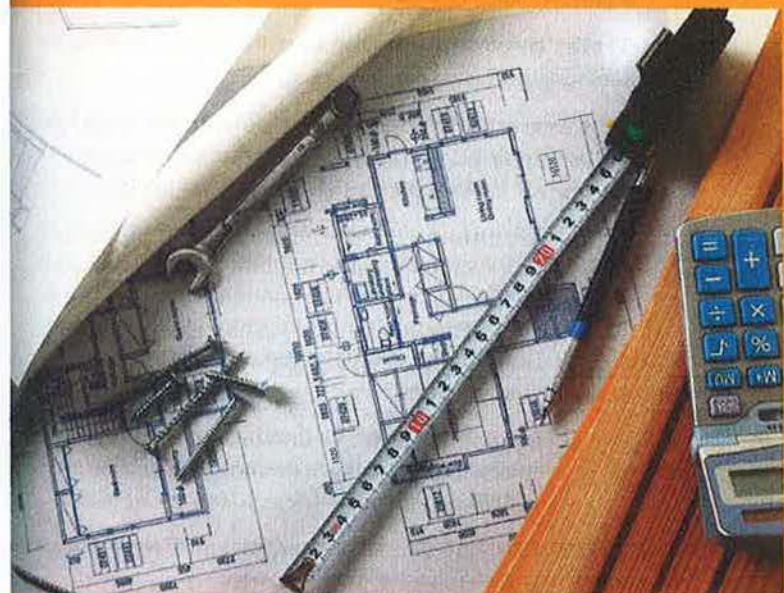


# Representación gráfica y dibujo industrial

# 3



Para poder realizar la preinstalación y posterior montaje y puesta en marcha de una instalación eléctrica, es necesario saber reconocer e interpretar los planos y esquemas eléctricos que se faciliten, así como entender la simbología para poder ubicar los componentes de cada circuito adecuadamente.

Es necesario que el instalador electricista tenga amplios conocimientos sobre la simbología eléctrica, la interpretación de planos eléctricos y la confección de esquemas. Asimismo, para poder llevar a cabo las tareas de mecanizado que serán analizadas en unidades posteriores, será también necesario conocer unas nociones básicas sobre dibujo industrial.

En esta unidad aprenderemos a realizar e interpretar de una manera sencilla los planos, los esquemas y las representaciones más utilizados en las instalaciones eléctricas, tras una breve introducción al dibujo industrial.

## Contenidos

- 3.1. Fundamentos del dibujo industrial
- 3.2. Gestión de la documentación gráfica
- 3.3. Representación de planos de edificación y obra civil
- 3.4. Representación de los circuitos eléctricos
- 3.5. Planos representativos de las instalaciones electrólicas

## Objetivos

- Introducirnos al dibujo industrial.
- Identificar los principales procesos de representación.
- Conocer los diferentes planos y posibles representaciones de las instalaciones eléctricas.
- Saber interpretar adecuadamente los esquemas y planos eléctricos.
- Aprender a gestionar adecuadamente la documentación gráfica.

## 3.1. Fundamentos del dibujo industrial

La representación industrial consiste en dibujar las piezas y objetos para conocer en detalle sus dimensiones y singularidades. Actualmente, para llevar a cabo esta tarea se utilizan programas informáticos para la elaboración de planos, con las grandes ventajas que esto supone en cuanto a modificaciones posteriores, trazado de diferentes partes de una pieza compleja mediante capas en las que se selecciona exclusivamente la parte que se desea visualizar, ya sea en pantalla o en soporte papel, y muchas otras opciones que facilitan al técnico la tarea de analizar y entender fácilmente el objeto delineado.

Toda la representación de un dibujo industrial está normalizada, debiendo utilizar siempre unas reglas y técnicas de delineación concretas.

En el dibujo técnico industrial existen numerosas pautas de normalización, pero a continuación se describen las más comunes relacionadas con la realización de esquemas y circuitos electrotécnicos:

- Norma UNE-EN ISO 5457, sobre formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.
- Norma UNE-EN ISO 3098, sobre escritura en la documentación técnica de productos.
- Norma UNE-EN ISO 128 y UNE 1032, sobre principios generales de presentación de dibujos técnicos.
- Norma UNE 1039, sobre principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales de acotación.
- Norma UNE-EN ISO 7519, sobre principios generales de representación para distribuciones generales y dibujos de conjunto y construcción.

Tras reconocer las disposiciones legales aplicables al proceso de representación gráfica a ejecutar, el siguiente paso será seleccionar la solución adecuada. A la hora de representar cualquier objeto utilizando métodos gráficos, será necesario distinguir entre las diferentes posibilidades respecto a trazos, grosores, vistas, escalas, etc., que quedarán definidas a continuación.

### 3.1.1. Trazos y grosores

Para representar un objeto relacionado con el entorno industrial, se emplean diferentes tipos de líneas, que se caracterizan por su grosor y forma de trazo. Cada una de ellas se emplea para diferentes partes del plano o esquema y se detallan a continuación.

### Tipos de trazos

- **Trazos continuos:** sirven para representar las partes vistas de las piezas u objetos a representar tales como contornos vistos y aristas vistas. Se emplean también en planos de detalle en los que se representan secciones vistas o roturas de piezas aclarando lo que se ve en su interior. Acompañados de flechas relacionadas con una magnitud lineal, sirven para acotar, señalando las dimensiones de cada una de las partes del objeto representado para que su interpretación sea única. También son utilizados en líneas de proyección, líneas de referencia, rayados, contornos de secciones abatidas y ejes cortos.
- **Trazos discontinuos:** son aquellos que están representados por:
  - **Raya-espacio-rraya:** se suelen emplear para representar partes de piezas que por su posición en las que están representadas, aparecen ocultas.
  - **Raya-punto-rraya:** se emplean para representar ejes de revolución, cuya función es representar la posición del centro de circunferencias y curvas similares mostrando ejes de revolución y de simetría. También se emplean para representar trazas de plano de corte.
  - **Raya y doble punto:** se utilizan para representar posiciones intermedias y extremos de piezas móviles, centros de gravedad, trayectorias y similares.
- **Trazos en zigzag:** son líneas rectas con zigzag intermedio. Se utilizan para indicar cortes.
- **Trazos a mano alzada:** se realiza este tipo de trazo cuando se quiere indicar los límites de vistas, cortes parciales y cortes interrumpidos.



Figura 3.1. Diferentes tipos de líneas según su trazo.



Figura 3.2. Prioridades en caso de coincidencia de líneas en un dibujo técnico.

## Grosores de las líneas

Según los grosores de las líneas, estas pueden ser gruesas o finas, y además depender de las dimensiones del plano.

Cuando en un dibujo coexisten líneas gruesas y finas, la **relación del grosor entre ellas ha de ser superior a 2**. Es decir, si se utiliza un grosor de 0,7, no se puede utilizar para líneas finas 0,5, ya que  $0,7 / 0,5 = 1,4$ . Se utilizará, por ejemplo, 0,35 o inferior, ya que  $0,7 / 0,35 = 2$ .

Los grosores de las líneas deben utilizarse según las dimensiones o tipo de representación gráfica entre la gama de las siguientes anchuras de líneas normalizadas dadas en mm:

Tabla 3.1. Grosos normizados de líneas (en mm).

0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
------	------	------	-----	-----	---	-----	---

- **Grosor 0,7 a 0,9 mm: para partes vistas y secciones**

Se emplea para delimitar la forma que tiene la pieza representada. Se utiliza el grosor más ancho posible ya que indica el contorno.

En las partes seccionadas de la pieza, se trazan líneas a ángulos de 30°, 45° o 60° para indicar las partes de material que tienen en común las dos partes separadas, como si se cortase con un cuchillo.

También, se utilizan para representar diferentes tipos de rayado según el material. Por ejemplo, para el caso del **cobre**, muy utilizado en los componentes para automatismos industriales, se representa alternando líneas continuas y discontinuas en su sección:

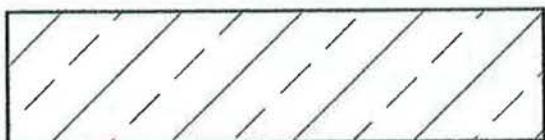


Figura 3.3. Representación del material cobre en una sección de una pieza.

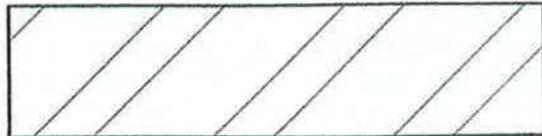


Figura 3.4. Representación del material acero en una sección de una pieza.

- **Grosor 0,3 a 0,5 mm: para líneas de centros y líneas ocultas**

Si son líneas discontinuas, pueden representar partes ocultas del dibujo o líneas de centros y de ejes de simetría.

En caso de ser continuas de este grosor, siempre que las líneas vistas y secciones utilicen anchuras superiores, se emplean para la acotación de cada una de las singularidades de la pieza representada.

- **Grosor 0,3, 0,5 o 0,7 mm: para líneas de roturas**

Son líneas que se emplean para indicar que una parte de la pieza no se representa. Si el objeto es recto, se representa con una línea en forma de Z. En caso de cortes en piezas redondas, esta línea toma la forma de S.

## 3.1.2. Procesos y técnicas de croquizado

Los objetos, las piezas y los sistemas asociados al entorno eléctrico y de los automatismos industriales pueden ser representados de diferentes maneras, entre las que destacan: el plano, el esquema, el croquis y el boceto técnico.

- Un **boceto técnico** es una representación a mano alzada sin detallar demasiado la pieza u objeto a representar.
- Un **croquis** es un dibujo muy parecido al boceto, ejecutado sin la ayuda de instrumentos, en el que se realiza una anotación rápida y básica de lo esencial. Es un dibujo en el que se intenta respetar las proporciones y la escala, pero al hacerse sin instrumentos, no posee la precisión suficiente para realizar medidas sobre él y por supuesto no debe ceñirse de manera estricta al resultado final.
- Un **plano** es una representación gráfica llevada a cabo de forma precisa. Se utilizan acotaciones y los utensilios de dibujo necesarios, usando siempre la simbología convencional de representación. No debe contener tachaduras o dibujos superpuestos, y siempre se realiza a escala para que guarde proporción con la realidad.
- Un **esquema** se podría definir como la representación intermedia entre el croquis y el plano. Es lo más común para representar instalaciones eléctricas.

Puesto que el croquis consiste en un dibujo rápido y sencillo que aporta los datos suficientes relativos a la forma definitiva del objeto, debe ser siempre realizado a mano alzada, pero guardando un rigor con la pieza representada.

Este método gráfico es considerado como un boceto que ofrece unas pautas previas de lo que se desea representar, sin entrar en detalles, usando el mínimo de trazos posible. Al realizarse a mano alzada no se sigue escala alguna, aunque debe respetarse en lo posible la proporción en las medidas. Suele ejecutarse sin hacer uso de colores y de forma lineal.

Antes de elaborar un croquis es necesario seguir las siguientes pautas:

- 1. Análisis de la pieza:** antes de comenzar el croquis hay que analizar detenidamente el elemento a representar, realizando una imagen mental de sus partes y sus detalles.

- 2. Elección de las vistas, secciones, cortes o perspectivas a realizar:** se determinan las vistas mínimas, necesarias y suficientes para representar correctamente la pieza, estimando adecuadamente sus dimensiones.

- 3. Replanteo del dibujo sobre papel:** en este punto hay que disponerse a representar el croquis sobre el papel. Este debe ser lo suficientemente grande para poder ilustrar todos los detalles claramente, pero dejando un espacio suficiente para la acotación y las especificaciones.

- 4. Representación de la vista representativa:** lo primero que hay que dibujar es la vista que represente la forma más característica de la pieza, generalmente se selecciona la vista que contiene más circunferencias, en caso de existir. A continuación se añaden los detalles manteniendo siempre la proporción.

- 5. Revisión del croquis:** para detectar posibles fallos en su ejecución.

- 6. Toma de medidas, acotación y anotación de las especificaciones:** una vez revisado el croquis se procede a acotarlo, siempre que esto se considere necesario. En este punto pueden realizarse las medidas para anotarlas, midiendo siempre en superficies acabadas.

Como paso final se añaden todas las especificaciones necesarias de la pieza representada.

- 7. Comprobación final:** tras realizar correctamente todas las fases se procede a la revisión del croquis definitivo.

Debido a que los croquis se realizan a mano alzada, es necesario utilizar ciertos patrones para obtener dibujos de forma rápida y que sean legibles:

- Las líneas serán lo más claras y concisas posible para una fácil interpretación del croquis. Han de ser negras y densas, excepto las de construcción y las auxiliares.

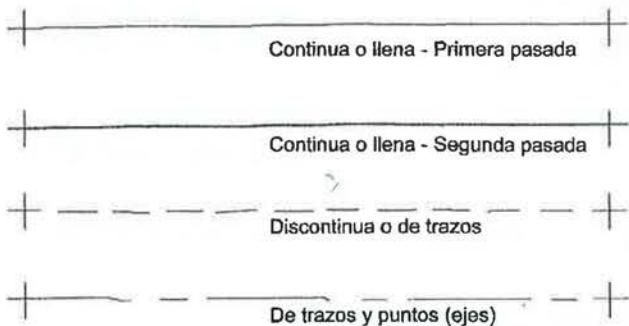


Figura 3.5. Tipos de líneas utilizadas en la realización de croquis.

- Antes de trazar una recta deben marcarse los puntos de sus extremos para realizarla con mayor precisión.
- El lápiz debe sostenerse a una distancia entre los dedos y el papel mayor de la que se suele dejar para escribir.
- El papel debe estar orientado en la posición más cómoda para dibujar.
- El papel podrá ser cuadriculado para ayudar a la realización del dibujo.
- Para trazar líneas oblicuas puede resultar más cómodo girar el papel para realizar líneas horizontales equivalentes.

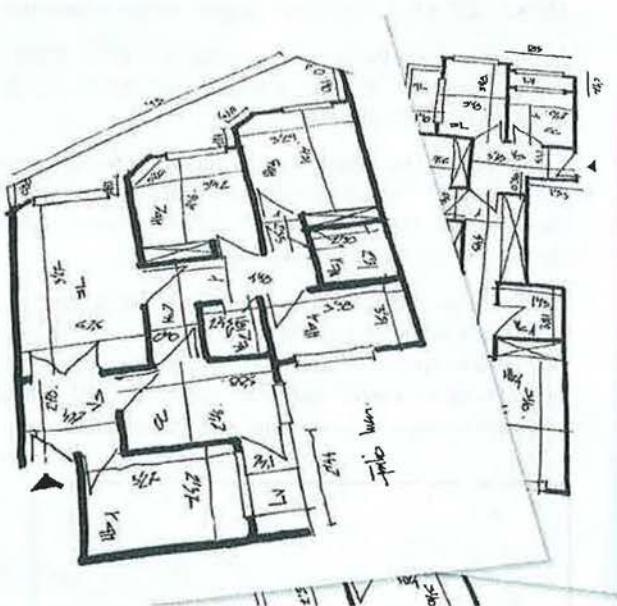


Figura 3.6. Croquis de los planos de planta de una edificación.

### 3.1.3. Escalas y proporciones

La escala es la constante de proporcionalidad entre la figura representada gráficamente y la realidad, por lo que se define como la relación de tamaño entre las dimensiones del dibujo y el tamaño que tiene el objeto real al que representa.

Es necesario indicar en el dibujo la escala a la que esté realizado, siempre que esto sea posible, con el objetivo de poder realizar medidas sobre el papel y exportarlas correctamente a la pieza objeto.

Toda escala se expresa en forma de fracción. El numerador indica la medida del dibujo y el denominador la medida del objeto real:

$$\text{Escala} = \frac{\text{Tamaño del dibujo}}{\text{Tamaño real}}$$

La elección de una escala adecuada debe poder permitir que el dibujo sea interpretado de manera clara y sencilla. Esta elección, por tanto, dependerá del objeto que se va a representar y de la finalidad del mismo. Los tipos de escalas existentes se clasifican en tres grupos:

- **Escala natural:** cuando las medidas del dibujo se corresponden con las reales del objeto. Se denomina *Escala 1:1*.
- **Escala de reducción:** cuando las medidas del dibujo son menores a las medidas reales del objeto, es decir el objeto dibujado es menor al real. Por ejemplo, *Escala 1:2*.
- **Escala de ampliación:** cuando las medidas del dibujo son mayores que las del objeto a representar, es decir cuando el objeto a representar es menor que el objeto a tamaño real. Por ejemplo, *Escala 4:1*.

A pesar de que en la práctica es posible utilizar cualquier escala, las más recomendables para la representación de planos y esquemas, al encontrarse normalizadas, son las indicadas a continuación:

**Tabla 3.2.** Escalas normalizadas.

Tipo de escala	Recomendaciones		
De ampliación	50:1	20:1	10:1
	5:1	2:1	
Natural		1:1	
De reducción	1:2	1:5	1:10
	1:20	1:50	1:100
	1:200	1:500	1:1.000
	1:2.000	1:5.000	1:10.000

### SABÍAS QUE

Si se utilizan varias escalas, la principal se ha de indicar en el cuadro de rotulación del plano y las secundarias al lado del número de referencia del objeto.

### 3.1.4. Acotación

Las proyecciones de un determinado dibujo deben ser precisas y poseer unas características gráficas que lo hagan lo suficientemente claro a la persona que lo va a interpretar o utilizar. Dado que el papel es un medio que puede sufrir deterioros fácilmente, es necesario llevar a cabo la acotación de las piezas y objetos representados, indicando sus medidas de forma sencilla y eficaz. Mediante la acotación, por tanto, se evitan los errores de medición sobre el dibujo.

La acotación debe realizarse siempre respetando el uso de símbolos y técnicas normalizadas. Para acotar correctamente una pieza se deberán tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- Los objetos se acotan según su función, fabricación o verificación.
- La acotación debe indicar todas las dimensiones de una pieza.
- Cada elemento se acota una sola vez en el dibujo.
- Siempre se han de colocar sobre la vista más representativa.
- Solo se han de emplear las cotas imprescindibles para definir el tamaño de la pieza.
- Todas las cotas se han de expresar en la misma unidad (generalmente en milímetros).
- Nunca se pone la unidad métrica en la cota.
- El tamaño de los números deberá ser apropiado en función del tamaño de los objetos a acotar.

Los elementos que intervienen en el proceso de acotación son los siguientes:

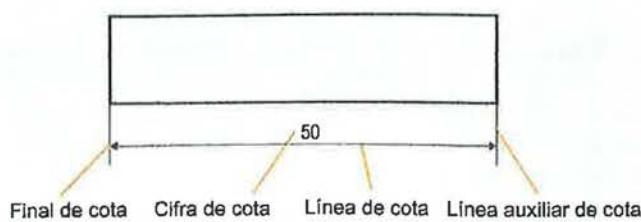


Figura 3.7. Elementos que intervienen en la acotación.

**Línea de cota:** es la línea paralela a la dimensión a que se quiere acotar. Sobre ella se coloca el valor numérico de la cota (cifra de cota). Las líneas de cota deben cumplir los siguientes criterios de representación:

- La distancia entre la línea de cota y el dibujo no debe ser inferior a 8 mm.
- La distancia entre dos líneas de cota no debe ser inferior a 5 mm.
- Las cotas no deben cruzarse entre sí ni con las líneas del dibujo.
- No deben usarse los ejes de simetría ni las aristas como línea de cota.
- No deben trazarse las líneas de cota en prolongación de aristas de una pieza.
- Nunca se debe acotar sobre líneas ocultas.

**Cifra de cota:** es el número que indica la magnitud de la medida. Debe situarse en el centro de la línea de cota, por encima o por debajo de la misma pero siempre siguiendo el mismo criterio en todo el dibujo.

Se pueden utilizar dos métodos para expresar la cifra de cota:

- Colocar las cifras de cota paralelas a las líneas de cota, sin que sean cortadas, ni separadas por ninguna línea del dibujo. De esta forma su lectura se puede hacer desde abajo o desde la derecha.
- Representar las cifras de cota de tal forma que solo puedan leerse desde la parte de debajo de la hoja. Las líneas de cota son interrumpidas en el centro de la cota para insertar las cifras de cota.

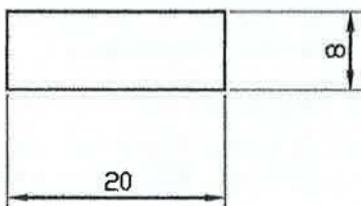


Figura 3.8. Ejemplos de ubicación de la cifra de cota de manera horizontal y vertical.

**Línea auxiliar de cota:** limita la longitud de las líneas de cota, siendo perpendicular a la misma. Debe sobresalir unos 2 mm respecto de la línea de cota. Las líneas auxiliares de cota pueden cruzarse entre sí siempre que sea estrechamente necesario.

**Final de cota:** las líneas de cota terminan en sus extremos por una punta de flecha, un trazo oblicuo a 45 grados o un pequeño círculo.



Figura 3.9. Diferentes finales de cota.

**Línea de referencia:** se utiliza solo para indicar valores dimensionales o notas explicativas en el dibujo, mediante una línea que une el texto al dibujo. Las líneas de referencia pueden acabar de tres modos:

- En forma de flecha: cuando acaba en contorno o arista.
- Como un punto: cuando acaba en el interior de la pieza.
- Sin flecha ni punto: cuando acaba en otra línea.

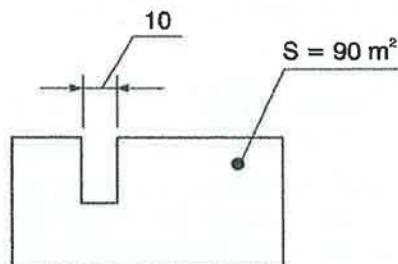


Figura 3.10. Ejemplos de líneas de referencia.

También existen diversos **símbolos** asociados a la acotación, como los que se muestran a continuación:

<input type="checkbox"/>	Símbolo de cuadrado	SR Símbolo de radio de una esfera
$\varnothing$	Símbolo de diámetro	SØ Símbolo de diámetro de una esfera
R	Símbolo de radio	

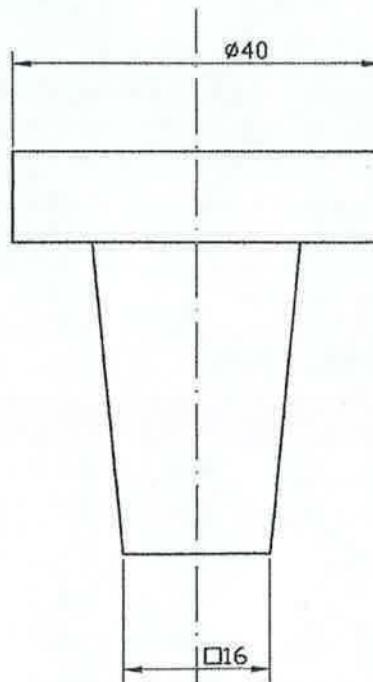


Figura 3.11. Ejemplos de simbología asociada a la acotación.

## ■ ■ ■ Procesos de acotación

Para realizar la correcta acotación de los diversos elementos y figuras que pueden presentarse en un plano, es necesario tener en cuenta cómo se han de expresar las líneas de cota y las cifras de cota dependiendo de la situación y geometrías de las piezas.

- **Elementos lineales:** las flechas se deben dibujar dentro de las líneas de cota entre las dos líneas auxiliares. La cifra de cota se ubica sobre la línea de cota, pero en caso de no haber espacio suficiente para ello se dibujarán las líneas de cota prolongándolas hacia el exterior y con la cifra de cota en su interior.

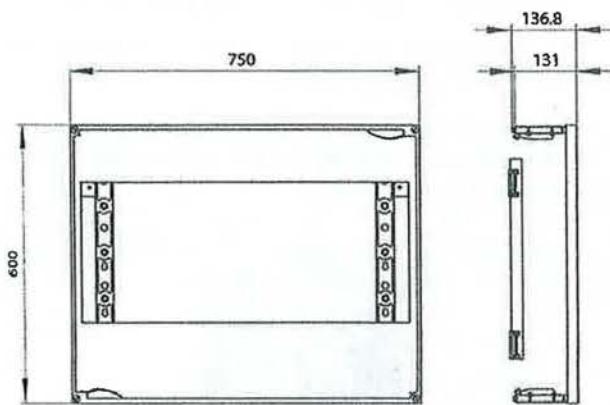


Figura 3.12. Ejemplos de acotación de elementos lineales.

- **Diámetros:** los arcos que son mayores de 180 grados se acotan por su diámetro, los menores de 180 grados se acotan por su radio. En el caso de arcos exactamente de 180 grados, se pueden acotar de ambas formas.

La acotación en caso de falta de espacio para las líneas de cota o las cifras de cota se hace como se muestra en la siguiente figura, de manera similar a las normas de acotación de elementos lineales.

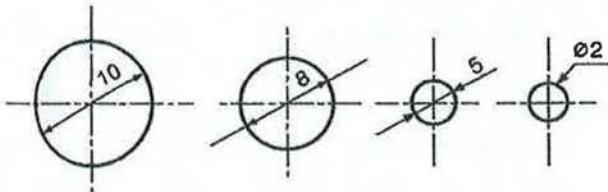


Figura 3.13. Diferentes métodos de acotación de diámetros.

El símbolo del diámetro se sitúa delante de la cifra de cota solo cuando existe una forma circular que no se aprecia en la vista representada, cuando la cifra está fuera de la línea de cota por ser el espacio insuficiente o en una circunferencia incompleta si la cota se ha expresado con una sola flecha.

- **Radios:** las líneas de cota de los radios se marcan con una sola flecha en el arco de la circunferencia interior o exterior y el centro se señala mediante una cruz o un círculo pequeño. En caso de no indicar la posición del centro, se añadirá la letra R delante de la cifra de cota. Si el radio es muy grande, es posible realizar una línea de cota partida, poniendo la cifra de cota y la letra R lo más cerca posible al arco acotado.

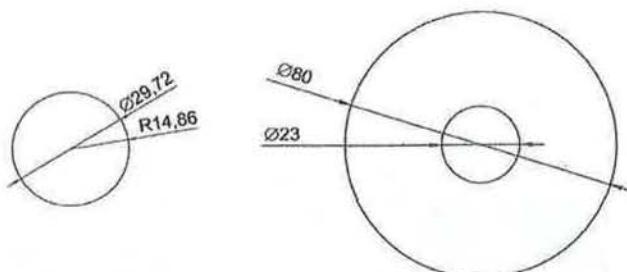


Figura 3.14. Ejemplos de acotación de radios y diámetros.

- **Cuadrados:** en el caso de representar un cuadrado que no pueda ser identificado visualmente con las vistas aportadas, se colocará el símbolo del cuadrado delante de la cifra de cota.

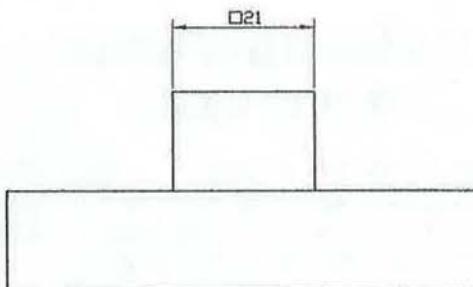


Figura 3.15. Ejemplo de acotación de cuadrados.

- **Superficies planas:** si una superficie es plana y el resto de las vistas no lo aclaran, se puede utilizar la cruz de San Andrés. Este método se basa en unir los vértices opuestos de la figura rectangular plana.

