que estaban separadas del armario (puertas, laterales, etc.). Y se introduce la placa de montaje en su interior, fijándola.
15. Se termina de realizar las **conexiones** entre el cuadro y los elementos de las puertas y laterales. Este cableado se fija entre sí utilizando bridas o espirales y se ancla para que no quede suelto por medio del armario.
16. Se colocan los elementos **identificativos** de las partes del cuadro. Se procede, además, a marcar el bornero identificando con etiquetas que se acoplan al bornero cada borne.
17. Se coloca la **tapa** de entrada y salida del cableado a través de sus prensaestopas.
18. Se **prueba** en tensión el circuito.
19. Se añade el portadocumentos junto con la **documentación técnica** y se embala el cuadro listo para su ubicación.



Actividades de comprobación

- 2.1. Un cable tetrapolar está formado por:
- Dos conductores.
 - Tres conductores.
 - Cuatro conductores.
 - Cinco conductores.
- 2.2. Un conductor cuyo aislante es de color azul, indica que:
- Es un conductor de fase.
 - Es un conductor de neutro.
 - Es un conductor de protección.
 - Es un conductor de positivo.
 - Es un conductor de negativo.
- 2.3. Un conductor cuya designación de aislante termina por 2 X 4, indica:
- Está compuesto por dos conductores de fase más el neutro y el de protección.
 - Está compuesto por el conductor de fase más el neutro.
 - Está compuesto por ocho conductores
 - Tiene una sección de 2 mm² cada conductor y la manguera de 4 mm de diámetro.
- 2.4. Un prensaestopas es un elemento destinado a:
- Fijar las canalizaciones en los cuadros eléctricos, asegurando su grado de estanqueidad.
 - Es un elemento de cierre y precinto que se coloca en los cuadros eléctricos con el fin de asegurar que el cuadro no ha sido manipulado por personal no autorizado.
 - Es el elemento de unión entre tubos protectores, puede ser a rosca o por inserción.
 - Es la máquina que, mediante una prensa, se encarga de doblar los tubos metálicos para generar las curvas de cambio de dirección en el tendido de las conducciones eléctricas.**
- 2.5. Las bandejas metálicas tipo escaleras:
- Son las empleadas con preferencia cuando se produce un cambio de nivel a diferente altura.
 - No necesitan conectarse a tierra, puesto que están formadas por barras y no por chapas.
 - Están compuestas por chapas perforadas con grandes huecos.
 - Son las más ligeras en peso de todas las bandejas metálicas.
- 2.6. ¿Cuál de las siguientes medidas no está normalizada como diámetro exterior de tubo protector?
- 16 mm.
 - 30 mm.
 - 40 mm.
 - 50 mm.
- 2.7. El embarrado es:
- El conjunto de barras que forman el bastidor en los grandes armarios que se sirven desmontados.
 - Las barras que forman el zócalo donde se apoyará el armario sobre el suelo, son barras de gran sección puesto que debe soportar todo el peso de la estructura.
 - Es la barra de carril sobre la cual se sitúa el borneo de salida y el borneo de entrada del cableado del cuadro eléctrico.
 - Las líneas de distribución de la corriente eléctrica en forma de pletinas de cobre, generalmente, desnudo.
- 2.8. El portadocumentos:
- Es opcional en cuadros grandes.
 - Es opcional en cuadros pequeños pero recomendable en cuadros grandes.
 - Es opcional en cuadros pequeños pero obligatorio en cuadros grandes.
 - Es obligatorio en todos los cuadros.
- 2.9. El granete se emplea para:
- Trazar líneas sobre una superficie metálica.
 - Marcar el punto donde se realizará un taladro.
 - Medir objetos de pequeño tamaño.
 - Marcar líneas a 45 grados que servirán de guía para posteriormente cortarse.
- 2.10. El sacabocados es una herramienta destinada a:
- El corte de cables de gran sección.
 - Eliminar los remaches mal colocados.
 - Realizar agujeros.
 - Realizar roscas en agujeros.
 - Es un elemento de unión mediante remaches.

■ Actividades de aplicación

- 2.11.** ¿Cuáles son los tipos de cables en función del número de conductores?
- 2.12.** ¿Cuáles son los diferentes tipos de aislantes eléctricos utilizados en el cableado eléctrico?
- 2.13.** Describe el cableado cuya designación es:
- a) Cable: H07RN-K1X25.
 - b) Cable: ES05VV-F3G1.
 - c) Cable: H05RC4Z1-K4G1,5.
- 2.14.** ¿Cuáles son los tipos de tubos flexibles?
- 2.15.** ¿Cuáles son los diferentes tipos de bandejas metálicas empleadas en las canalizaciones eléctricas?
- 2.16.** Indica los tipos de montajes para el tendido de cables eléctricos.
- 2.17.** ¿Cuáles son los métodos de cálculo de sección y en qué criterio se basan?
- 2.18.** Define los calibres de los elementos de protección para una vivienda de 7.360 W.
- 2.19.** Cita las herramientas que conozcas para las tareas de trazado y marcado para el trabajo de mecanizado de los cuadros eléctricos.
- 2.20.** ¿Qué herramientas te permiten realizar agujeros en el mecanizado de los cuadros eléctricos?

■ Actividades de ampliación

- 2.21.** Busca por internet fabricantes de cables y observa los diferentes tipos comerciales que existen.