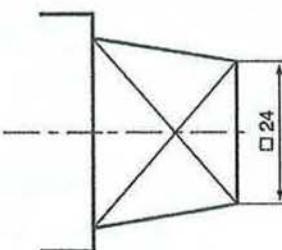
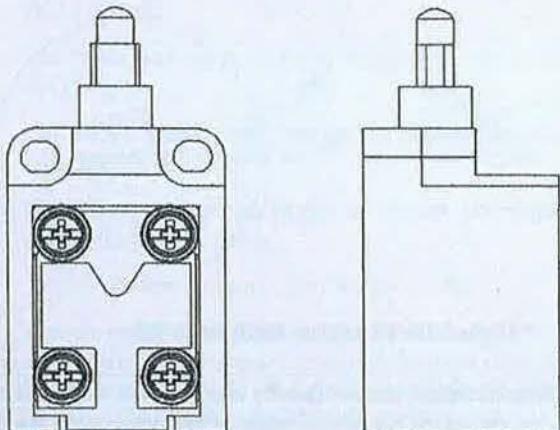


Figura 3.16. Cruz de San Andrés.

- **Esfera:** si se representa una esfera se puede añadir una S antes de la cifra de cota para indicarlo claramente.

### Actividad propuesta 3.1

Realiza la acotación del siguiente dibujo industrial, que representa un interruptor mecánico final de carrera. Las medidas del mismo no tienen que coincidir con el dibujo ya que no se indica la escala, pero deben guardar proporción entre sí.



### 3.1.5. Sistemas de representación de piezas y objetos

La **perspectiva de una pieza** es su representación en un plano (dos dimensiones) de forma parecida a como lo ve el ojo humano físicamente, en tres dimensiones. Estas dimensiones son alto, ancho y fondo de la pieza.

Las **vistas de una pieza** hacen referencia a un tipo de sistema ortogonal en el que se representan las piezas desde determinados puntos de vista, como son el alzado, la planta y el

perfil. Tiene el inconveniente que a simple vista no se visualiza la figura como estamos acostumbrados, pero sin embargo sobre ella se pueden tomar todas las medidas precisas, ya que con una perspectiva no se puede realizar de forma sencilla.

En base a estos conceptos de perspectiva y vistas, es posible identificar y definir los sistemas de representación de piezas y objetos más utilizados en la actualidad (Figura 3.17).

### Perspectiva isométrica

Se trata de tres ejes coordinados ortogonales en los que sus proyecciones forman un ángulo de 120 grados entre ellos sobre el plano. Todas las dimensiones de las piezas son paralelas a estos ejes representados a la misma escala.

Dos de los ejes se representan a 30° sobre la horizontal y el tercero a 60° respecto a estos.

Este sistema tiene la ventaja de representar objetos a escala sin reducción aparente de la distancia que el ojo hace sobre el objeto en la realidad.

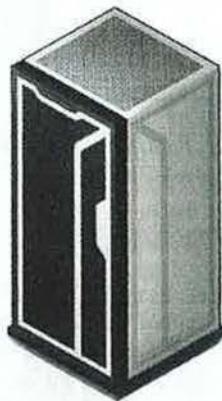


Figura 3.18. Representación en perspectiva isométrica de un rack para servidor.

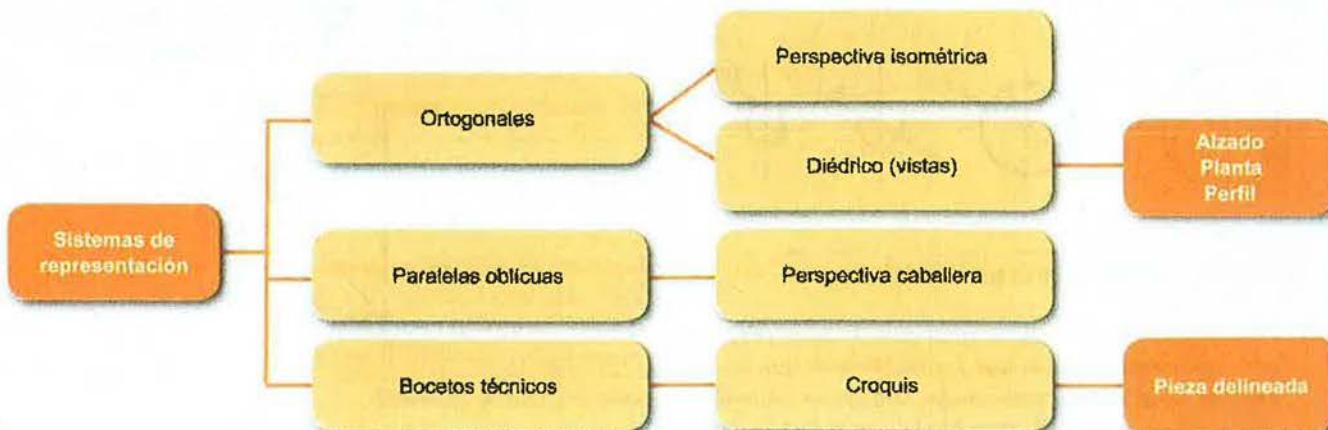


Figura 3.17. Sistemas de representación gráfica.



## SABÍAS QUE

La representación isométrica es una palabra que deriva del griego, cuyo significado es "igual medida". Esto es, la escala en cada uno de los tres ejes es la misma, a diferencia de los otros dos sistemas de representación.

## Perspectiva caballera

Consiste en la representación de piezas mediante proyecciones paralelas oblicuas, que se caracteriza porque la parte frontal está en verdadera magnitud, mientras que a la profundidad, se le aplica un coeficiente de reducción, que puede ser de  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $1/2$  ... de la medida real del eje OY.

Los ejes X y Z forman un ángulo de  $90^\circ$ , y el eje Y, que es la profundidad, puede tomar diferentes ángulos respecto a los anteriores, según muestra la figura siguiente:

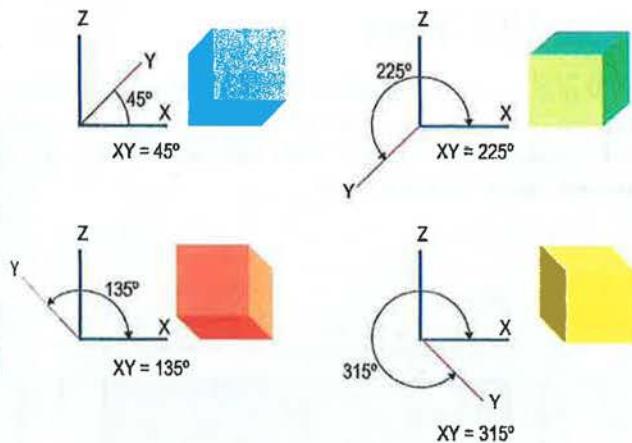


Figura 3.19. Disposición de los ejes y vistas en perspectiva caballera.

La perspectiva caballera es la más fácil de realizar, pero tiene el inconveniente de no dar una representación tan real como otras, como por ejemplo la perspectiva isométrica.

## Sistema diédrico

Para representar una pieza tridimensional en dos dimensiones se utiliza el sistema diédrico. Se trata de proyecciones ortogonales, es decir, la proyección de una pieza sobre dos planos que se cortan perpendicularmente.

A la hora de definir una pieza se necesitan tres vistas: alzado, planta y perfil. Si se tiene el dibujo en representación isométrica, se marca con una flecha la vista que corresponde al alzado. Existen dos tipos de representación de vistas en sistema diédrico: la europea (que es la que se define a continuación) y la americana.

La representación diédrica europea de la pieza está entre el plano que se va a proyectar y los ojos del observador. Se definen las siguientes vistas:

- **Alzado:** es la denominada vista principal, ya que las otras se colocan en torno a él. Es la vista que más información da de la pieza.
- **Plantas:** pueden ser superiores e inferiores. Están alineadas en vertical con el alzado. Si es la vista planta superior, se sitúa debajo del alzado, mientras que si es la planta inferior se ubica encima del alzado.
- **Perfil izquierdo:** se sitúa a la derecha del alzado.
- **Perfil derecho:** se ubica a la izquierda del alzado.
- **Alzado posterior:** se dibuja a la derecha del perfil izquierdo.

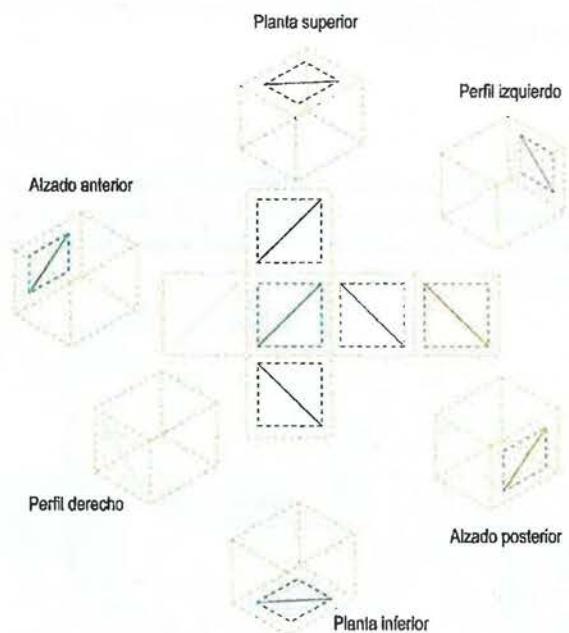


Figura 3.20. Vistas posibles de una pieza en el sistema diédrico.



## SABÍAS QUE

Las hojas técnicas de características de la mayoría de los componentes de las instalaciones eléctricas proporcionadas por el fabricante suelen incluir las vistas diédricas mínimas del equipo o dispositivo, con sus cotas correspondientes.

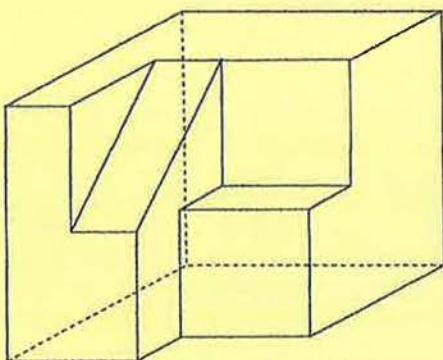
En la práctica no siempre es necesario indicar todas las vistas de una determinada pieza sino únicamente las necesarias para que esta quede perfectamente definida y pueda ser interpretada de la manera más adecuada, tal como se muestra a continuación:



Figura 3.21. Ejemplo de las vistas y cotas mínimas necesarias para definir el cofre de un cuadro eléctrico.

### Actividad resuelta 3.1

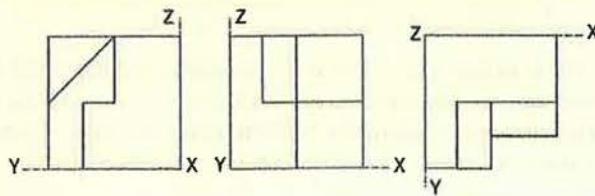
Dada la siguiente figura tridimensional representada en perspectiva caballera con ejes XY = 225°, obtén las vistas de alzado, planta superior y vista lateral derecha en el sistema diédrico europeo.



¿Crees que son suficientes estas tres vistas para definir la pieza?

**Solución:**

Utilizando el coeficiente de reducción de la perspectiva en el eje OY de  $\frac{3}{4}$ , se obtienen las siguientes vistas, que para la pieza dada sí pueden ser consideradas como suficientes.



## 3.2. Gestión de la documentación gráfica

Los procesos de digitalización de la documentación han logrado que se estandaricen muchos de los procesos de la gestión de los archivos, de manera que resulte mucho más sencillo utilizar los formatos adecuados a cada plano, esquema, croquis o texto. A pesar de las facilidades que nos proporcionan los medios electrónicos actuales es imprescindible conocer y aplicar ciertos conocimientos que hacen que la documentación de cualquier proyecto pueda ser gestionada correctamente durante mucho tiempo después de su realización, y sea comprensible muchos años después por cualquier usuario cualificado que requiera su uso.

La documentación gráfica debe tratarse de manera adecuada, respetando las pautas de gestión de archivos relativas a su formato, plegado, impresión, etc.

### 3.2.1. Formato

El formato es básicamente el tamaño del impreso sobre el que está representado el plano o esquema. Será necesario seleccionar el formato adecuado dependiendo del tipo de trabajo que se vaya a realizar.

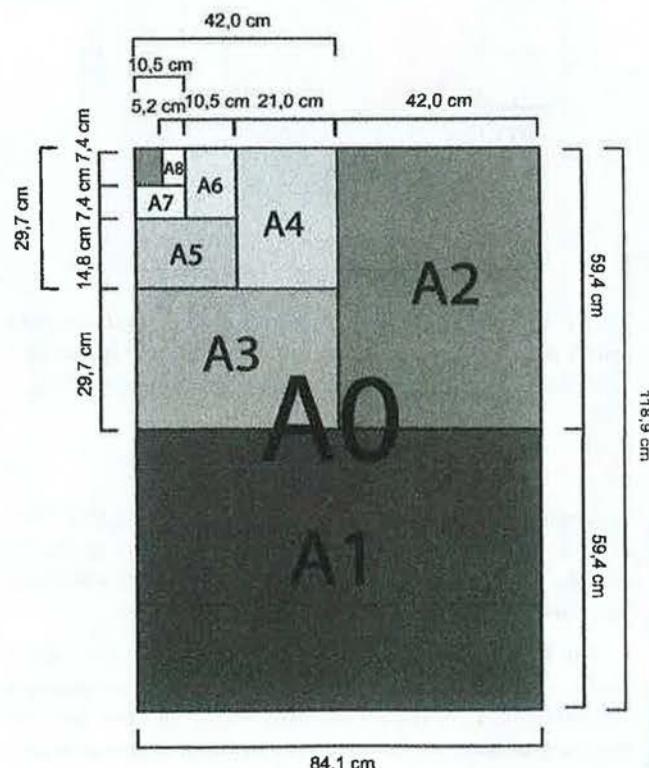


Figura 3.22. Formatos de papel.

Los formatos del papel están estandarizados en base a la norma europea ISO 216, cuya finalidad es la de aprovechar el papel al máximo minimizando los desperdicios por cortes excesivos.

En España se ha adoptado el formato base que parte del denominado **A0**, cuya dimensión característica se corresponde con un metro cuadrado (1.189 mm × 841 mm), manteniendo los lados una proporción de  $1/\sqrt{2}$ . De este modo todos los formatos sucesivos se consiguen plegando el A0 sobre su lado más largo.

El siguiente formato, por tanto, se obtiene con la misma proporción de sus lados y se denomina **A1**. Al continuar plegando cada papel sucesivamente sobre su lado más largo se obtienen el resto de formatos: **A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9 y A10**.

### 3.2.2. Márgenes y cuadro de rotulación

Un documento gráfico debe aportar la información necesaria a la persona que lo utiliza con un primer vistazo, por ello es necesario que tenga una composición normalizada de fácil comprensión y una serie de detalles significativos con el fin de que las características básicas para identificar y diferenciar un tipo de plano o esquema de otro puedan realizarse de manera rápida y eficaz.

A la hora de realizar una representación técnica no resulta posible emplear todo el formato disponible, sino que debe acotarse una superficie útil y una zona delimitada mediante márgenes y un cuadro de rotulación, tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 3.23. Composición de un plano en formato de papel A4.

- **Área de dibujo.** Es la zona en la que se sitúa el dibujo técnico, esquema, plano o croquis. Debe estar encerrada dentro de un marco y no salir nunca de él.
- **Márgenes.** Delimitan el marco que encierra el área de dibujo, separándole de los elementos gráficos complementarios. Según la norma UNE 1-026-83 la anchura de los márgenes será como mínimo de 20 mm para los formatos A0 y A1 y de 10 mm para los formatos A2, A3 y A4.
- **Margen de archivo.** En caso de que el documento gráfico vaya a ser archivado, se dejará un margen de archivo para la perforación en la parte izquierda. Ha de tener una anchura mínima de 20 mm.
- **Recuadro de rotulación.** Es el cuadro que proporciona toda la información técnica relativa al dibujo. Se debe situar en la cara visible en caso de ser plegado y preferiblemente en el margen inferior derecho para su cómoda localización, tal como se muestra a continuación:

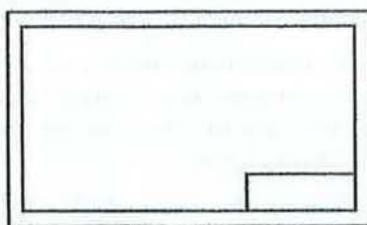


Figura 3.24. Cuadro de rotulación en papel con formato horizontal.

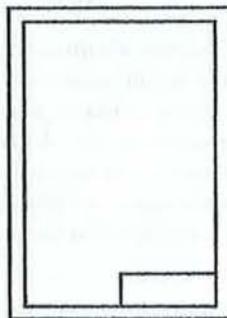


Figura 3.25. Cuadro de rotulación en papel con formato vertical.

La norma UNE-EN ISO 7200 establece los campos de datos en bloques de títulos y en cabeceras de documentos. Es imprescindible que en un cuadro de rotulación queden reflejados, como mínimo, los siguientes datos:

- Denominación del plano.
- Número de plano/hoja.
- Título del proyecto al que pertenece.

- Emplazamiento del proyecto.
- Autor del plano.
- Técnico que lo firma o aprueba (en caso de ser distinto).
- Empresa que realiza el plano (propietario legal).
- Fecha de realización.
- Cliente o titular de la instalación.
- Escala (si procede y no ha sido incluida en el interior del plano).
- Índice de revisión.



### SABÍAS QUE

El recuadro de rotulación también se conoce coloquialmente como *cajetín* o *bloque de títulos*.

En determinados documentos, y siempre que proceda, es posible encontrar también los siguientes elementos:

- **Señales de orientación:** usadas principalmente en planos de emplazamiento, su finalidad es indicar un punto cardinal para su colocación adecuada. Normalmente se señala el Norte.
- **Escala:** la cual podrá estar incluida dentro del recuadro de rotulación o en el área de dibujo.
- **Señales de corte:** ayudan al corte del plano correctamente. Suelen realizarse en la documentación gráfica de gran tamaño que será impresa en un plóter.
- **Recuadros exteriores alfanuméricicos:** muy utilizados en los esquemas de automatismos industriales (sobre todo cuando son muy extensos y ocupan varios folios), para identificar mediante coordenadas *letra-número* la posición, por ejemplo, de los contactos auxiliares que acciona un determinado mecanismo, facilitando su localización y la interpretación del proceso.

### 3.2.3. Impresión de planos y esquemas

La impresión de los planos se realiza por medio de impresoras convencionales en caso de formatos comunes, como pueden ser en A4 y en A3. En cambio, para la impresión de planos en formatos mayores, se requiere de equipos especializados.

Para formatos muy grandes es común utilizar el plóter o *plotter*. Un plóter es una impresora lineal que tiene la capacidad de imprimir archivos en formatos de papel grandes, como pueden ser los tamaños A0 o A1. Los plóteres profesionales pueden alcanzar hasta los 157 cm de ancho de papel.

### 3.2.4. Plegado de planos

Una vez determinado el formato de plano más adecuado para realizar la representación gráfica y tras su impresión, se procede a su doblado para almacenarlo o archivarlo correctamente, evitando así su deterioro. La norma UNE 1027 establece que el plegado ha de realizarse de tal forma que su tamaño final sea el de un A4 y que el cuadro de identificación del plano (cajetín) quede en la parte visible.

El tipo de plegado de los planos varía en función de si van a estar fijados o no:

**Plegado con fijación:** en este sistema de plegado los planos son perforados por su margen izquierdo para su posterior archivado en sistemas de fijación mecánica de tipo anillas o grapas. La metodología de plegado varía en función del formato.



Figura 3.26. Plegado de plano A0.

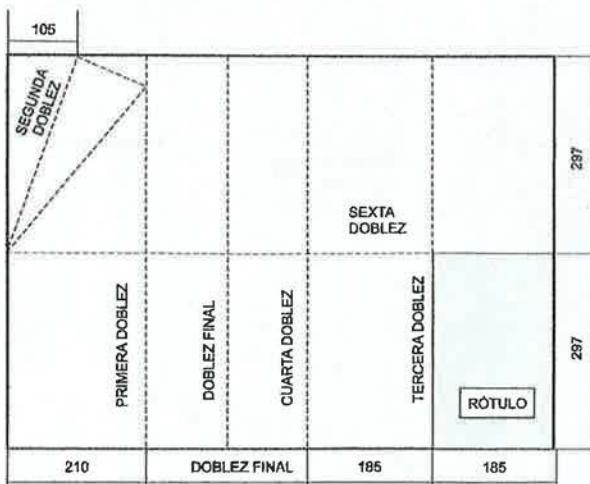


Figura 3.27. Plegado de plano A1.

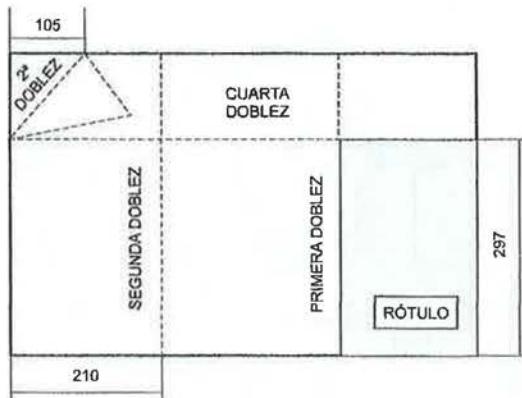


Figura 3.28. Plegado de plano A2.

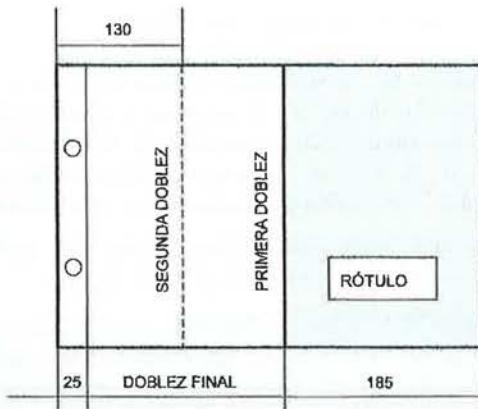


Figura 3.29. Plegado de plano A3.

**Plegado sin fijación:** los planos sin fijación mecánica, que van a ser plegados y posteriormente no van a ser archivados en ningún medio fijo se pueden plegar de la misma manera que los que sí tienen fijación mecánica. Aunque existen ciertas variantes es válido realizar el mismo método de plegado con la salvedad de no realizar las dobleces de la esquina superior izquierda.

### 3.2.5. Conservación de la documentación gráfica

Los planos originales normalmente se almacenan sin plegar para conservarlos en unas condiciones óptimas de cara a su posterior uso, o simplemente para evitar que sufran deterioros. En caso de ser necesario almacenar los planos sin plegar existen diferentes medios para proporcionar una conservación adecuada. Los más comunes son:

- Enrollados en tubos.
- Almacenados en bandejas apiladas de tamaños adecuados al plano.
- Colgados en armarios que permitan su disposición en forma de archivador.

## 3.3. Representación de planos de edificación y obra civil

La documentación técnica y gráfica de una instalación eléctrica industrial consta de una serie de planos y esquemas entre los que se pueden incluir los de edificación y obra civil.

Estos planos definen las características constructivas, técnicas y de diseño de las obras y edificaciones que se vayan a ejecutar, y suelen formar parte del proyecto de toda instalación electrotécnica.

Los planos serán los suficientes en número y detalle, tanto para dar una idea clara de las disposiciones que pretenden adoptarse en las instalaciones, como para que la empresa que ejecute la instalación disponga de todos los datos necesarios para la realización de la misma.

### 3.3.1. Planos de obra civil

Los planos de obra civil son el conjunto de documentos que definen las características constructivas y de diseño de una determinada instalación. Deben contener la información necesaria para su comprensión sin resultar redundantes entre ellos. Existen los siguientes planos para proyectos de obra civil:

**Plano de situación general:** también conocido como plano de ubicación. Indica dónde se encuentra la instalación objeto del proyecto. Si es necesario se puede aportar más de uno para delimitar correctamente la ubicación. Puede incluir coordenadas geográficas y siempre debe indicarse la escala usada.

**Plano de zonificación y parcelación:** delimita en sectores las diferentes zonas que pueden existir dentro del plano. Se realiza asignando colores a cada una de las zonas en función del tipo de suelo (industrial, agrícola, residencial...), del tipo de edificación que se representa o de otras características que considera relevante el autor del plano. Pueden asignarse números que identifiquen cada una de las parcelas y siempre debe indicarse la escala usada.



Figura 3.30. Ejemplo de plano de obra civil de zonificación y parcelación.

**Plano topográfico:** es el plano que muestra las principales características físicas del terreno y muestra las diferencias de altura entre los accidentes geográficos. Es necesario realizar un estudio topográfico de la zona para obtener los detalles del emplazamiento. Se definen por las curvas de nivel que reflejan las alturas del terreno. Siempre se incluye la escala.

**Plano de trazado:** el plano de trazado indica por dónde discurre cierto objeto a representar. Resulta común atribuir un color vistoso al trazado para que queden claras sus delimitaciones dentro del plano objeto.

**Perfiles longitudinales y transversales:** son planos que atraviesan el eje del emplazamiento de manera transversal o longitudinal, representando la sección por la zona del corte. Sirven para indicar detalles constructivos que no se pueden mostrar en planos convencionales.

### 3.3.2. Planos de edificación

Un plano de edificación debe definir las características técnicas y constructivas de un edificio. Los proyectos de edificación se pueden dividir en residenciales, no residenciales e industriales.

**Plano de emplazamiento:** también conocido como plano de situación específica. Al igual que en un proyecto de obra civil, este tipo de plano sirve para ubicar la edificación objeto dentro de un entorno. Puede existir más de un plano de situación con diferentes escalas en función de la situación de la edificación, accesos o características importantes de reseñar por su importancia en el proyecto.

**Plano de cimentación:** en él se detallen las bases de sustentación de la edificación. Se deben representar con detalle los componentes tales como zapatas, pilares, cimientos corridos, vigas de cimentación, etc.

**Plano de planta de distribución y cotas:** se usa para establecer el tamaño y la localización de las dependencias de cada planta, incluyendo las cotas de toda la instalación representada. Se deben incluir tantos planos como diferentes plantas existan dentro del edificio, incluyendo los sótanos y la cubierta. Suele indicarse la superficie útil y construida de cada zona sobre el propio plano o en una tabla adjunta.

**Plano de estructuras:** detalla la estructura interna del edificio. Pueden aportarse diferentes vistas en el mismo plano para ampliar la información. Incluye detalles de los pilares, vigas y columnas presentes.

**Plano de planta de mobiliario y maquinaria:** es un plano de distribución en el que se indica la ubicación del mobiliario de la edificación o la maquinaria en el caso de instalaciones industriales.

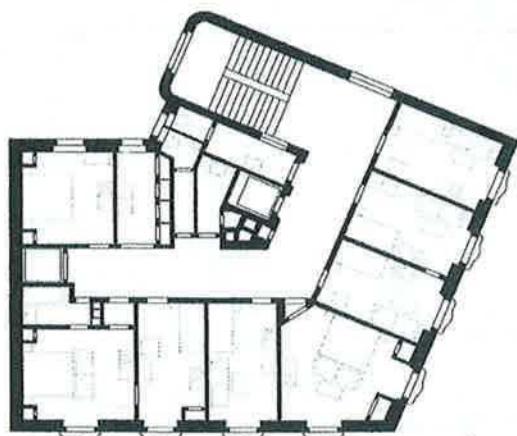


Figura 3.31. Ejemplo de plano de planta de mobiliario.

**Memorias de carpintería:** definen las características de la carpintería de metal y de madera presentes en la edificación, tales como ventanas, puertas, trasdosados interiores y tabiquería. Se definen todos los modelos usados con sus dimensiones, materiales y características constructivas.

**Plano de sección constructiva:** incluye los detalles de cortes y alzados más relevantes de la edificación.

**Sistemas de ventilación forzada:** es un plano de planta que representa el recorrido de los conductos de ventilación, las rejillas y los motores de extracción de humos. Únicamente es necesario aportar este tipo de planos en las industrias consideradas como *con riesgo de incendio o explosión*.



#### SABÍAS QUE

Si un proyecto eléctrico no hace referencia a una instalación nueva, sino que trata sobre una **reforma o modificación** de una instalación existente, además de la documentación anterior es recomendable aportar fotografías, tanto de la fachada exterior como del interior de la edificación.

Al realizar los planos de edificación y obra civil, se podrán unificar en un solo documento varios de los planos anteriormente mencionados, siempre que sea posible y asegurando que la información aportada quede suficientemente clara.

#### Actividad propuesta 3.2

Accede a través de internet a la página web de la sede electrónica del catastro ([www.sedecatastro.gob.es](http://www.sedecatastro.gob.es)) y localiza el plano de zonificación y parcelación correspondiente a tu domicilio y a tu centro de estudios.

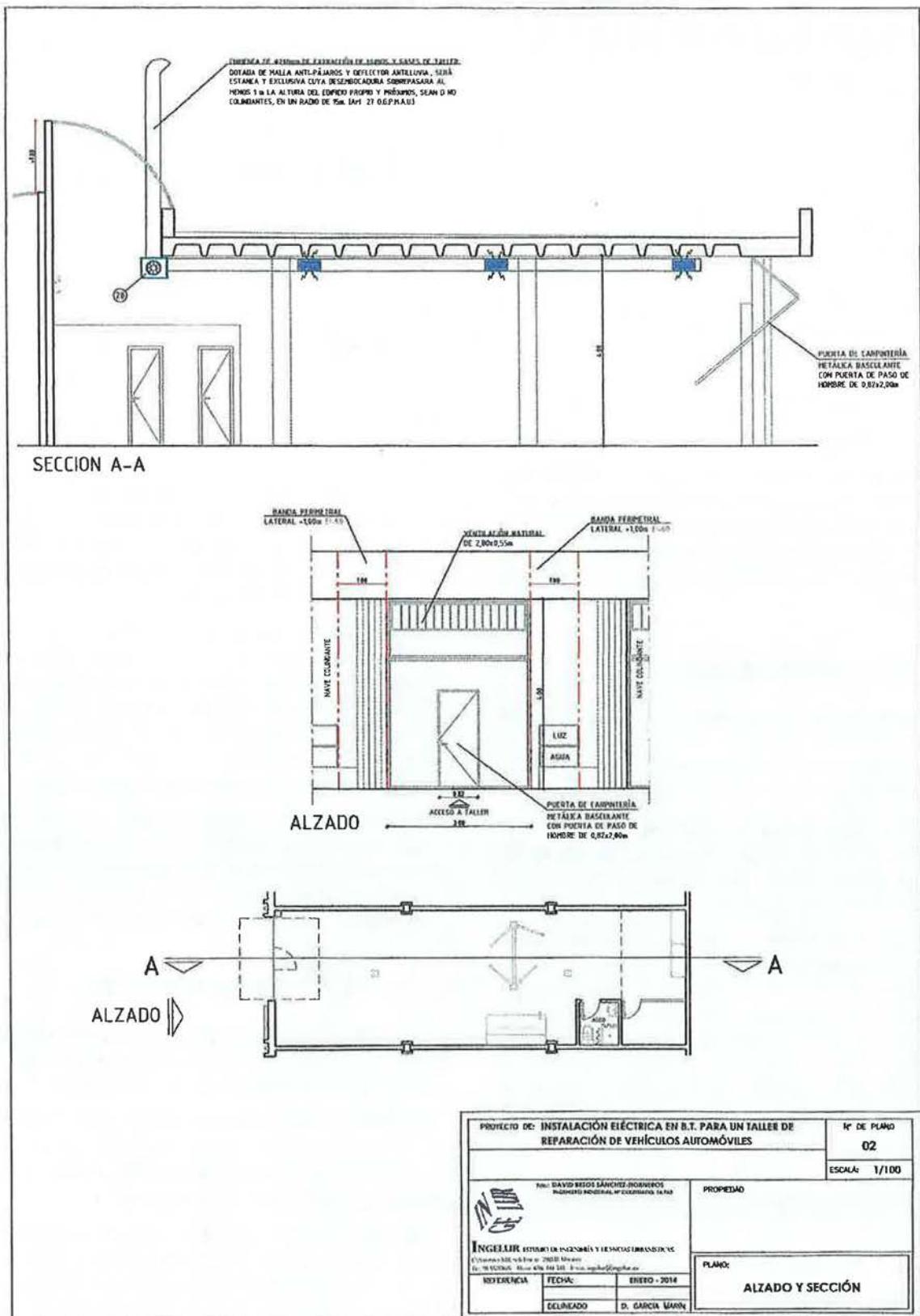


Figura 3.32. Ejemplo de planos unificados de sección constructiva, mobiliario y maquinaria de una instalación industrial. (Cortesía de Ingelur.)

## 3.4. Representación de los circuitos eléctricos

Los diferentes circuitos que componen y definen las características de una instalación eléctrica se representan sobre uno o varios planos en los que son detalladas las particularidades de los materiales y dispositivos presentes.

Para realizar la representación gráfica de dichos circuitos eléctricos se utilizan diferentes tipos de esquemas estandarizados, que básicamente se clasifican en tres grupos dependiendo de sus características, diseño y uso:

- Esquemas unifilares.
- Esquemas multifilares.
- Esquemas de principio.

Al representar gráficamente cualquier instalación eléctrica, es necesario que queden debidamente representados y reflejados todos los cuadros y armarios eléctricos presentes, así como los circuitos interiores, los conductores (indican el número de cables y sus características), la apertura y los receptores.

### 3.4.1. Esquemas unifilares

Un esquema unifilar es la representación gráfica de una instalación eléctrica en la que cada circuito se representa por medio de una única línea, independientemente del número de conductores dispuestos en la realidad.

Para indicar la **cantidad de conductores** que discurren por cada línea del circuito se utilizan **pequeños segmentos oblicuos** que cruzan con la línea principal en cada tramo, uno por cada conductor.

Se trata de esquemas muy simples y fáciles de entender en los que se representan todos los elementos de manera unitaria. Los esquemas unifilares son idóneos para representar instalaciones eléctricas, sin embargo, no son muy utilizados para la representación de circuitos de automatismos, mando y control, dado el escaso detalle que ofrecen. En general, puede decirse que los esquemas unifilares son los más utilizados por los electricistas, puesto que resultan más claros y más fáciles de realizar e interpretar.



#### SABÍAS QUE

Los esquemas unifilares también se denominan *diagramas unifilares*. En la mayoría de los casos se caracterizan por tener una estructura en forma de árbol.

En ocasiones resulta necesario identificar en los esquemas unifilares a cada uno de los conductores que discurren por una determinada línea para evitar confusiones a la hora de llevar a cabo el montaje.



Figura 3.33. Representación de los conductores de fase de un sistema trifásico.



Figura 3.34. Representación del conductor neutro (N).



Figura 3.35. Representación del conductor de protección (PE).



Figura 3.36. Representación del conductor neutro y el de protección unidos (PEN).

El conductor de protección también puede ir representado en el esquema unifilar mediante una línea de trazos discontinuos paralela a la línea que representa los conductores activos, siempre que se indique expresamente su conexión con la instalación de puesta a tierra.

En cada uno de los circuitos representados en un esquema unifilar, debe indicarse (generalmente en la parte inferior del mismo) el elemento al que suministra energía. En este sentido puede tratarse de un receptor (por ejemplo un motor o una lámpara), de un tipo de apertura (por ejemplo una base de corriente o un equipo de medida), de un cuadro eléctrico secundario situado aguas abajo, etcétera.

Cada uno de los circuitos, además, debe ser identificado con un código o nombre que lo diferencie del resto. Es recomendable dejar reflejada la potencia real que se estime que va a demandar cada una de las líneas, la intensidad y las características de los conductores (longitud, tipo y sección).

### 3.4.2. Esquemas multifilares

En un esquema multifilar quedan **representadas todas las líneas** de cada circuito eléctrico, identificando debidamente el conductor neutro y cada una de las fases.

En este tipo de esquemas, además, todos los conductores del circuito son dibujados siguiendo aproximadamente el trazado de la realidad del montaje, lo que en ocasiones produce que las líneas se crucen entre sí.

Su uso tiene la finalidad de hacer más sencillo razonar el funcionamiento de un circuito o equipo, pero en ocasiones su interpretación puede llegar a ser muy laboriosa y su elaboración siempre será más compleja que en el caso de los esquemas unifilares.

La representación multifilar es muy utilizada en los esquemas relacionados con los **circuitos de fuerza y maniobra de los automatismos eléctricos**, donde es necesario conocer la posición o borne exacto en la que debe conectarse cada uno de los conductores.



### SABÍAS QUE

Los esquemas multifilares también se denominan *esquemas funcionales*, cuando hacen referencia a circuitos de maniobra de automatismos eléctricos.

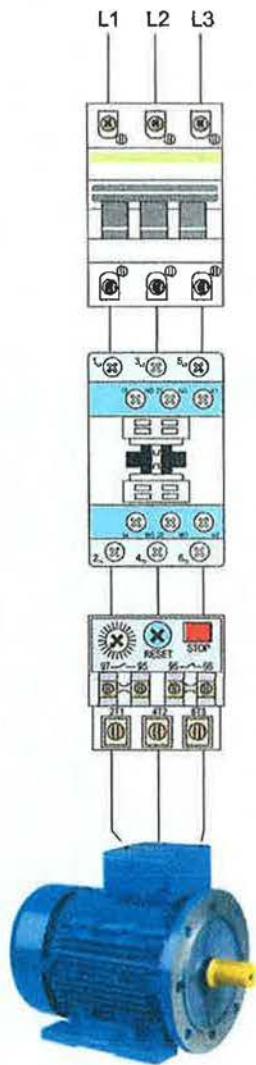


Figura 3.37. Circuito trifásico protegido por interruptor automático y relé térmico que alimenta un motor controlador por contactor.

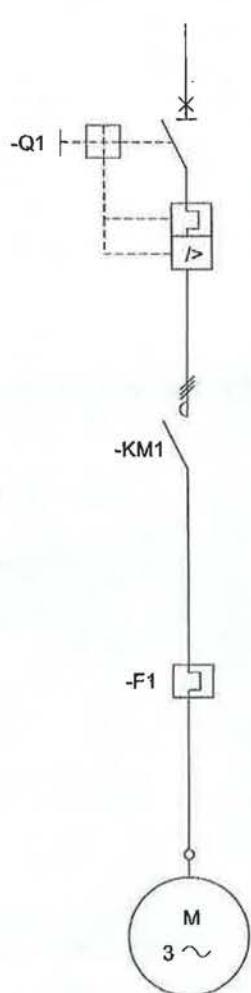


Figura 3.38. Esquema unifilar del circuito.

Los esquemas multifilares, en principio, parecen más comprensibles que los unifilares, pero presentan la desventaja de que pueden llegar a resultar confusos si los circuitos a representar son muy grandes, puesto que si no se realizan adecuadamente en un mismo plano podrían aparecer demasiadas líneas entrecruzadas.

En este tipo de esquemas generalmente no resulta necesario indicar algunos datos que eran característicos de los esquemas unifilares, como por ejemplo la longitud de los conductores representados; sin embargo, suelen incorporar otra serie de parámetros y anotaciones como el marcado de los bornes y componentes, explicaciones del funcionamiento, o referencias cruzadas.

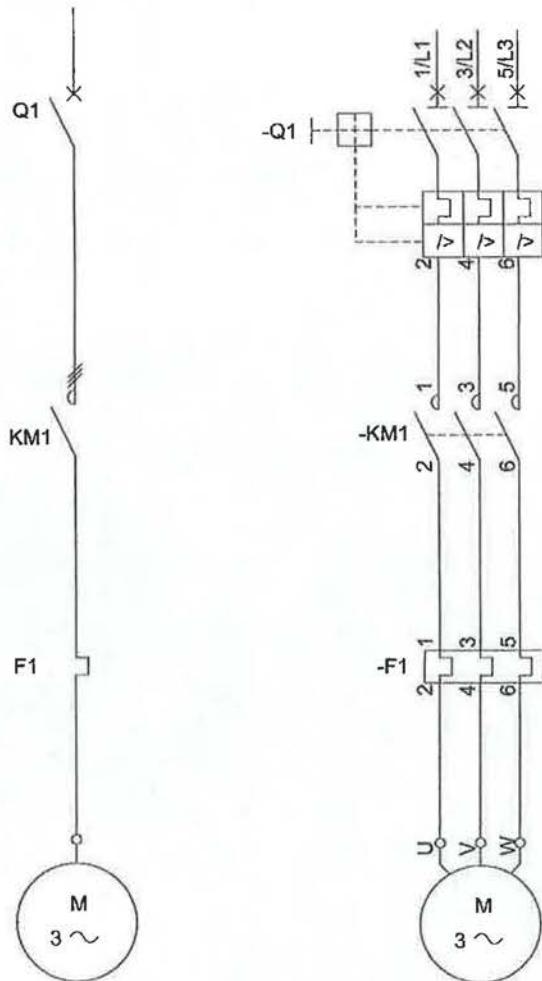


Figura 3.39. Esquema unifilar simplificado del circuito.

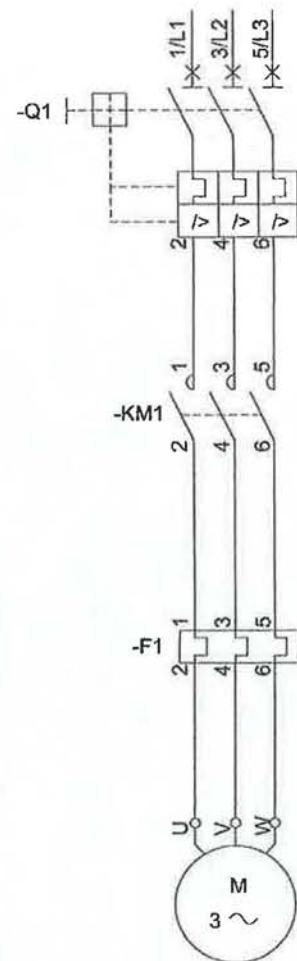
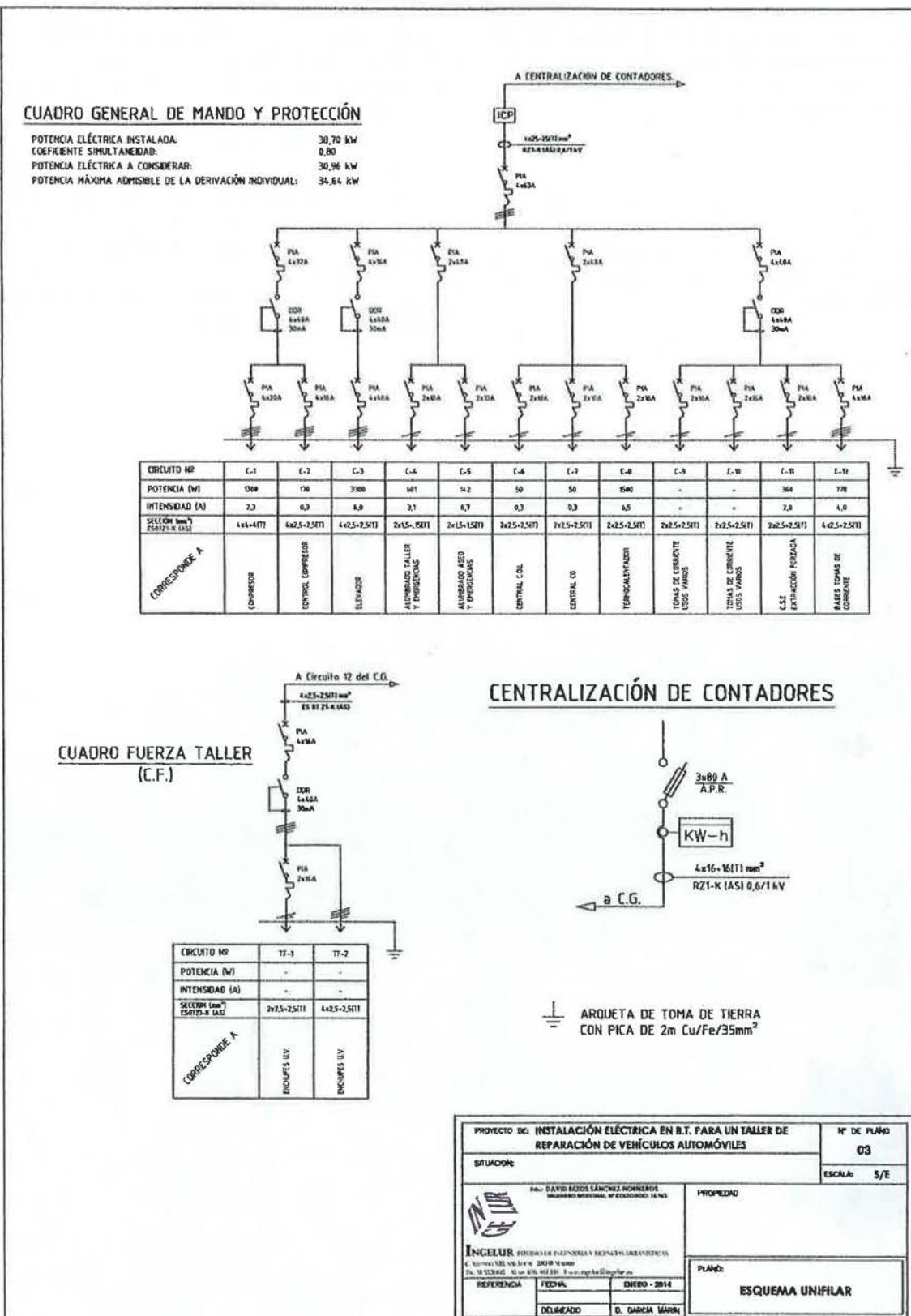


Figura 3.40. Esquema multifilar del circuito.



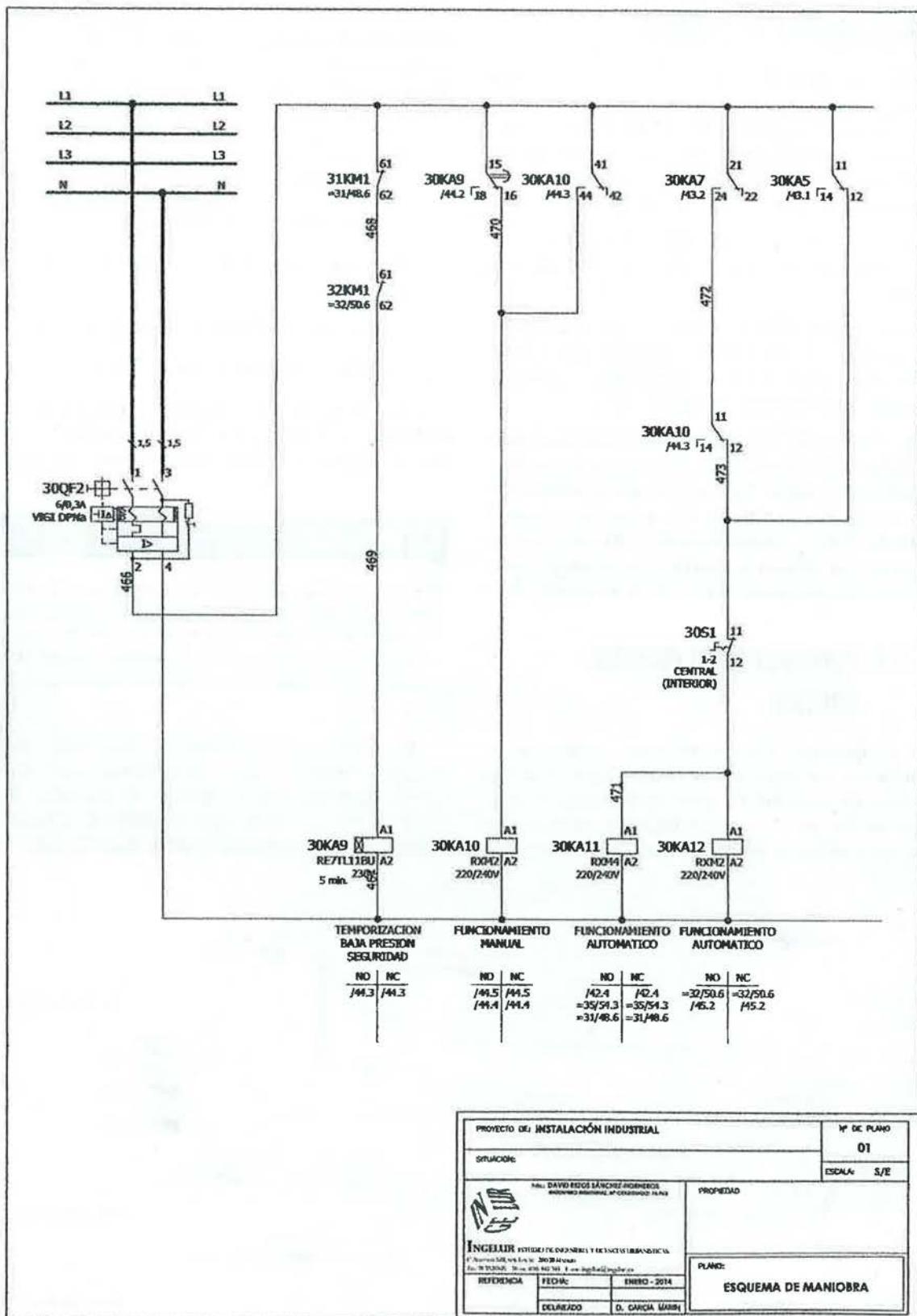


Figura 3.42. Esquema multifilar correspondiente al circuito de maniobra de un automatismo industrial. (Cortesía de Ingelur.)

### 3.4.3. Esquemas de principio

Los esquemas de principio, también conocidos como *diagramas de bloques*, se elaboran en proyectos de instalaciones de grandes dimensiones, donde puede resultar necesario dar una orientación previa de la distribución de los circuitos del sistema. Son muy comunes, por tanto, en los proyectos eléctricos de instalaciones industriales.

Este tipo de esquemas presentan una estructura arborescente y su finalidad puede estar orientada a la **función** o al **emplazamiento**.

Son utilizados generalmente para mostrar en un único documento gráfico la ubicación de todos los cuadros eléctricos de una edificación; estos serán detallados en esquemas posteriores. (Ver ejemplo en Figura 3.43.)

La unión entre los distintos bloques se realiza utilizando una única línea, indicando que hay una conexión eléctrica. Pueden representarse tantas líneas como sea necesario, dependiendo del tipo de suministro (alimentación ordinaria, alimentación de socorro, alimentación del SAI, etc.) pero no se hace referencia al número de conductores en ningún caso, ya que se busca una interpretación rápida de la instalación.

### 3.4.4. Interpretación de esquemas eléctricos

Junto a los componentes y dispositivos que forman los esquemas eléctricos unifilares y multifilares, suele incluirse cierta información adicional de gran utilidad para el instalador y mantenedor, puesto que se le indica, de manera muy precisa, las características fundamentales de la instalación.

Tal como ya se ha definido, el esquema de tipo unifilar representa el contenido mínimo, mientras que el esquema de tipo multifilar es más completo pero más difícil de interpretar y representar. En ambos casos deben quedar definidos, como mínimo, los siguientes parámetros:

- Sección, material y características técnicas de los conductores.
- Dimensiones de las canalizaciones.
- Especificaciones características de los dispositivos de protección.
- Características eléctricas de cada receptor.
- Nombre y longitud de los circuitos.

En la práctica, esta información puede ofrecerse sobre las líneas eléctricas y junto a los dispositivos, bajo los propios circuitos o mediante tablas situadas en el plano.

#### RECUERDA

En los esquemas eléctricos, los conductores de cobre se representan por las letras **Cu**, y los conductores de aluminio por las letras **Al**. En caso de que no quede definido este factor, se entenderá por defecto que los conductores son de cobre.

Interpretar adecuadamente los esquemas y planos y revisarlos adecuadamente es fundamental antes de comenzar con la preinstalación y montaje de cualquier instalación eléctrica. En la Figura 3.44 se muestran dos ejemplos de interpretación del contenido de un esquema unifilar:

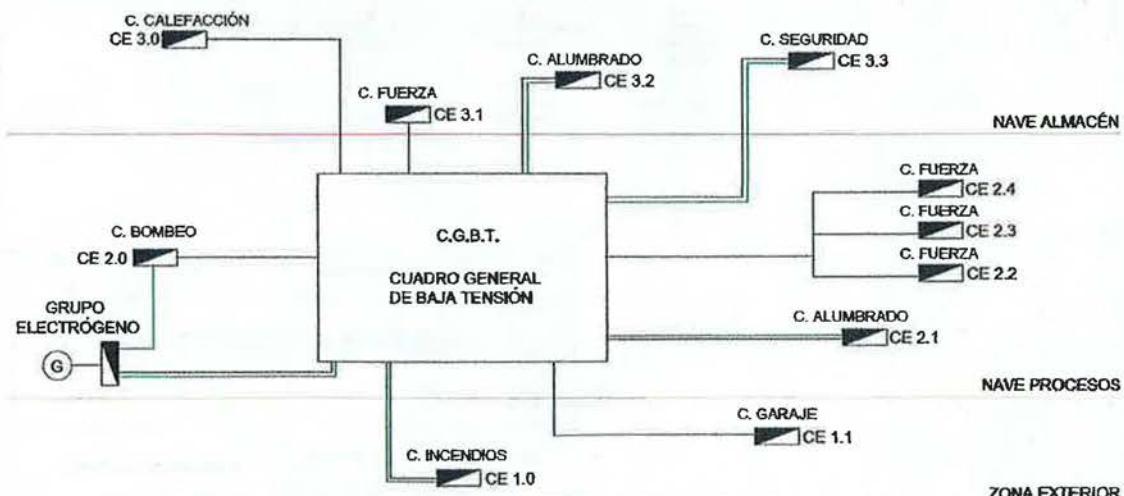
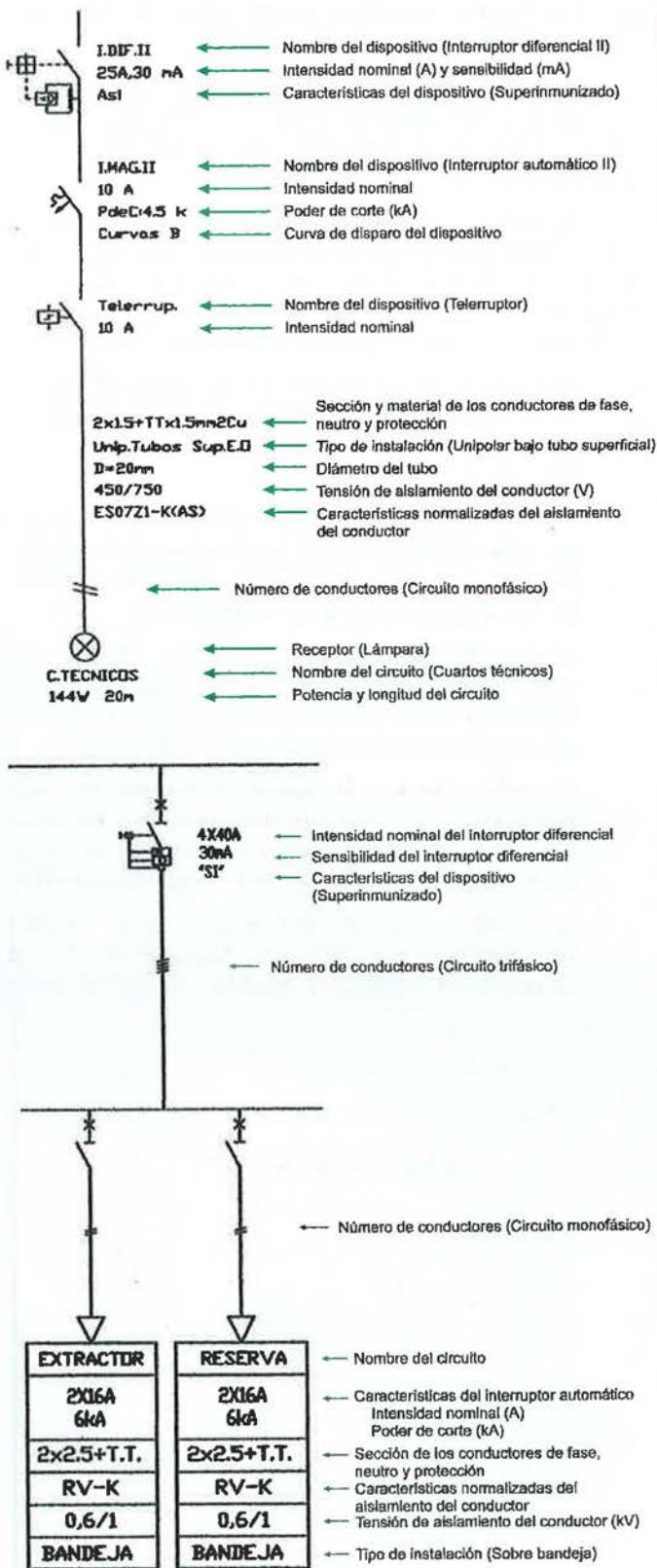


Figura 3.43. Representación de un esquema de principio en el que se muestran todos los cuadros eléctricos de una industria, ordenados por zonas.



### Actividad propuesta 3.3

Analiza el esquema unifilar mostrado en la Figura 3.41, y responde a las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de instalación está representada?
- De cuántos cuadros consta la instalación?
- Es un sistema monofásico o trifásico? Justifica la respuesta.
- Enumera los circuitos monofásicos y trifásicos de la instalación.
- ¿Qué dispositivos eléctricos de aparenta identificas en el plano?
- ¿Cuál es la sección de la línea del circuito 9?
- ¿Qué sensibilidad tiene el interruptor diferencial del circuito 3?
- ¿Cuál es el nivel de aislamiento de la derivación individual?
- ¿Qué potencia máxima admisible tiene el circuito número 10? ¿Qué receptor alimenta?
- ¿Cuál es la intensidad nominal del interruptor automático del circuito 2?
- ¿Qué significa que la instalación tenga un coeficiente de simultaneidad de 0,8?

## 3.5. Planos representativos de las instalaciones electrotécnicas

Para conocer la posición exacta de los diferentes mecanismos, cajas, canalizaciones, cuadros, aparenta y, en general, de todos los componentes eléctricos de una instalación, es necesario utilizar planos de planta y planos de trazado, los cuales pueden ser orientativos o estar acotados.

Los planos representativos más comunes de las instalaciones eléctricas industriales son los siguientes:

- Planos de planta de la instalación eléctrica de alumbrado.
- Planos de planta de la instalación eléctrica de fuerza.
- Plano del trazado de las canalizaciones.
- Planos de las vías de evacuación.
- Plano de la red equipotencial de tierras.
- Plano de detalle.

Figura 3.44. Interpretación de los datos proporcionados por diferentes esquemas unifilares.

### 3.5.1. Planos de planta de la instalación eléctrica

En cualquier proyecto electrotécnico, junto con los esquemas unifilares o multifilares, es indispensable incluir una o varias representaciones en planta del lugar donde se va a realizar la instalación indicando la posición exacta de cada uno de los mecanismos eléctricos y de la aparamenta, de manera que sea posible reconocer su ubicación real. Esta documentación facilita enormemente las tareas de mantenimiento de la instalación y asegura que el montaje será realizado de manera exacta por el instalador.

Básicamente, se diferencian dos modelos distintos de planos de planta en función de los dispositivos eléctricos representados en ellos: fuerza y alumbrado.

- **Plano de planta de la instalación eléctrica de fuerza:** muestra la ubicación exacta de las bases de toma de corriente, cuadros eléctricos, maquinaria eléctrica, etc.
- **Plano de planta de la instalación eléctrica de alumbrado:** muestra la ubicación exacta de las luminarias, apliques, interruptores, pulsadores, comutadores, equipos autónomos de alumbrado de emergencia, etc.



#### SABÍAS QUE

Para facilitar la interpretación de los planos y esquemas eléctricos, es muy habitual en la práctica incluir una leyenda de la simbología utilizada, sobre todo cuando esta no se adapte a la normativa establecida o cuando por las dimensiones de la instalación se utilice un gran número de símbolos gráficos.

Los planos de planta de la instalación eléctrica de fuerza y de alumbrado podrán combinarse en un mismo documento gráfico siempre que el número de dispositivos no sea muy elevado y se garantice que la información aportada queda suficientemente clara (Figura 3.46).

Asimismo, en los planos de planta de alumbrado, es recomendable incluir líneas continuas o discontinuas que indiquen qué receptores están asociados a cada uno de los dispositivos de maniobra.

Debe existir un plano de planta por cada uno de los pisos de la edificación, incluyendo sótanos, cubierta e incluso zonas exteriores y terrazas, siempre que se dispongan equipos eléctricos en estas ubicaciones.

### 3.5.2. Trazado de las canalizaciones

Otro tipo de esquema eléctrico, de gran utilidad para el instalador electricista, es aquel en el que se indica el trazado

por el cual deben discurrir las canalizaciones eléctricas por las que se realiza el tendido del cableado.

Dichas canalizaciones parten siempre del cuadro general y recorren de manera empotrada o superficial los muros, suelos o techos de la edificación comunicando las cajas de registro, derivación y mecanismo.

El trazado de las canalizaciones puede representarse en dos formatos, planta y perspectiva tridimensional. Puede quedar indicado, además, el tipo y características de canalización utilizadas en cada caso, sea tubo de plástico, tubo metálico, canal protectora, bandeja perforada, bandeja de rejilla, etc.

- **Trazado de las canalizaciones en planta:** da una visión orientativa del recorrido de las canalizaciones y muy aproximada de la ubicación de las cajas de registro y derivación.

Este tipo de plano es muy útil para calcular la longitud total del tubo protector que será necesario utilizar durante la preinstalación. Deben quedar reflejadas todas las estancias y zonas de la edificación.

El plano del trazado de las canalizaciones suele combinarse con los planos de planta de la instalación eléctrica de fuerza y alumbrado para ahorrar espacio y simplificar el número de documentos gráficos del proyecto.

- **Trazado de las canalizaciones en perspectiva tridimensional (3D):** indica de manera exacta, mediante cotas, el recorrido de los tubos y la posición de las cajas de registro y mecanismos de la instalación eléctrica.

Los planos y esquemas representados en 3D son muy útiles para conocer las distancias exactas de ubicación de los dispositivos respecto al suelo, las paredes o el techo.

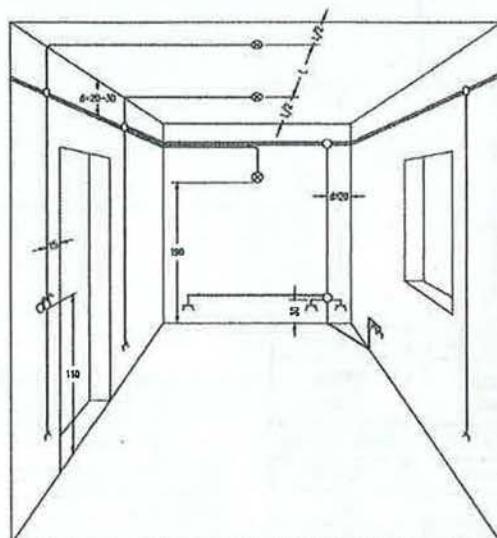


Figura 3.45. Plano acotado del trazado de las canalizaciones en 3D. Cotas en centímetros.

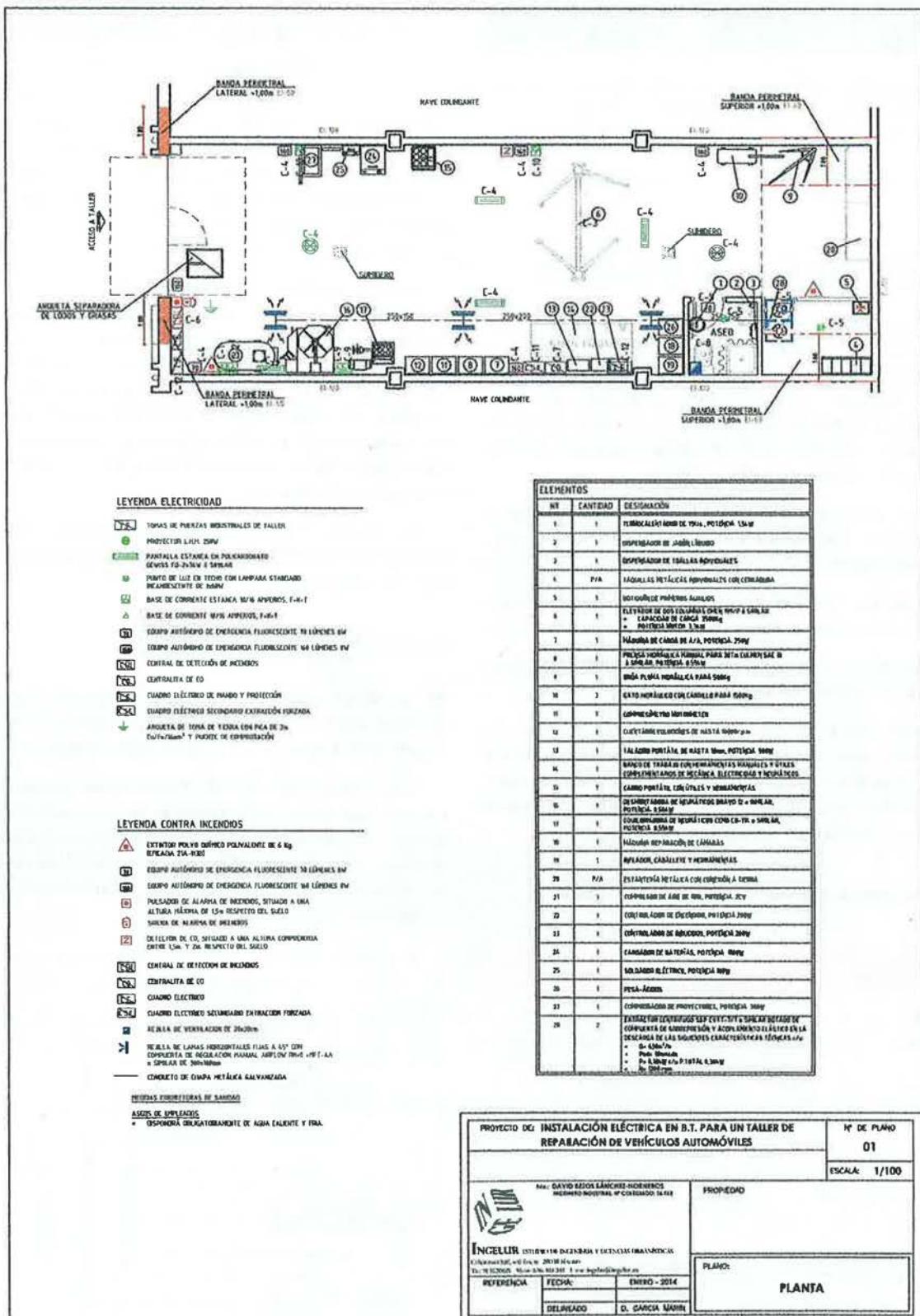


Figura 3.46. Plano de planta de una industria, en el que se incluyen los equipos e instalaciones eléctricas de alumbrado y fuerza, así como algunos elementos de la instalación contra incendios. (Cortesía de Ingelur.)



## RECUERDA

La ejecución práctica del trazado de las canalizaciones en una edificación se hará siempre siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes, del techo y del suelo.

### 3.5.3. Planos de las vías de evacuación

El plano de evacuación forma parte del plan de emergencia. Es un plano que se sitúa en un lugar de tránsito, visible para todos los usuarios del edificio. Debe representar fielmente la planta del edificio, y con los suficientes detalles para que cualquier persona pueda interpretarlo y comprenderlo de manera rápida y sencilla. En él se indican los datos necesarios para una evacuación rápida y eficaz:

- Posición en la que se encuentra el usuario con respecto al plano, “usted está aquí”, y la posición del edificio con respecto a las calles que le rodean.
- Rutas de escape. Generalmente se marca con flechas la ruta más rápida a seguir para abandonar el edificio.
- Vías de evacuación. Son las salidas de emergencia en las que desembocan las rutas de escape.
- Dispositivos de ayuda en caso de emergencia. Se muestran todos los dispositivos que es necesario ubicar en caso de una emergencia, como puedan ser: extintores, luces de emergencia, boca de incendio, detectores de humo, llaves de corte de gas y electricidad.

**Tabla 3.3. Simbología asociada a los planos de las vías de evaluación.**

Significado	Símbolo	Significado	Símbolo
Vía primaria de evaluación (principal)		Vía secundaria de evacuación (alternativa)	
Sentido final en vía de evacuación		Sentido de evacuación	



## SABÍAS QUE

La legislación vigente establece que el recorrido máximo de la vía de evacuación de mayor longitud en un local de pública concurrencia no puede ser superior a 25 metros.

### 3.5.4. Plano de la red equipotencial de tierras

Este plano es requerido en instalaciones que deben poseer una red equipotencial de tierras debido a sus características eléctricas y particularidades de uso. Es imprescindible en instalaciones en las que existe contacto directo de las personas con equipos metálicos que se encuentran en las proximidades de elementos conductores.

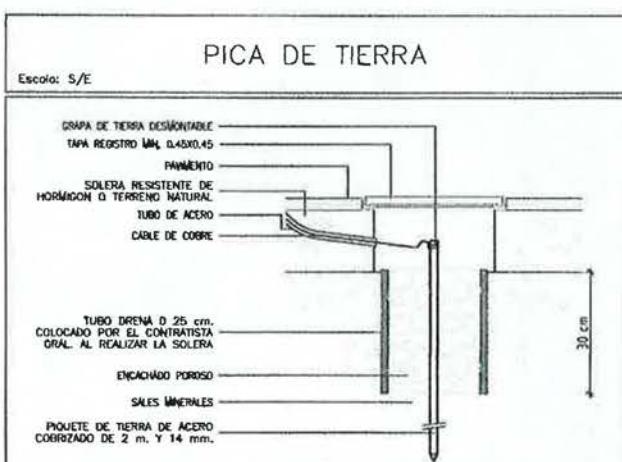
Es por este motivo que todas las masas metálicas deben estar conectadas a tierra correctamente formando una red **equipotencial** en forma de **anillo** o **mallazo**. Para realizar la unión de las distintas masas metálicas de la instalación de manera eficiente puede ser necesario realizar este tipo de plano, de manera que el instalador pueda ubicarlas correctamente en la práctica y para que en futuros trabajos de mantenimiento se tenga conocimiento de la ubicación de esta red equipotencial.

Es necesario indicar el tipo de red usada, todos los equipos que se encuentren conectados a la red y las características de los conductores utilizados.

### 3.5.5. Planos de detalle

En ocasiones puede resultar muy útil incluir el plano de una parte de la instalación o de parte del equipamiento a mayor escala que el resto de la documentación gráfica existente.

Los planos de detalle únicamente serán necesarios cuando hay partes constructivas de la instalación eléctrica que el proyectista considera que deben ser ampliadas, ya que con esto se consigue mayor claridad, permitiendo un mejor análisis de las conexiones y facilitando su montaje e instalación.



**Figura 3.47. Ejemplo del plano de detalle para la instalación de una pica de tierra en arqueta.**

## Actividades de comprobación

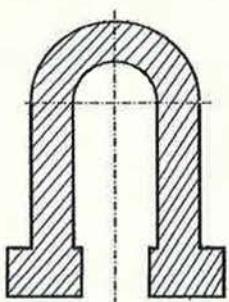
- 3.1.** ¿Cuál de los siguientes grosores de línea no se encuentra normalizado?
- 0,35.
  - 0,75.
  - 1,4.
- 3.2.** Un objeto representado con escala 2:1:
- Está representado al natural.
  - Está representado de manera reducida con respecto a la realidad.
  - Está representado de manera ampliada con respecto a la realidad.
- 3.3.** Selecciona la opción correcta. Durante un proceso de acotación, las líneas de referencia:
- Con forma de flecha acaban en contorno o arista.
  - Con forma de punto acaban en otra línea.
  - Sin flecha ni punto acaban en el interior de una pieza.
- 3.4.** La perspectiva que se basa en tres ejes de coordenadas ortogonales en la que sus proyecciones forman un ángulo de 120 grados entre ellos sobre el plano, y todas las dimensiones de las piezas son paralelas a estos ejes representados a la misma escala se denomina:
- Isométrica.
  - Caballera.
  - Diédrica.
- 3.5.** ¿Cuál debe ser la anchura mínima del margen de archivo en un plano o documento gráfico que va a ser archivado?
- 10 mm.
  - 20 mm.
  - 40 mm.
- 3.6.** ¿Qué expresión se utiliza para indicar que los símbolos en un plano están representados de manera que cualquier persona es capaz de interpretarlos adecuadamente?
- Se dice que los símbolos están identificados.
  - Se dice que los símbolos están autentificados.
  - Se dice que los símbolos están normalizados.
- 3.7.** ¿Es posible unificar en un solo documento el plano de planta de la instalación eléctrica de alumbrado y el plano de planta de la instalación eléctrica de fuerza?
- No, en ningún caso.
  - Sí, siempre que la información quede clara.
  - Sí, pero exclusivamente en planos de planta de cubierta y exteriores.
- 3.8.** ¿En qué tipo de planos es recomendable incluir líneas continuas o discontinuas que indiquen qué receptores están asociados a qué elementos de maniobra?
- Planos unifilares.
  - Planos de planta.
  - Planos asociativos.
- 3.9.** A los esquemas multifilares también se los llama:
- Esquemas funcionales.
  - Esquemas ramificados.
  - Esquemas compuestos.
- 3.10.** ¿Cuál de las siguientes indicaciones, no puede ser considerada como una norma de acotación?
- Han de indicarse siempre más cotas de las imprescindibles, para que la interpretación del objeto o dibujo quede lo suficientemente clara.
  - Los dibujos se acotan según su función, fabricación o verificación.
  - Cada elemento se acota una sola vez en el dibujo y siempre se han de colocar sobre la vista que mejor represente el elemento correspondiente.
- 3.11.** ¿Cuáles son las dimensiones establecidas de un papel con formato A4?
- 210 x 297 cm.
  - 210 x 297 mm.
  - 290 x 217 mm.
- 3.12.** Los planos utilizados cuando hay partes constructivas de una instalación eléctrica que deben ser ampliadas para permitir un mejor análisis de las conexiones y facilitar su montaje e instalación se denominan:
- Planos específicos.
  - Planos de detalle.
  - Planos de conjunto.

## Actividades de aplicación

- 3.1. Enumera y representa los diferentes tipos de líneas que conoces según su trazo.
- 3.2. Define brevemente los siguientes términos: boceto técnico, croquis, plano y esquema, haciendo referencia a las principales diferencias entre los mismos.
- 3.3. Cita los patrones a tener en cuenta para obtener dibujos de forma rápida y que sean legibles a la hora de realizar un croquis.
- 3.4. ¿Qué es la línea de cota? ¿Qué la diferencia de la línea auxiliar de cota? ¿Qué indicaciones deben seguirse a la hora de realizar líneas de cota?
- 3.5. Explica las diferentes metodologías que pueden ser llevadas a cabo a la hora de acotar radios y diámetros.
- 3.6. ¿Cuáles son, generalmente, las vistas diédricas mínimas necesarias para definir un objeto?
- 3.7. Enumera los diferentes tipos de formato de plano existentes, indicando sus dimensiones asociadas.
- 3.8. Explica qué utilidad pueden tener los recuadros exteriores alfanuméricos en un plano.
- 3.9. ¿Qué es un esquema unifilar? ¿Qué es un esquema multifilar? ¿Cuáles son las principales diferencias entre ambos? ¿Cuándo suele utilizarse cada uno de ellos?
- 3.10. Cita los datos técnicos que deben aparecer en un esquema unifilar para que este sea perfectamente comprensible.
- 3.11. Define qué es un esquema de principio y pon varios ejemplos de instalaciones a las que pueden estar asociados.
- 3.12. Enumera los diferentes tipos de planos representativos de las instalaciones electrotécnicas, definiendo brevemente sus características básicas.

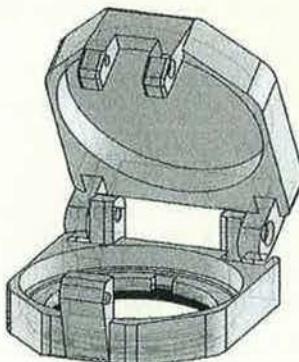
## Casos prácticos

- 3.1. Realiza dos croquis de la siguiente figura, el primero a escala natural y el segundo con una escala de ampliación 3:1.



- 3.2. Dada la siguiente pieza en perspectiva que representa la tapa de una base de toma de corriente industrial:

- a) Representa las vistas de la figura diédrica. Para definirla será necesario representar el alzado, el perfil izquierdo, el perfil derecho y el alzado posterior.
- b) Acota la pieza a partir de las vistas que has representado.



3.3. Dada la instalación eléctrica correspondiente al cuadro secundario de una industria con las siguientes características, y conociendo la simbología de los componentes de los circuitos eléctricos que ya estudiaste en la Unidad 2, realiza las siguientes actividades:

- a) Representa el esquema unifilar del cuadro. La distribución e intensidad nominal de los interruptores diferenciales es libre, pero debe estar debidamente justificada.
  - b) Representa el plano de detalle del cuadro general de mando y protección (CGMP) con sus protecciones correspondientes.

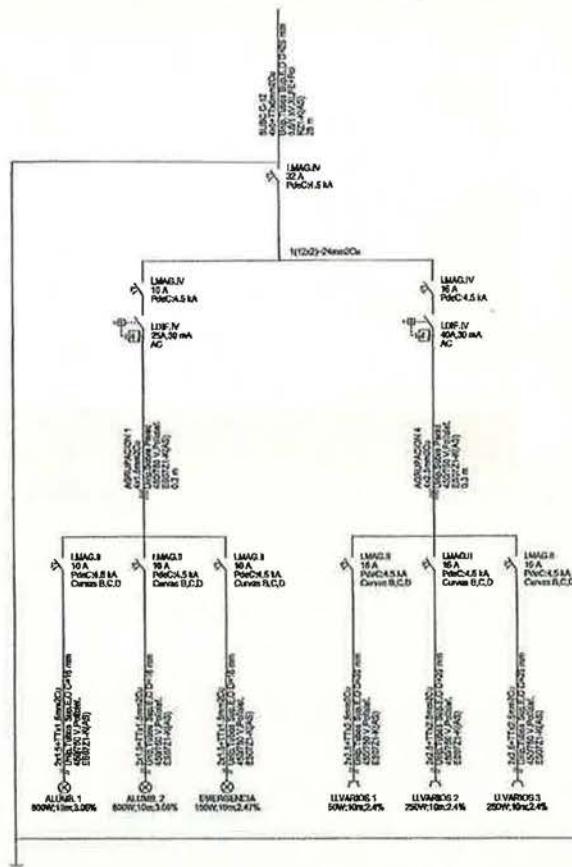
#### Características del cuadro:

- Interruptor general de 4x40 A.
  - Dispone de un equipo de medida para suministro trifásico y hueco para el ICP.
  - Circuitos interiores:

Número de circuito	Descripción	Protección
Circuitos 1-6	Alumbrado ordinario	Interruptor automático de 2x10 A
Circuitos 7-8	Alumbrado emergencia	Interruptor automático de 2x10 A
Circuito 9	Central de detección de incendios	Interruptor automático de 2x10 A
Circuito 10	Central de detección de CO	Interruptor automático de 2x10 A
Circuito 11	Tomas de corriente taller	Interruptor automático de 2x16 A
Circuito 12	Puerta de acceso eléctrica	Interruptor automático de 2x16 A
Circuito 13	Bombas de achique	Interruptor automático de 4x16 A
Circuito 14	Ascensor	Interruptor automático de 4x25 A
Circuitos 15-16	Sistema de extracción	Interruptor automático de 4x16 A

- Todos los circuitos interiores se encuentran protegidos con cinco interruptores diferenciales de alta sensibilidad, excepto el del ascensor, que es de 300 mA.

**3.4.** Completa las tres siguientes tablas expuestas, a partir de los datos que obtengas al interpretar el siguiente esquema unifilar:



#### RELACIÓN DE LOS RECEPTORES Y POTENCIA

**CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS Y CIRCUITOS**

Denominación/esquema unifilar/círculo	Potencia prevista (kW)	Longitud (m)	Dispositivo de protección $I_H$ (A)	Material conductor /sección (mm <sup>2</sup> )

**TIPOS DE CANALIZACIONES A EMPLEAR**

Tipo	Tipo de cables	Sistema de instalación

3.5. Realiza el esquema unifilar correspondiente a la instalación eléctrica de un almacén que consta de:

- Un equipo de medida.
- Un interruptor general de 4x40 A.
- Un interruptor diferencial general de 4x40 A con sensibilidad de 30 mA.
- Tres circuitos interiores monofásicos de las siguientes características:
  - Circuito 1: tomas de corriente para usos varios protegido por un interruptor automático de 2x16 A.
  - Circuito 2: alumbrado ordinario protegido por un interruptor automático de 2x10 A.
  - Circuito 3: alumbrado de emergencia protegido por un interruptor automático de 2x10 A.

3.6. Indica el número de papeles de tamaño A4 que serían necesarios para simular un plano tamaño A0. Coge el número de papeles A4 que has calculado y procede a unir sus extremos mediante cinta adhesiva para simular el plano A0. Una vez tengas preparado el papel A0 mide sus dimensiones para comprobar si son las adecuadas.

3.7. Realiza el plegado normalizado del plano en tamaño A0 que has elaborado en la actividad anterior, siguiendo las indicaciones y la secuencia en las dobleces estudiadas a lo largo de la unidad.

Realiza, asimismo, el plegado normalizado para una lámina de formato A3, marcando previamente la ubicación del cuadro de rotulación.

# Cuadros eléctricos para automatismos industriales



Los cuadros eléctricos son los componentes de la instalación eléctrica donde se instala la aparamenta, es decir, los dispositivos de corte, protección, maniobra y control, así como las conexiones mecánicas de las canalizaciones en cuyo interior discurren los cables de entrada y salida de circuitos. Los cuadros de automatismos industriales permiten visualizar en su puerta el estado de diferentes partes de la instalación, cuyo objetivo principal es el conformado de una estructura externa que envuelve y protege a todos estos elementos mediante una envolvente.

# 4

## Contenidos

- 4.1. Concepto de cuadro eléctrico y normativa de aplicación
- 4.2. Niveles de protección: códigos IP e IK
- 4.3. Separación interna de cuadros eléctricos
- 4.4. Tipología de cuadros y armarios eléctricos
- 4.5. Elementos y componentes de los cuadros eléctricos
- 4.6. Ventilación, calefacción y deshumidificación de cuadros eléctricos
- 4.7. Ensamblado de cuadros para automatismos industriales

## Objetivos

- Dar a conocer las particularidades de los cuadros y los componentes de los que pueden estar formados.
- Definir los requisitos de los fabricantes de cuadros eléctricos.
- Reconocer los niveles de protección que pueden tener las envolventes.
- Identificar los diferentes cuadros existentes en el mercado y sus aplicaciones más comunes.
- Analizar el comportamiento térmico interior de los cuadros y métodos de montaje.

## 4.1. Concepto de cuadro eléctrico y normativa de aplicación

Un cuadro eléctrico es un elemento de la instalación eléctrica que reúne varias funcionalidades según el uso y lugar de la instalación, tales como:

- La **protección de los elementos ubicados en su interior**, tanto del polvo, del agua y de los golpes.
- Ha de **facilitar el mantenimiento** de los componentes y por tanto de la instalación, debiéndose poder desmontar las tapas fácilmente a la vez que ofrecer la protección mínima necesaria para que cualquier usuario no tenga acceso a las partes metálicas en tensión y por tanto evitar contactos directos.
- **Su tamaño ha de ser el adecuado** al número de elementos que se desee instalar, para efectuar las conexiones adecuadamente, correcta señalización de los cuadros, ventilación, etc., entre otros factores.

Los cuadros eléctricos de baja tensión trabajan en tensiones nominales no superiores a 1.000 V en redes de corriente alterna y 1.500 V en corriente continua.



Figura 4.1. Cuadro eléctrico para automatismo industrial. (Cortesía de Siemens.)

En un cuadro eléctrico, se diferencian diferentes componentes:

- **Caja o envolvente:** su función es servir de **soporte y proteger** mecánicamente los elementos que contiene en su interior.
- **Componentes internos:** tales como la **aparatura, conexión interno y terminales** de los circuitos de entrada y salida para el correcto funcionamiento de la instalación.

Todo cuadro eléctrico debe cumplir todos los **requisitos de seguridad**, realizando el cometido para el que ha sido diseñado.

En el interior de los cuadros, dependiendo de sus dimensiones, existen accesorios para:

- **Guiar** el cableado con canaletas, abrazaderas y canalizaciones adecuadas de llegada de conductores.
- **Ventilar** de forma natural o forzada los componentes internos del cuadro según sea la cantidad de calor disipada debido a la concentración de elementos montados en su interior.
- **Disponer de elementos auxiliares** como alumbrado de emergencia en el interior de cuadros de grandes dimensiones.

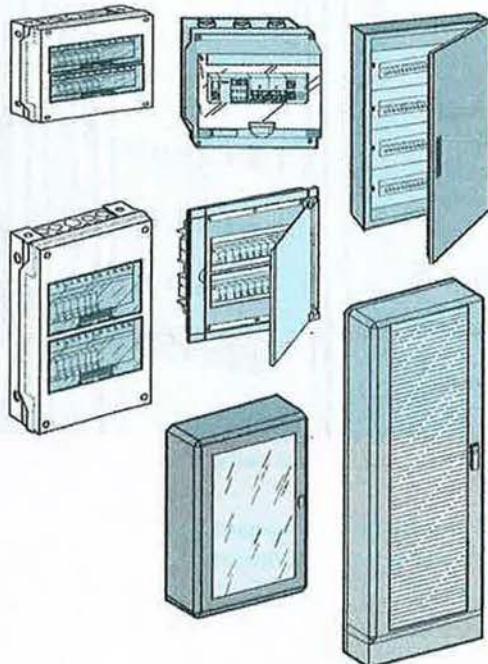


Figura 4.2. Diversas tipologías de cuadros eléctricos para distintas aplicaciones en automatismos.

Para cualquier fabricante que diseña y construye sus cuadros y que desea introducirlos en el mercado, es requi-

sito indispensable que cumpla las normas vigentes, como la norma internacional IEC 60364 que especifica los mínimos para cualquier tipo de instalación eléctrica.

En España, se dispone de la norma UNE EN 61439, equivalente a la IEC 61439, que describe:

- Parte 1: Reglas generales.
- Parte 2: Conjuntos de apertura de potencia.
- Parte 3: Cuadros de distribución destinados a ser operados por personal no cualificado.
- Parte 4: Requisitos particulares para conjuntos para obras.
- Parte 5: Distribución pública.
- Parte 6: Canalizaciones prefabricadas.

Actualmente, con la nueva norma, se concreta la labor del **fabricante original** que es el que realiza el **diseño inicial** así como la **verificación del cuadro**, y **fabricante del cuadro** es quien lo ejecuta físicamente, es decir, tras recibir los componentes, procede a su **ensamblaje y montaje del cableado según las directrices del fabricante original**. Se permite que alguna de las etapas de montaje se realice en obra, fuera del taller o laboratorio del fabricante, pero siempre cumpliendo las instrucciones del fabricante original.

**Los instaladores y cuadristas son los fabricantes finales del cuadro**, que utilizan los *kits* que venden los fabricantes originales para que monten los cuadros según los necesiten.

### SABÍAS QUE

El REBT nombra la norma UNE 60439 (Conjuntos de apertura de baja tensión), pero a partir del 31 de octubre de 2014, queda sustituida por la norma UNE 61439.

## 4.2. Niveles de protección: códigos IP e IK

Dado que hay agentes externos que pueden dañar los equipos de automatismos industriales como el polvo, el agua, los impactos o choques que son perjudiciales para las envolventes de los cuadros y canalizaciones eléctricas, y en general otros tipos de elementos eléctricos, es necesario proporcionar cierto grado de protección mínimo según el lugar de instalación.

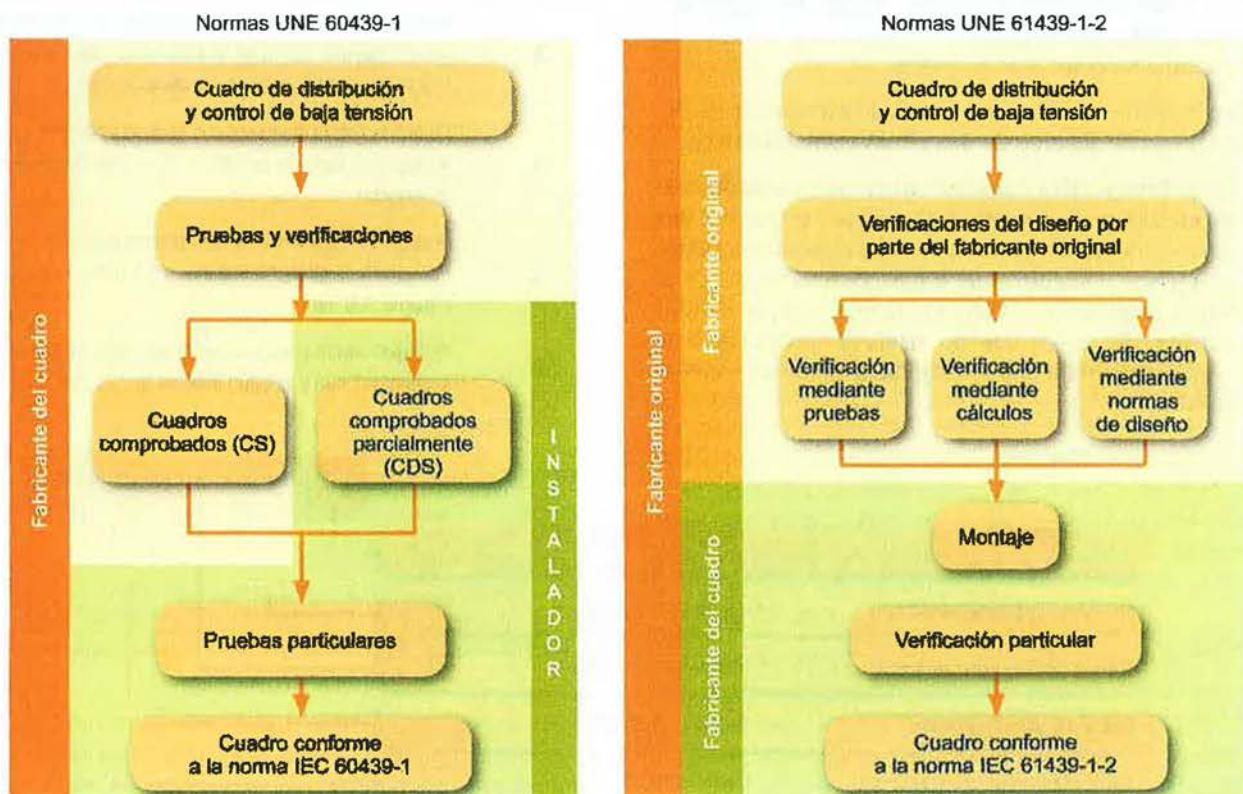


Figura 4.3. Diferencias entre la norma UNE 60439-1 y la moderna UNE 61439-1-2.

Para ello, existen unos códigos internacionales que permiten identificar los diferentes niveles de protección tanto para el acceso de sólidos extraños y penetración de agua denominado IP, y otro código denominado IK que permite delimitar los diferentes grados de protección contra los daños ocasionados por impactos mecánicos, ensayados mediante métodos normalizados.

Normalmente, aunque no necesariamente siempre, cuanto mayor sea el índice protección mayor es el coste del producto, por lo que los fabricantes crean sus productos para que la relación calidad/precio sea óptima y competitiva para cualquier aplicación.

### 4.2.1. Grado de protección IP de envolventes

El código de protección IP (*International Protection*) está unificado internacionalmente y sirve para la descripción de los grados de protección de las envolventes contra la penetración de cuerpos sólidos y la entrada peligrosa de líquidos.

Se ha de tener en cuenta que hasta que la envolvente y todos sus componentes internos no están totalmente montados, instalados y en funcionamiento, no se puede determinar el grado de protección, ya que el instalador es el responsable del grado de protección que asegura el fabricante, al tener que tender los cables, montar los elementos auxiliares (como interruptores, pulsadores, equipos de medida y similares) como este le indica.

Para denominar el índice o grado de protección, se determina por el IP seguido de **dos cifras características**.

- La **primera cifra característica** indica simultáneamente el tamaño de entrada de cuerpos extraños y una protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas. Esta cifra (**de 0 a 6**), cuanto mayor es su valor, mayor es la protección contra cuerpos sólidos extraños de menor tamaño, hasta el máximo de 6 en la que está totalmente protegida la envolvente contra sólidos.

- La **segunda cifra característica** corresponde al grado de protección de las envolventes de los equipos eléctricos contra los efectos perjudiciales de la penetración del agua. La segunda cifra (**de 0 a 8**) indica que no tiene protección (0), caída de agua en forma vertical y lluvia fina (1 a 3), proyecciones y chorros de agua (4 a 6) e inmersiones (7 y 8).

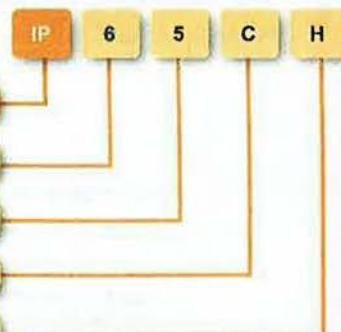
Además, se pueden añadir a continuación y **opcionalmente** una o dos letras:

- **Letra adicional:** cuando la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas es mejor que la primera cifra característica, o cuando esta ha sido sustituida por una X, se representa con las letras A, B, C, D correspondiéndose con las cuatro primeras de la primera cifra característica: 1, 2, 3 y 4. Por el contrario, estas letras aclaran la accesibilidad de determinados objetos o partes del cuerpo a partes peligrosas en el interior de la envolvente.

**Tabla 4.1.** Letras adicionales IP contra el acceso a partes peligrosas, según UNE 20324:1993.

Letras adicionales del código IP	Descripción
A	Protegido contra el acceso con el dorso de la mano. Se prueba con una esfera de 50 mm, que ha de quedar a una distancia adecuada de las partes peligrosas.
B	Protegido contra el acceso con el dedo u objetos análogos. El dedo de prueba de 12 mm de Ø y 80 mm de longitud.
C	Protegido contra el acceso con una herramienta u otro objeto de diámetro superior a 2,5 mm y longitud máxima 100 mm.
D	Protegido contra el acceso con un alambre, de diámetro superior a 1 mm y longitud máxima de 100 mm.

Letras de código	Protección internacional
Primera cifra característica	Cifras 0 ... 6 o letra X
Segunda cifra característica	Cifras 0 ... 8 o letra X
Letra adicional (opcional)	Letra A, B, C, D
Letra suplementaria (opcional)	Letra H, M, S, W



**Figura 4.4.** Interpretación del índice de protección IP.



## SABÍAS QUE

Una envolvente con la segunda cifra característica 7 u 8, no se considera adecuada para exponerla a chorros de agua, como los indicados por las cifras 5 o 6. Por tanto, las envolventes que satisfacen estos grados de protección (7 o 8) deben llevar un doble indicativo si se adecúan a un grado inferior, por ejemplo: IPX6/X8 o IPX5/X7.

- Letra suplementaria:** que corresponde al grado de protección contra los choques mecánicos. Se posiciona después de la segunda cifra característica o tras la letra adicional si existe. En la apertura, solo se utiliza la letra suplementaria W indicando protección a la intemperie, siendo comprobada por medios diferentes de los utilizados para la segunda cifra característica y que son difíciles de aplicar a materiales considerables.

**Tabla 4.2.** Letras adicionales IP contra el acceso a partes peligrosas, según UNE 20324:1993.

Letra suplementaria del código IP	Descripción
H	Aparato de alta tensión.
M	Ensayo de verificación de la protección contra la penetración de agua efectuada sobre el material estando sus partes móviles en movimiento.
S	Ensayo de verificación de la protección contra la penetración de agua efectuada sobre el material estando sus partes móviles en reposo.
W	Material diseñado de forma que pueda utilizarse en las condiciones atmosféricas especificadas, y en el que se han previsto medidas o procedimientos complementarios de protección.



## SABÍAS QUE

Una envolvente no se puede denominar con un IP indicado por una letra adicional si no garantiza que satisface también todos los grados de protección inferiores.

Los fabricantes de cuadros eléctricos aseguran el índice de protección indicado a todo el cuadro, **correctamente montado e instalado y con la puerta cerrada**. Si no se refiere a todo el cuadro, el fabricante ha de indicarlo e incluso aportar información de su grado de protección en

determinadas condiciones de trabajo, como por ejemplo con la apertura sin instalar, puerta abierta o similares condiciones.



## RECUERDA

Si no es necesario o no se conoce una de las cifras características, se sustituye por una X y así no genera confusiones sobre si la cifra está relacionada con la protección frente a sólidos extraños o líquidos. Si se omiten las dos cifras, se sustituye por XX. Se pueden omitir letras adicionales o suplementarias sin sustitución.

En todo caso, para cuadros de **interior tipo cerrados**, el IP ha de ser como **mínimo igual o superior a IP2X** con el cuadro en funcionamiento. Si el cuadro es de **exterior** sin protección adicional, el grado de protección ha de ser como **mínimo IPX3**.

Su parte frontal y trasera tiene que ser como mínimo IPXXB, para evitar que cualquier usuario pueda introducir los dedos en ellas. Por ello, es obligatorio el uso de obturadores en los huecos que puedan quedar en las tapas.

## Actividad propuesta 4.1

Recientemente se ha publicado la nueva ITC-BT-52, del Reglamento de Baja Tensión, sobre recarga de vehículos eléctricos.

Busca información en internet e indica qué índice de protección IP han de tener los cuadros para la recarga de vehículos eléctricos según esta nueva normativa. ¿A qué crees que se debe ese tipo de protección?

En función de las condiciones de instalación de los cuadros, canalizaciones y en general el material eléctrico, debe adecuarse al lugar. **Para los locales e industrias con riesgo de incendio y explosión, existe actualmente una norma (CEI 64-2) que relaciona el entorno de instalación con el IP para los cuadros eléctricos ubicados en este tipo de locales**, pero para el resto de las instalaciones, únicamente hay que cumplir las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) del local considerado.

Hay que tener especial atención al uso y lugar de instalación para elegir adecuadamente el grado IP del cuadro, ya que si es muy superior el índice de protección y por las condiciones ambientales hay exceso de temperatura, es posible que existan problemas térmicos en el interior del cuadro, ya que a mayor grado de protección, menor transferencia de calor se efectúa entre el cuadro y el entorno.

	SIN PROTEC.	PROTECCIÓN CONTRA AGUA							
		CAÍDA VERTICAL	CAÍDA INCLINADA	CAÍDA CHISPEADA	CAÍDA SALPICADA	CHORRO DE AGUA	INUNDACIÓN DE AGUA	INMERSIÓN EN AGUA	SUMERGSIÓN EN AGUA
		IP ...0	IP ...1	IP ...2	IP ...3	IP ...4	IP ...5	IP ...6	IP ...8
	IP 0...		IP 00 		IP 02				
PROTECCIÓN CONTRA CONTACTO Y CUERPOS EXTRANOS	CUERPOS GRANDES		IP 1... 	IP 10	IP 11	IP 12	IP 13 	IP 15	
	CUERPOS MEDIANOS		IP 2... 	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23 		
	CUERPOS PEQUEÑOS		IP 3... 	IP 30	IP 00	IP 32	IP 33	IP 34	
	CUERPOS GRANULENTOS		IP 4... 	IP 40	IP 41 	IP 42	IP 43	IP 44	
	DEPÓSTO DE POLVO		IP 5...	IP 50			IP 54 	IP 55	IP 56
PENETRACIÓN DE POLVO	IP 6...		IP 60				IP 65 	IP 66	IP 67
NOMENCLATURA	IP LETRAS CARACTERÍSTICAS				PROTECCIÓN CONTRA CONTACTO Y CONTRA PENETRACIÓN DE CUERPOS EXTRAÑOS Y DE AGUA				
	DE 0 a 6 PRIMERA CIFRA CARACTERÍSTICA (Ejemplos de cuerpos extraños)				GRADOS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTO Y PENETRACIÓN DE CUERPOS EXTRAÑOS				
	DE 0 a 8 SEGUNDA CIFRA CARACTERÍSTICA (Ejemplos de caldas de agua)				GRADOS DE PROTECCIÓN CONTRA PENETRACIÓN DE AGUA				

## 4.2.2. Grado de protección IK de envolventes

El grado de protección que indica el nivel de protección frente a daños de **impactos mecánicos externos** a las envolventes para material eléctrico se evalúa mediante el código IK. Está regulado por la norma IEC 62262 o su equivalente UNE 50102.

El código para el impacto mecánico sin sufrir deformaciones peligrosas, se identifica con la denominación IK seguida de once posibles cifras, cada una de ellas de dos dígitos, que van desde el 00 (no protegido), 01, 02, 03, y sucesivamente hasta el 10. A cada uno de estos números le corresponde un valor en **energía de impacto** en julios.

Al igual que ocurre en el grado de protección IP, si el fabricante no indica lo contrario, la protección frente al impacto mecánico, IK, se aplica a toda la envolvente, es decir que en todo el conjunto se garantiza el grado de protección IK determinado. En el caso de cuadros, el código IK se aplica con todo instalado y la puerta cerrada, de no ser que se indiquen grados diferentes a los componentes del mismo separados.

**Tabla 4.3.** Valores asignados a las cifras del código IK de protección al choque mecánico, según norma IEC 62262 o su equivalente UNE 50102.

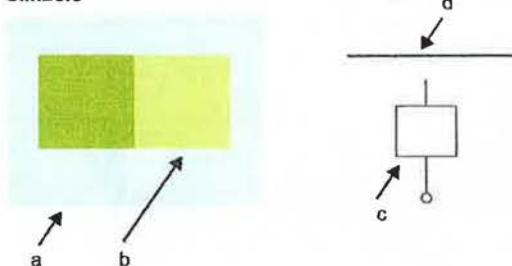
Grado de protección IK de las envolventes frente a impactos mecánicos	
Código	Energía de choque (J)
00	Sin protección
01	0,15
02	0,20
03	0,35
04	0,50
05	0,70
06	1
07	2
08	5
09	10
10	20



conexión de cables para mantener la continuidad de la alimentación eléctrica en caso de avería o necesidad de intervención en el interior del cuadro, asegurando:

- **Protección contra contactos directos** (IP XXB como mínimo) en caso de acceder a una parte del cuadro sin tensión, estando una o varias partes del cuadro con tensión.
- **Reducir las posibilidades de formación de un arco eléctrico y su propagación.**
- **Evitar el acceso de cuerpos sólidos** de una parte a otra del cuadro (mínimo IP2X). Se suele separar o compartmentar internamente mediante tabiques o barreras.

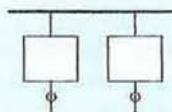
Símbolo



Leyenda

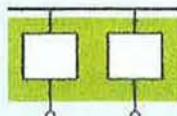
- a. Envolvente
- b. Segregación interna
- c. Unidades funcionales que alojan los terminales para los conductores externos asociados
- d. Embarrado, incluido el embarrado de distribución

**Forma 1**  
(Sin segregación interna)

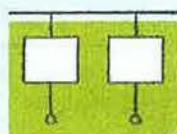


**Forma 2**  
(Segregación del embarrado de distribución de las unidades funcionales)

**Forma 2a**  
Terminales sin separar  
del embarrado



**Forma 2b**  
Terminales separados  
del embarrado



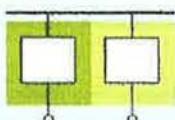
## 4.3. Separación interna de cuadros eléctricos

Los cuadros eléctricos y en especial los de tipo armario, deben tener compartimentos funcionales separados mediante subconjuntos de soporte para la segmentación interna de la apertura, el embarrado principal o de distribución y

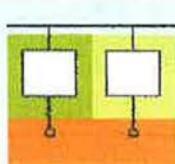
**Figura 4.6.** Configuraciones comunes de compartmentación mediante barreras o tabiques. (Cortesía de ABB).

**Forma 3**  
(Segregación del embarrado de las unidades funcionales + Separación entre las unidades funcionales)

**Forma 3a**  
Terminales sin separar del embarrado

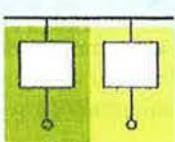


**Forma 3b**  
Terminales separados del embarrado



**Forma 4**  
(Segregación del embarrado de las unidades funcionales + Separación entre las unidades funcionales + Separación entre los terminales)

**Forma 4a**  
Terminales y sus unidades funcionales asociadas en el mismo compartimento



**Forma 4b**  
Terminales y sus unidades funcionales asociadas en distinto compartimento

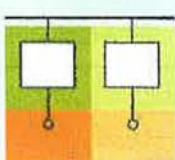


Figura 4.6. Configuraciones comunes de compartmentación mediante barreras o tabiques. (Cortesía de ABB) (continuación).

## 4.4. Tipología de cuadros y armarios eléctricos

En la actualidad, existen multitud de tipos de cuadros en el mercado que se adaptan a todas las aplicaciones en todo tipo de locales, para cubrir todos los sectores:

- **De uso residencial.** Son aquellos cuadros eléctricos que se instalan en las viviendas. Suelen ser pequeños, para hasta unos 12 elementos y los más modernos para instalar el ICP (interruptor de control de potencia), aunque en viviendas de gran superficie como en las unifamiliares donde la derivación individual es trifásica y se dispone de domótica, suelen ser cuadros más similares a cuadros secundarios para uso terciario e industrial.
- **De uso terciario.** A esta familia pertenecen todos aquellos cuadros en los que sin ser de uso residencial o doméstico, **no se obtienen ni transforman productos**. Pertenecen a este tipo de locales aquellos que son de pública concurrencia (centros comerciales, edificios de oficinas o similares), bancos, peluquerías... Son cuadros normalmente más grandes que los de uso residencial al ser superficies mayores y tener normal-

mente un cuadro general de baja tensión y varios secundarios.

• **De uso industrial.** Pertenecen al tipo de cuadros industriales los que están situados en lugares donde se obtienen o transforman productos. Hay gran variedad de industrias, y dependiendo de las condiciones ambientales en que sea necesaria la ubicación de los cuadros eléctricos, se debe prestar atención a que tenga la suficiente protección frente a partículas, agua o golpes, adecuados al lugar de instalación, o que tengan la certificación ATEX (atmósferas explosivas) si están en un lugar con riesgo de incendio o explosión.

Los cuadros eléctricos se pueden clasificar en diferentes modos atendiendo a los siguientes criterios:



Figura 4.7. Clasificación de los cuadros eléctricos.

### 4.4.1. Clasificación según la función que desempeña en la instalación eléctrica

Según sea la función que desempeñe el cuadro eléctrico en la instalación, se distinguen los siguientes tipos:

#### Cuadro general de baja tensión o cuadro de distribución

También pueden ser llamados cuadros primarios de distribución, cuadros de potencia o *Power Centers*. Son aquellos cuadros a los que llega la derivación individual o el

primer cuadro de la instalación interior en baja tensión si es alimentado mediante centro de transformación propio. Es el encargado de gestionar una o más entradas generales (por ejemplo, red y grupo electrógeno) para distribuirlas a un número determinado de líneas de salida mediante sus protecciones correspondientes (magnetotérmica y diferencial como mínimo), que generalmente corresponderá con el número de cuadros eléctricos secundarios de la instalación.



Figura 4.8 Cuadro general de distribución.

## Cuadros secundarios

Los cuadros secundarios son aquellos que gestionan la energía normalmente mediante una llegada del cuadro general de distribución y se deriva a numerosos circuitos finales para alimentar a los receptores. Hay cuadros en los que pueden llegar dos o más líneas, como puede ser la de socorro, en los que en caso de corte de suministro eléctrico, aporta la energía eléctrica suficiente únicamente a los circuitos prioritarios (normalmente rotulados en color rojo).

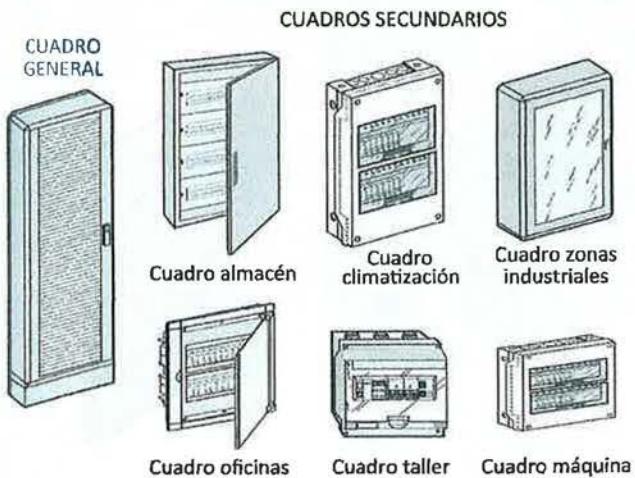


Figura 4.9 Cuadros secundarios.

## Cuadros de control, medición y protección

Son aquellos cuadros eléctricos que albergan los elementos de protección, maniobra, control y medición de partes de la instalación en la puerta del cuadro o en forma de pupitre.

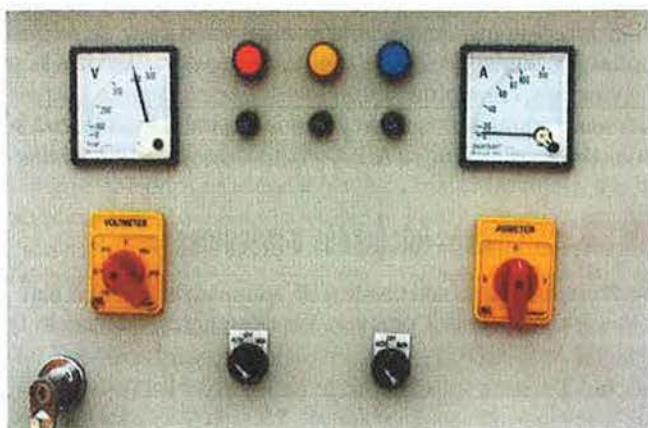


Figura 4.10 Vista frontal de la puerta de un cuadro de control para automatismos.

Es típico en industrias, donde se desea activar o desactivar interruptores, generalmente de tipo rotativo, para realizar tareas en el proceso productivo y visualizar su estado actual, indicado mediante lámparas de señalización de diversos colores, principalmente verde y rojo.

Además, suelen incorporar voltímetros, amperímetros o analizadores de redes para conocer los parámetros eléctricos en todo momento.

En su interior disponen de los elementos de lógica cableada (relés, contactores, temporizadores, etc.) o los elementos del autómatas programable, así como todos los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, además de la protección diferencial con selectividad correspondiente.

### Actividad propuesta 4.2

Indica un ejemplo del sector terciario en el que se empleen cuadros de control, medición y protección.



### RECUERDA

Es necesario utilizar correctamente la selectividad diferencial, ya que es fundamental en cualquier instalación eléctrica discriminar un posible defecto a tierra dejando sin suministro únicamente la parte del circuito donde se produce. De no ser así, puede interrumpirse la alimentación desde el cuadro general con los inconvenientes tanto económicos como de seguridad que supone.

## Cuadros de automatismos para control y de protección de motores

Los cuadros de protección de motores son denominados también *Motor Control Center* y son aquellos cuadros, como su propio nombre indica, para centralizar el control y protección de los motores que se tengan en la instalación. Se suelen utilizar en la extracción forzada de los garajes, industrias y depuradoras entre otros. En su interior se encuentran las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos. También se dispone de protección diferencial, señalización y control auxiliar.

## Cuadros integrados a máquinas

Se denominan también cuadros de automatización. Son parecidos a los de control y protección de motores, realizando la función de servir de panel de operación entre usuario y máquina, con los interruptores de marcha y paro, setas de emergencia y señalización correspondiente. En la mayoría de los casos, estos cuadros son montados por el fabricante de la máquina. El instalador deja prevista la instalación para alimentar a estos cuadros según la potencia requerida por la máquina.



Figura 4.11. Cuadro integrado en máquina.

## Cuadros de obra

Son cuadros dedicados a las instalaciones temporales para la construcción de nuevos edificios, tareas de reparación, modificación, extensión y demolición, así como trabajos públicos, de excavación o similares. En su interior contienen los dispositivos de mando y protección contra corrientes anormales tales como sobrecargas y cortocircuitos, protección contra contactos indirectos y bases o tomas de corriente.

Existen cuadros de obra de diferentes tamaños y materiales constructivos, metálicos o de fibras, siendo conductores o aislantes respectivamente. Además, pueden ser

cuadros móviles (son los más habituales) o fijados en un punto determinado de la obra.



Figura 4.12. Cuadros de obra.

### SABÍAS QUE

Según el REBT en su ITC-BT-33, las envolventes, la apertura, las tomas de corriente y los elementos de la instalación que estén a la intemperie deberán tener como mínimo un grado de protección IP45.

## Cuadros de baja potencia

Este tipo de cuadros se emplea para aplicaciones de escasa potencia, como pequeñas máquinas y para uso doméstico. Están prefabricados generalmente en fibra de poliéster, policarbonato o similar y su instalación es de forma mural empotrados o en superficie. Están diseñados para alojar en ellos un número muy reducido de aparatos, como interruptores, diferenciales, relojes y contactores. Dado que no son flexibles, si se desea ampliar las instalaciones, los fabricantes ponen a disposición cuadros modulares, para poder ampliarlos mediante la fijación lateral de cuadros.

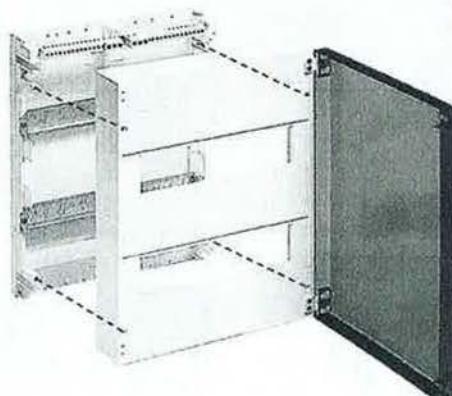


Figura 4.13. Cuadro para un número muy limitado de elementos. En este caso, veinticuatro. (Cortesía de Siemens.)

## 4.4.2. Clasificación según el material constructivo

En función de la naturaleza del material empleado para la fabricación de cuadros eléctricos se clasifican en cuadros metálicos o aislantes.

### Cuadros eléctricos metálicos

Son aquellos cuadros cuyo material constructivo es en chapas de acero generalmente soldadas. Disponen de bisagras para la puerta y normalmente está reforzada con chapas verticales para soportar mejor los esfuerzos de flexión. Son adecuados para trabajar en condiciones adversas, principalmente industriales. Los cuadros metálicos pequeños se suelen ubicar en la pared correctamente anclados con tira fondos o empotrados y los armarios que son de grandes dimensiones, apoyados en el suelo donde las canalizaciones de entrada y salida del cuadro se realizan por la parte inferior. En algunos cuadros metálicos, cuando además se precise un grado de protección mínima de un IP55, se suelen bordear con caucho en todo su perímetro conformando así una envolvente protegida al polvo y al agua.

Las tapas horizontales para ubicar los diferentes elementos son metálicas y suelen llevar tornillos a los laterales para poder quitarlas con un destornillador. En muchos de estos tipos de cuadros, la propia tapa lleva en uno de sus extremos bisagras, por tanto estos carecen de puerta y quedan los paneles visibles al exterior, siendo típicos en cuadros generales.



Figura 4.14. Cuadro eléctrico metálico.

Al manipular este tipo de cuadros hay que fijarse en que tengan **conexiones a tierra todos los elementos metálicos**, garantizando la seguridad necesaria al instalador, ya que de lo contrario podemos tocar partes en tensión que pueden ser derivadas a través del cuerpo a diferentes potenciales y sufrir una descarga eléctrica de importantes consecuencias.

## Cuadros eléctricos de plástico y fibra (aislantes)

Se trata de cuadros eléctricos cuyo material principal de la envolvente son materiales plásticos como el poliéster con fibra de vidrio y policarbonato para asegurar una resistencia mecánica suficiente. Se trata de cuadros aislantes que en función de las necesidades son más o menos estancos. Soportan de forma aceptable las condiciones ambientales adversas como ataques químicos por sustancias como alcohol, hidrocarburos, etc. Resisten atmósferas de gases, hongos debido a la humedad y a la luz ultravioleta. En el mercado existen cuadros aislantes con grados de protección hasta IP65. Se suelen ubicar empotrados directamente en la pared.

### SABÍAS QUE

El policarbonato es un material del grupo de los termoplásticos, que al taladrarlo no quiebra, siendo fácil de trabajar, termoforzar y moldear. Tiene el inconveniente que a diferencia del metacrilato, se raya muy fácilmente.

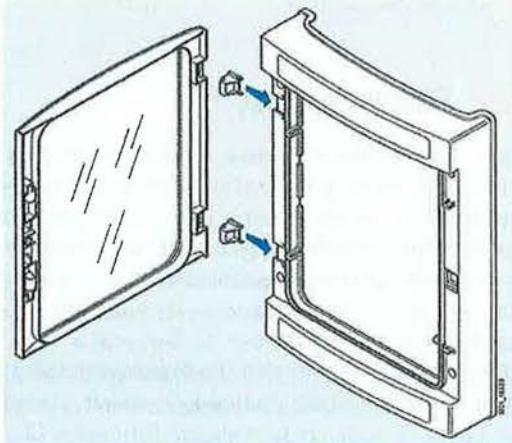


Figura 4.15. Cuadro fabricado en fibra. (Cortesía de Siemens.)

## 4.4.3. Clasificación según el diseño exterior

En función de la forma externa y acceso a partes interiores se distinguen los siguientes tipos de cuadros.

### De caja o cofre

Son aquellos cuadros eléctricos diseñados para instalarse en pared, empotrados o en superficie. Son típicos en pequeños cuadros generales de baja tensión o distribución y para

cuadros secundarios en edificios de pública concurrencia, industrias, etc. Son los empleados en las viviendas, garajes y similares. Por tanto, su aplicación abarca tanto al uso residencial, terciario e industrial, siendo muy versátiles. Las canalizaciones suelen llegar por la parte superior, inferior, lateral e incluso por el fondo para las entradas y salidas del cuadro en función del tipo y geometría de la instalación. Son cuadros monomodulares y por tanto no ofrecen la ventaja de ser ampliados, por ello son utilizados en lugares donde no se realizarán ampliaciones de importancia.

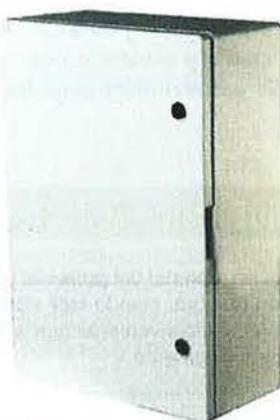


Figura 4.16. Cuadro de caja o cofre.

ciendo gran flexibilidad, o en aquellas instalaciones donde se tienen equipos de repuesto para el cuadro y poder ser sustituidos en caso de averías para continuar el funcionamiento, y posteriormente, reparar o pedir al fabricante una nueva unidad del elemento reemplazado.

Existen también en el mercado cuadros en los que se combina la parte extraíble y la parte fija en una misma envolvente.



Figura 4.17. Cuadro con módulos extraíbles para motores SIVACON S8. (Cortesía de Siemens.)

## Cuadros modulares

Es el caso de cuadros eléctricos cuya característica es ser multicaja o modular para poder ampliarse conformando compartimentos. Se suelen unir entre ellos mediante una estructura común o mediante bridas en cuyas cajas se incorporan los componentes necesarios como interruptores automáticos, guardamotores, elementos de maniobra y control, arrancadores sólidos, variadores de frecuencia, etc. Tienen la ventaja de poder prever una posible reposición a condiciones anteriores o futuras pudiendo eliminar o ampliar cajas. Las canalizaciones para conectar diferentes elementos de distintas cajas se efectúan mediante orificios situados en las paredes entre dos cajas adyacentes. Son los habituales en módulos de centralización de contadores, cuadros para locales húmedos como depuradoras y similares.

## Cuadros enchufables

Son aquellos cuadros que constan de un zócalo con conexiones para poder conectar y desconectar elementos del cuadro tales como interruptores, en caliente o en tensión. No son muy habituales, dado el coste que tienen, pero son muy útiles en sectores como el industrial, donde interesa realizar cambios en la estructura de la instalación en función del proceso de producción en cada momento, ofre-

## Armarios eléctricos

Los armarios eléctricos son un caso particular de cuadros que se caracterizan por sus grandes dimensiones, estando construidos con sólidos bastidores, ofreciendo una extrema resistencia, durabilidad y estabilidad para soportar todos los elementos en su interior. Suelen ir apoyados en el suelo y sus canalizaciones de entrada y salida de circuitos se suelen instalar por la parte inferior y/o superior.

Se utilizan muy habitualmente en configuraciones tales como cuadros de distribución de gran envergadura, cuadros secundarios de control de motores de potencias considerables, quirófanos en los que hay numerosos circuitos y equipos de mucho volumen como el transformador de aislamiento y en general para uso industrial o en locales de pública concurrencia tales como edificios dedicados a oficinas, hospitales, servicios comunes de centros comerciales o en el montaje de centralitas, UPS, servidores, equipos de telecomunicaciones y todas las instalaciones que requieran numerosos componentes y/o equipos generalmente pesados en su interior.

Los armarios permiten ubicarse uno al lado de otro cuando así lo requiera la instalación. Interiormente, entre cuadro y cuadro, existen perforaciones para que les atraviese entre sus caras laterales el embarrado general y así poder distribuir los circuitos en cada uno de los armarios.

## Pupitres

Son aquellos cuadros en los que los elementos de control se ubican de forma horizontal para poder controlar las máquinas, señalización y medida de los elementos que componen las instalaciones de gran importancia como generación (central hidroeléctrica, central nuclear, de ciclo combinado, etc.) así como en grandes hospitales, industrias siderometalúrgicas y similares. En dicho pupitre, se dispone de un sinóptico global de la instalación eléctrica, señalizándose alarmas, disparos de interruptores o térmicos, tensiones, intensidades y un sin fin de información importante para el técnico de mantenimiento.



Figura 4.18. Cuadro de control para automatismos de tipo pupitre.

### 4.4.4. Clasificación según las condiciones de instalación

Dependiendo de las condiciones ambientales de instalación de los cuadros eléctricos así como de los locales de características especiales, se pueden diferenciar los siguientes tipos:

- De interior.
- De exterior.
- Cuadros para locales húmedos.
- Cuadros para locales mojados.
- Locales con riesgo a la corrosión.
- Cuadros para locales polvorrientos sin riesgo de incendio y explosión.
- Cuadros para locales de riesgo de incendio y explosión.

Los fabricantes certifican sus productos para el uso que indican, quedando excluida su garantía y responsabilidad si el material instalado ha sido en condiciones diferentes a las marcadas en las instrucciones del fabricante.



Figura 4.19. Cuadro de exterior.

Clasificación en zonas de atmósfera de gas, vapor o niebla

Clasificación en zonas de atmósfera formadas por nube de polvo

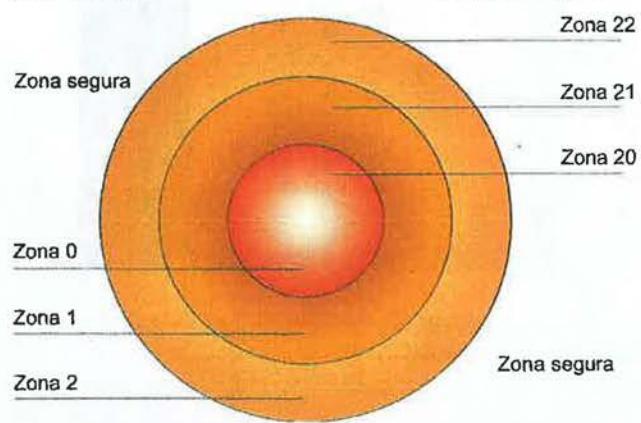


Figura 4.20. Zonas de clasificación de atmósferas explosivas.

### Actividad propuesta 4.3

Accede, a través de la página web de la editorial ([www.paraninfo.es](http://www.paraninfo.es)) a un documento en formato PDF denominado “Clasificación de cuadros y aparmiento en función de las condiciones de instalación”. Tras leer el documento, responde a las siguientes cuestiones:

- Define las características que deben cumplir los cuadros eléctricos de interior y exterior.
- Indica ejemplos de locales industriales húmedos y mojados.
- Indica ejemplos de locales industriales con riesgo de incendio y explosión.
- Propón ejemplos comunes donde se produzcan deflacciones.

## 4.4.5. Clasificación según el método de instalación del cuadro

En función de la forma de instalación, se pueden distinguir dos tipos:

### Cuadros fijos

Son los cuadros de interior o exterior para disponerse de forma mural (en pared, empotrados o en superficie) o en el suelo.



Figura 4.21. Cuadro de maniobra de un automatismo industrial fijo en superficie o fijación mural.

### Cuadro móvil

Son los cuadros de interior o exterior que pueden ser situados en cualquier lugar autorizado de tal forma que su traslado sea fácil y sencillo. Un ejemplo de uso de estos cuadros es el de las obras, ferias o instalaciones similares.

#### Actividad resuelta 4.1

Pon ejemplos de cuadros que sean de interior y fijo, de interior y móvil, de exterior y fijo, de exterior y móvil.

**Solución:**

- **De interior y fijo.** La mayoría de los cuadros corresponden a este tipo de cuadros. Ejemplos de ello son: cuadros para viviendas, locales comerciales, industrias y similares.
- **De interior y móvil.** Son de los menos habituales, pero ejemplos de ellos pueden ser cuadros para las ferias y stands de recintos feriales, o similares.

• **De exterior y fijo.** Corresponden a este tipo de cuadros los cuadros para alumbrado público de calles, carreteras y similares.

• **De exterior y móvil.** Ejemplos de este tipo de cuadros son aquellos que son de tipo obra en los que interesa desplazar los cuadros para tener un suministro móvil al tener que utilizar herramientas en puntos muy distantes.

## 4.4.6. Clasificación según su acceso al interior del cuadro

Los cuadros eléctricos para automatismos industriales pueden ser de tipo abierto o cerrado.

### Cuadro abierto

Se trata de cuadros con o sin panel frontal en los que hay componentes accesibles en tensión. Los que tienen panel frontal (normalmente sirve para dar un grado de protección IP y/o IK a la envolvente y evitar contactos directos), se abren con facilidad, por ejemplo por maneta, para acceder a las partes metálicas de los componentes, teniendo contactos directos. Es típico de grandes armarios de distribución antiguos. Es obligatorio disponer de una protección como por ejemplo una plancha de metacrilato, para impedir posibles accidentes eléctricos. Únicamente pueden ser utilizados en locales técnicos con acceso restringido a personal autorizado. Ejemplos de cuadros abiertos sin panel frontal son los cuadros de maniobra mediante relés y contactores, cuadros en los que están las placas electrónicas para ascensores o cuadros de alarma y disparo de temperatura de transformadores en centros de transformación.

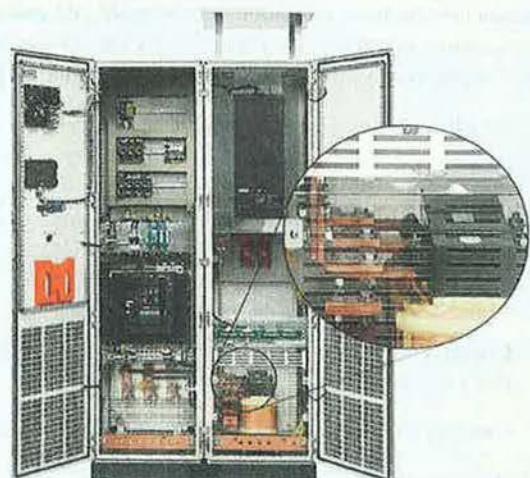


Figura 4.22. Cuadro de tipo abierto para automatismos. (Cortesía de Siemens.)

## Cuadro cerrado

Es aquel que está contorneado mediante superficies protectoras en todas sus caras, de tal forma que solo se puede acceder a su interior mediante llave o útil adecuado, siendo la persona autorizada consciente de sus riesgos. Evita contactos directos a partes en tensión además de un grado de protección mínimo frente a polvo, agua y golpes (IP XXB), según el lugar de instalación.

Este tipo de cuadros se emplea en la mayoría de los casos ya que así lo exige el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión para todos los locales en los que pueda haber personal no autorizado como en viviendas, locales comerciales y en general de pública concurrencia.



Figura 4.23. Cuadro de tipo cerrado, para acceder a su interior hay que retirar tapas.

## 4.5. Elementos y componentes de los cuadros eléctricos

Un cuadro eléctrico está formado por numerosos elementos o componentes que dependen de la complejidad, aplicación y uso del mismo. Puede tener más o menos componentes conformando el cuadro para que cumpla la función para el cual ha sido diseñado, montado e instalado.

### 4.5.1. Componentes mecánicos de los cuadros

Son los elementos de los cuadros eléctricos que sirven para conformar la estructura, revestir, fijar y proteger el conjunto ofreciendo un sistema sólido de la envoltura y aparejo interno.

## Elementos para conformar y revestir la estructura

### Armazón

Es el componente elemental de un cuadro eléctrico. Si los cuadros no son muy grandes, está compuesto por un chasis metálico para posteriormente unirse a una chapa que hace de fondo donde se apoya la aparmanta.

En el caso de cuadros tipo armario, para conformar la estructura se realiza con largueros metálicos, normalmente de acero galvanizado y unidos mediante tornillería auto-rosante, estableciendo el paralelepípedo o caja del cuadro con una alta solidez mecánica. También asegura que toda la envoltura desde el punto de vista eléctrico posea conexiones directas equipotenciales, dando masa a los aparatos que se instalen posteriormente y que se conectarán a la red de difusión a tierra.

Si se unen entre sí diferentes armazones, se consigue formar una gran estructura en línea pudiendo instalar gran cantidad de aparmanta en su interior.



Figura 4.24. Armazón de un armario eléctrico. (Cortesía de Siemens.)

### Subconjuntos de soporte

Para conseguir una correcta compartimentación de los armarios, se divide el armazón en diferentes partes:

- Embarrado de distribución.
- Aparmenta.
- Conexión de cables mediante soportes.

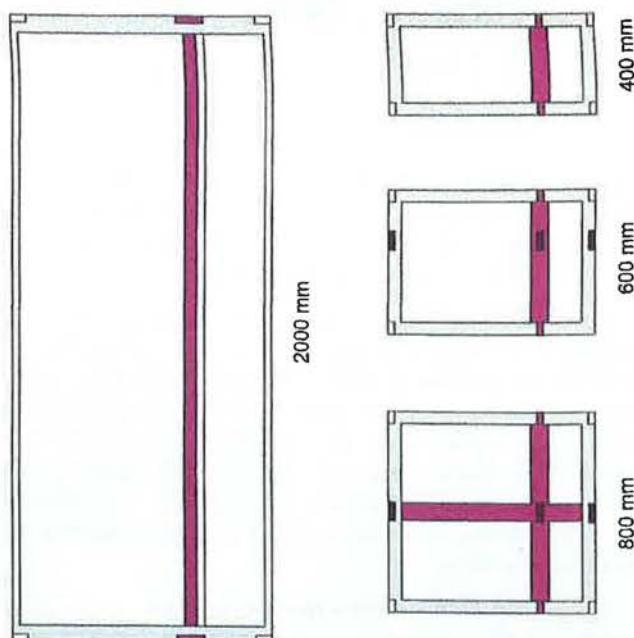


Figura 4.25. Planta de armazón con subconjuntos de distintos soportes.

### Paneles

Los paneles tienen como misión revestir exteriormente el cuadro alrededor del armazón para ocultar la estructura y dar el grado de protección IP e IK necesario que se requiera formando una envoltura.

Son fabricados en fibras o metálicos. Los metálicos son de chapa de acero y se pintan con pinturas en polvo. Su montaje se realiza bien mediante tornillos para fijar los paneles al armazón, siendo necesario el uso de útiles específicos para su desmontaje, o con partes móviles como bisagras y topes para poder abatir estos paneles en caso de necesidad por mantenimiento, avería o inspección.

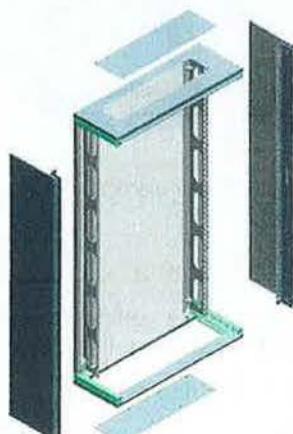


Figura 4.26. Paneles de un cuadro eléctrico. (Cortesía de Siemens.)

### Elementos para tapar y proteger contra contactos directos

#### Cierres

Son elementos de los cuadros que se ponen en las puertas para impedir el acceso a personal no autorizado de los componentes de los automatismos. Las hay de diversos tipos, siendo los más comunes de tipo llave para cerradura, de triángulo, cuadrada, redonda con terminaciones planas y similares.

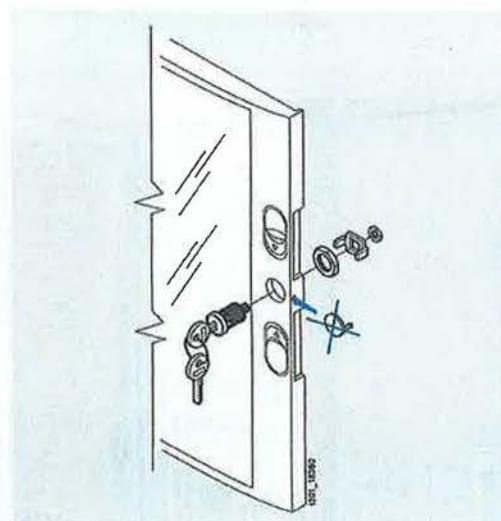


Figura 4.27. Detalle de instalación de una cerradura para cuadro eléctrico. (Cortesía de Siemens.)

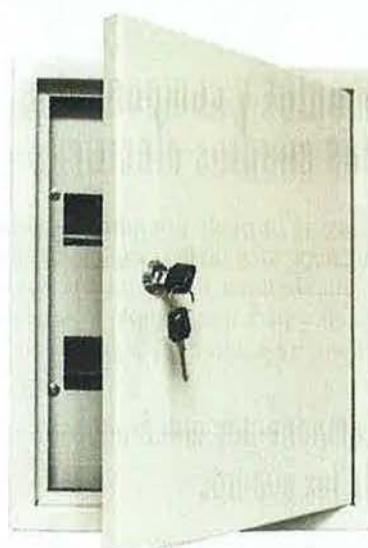


Figura 4.28. Cuadro con cerradura en puerta para evitar acceso a personas no autorizadas.

## Cubiertas para entrada de tubos y canales

Tienen como objetivo tapar los huecos que se efectúan en los cuadros para que lleguen los tubos o canales con los cables y queden estos con la protección mecánica suficiente para que no se introduzcan roedores, impedir la entrada de agua y similares.

Si no se dispone de cubiertas de tubos y canales es de buen hacer introducir espuma de poliuretano para aislar y sellar los posibles huecos.

## Obturadores

Una vez finalizado el montaje de todos los aparatos que sobresalen de las tapas del cuadro para su acceso desde el exterior, se han de poner unas cubiertas en las tapas de los cuadros llamadas obturadores. Es necesario para evitar la introducción de partes sólidas como el polvo y la introducción de partes del cuerpo como los dedos, consiguiendo así una buena protección IP y un aspecto del cuadro adecuado.

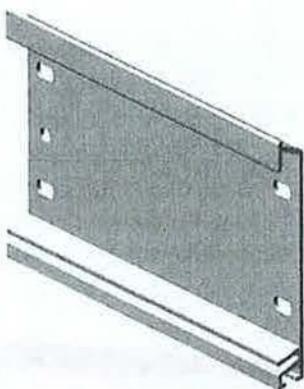


Figura 4.29. Obturador para huecos en tapas de cuadros.

## Placas

Son planchas de material metálico o plástico que van situadas en el fondo del cuadro que sirve de base para el apoyo de la aparamenta y equipos del cuadro. Hay diferentes tipos de placas: en bruto, premecanizadas o con perforaciones corporativas de cada fabricante.

- **Placas en bruto.** Son aquellas que es necesario mecanizar para poder anclar correctamente todos los aparatos que integra el cuadro. Los materiales que se emplean son los de material de fibra de poliéster, policarbonato o metálicos. En caso de ser metálicos han de tener puesta a tierra directa, ya que pueden ser partes accesibles que normalmente no están en tensión pero pueden estarlo en caso de defecto. Pueden actuar de revestimiento en caso de cuadros tipo cofres o establecer una separación del revestimiento normalmente mediante torretas elevadoras e incluso aisladores.



Figura 4.30. Placa galvanizada en bruto para cuadros de automatismos.

- **Placas premecanizadas.** Se trata de piezas perforadas que tienen la ventaja de poder instalar fácilmente los componentes del cuadro si son de tipo normalizado. Mediante unas rebabas en las piezas presionadas situadas en medio del conjunto tuerca-tornillo se consigue una fijación firme.
- **Placas con perforaciones corporativas.** Corresponden a este tipo de placas aquellas que cada fabricante ofrece a sus clientes para que la unión entre el equipo y la placa sea óptima. Tienen el inconveniente que cada marca diseña sus placas para poder instalar sus componentes en ella, limitando la compatibilidad con productos de otros fabricantes.

## Precintos

Es una ligadura o señal sellada que sirve para evitar el acceso y/o manipulación a equipos como contadores, tarificadores e interruptores de control de potencia (ICP) y cajas de registro poniéndose en una o varias esquinas en un cuadro o bien en los tornillos de fijación de la puerta o tapa.

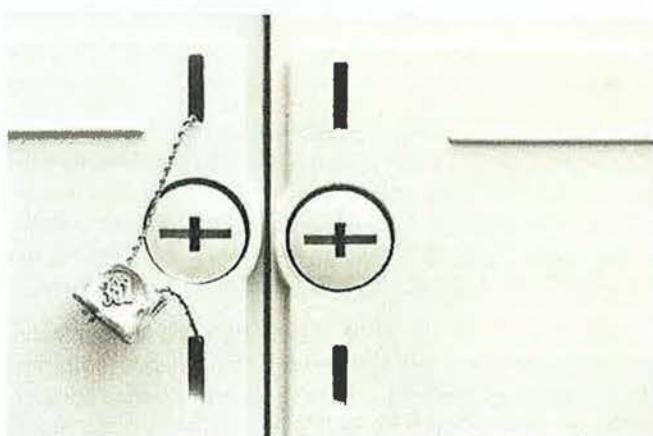


Figura 4.31. Precinto en cuadro eléctrico.

## Puertas

Son elementos para abrir y cerrar los cuadros, garantizando una protección IP adecuado frente a polvo y agua con una junta entre la puerta y la parte frontal del cuadro. Impiden, en todo caso, el acceso a personas no autorizadas mediante el empleo de algún sistema de cierre con llave o empleo de un útil adecuado. Las puertas, por sistema, han de ponerse a tierra si son metálicas, aunque hay fabricantes como Schneider Electric o Siemens que garantizan la continuidad de las bisagras, pero en caso que las puertas tengan aparatos eléctricos, ha de darse tierra directa a las puertas mediante el perno preparado para tal fin.

Las puertas pueden ser opacas, en las cuales en conjuntos de grandes armarios se suele dibujar un sinóptico para representar las partes de la instalación generalmente industriales y de pública concurrencia, o por el contrario, son transparentes para visualizar sin tener la necesidad de abrir la puerta el estado de los pilotos o lámparas de señalización y las posiciones de los interruptores y elementos de maniobra y control.

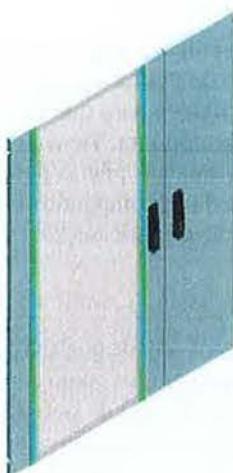


Figura 4.32. Puerta de un armario eléctrico. (Cortesía de Siemens.)

## Tapas

Las tapas son cubiertas, generalmente modulares, que se ponen en la parte frontal para que no estén visibles las partes con tensión e impedir contactos directos tanto a personal no autorizado como a operarios que realizan maniobras. Ofrecen un grado IP adecuado al polvo y a las partes del cuerpo. Se fabrican de chapa de acero o bien de plástico.

Existe otro tipo de protecciones frente a los contactos directos, principalmente utilizados en armarios antiguos, en los cuales abriendo la puerta se accede a partes con tensión. En estos casos se ha de instalar una protección mecánica en partes metálicas que generalmente se realiza con metacrilato aunque actualmente dada la evolución de los

materiales se utiliza el policarbonato al ser más fácil de tratar y no quebrarse al ser cortado o taladrado.



Figura 4.33. Tapa de un cuadro eléctrico. (Cortesía de Siemens.)

## Envolventes prefabricadas y de protección frente a la lluvia

Su función es impedir la entrada de agua de forma vertical garantizando un IP X3 como mínimo y por ello se colocan de forma inclinada. Suelen ser de hormigón o metálicos por su alta resistencia a los impactos.

Los cuadros se instalan en el interior de construcciones prefabricadas o si el cuadro no tiene grandes dimensiones, la propia envolvente se dota de un tejado para soportar condiciones adversas.



Figura 4.34. Construcción prefabricada para alojar en su interior cuadros eléctricos. La parte negra de la figura es soterrada.

## ■ ■ ■ Elementos de fijación y canalización

Las entradas y salidas de las canalizaciones en los cuadros se pueden realizar en diferentes formas según sea el tipo de canalización y sistema de instalación.

- **En cuadros empotrados:** se emplean canalizaciones mediante tubos rígidos, curvables o flexibles de plástico o acero.
- **En cuadros de fijación en pared o directamente apoyados en el suelo:** la entrada de los tubos se realiza con tubos, bandejas o canales protectoras para el tipo de montaje superficial.

Dado que el fabricante del cuadro asegura los grados de IP para cada modelo, se ha de tener precaución al instalar las canalizaciones, ya que no se puede asegurar el índice de protección requerido, si por ejemplo no se emplean los accesorios necesarios para tener la estanqueidad o métodos de montaje indicados en sus manuales e instrucciones.

Los accesorios de acoplamiento en los cuadros son principalmente los que se exponen a continuación:

### Perfiles soporte y carriles normalizados

**Los perfiles son pletinas amagnéticas** de chapa de acero, aluminio, acero laminado en frío, bicromatados (para proteger de la corrosión) e incluso de plástico, en los que **los cantos tienen unos rebordes particulares** bien para servir de montantes y formar el armazón combinando perfiles y uniones, o bien para ubicar en ellos transversalmente la aparenta, bornes de conexión y multitud de accesorios mediante pestañas especiales con muelle o tornillería denominándose **carriles**.

En el mercado existen diversos tipos, con sección cuadrada abierta, asimétrica en forma de J, DIN, etc., y en formato liso o perforado para quitar peso o para poder ajustarse fácilmente la posición de fijación.

El más frecuente es el carril DIN (su sección tiene forma de sombrero), siendo el perfil simétrico (con ambos bordes idénticos). Se fabrican en diferentes medidas, el más usual es de  $35 \times 7,5$  mm, aunque también se manejan comercialmente los tamaños de  $35 \times 7,5$  y  $15 \times 5,5$  mm y en longitudes de 2 metros. Los fabricantes de cuadros también preparan para sus *kits* de montaje carriles específicos para la envoltura ajustados a la anchura, altura y rematados.

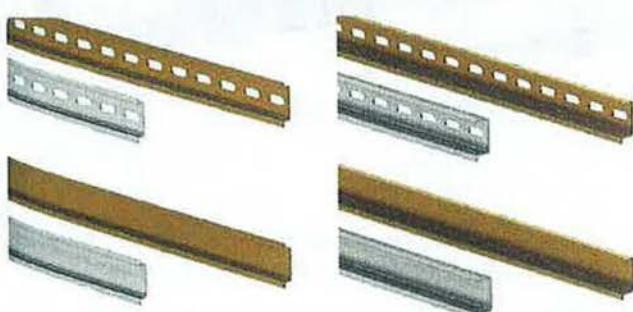


Figura 4.35. Diferentes tipos de perfiles normalizados.



Figura 4.36. Soporte de la aparenta con carril DIN.

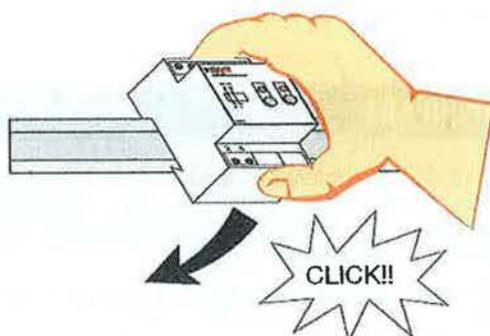


Figura 4.37. Método de instalación de aparato en carril DIN.

Estos carriles se fijan directamente al fondo del cuadro, en un chasis mediante remachado, atornillado o método de sujeción similar, o con escuadras cuadradas, existiendo también soportes formando un ángulo determinado.

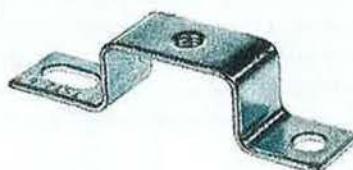


Figura 4.38. Soporte tipo escuadra de fijación para carril DIN.

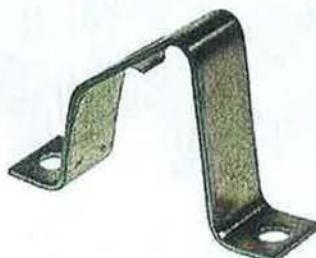


Figura 4.39. Soporte de fijación formando ángulo para carril DIN.

Se comercializan también carriles parecidos al DIN, pero en vez de forma de sombrero, con los bordes hacia dentro en forma de C, o también una combinación de ambos, en forma de G, con un borde hacia fuera y el otro hacia dentro. El uso de estos dos últimos suele ser para atornillar mediante tuercas conductores de tierra, entre otras aplicaciones.

### Bastidores para la apertura

Son soportes especiales preparados específicamente para la apertura que tiene un peso importante. Estos bastidores se fijan al cuadro mediante tornillos, remaches o soldadura, que sirve de base para unir con la envolvente del equipo eléctrico, generalmente interruptores automáticos de corte omnipolar de caja moldeada.



### RECUERDA

Corte omnipolar hace referencia al dispositivo que es capaz de abrir todos los polos activos, es decir, las tres fases y el neutro para una instalación trifásica con neutro distribuido o una fase y el neutro si es monofásica.

### Canaletas

Son canalizaciones que se instalan remachadas o atornilladas en el interior de los cuadros para conducir por ellas los cables sin la necesidad de usar elementos de fijación como bridales, grapas o abrazaderas. Están diseñadas para poder distribuir los conductores por cualquier parte del cuadro ya que tienen aberturas en toda su longitud. Al ser como una canal protectora, es decir, como una bandeja con tapa, al quitar esta, quedan visibles todos los conductores siendo fácilmente manejable la ampliación, modificación o sustitución del cableado. Normalmente, en su interior no se manejan secciones de conductor de más de 10 mm<sup>2</sup>.

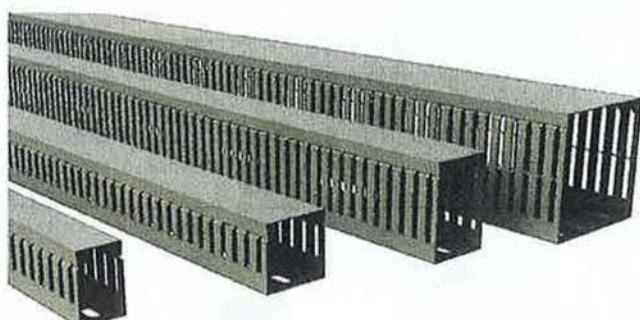


Figura 4.40. Diversos tamaños de canaletas para cableado interno de cuadros.

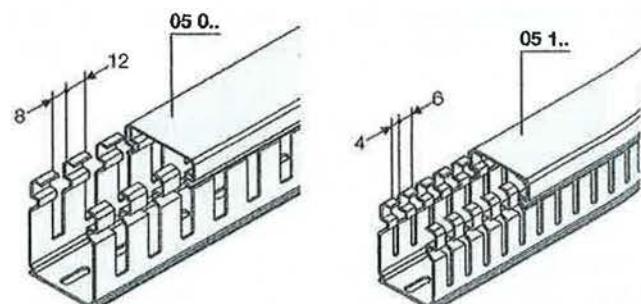


Figura 4.41. Ejemplo de dimensiones de canaletas para el cableado interno de un cuadro.

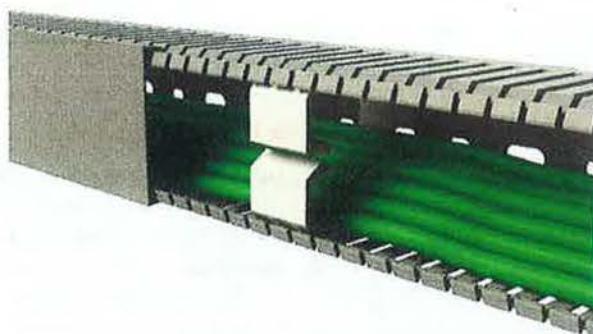


Figura 4.42. Detalle de canalización de conductores en el interior de canaleta.

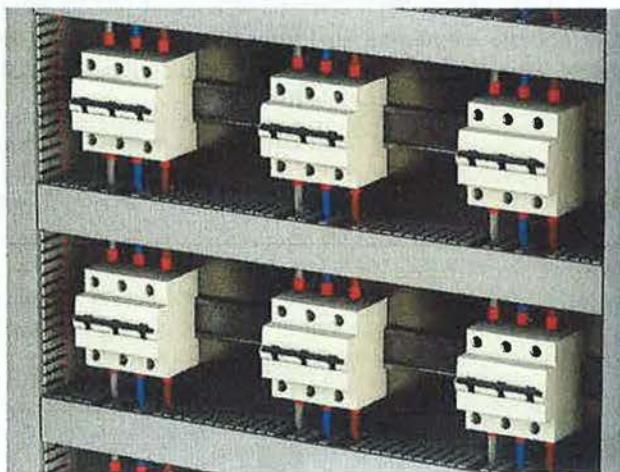


Figura 4.43. Canaletas montadas en cuadro.

### Grapas y abrazaderas

Las abrazaderas se utilizan para fijar los cables y otros elementos al cuadro, como los tubos cuando son metálicos.

Cuando se desea alta resistencia en la fijación, se emplean **abrazaderas metálicas**, en las cuales el ajuste se realiza mediante tornillo.

También se utilizan **cintas perforadas** que son flejes con agujeros.

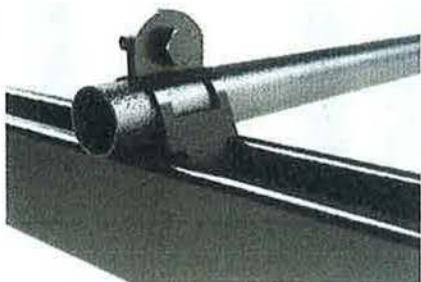


Figura 4.44. Banda metálica de fijación de un tubo de canalización al cuadro mediante soporte.

### Pasacables

Son elementos auxiliares que sirven para ajustar las posiciones de los cables y tubos lisos a través de los cuadros metálicos o aislantes. Los más habituales son:

- **En forma de cono con anillos concéntricos** para cortar según la medida deseada. Son de material de goma sintética, autoextinguibles, estancos al polvo y al agua, ofreciendo una solución económica y de sencillo montaje.
- **Planchas de plástico** que se introducen en la parte superior, inferior o laterales de la envoltura adaptándose perfectamente a los tubos lisos y cables que llegan, siendo mecanizadas fuera del cuadro realizando las perforaciones adecuadas.



Figura 4.45. Pasacables en forma de cono. (Cortesía de Siemens.)

### Prensaestopas y racores

Cuando se necesite garantizar un IP adecuado a la instalación, se deben montar **presaestopas**, que son piezas diseñadas para asegurar y fijar el extremo de los tubos por los que discurren los cables al cuadro. Si se sujetan a los cables directamente, la presión que hace sobre estos, no produce tensiones que deterioren sus conexiones internas. Suelen ser de plástico, nailon, acero niquelado y siempre con una junta de goma para oprimir el tubo garantizando un IP68. En la

parte del prensaestopas que se fija al cuadro, dispone de una rosca en la que se introduce una tuerca de fijación por el interior de la envoltura quedando perfectamente inmóvil a la que se la da el apriete suficiente para que quede estanco.



Figura 4.46. Prensaestopas. (Cortesía de Siemens.)

**Racores** son piezas parecidas a los prensaestopas pero con gran resistencia a la tracción. Tienen rosca macho métrica para la fijación de tubos anillados de acero flexibles a las envolventes de los cuadros de maniobra de automatismos, cajas de protección de bornes de motores o similares. Los hay rectos y acodados a 45° o a 90°. Pueden ser de acero o de poliamida especial modificada, libres de halógenos, con gran resistencia al impacto y su montaje y desmontaje puede ser sin herramientas.



Figura 4.47. Unión de tubo flexible mediante racores.

### Componentes de unión de cables para bandejas y canales protectoras

Cuando el sistema de instalación es mediante bandejas o canales protectoras (bandeja con tapa), se instalan piezas de unión entre el cuadro y las canalizaciones conservando el IP tanto del cuadro como de la canal protectora. En el caso de bandejas, los cables van directos al cuadro si se desea conservar el índice de protección necesario con piezas que los fabricantes incluyen para la adaptación. En otros casos, la bandeja o canal puede acometer directamente a la envoltura.

### Bridas

Son tiras de poliamida o nailon lisas por una cara y con un dentado por la otra para hacer la función de cremallera al hacer un lazo al pasar un extremo por el otro, el cual tiene una cabeza con una pestaña que bloquea la tira de la brida para ajustarse con la presión adecuada y de forma irreversible. Se

utiliza para fijar cables, unir varios cables formando mazas y numerosas aplicaciones más en el interior de los cuadros para automatismos.

Si se utilizan en el exterior, se fabrican de nailon con negro de carbón para mantenerse en buen estado más tiempo, aunque estén sometidas a radiación ultravioleta.



Figura 4.48. Ejemplo de utilización de bridas de plástico para mazos de cables.

### Abrazaderas DIN de canalización

Son piezas de plástico que se anclan al perfil DIN para introducir por ellas cables internos del cuadro. Permiten evacuar más calor que con canaleta, utilizándose generalmente cuando los conductores son de sección considerable y la temperatura ambiente es elevada.



Figura 4.49. Abrazadera DIN para canalización de cables.

### Espiraletes

Son elementos muy prácticos para colocar y ordenar los cables en el interior cuando la maza de estos no es de tamaño importante. Se fabrican en diferentes medidas, pero si se ha de distribuir un gran número, es preferible utilizar canaletas, ya que para posibles manipulaciones o visualización de circuitos hay que quitar la espiral.



Figura 4.50. Espiraletes para canalizar cables en los cuadros.

### Soportes para la fijación en pared

Son sistemas de sujeción al cuadro de forma mural. Dependiendo del peso del cuadro, los fabricantes dan instrucciones del método de instalación. Puede ser mediante la introducción de unos tacos especiales en la pared e introduciendo unos tirafondos o tornillos autoroscantes de métrica apropiada desde el fondo del cuadro avanzando hasta que la cabeza del mismo queda fija en la placa. Cuando el cuadro tiene un peso considerable, se colocan soportes específicos calculados por el fabricante de tal forma que mediante tornillería los soportes se fijan a la pared, y una vez fijados, se ancla el cuadro a dichos soportes.

### Torretas elevadoras hexagonales

Son piezas metálicas que sirven para distanciar dos superficies, por ejemplo para alejarlas entre sí o bien para ganar espacio desde el fondo al frontal del cuadro y que puedan ser manipuladas las manetas de la apertura desde el exterior de las tapas.

### Zócalos

Son elementos exteriores al cuadro que tienen como misión elevar el cuadro del suelo una determinada altura para evitar que se deteriore en caso de inundación, o para adaptar los cuadros de tipo cofre al suelo, dado que están pensados para una fijación en pared (empotrados o en superficie) y no tienen el peso y la profundidad suficiente para que queden lo suficientemente fijos apoyados en planos horizontales.

## 4.5.2. Componentes eléctricos para el conexionado

Este tipo de componentes abarca los accesorios eléctricos que son conductores dispuestos en el interior de los cuadros. Su función principal, entre otras, es realizar las conexiones eléctricas de forma adecuada y reglamentaria para unir eléctricamente elementos del interior de la envoltura y el exterior al cuadro eléctrico como los receptores y otros cuadros.

## Aisladores

Son elementos de material de resinas sintéticas (epoxi, poliéster o fenólica), con la propiedad de ser termoestables (no se deforman con el calor, al contrario, se endurecen). Se utilizan en las barras de los cuadros industriales ya que son capaces de resistir esfuerzos de cortocircuito importantes, aislar tensiones entre distintas fases, neutro de los embarrados, entre estos y tierra o entre elementos de protección contra contactos directos como planchas de policarbonato delante de elementos que normalmente están en tensión. Además, son resistentes a los agentes químicos y condiciones adversas. Gracias a la gran resistencia y adherencia de este tipo de resinas sintéticas con los metales, se puede moldear con casquillos insertados sobre los que se acoplan herrajes para interruptores, seccionadores, cuadros e incluso transformadores.

## Embarrados

Son también llamados barajes o barras colectoras de distribución. Es el conjunto de los perfiles conductores escalados para distribuir el flujo general de energía eléctrica al armario eléctrico permitiendo que la caída de tensión sea muy reducida.

Cada uno de estos perfiles están formados por una sola pieza, sin soldaduras ni remachado. Son de sección rectangular y el material típicamente utilizado es de cobre electrolítico laminado y en menor medida de aluminio. En algunos casos, para protegerse de la corrosión en cuadros industriales con ambientes salinos, pueden estar cadmiados o de nuevos materiales certificados por los fabricantes.



Figura 4.51. Embarrado conectado a un interruptor general.

En armarios generales y de distribución, al ser de grandes potencias, se suelen conectar sus conductores de entrada al interruptor general mediante terminales adecuados a la sección del cable, estando troquelada en dicho terminal la sección para la que están diseñados. Aguas abajo a este, se conecta mediante embarrados. Estas conexiones se realizan con numerosos tornillos, arandelas y tuercas firmemente apretados para evitar que por las vibraciones por efectos inductivos se aflojen y por tanto tener serios problemas de falsos contactos, sobrecalentamientos y las evidentes consecuencias que ello puede ocasionar como el incendio del cuadro.

Normalmente, los embarrados son trifásicos, instalándose cuatro barras, tres para las fases y una para el neutro distribuido. Las pletinas de fase tienen perforaciones para poder introducir tornillos y poder así realizar las conexiones con los bornes de conductores u otros perfiles de embarrado que conectan, por ejemplo, con el interruptor general u otros de gran potencia del armario. Todas las **pletinas del embarrado se separan una distancia de aislamiento** que depende del nivel de tensión que se tenga en la red mediante aisladores. El neutro se aisla respecto de tierra con el mismo nivel de aislamiento que entre las fases.

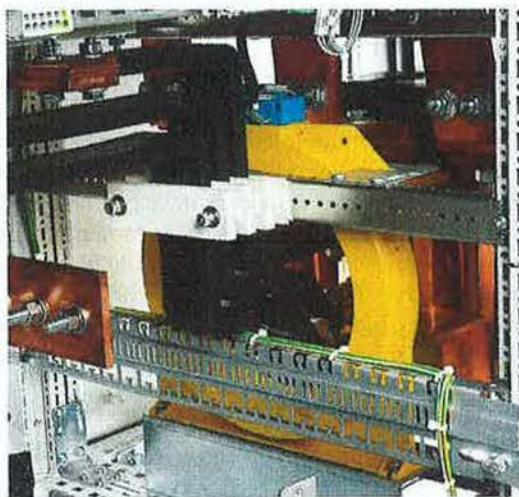


Figura 4.52. Embarrado trifásico en el que se visualizan barras aisladas con termoretráctil, separación entre ellas, aisladores y toroide para la protección diferencial. (Cortesía de Siemens.)



## SABÍAS QUE

Los embarrados suelen tener los perfiles sin aislamiento, por lo que en tareas de mantenimiento e inspección hay que tener especial atención en comprobar la ausencia de tensión en caso de manipulación. Se pueden recubrir con un material termoretráctil aislante o elementos de protección para evitar contactos directos con el dorso de la mano, como es el caso de instalación de defensas aislantes y las blindobarras.

Existen básicamente dos tipos de embarrados, macizos y flexibles:

- **Barras macizas:** son aquellas constituidas de material conductor macizo de cobre electrolítico o aluminio que tienen perforaciones para el conexionado y son utilizados cuando los recorridos son rectos disponiéndose en horizontal, vertical o ambos en armarios generales o secundarios de tamaño medio.

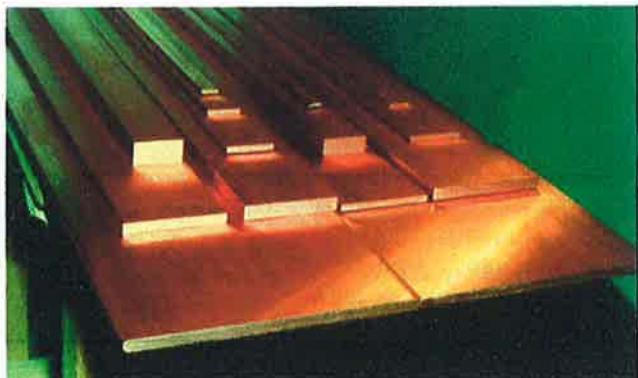


Figura 4.53. Barras macizas de cobre electrolítico.

- **Embarros flexibles:** están formados por láminas conductoras apiladas, de cobre electrolítico con un revestimiento termoretráctil para compactarlas. Permiten utilizarse en conexiones que no están en el mismo plano, por ejemplo en bornas de la apertura como interruptores de caja moldeada, y por tanto necesitan una cierta curvatura, siendo imposible utilizar las barras macizas. Permiten ser reutilizados al retirarlos dado que se pueden estirar y quedar lisos para doblarlos de nuevo para otras conexiones.



Figura 4.54. Embarrado de láminas flexibles.

Para una correcta identificación de las fases, neutro y tierra de los embarrados, es fundamental tanto en barras aisladas o desnudas indicar mediante rotulación o pintura en los puntos de conexión su designación de la forma siguiente:

- L1, L2 y L3 para las fases con color negro, marrón y gris respectivamente.

- N para neutro con color azul.

- PE o símbolo de toma de tierra para conductor o barra de protección con color verde-amarillo.

Hay diversas formas de instalar el embarrado en los cuadros eléctricos para automatismos. Se distinguen los siguientes métodos:

- **En vertical al fondo del armario:** consiste en fijar las barras en el fondo del armario sujetas mediante soportes aislantes que van unidos a la estructura. Se ponen aisladores para evitar contactos con otras partes metálicas.
- **En horizontal:** es uno de los sistemas más utilizados en cuadros generales. Se instalan las barras en la parte superior o inferior separadas mediante aisladores.
- **En vertical y horizontal:** en este caso se ponen en vertical y horizontal sujetándose otras barras en ángulo recto para conectar los equipos.
- **Lateral:** se ubican en compartimentos específicos, normalmente con una puerta única para acceder a esta zona del cuadro. Suelen ser barras de reducidas dimensiones en comparación a los anteriores, con múltiples taladros equidistantes **repartiéndose los cables de los circuitos a los dispositivos** situados en la zona central del armario. Son muy utilizados en cuadros medianos y grandes. En caso de armarios de amplias dimensiones, hay que tener en cuenta que con esta disposición, se aumenta el tamaño del cuadro y por tanto se ha de disponer el espacio suficiente para ello.

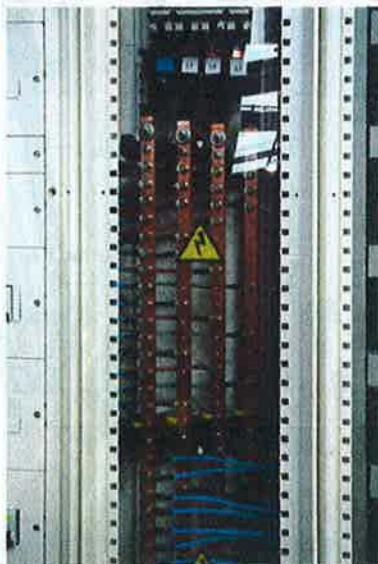


Figura 4.55. Disposición de embarrado en compartimento lateral.

Las secciones del embarrado se calculan según la **intensidad nominal** que circule por ellas, siendo cálculos diferentes las secciones de los cables que llegan y salen del armario. Los valores de intensidad pueden ser **hasta 4.000 amperios por barra**.

**Tabla 4.4.** Dimensiones normalizadas de los embarrados de baja tensión e intensidad máxima admisible para los mismos (embarrados de cobre a 35 °C).

Altura x Espesor mm x mm	Sección transversal del embarrado (Cu) mm <sup>2</sup>	Corriente de empleo A
12 x 2	23,5	144
15 x 2	29,5	170
15 x 3	44,5	215
20 x 2	39,5	215
20 x 3	59,5	271
20 x 5	99,1	364
20 x 10	199	568
25 x 5	124	435
30 x 5	149	504
30 x 10	299	762
40 x 5	199	641
40 x 10	399	951
50 x 5	249	775
50 x 10	499	1.133
60 x 5	299	915
60 x 10	599	1.310
80 x 5	399	1.170
80 x 10	799	1.649
100 x 5	499	1.436
100 x 10	999	1.982
120 x 10	1.200	2.314

## Peines

Los puentes para conectar la apertura en cuadros de notable tamaño resultan confusos para ver a simple vista sus conexiones si se realizan con cables. Para evitarlo, se utilizan elementos de conexión llamados peines en cuyo interior tienen pletinas de cobre con salientes mecanizados y separados la distancia exacta para conectar a los bornes de

los interruptores automáticos y diferenciales para realizar las conexiones.



Figura 4.56. Peine bipolar. (Cortesía de Siemens.)

De esta forma, si se desea extraer un aparato del cuadro, se puede realizar con tensión y sin dejar de alimentar a los adyacentes, ya que el peine tiene aislamiento en la parte superior y lateral, siendo la pieza de cobre del peine rígida.

En el mercado se ofrecen peines de un solo polo (monofásicos) o de varios, constituyendo una sola pieza (de tres y cuatro polos para sistemas trifásicos). Se fabrican en diferentes longitudes cortándose a la medida deseada con una sierra en función del número de elementos a conectar. Existen soluciones incluso para interruptores de caja moldeada para su conexión al embarrado general (hasta 1.600 A).

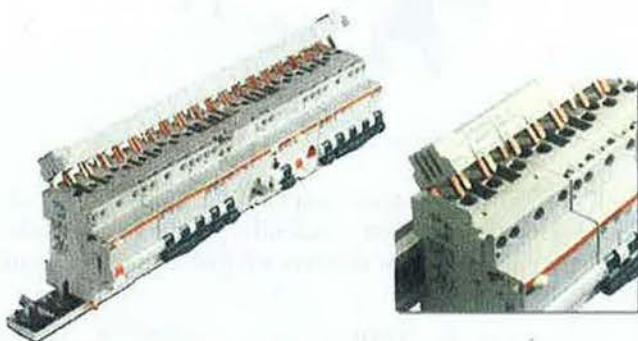


Figura 4.57. Detalle de un peine trifásico. (Cortesía de Schneider Electric.)

Al instalar los peines, hay que tener especial atención en fijarse que tengan la **misma intensidad nominal o superior** indicada por el fabricante que la que es capaz de limitar el **interruptor automático del grupo de aparatos que alimenta**.

## Regleteros

Los regleteros son bornes de conexión que normalmente van fijados a los carriles tipo DIN mediante pestañas. Son de material aislante. Pueden ser unipolares o estar constituidos por un conjunto de regletas formando módulos con tabiques situados en los laterales, y en algunos casos con topes para evitar deslizamientos sobre los carriles normalizados. Todos ellos se fabrican en diferentes colores para identificar las fases (negro, marrón y gris), el neutro (azul) y de protección

(PE, verde amarillo). Los conductores se fijan por la parte frontal según se monta el cuadro, siendo preferible el uso de punteras en el cable para una correcta conexión mediante tornillos situados en la parte superior de las regletas.

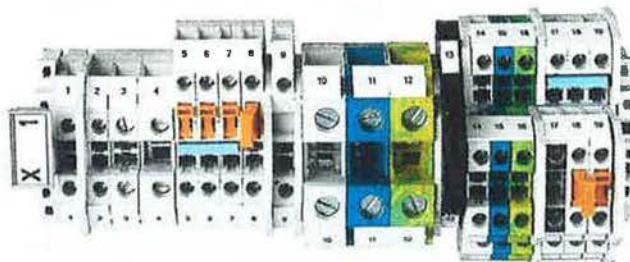


Figura 4.58. Regletero. (Cortesía de Siemens.)

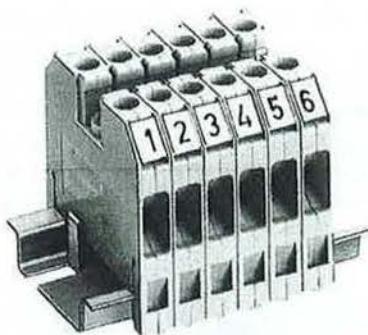


Figura 4.59. Detalle de fijación de regletero con carril DIN.

Es necesario utilizar los regleteros del tamaño adecuado a la sección de conductor a atornillar ya que están diseñados para una intensidad máxima admisible que en ningún caso se ha de superar.

Las regletas se identifican en el regletero en la zona central mediante etiquetas intercambiables de plástico o rotulación indeleble. Han de estar exactamente igual de marcados que en los planos de representación de automatismos, para que exista trazabilidad y poder identificarlos fácilmente en las tareas de instalación y mantenimiento con la siguiente denominación:  $X_n$ , en donde  $X$  corresponde a la abreviatura de borna y  $n$  indica el número de borna que corresponde en el cuadro de automatismos industriales.

## Borneros y terminales de conexión

Son piezas unipolares para unir derivaciones de conductores con secciones iguales o inferiores a la línea principal de conexión. Se emplean en cuadros de automatismos para unir los conductores de protección de los diferentes circuitos a la línea general de protección.

En los armarios se suelen instalar borneros que se acoplan a los carriles DIN o en bases específicas, mientras que

los cuadros pequeños utilizan piezas metálicas con un orificio para introducir los conductores generalmente de tierra con la parte superior roscada para poner un tornillo con superficie importante efectuando la presión necesaria a los conductores.



Figura 4.60. Borne de conexión.

Pueden ir a unos conectores que van unidos a una barra conductora unida a un punto de conexión común como la línea principal de tierra.



Figura 4.61. Embarrado general de tierra de un cuadro eléctrico. (Cortesía de Siemens.)

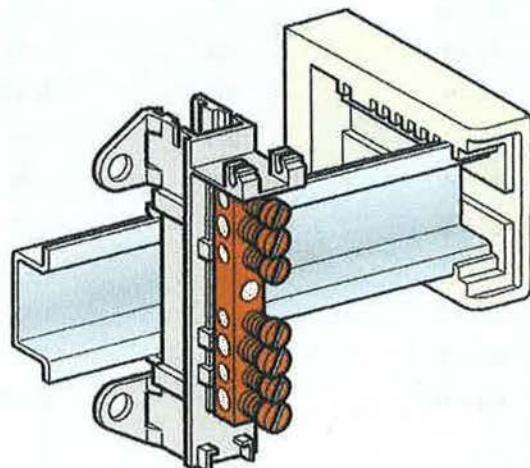


Figura 4.62. Borne de conexión de tierra fijado en carril DIN.

## Cubrebornes

Son piezas de material aislante que se colocan en los bornes unipolares para evitar contactos directos con partes metálicas.

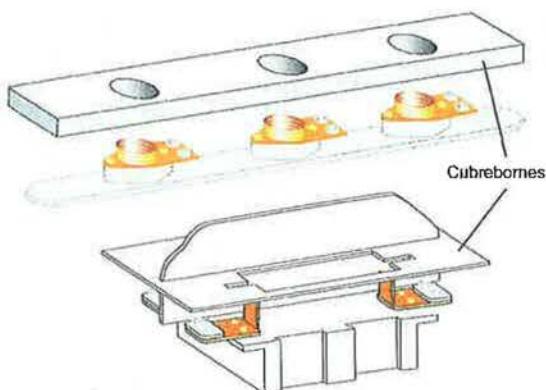


Figura 4.63. Cubrebornes.

## Repartidores

A los cuadros de tamaño pequeño y mediano les llega la alimentación al interruptor general y su salida, se suele conectar a un repartidor, que es un pequeño embarrado en el que las barras están ordenadas escalonadamente y con numerosos taladros o bases enchufables para conectar circuitos mediante tornillos y así distribuir los diferentes circuitos desde estas pletinas sujetas mediante soportes aislantes.



Figura 4.64. Repartidor de circuitos para una intensidad máxima de 125 A por fase. (Cortesía de Siemens.)

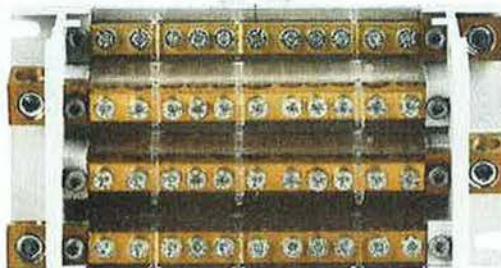


Figura 4.65. Detalle de la protección contra contactos directos y barraje de cada una de las fases y neutro de un repartidor. (Cortesía de Siemens.)

Los que tienen bases enchufables se instalan en perfiles normalizados tipo DIN. Los conductores son de inserción rápida, no siendo necesario el uso de tornillos. De apariencia son parecidos a los regleteros. Se puede conectar un solo conductor por orificio con puntera si es flexible o directamente si es rígido.

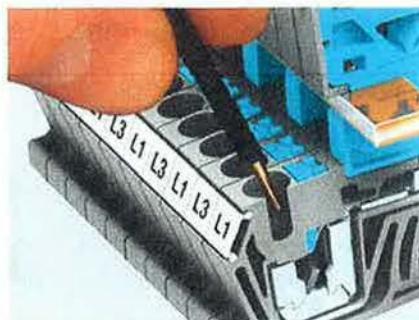


Figura 4.66. Detalle de conexión en un repartidor de bases enchufables.

## SABÍAS QUE

Los bornes de conexión rápida proceden del sector de las telecomunicaciones y la electrónica. Aseguran un contacto seguro sin extraer el aislamiento del cable, sin tornillería ni herramientas.

## Terminales para conductores

Los terminales sirven para que la conexión sea óptima en los bornes de los aparatos y en las superficies de contacto en los embarrados. Los terminales de secciones considerables se graban en ellos la sección para la que han sido diseñados, y en los pequeños mediante un código de colores establecido.

Los hay de diferentes formas, siendo los más habituales:

- **Tipo ojal:** son los terminales más usados en circuitos de potencia que realizan sus conexiones en embarrados. Son planos por ambas caras y en el centro tienen un orificio por el que se hace pasar un tornillo con arandela adecuada para establecer contacto con otra superficie plana como las barras. Cuando las conexiones son de Al-Cu hay que emplear los bimétálicos.



Figura 4.67. Terminales redondos de tipo ojal.



Figura 4.68. Terminales rectangulares de cobre de tipo ojal.

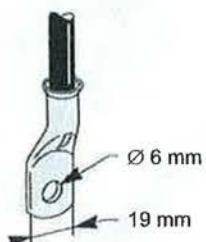


Figura 4.69. Detalle de medidas de terminal de ojal M6.

- **Tipo U:** son parecidos a los de ojal, pero tienen recortada la parte frontal, teniendo forma de horquilla. Son muy prácticos ya que no es necesario retirar el tornillo por completo para su extracción y pueden disponer de preaislamiento.
- **Tipo lengüeta:** de forma rectangular, normalmente de  $0,6 \times 0,8$  mm de anchura y espesor para conectar en ellos conductores, disponiendo de terminales para diferentes secciones que van de 0,5 a 6 mm<sup>2</sup>. Pueden tener preaislamiento.
- **Tipo enchufables o Faston:** acoplan a una superficie plana como a los terminales de lengüetas. Se debe tener en cuenta la sección del conductor y las dimensiones del enchufe para conectarlo a la lengüeta. Se comercializan en las mismas anchuras y secciones que los anteriores. Se usan en equipos que utilizan principalmente electrónica. Pueden tener preaislamiento de fábrica o fundas de silicona para asegurar el aislamiento.



Figura 4.70. Conectores de lengüeta y enchufables o Faston.

• **Tipo punta preaislados:** son similares a las punteras, pero estos no comprimen el conductor con la boquilla del terminal. Son muy prácticos dado que son para secciones pequeñas (desde 0,25 a 6 mm<sup>2</sup>) para circuitos de automatización en cuadros industriales.

• **Tipo empalme o manguitos:** son terminales que se utilizan como empalmes, teniendo una longitud mayor que un terminal y normalmente preaislado de punta a punta aunque también los hay sin aislamiento. Además de la longitud total, es importante tener en consideración la de contacto por cimbrado entre ambos cables. Se utiliza en conexiones que por averías circunstanciales se hacen empalmes de conductores de idéntica sección cuando no hay espacio amplio, teniendo que canalizar un nuevo cable lo antes posible.

MODELO	DIÁMETRO	MODELO	DIÁMETRO
Ø4	Ø6	Ø5	Ø8
Ø6	Ø2,6 X 11	Ø8	Ø2,6 X 15
Ø10	Ø4 X 1	Ø12	6,3 X 8
Ø4	6,3 X 8	Ø5	9,5 X 12

Figura 4.71. Terminales preaislados de uso común.

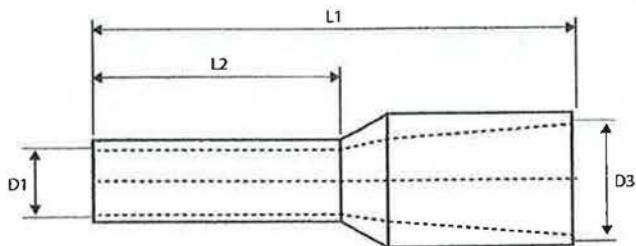
Cuando el conductor es de aluminio y se conecta con un equipo, aparato o máquina eléctrica con bornes de cobre o viceversa, es necesario instalar arandelas y terminales bimetálicos, los cuales establecen conexión entre la parte de aluminio con la de cobre evitando la corrosión galvánica y haciendo la conexión adecuada y eficaz.



Figura 4.72. Terminal bimetálico.

## SABÍAS QUE

Las arandelas y terminales bimetálicos (Cu-Al) son capaces de evitar la pérdida de propiedades eléctricas de ambos metales, ya que se sueldan por explosión (soldadura aluminotérmica) uniendo la superficie de cobre y aluminio a niveles moleculares sin existencia de electrolito que produzca corrosión galvánica.



## Punteras

También llamadas casquillos. Son terminaciones de cobre estañado que pueden ser desnudos o preaislados con aislantes como la poliamida y el polipropileno. Las cabezas por donde se introduce el conductor para posteriormente presionarlas por engaste o crimpado pueden tener forma cilíndrica o rectangular. En el primer caso, es para un solo conductor, y en el segundo para dos, utilizándose por ejemplo en puentes de la aparamenta.



Figura 4.73. Punteras para diferentes secciones de conductor según su color.

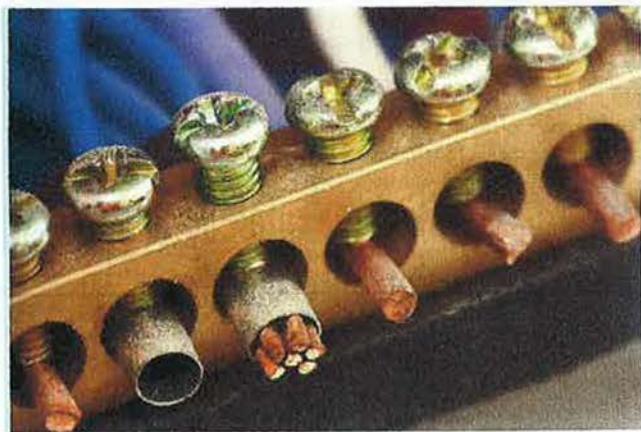


Figura 4.74. Detalle en el que se observa la diferencia de la superficie de contacto en uniones roscadas con y sin punteras.

Cable mm <sup>2</sup>	Color	Dimensiones			
		L1	L2	D1	D3
0,50	Blanco	14,0	8,0	1,0	2,6
0,75	Azul	14,6	8,2	1,2	2,8
1	Rojo	14,6	8,2	1,4	3,0
1,50	Negro	14,6	8,2	1,7	3,5
2,50	Gris	15,2	8,2	2,2	4,0
4	Naranja	16,5	9,0	2,8	4,4
6	Verde	20,0	12,0	3,5	6,3
10	Marrón	21,5	12,0	4,5	7,6
16	Marfil	28,2	12,0	5,8	8,8
25	Negro	29,0	16,0	7,3	11,2
35	Rojo	30,0	16,0	8,3	12,5
50	Azul	36,0	19,0	10,3	15,0

Figura 4.75. Color de las punteras en función de la sección del conductor.



## RECUERDA

Todas las conexiones con fijación por tornillo se aflojan con el tiempo. Es imprescindible realizar un correcto mantenimiento de las instalaciones apretando las bornas de conexión para asegurarse que las conexiones son fiables y seguras.

### 4.5.3. Otros accesorios y componentes

Para el correcto funcionamiento de los componentes internos del cuadro, identificación y elementos auxiliares, se dota a los cuadros de los siguientes accesorios entre otros.

#### Extractores

Los extractores son ventiladores que se ubican en las rejillas de los cuadros cuando se requiera una extracción forzada del aire caliente interior debido a pérdidas en forma de calor de los aparatos eléctricos de grandes potencias. Cuando se necesita mantener un IP determinado y/o el armario está situado en lugares en condiciones adversas, se suele introducir filtros para evitar la inserción de partículas en el interior del cuadro.



Figura 4.76. Ventilador en la parte superior de un cuadro eléctrico.

#### Alumbrado

Cuando se instalan armarios de dimensiones importantes tanto de potencia como de control para automatismos industriales, se debe prever alumbrado en el interior del cuadro para poder tener iluminación suficiente y así poder realizar tareas de mantenimiento, reparación e inspección.

Es obligatorio disponer de alumbrado de emergencia en el cuadro en caso de fallo de suministro eléctrico, por disparo de algún interruptor magnetotérmico o diferencial producido por sobrecargas, cortocircuitos o derivación en el circuito de alumbrado del cuarto técnico donde esté ubicado el cuadro.

### Accesos de rotulación y portaplanos

Una vez montado el cuadro y antes de dejarlo listo para poner en servicio, se ha de rotular el cuadro indicando a qué pertenece cada circuito para que la identificación sea clara y rápida. Para ello, los fabricantes de cuadros tienen portaetiquetas o placas para serigrafiar los nombres a los que se da suministro en cada aparato colocándose en las tapas. Estas placas están construidas con dos láminas, una negra y otra blanca. Mediante perforación de la placa negra se queda grabado el nombre que se desee y la parte blanca se une a la tapa del cuadro en el lugar correspondiente.

De forma alternativa, se puede rotular el cuadro con impresoras para etiquetas o similar.

El fabricante del cuadro aporta al cliente las características técnicas como los esquemas unifilares, despiece, conformidad del cuadro según las normas requeridas e información importante para el usuario. Los armarios grandes con puertas disponen de un soporte para guardar toda esta documentación y que cualquier persona autorizada acceda a dicha información.

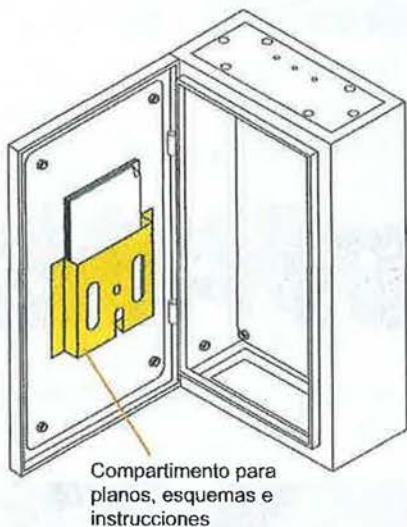


Figura 4.77. Portaplanos en la parte interior de la puerta.

## 4.6. Ventilación, calefacción y deshumidificación de cuadros eléctricos

Los cuadros eléctricos son susceptibles a su deterioro si no se instalan de forma adecuada en especial a sus condiciones ambientales. Si estas condiciones son desfavorables para la durabilidad de la aparamenta y material eléctrico en gene-

ral, ya sea por trabajar a temperaturas extremadamente altas o bajas, es necesario disponer de medios para evitar los problemas que se pueden generar y ocasionar el prematuro envejecimiento del mismo y su apertura.

En climas con altas temperaturas, se producen **calentamientos** de los equipos del interior del cuadro provocando averías sin posible reparación e incluso incendiarse por sobrecargas por un mal diseño de la apertura y una incorrecta ventilación del cuadro.

Si, por el contrario, los cuadros se instalan en zonas con temperaturas muy bajas, se producen **condensaciones** e incluso formación de hielo al crearse cambios de estado del agua en el interior, provocando el incorrecto funcionamiento de los equipos y apertura eléctrica.

Se hace necesario disponer de ventilación (natural o forzada) en el caso que los cuadros se instalen en locales cálidos o de resistencias de caldeo, y deshumidificadores en aquellos donde existan bajas temperaturas y alto porcentaje de humedad relativa en el aire.



## SABÍAS QUE

Ventilar es hacer circular el aire por un lugar cerrado, climatizar es proporcionar a un recinto las condiciones necesarias para obtener la temperatura, humedad de aire, etc., convenientes para la salud o la comodidad de sus ocupantes y refrigerar es hacer más fría una habitación u otra cosa por medios artificiales.

En caso que sea necesario, a nivel reglamentario o por mantenimiento preventivo con un grado de protección IP determinado, se instalan filtros diseñados para este fin en techos y tapas.

## 4.6.2. Ventilación forzada

Cuando no se puede evitar ubicar el cuadro eléctrico en un local donde la temperatura sea elevada y por las dimensiones del cuadro o la potencia a distribuir estas sean elevadas, a veces no es suficiente la ventilación natural. En ocasiones ocurre que la temperatura no es excesiva, pero sí es elevada para los equipos electrónicos, produciendo funcionamientos incorrectos e incluso el deterioro total de este tipo de aparatos.

En estos casos, se debe instalar sistemas de ventilación activos, generalmente por medio de ventiladores, y en casos más especiales, como es el caso de los CPD (centros de procesamiento de datos) donde existen además servidores, etc., se procede a refrigerar toda la sala o local donde están inmersos los *racks*, cuadros, etc. En el caso de utilizar ventiladores de extracción para provocar la ventilación, los consumos de potencia de este tipo de motores son muy bajos, pero en caso de refrigerar locales técnicos, se encarece considerablemente el mantenimiento dado el elevado coste energético necesario.

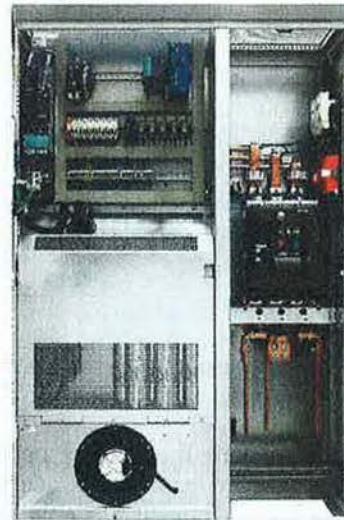


Figura 4.78. Ventilación forzada en la parte inferior izquierda de un armario eléctrico.

## 4.6.3. Calefacción de cuadros eléctricos

En lugares donde los cuadros eléctricos se instalan con humedades relativas altas, es necesario disponer de equipos para calentar el mismo mediante resistencias de caldeo. Con este sistema se consigue mantener una temperatura

## 4.6.1. Ventilación natural

Es el método más económico para conseguir evacuar el aire caliente del interior del cuadro y conseguir que disminuya la temperatura por convección del aire. Dado que el aire caliente en la parte inferior de un recinto asciende naturalmente, quedando el aire frío en la parte inferior (al igual que sucede en las viviendas, o cuando un globo aerostático se eleva), si se realizan perforaciones en forma de rejillas en la parte inferior y superior del cuadro en caras opuestas (también se dice que están enfrentadas), se produce un flujo de aire en su interior de tal forma que se ventila el cuadro y además se renueva el aire continuamente. Dado que este sistema de ventilación no absorbe energía adicional para su funcionamiento, se denomina sistema pasivo.

En caso que sea necesario aumentar la superficie de las perforaciones, en los armarios se instalan, en la parte superior, un accesorio denominado techo de ventilación, y en la parte inferior, una tapa de ventilación, que son moldes prefabricados con aberturas y así tener más área para que el cuadro aspire aire y lo expulse.

determinada para evitar condensaciones y formación de gotas de agua perjudiciales para los elementos del cuadro y en especial la electrónica de las placas que utilizan algunos equipos, como analizadores de redes, controladores lógicos programables, etc. En las cabinas de alta tensión donde las condiciones de instalación pueden ser lugares fríos, se instalan este tipo de resistencias para evitar que los cables aislados pierdan propiedades dieléctricas y se produzcan defectos generando arcos por falta de aislamiento.

#### 4.6.4. Termostatos y deshumidificantes para cuadros eléctricos

El mercado de material eléctrico dispone de equipos de reducidas dimensiones, para controlar el calor y frío en el interior del cuadro. Son de gran precisión y actúan sobre la extracción forzada, sobre la resistencia de caldeo o ambas para un control total de la temperatura y así mantenerla constante en el interior del cuadro, debido a que hay equipos como los autómatas programables que son sensibles a las variaciones térmicas y de esta forma mantener en su interior una temperatura homogénea.



Figura 4.79. Termostatos para control de temperatura de cuadros de automatismos industriales.

Además, los fabricantes de cuadros y los especializados en climatización disponen de productos adecuados para regular automáticamente la humedad en el interior mediante higrostatos. Estos equipos hacen funcionar al ventilador si la temperatura es elevada o activan la resistencia de caldeo si detectan un nivel determinado de humedad dentro del cuadro. Suelen tener protección IP20.



#### RECUERDA

Las rejillas de ventilación existen tanto en sistemas de ventilación natural como forzada.

### 4.7. Ensamblado de cuadros para automatismos industriales

A la hora de realizar el correcto montaje de un cuadro eléctrico, siempre se han de seguir las instrucciones del fabricante. Para ello, se han de tener en cuenta los siguientes pasos:

- 1. Acopio de los materiales y piezas a emplear.**
- 2. Montar la estructura del cuadro** que será la base para poder ubicar dentro de él todos los componentes necesarios. Si es de material aislante no necesita ensamblaje de la envolvente, pero sí se debe montar en ella el chasis mediante perfiles o directamente instalar una placa en bruto, premecanizada o con perforaciones corporativas para ubicar en ella los elementos necesarios.

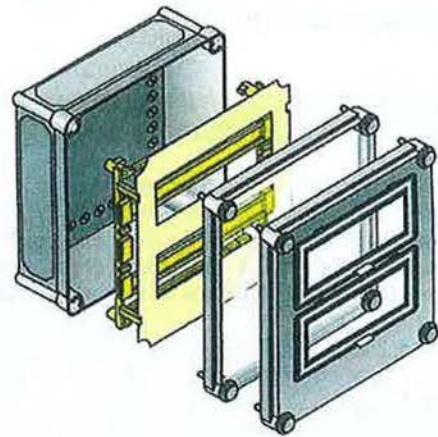


Figura 4.80. Partes de la envolvente de la estructura de un cuadro. (Cortesía de Siemens.)

- 3. Poner el armazón o envolvente en posición horizontal** sobre una mesa adecuada en el caso de cuadros pequeños y medianos para poder trabajar adecuadamente sin que el cuadrista se vea forzado en posiciones incómodas. No se debe poner las puertas ni las placas laterales de la envolvente, para que el cableado quede despejado.
- 4. Instalar la apertura siempre desde el centro del cuadro hacia fuera.** Antes de ello ha de estar pensado dónde irán alojados todos los componentes y elementos del cuadro teniendo en cuenta que se deben distribuir uniformemente para facilitar el uso o reparación de la apertura. En cuadros de grandes dimensiones, como armarios o conjuntos de ellos, se ha de tener en cuenta:
  - La ubicación de los interruptores automáticos. Se han de instalar de tal forma que los recorridos

por donde circulen intensidades de valores elevados sean lo más cortos posible, ya que es donde más energía se pierde en forma de calor por efecto Joule.

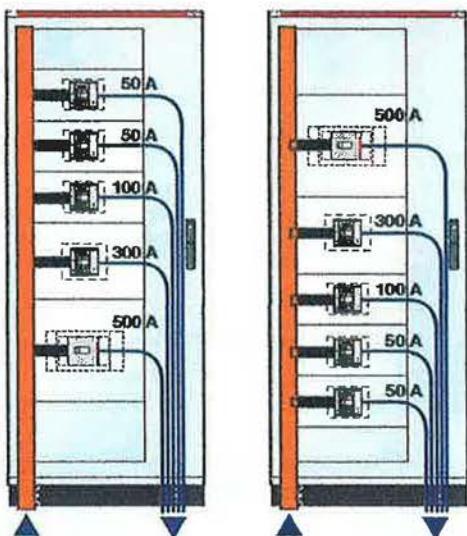


Figura 4.81. A la izquierda, instalación aconsejada, el recorrido en el embarrado y en cables de mayor intensidad es menor. A la derecha, instalación desaconsejada, el recorrido en el embarrado y cables de mayor intensidad es mayor. (Cortesía de ABB.)

- En caso que esté formado por un conjunto de armarios, el interruptor automático general ha de situarse en la zona central. El objetivo es intentar en la medida de lo posible minimizar el recorrido con la sección de embarrado con mayor intensidad que se bifurcará en las dos ramas del cuadro utilizando barras de menor sección, economizando el coste del cuadro.

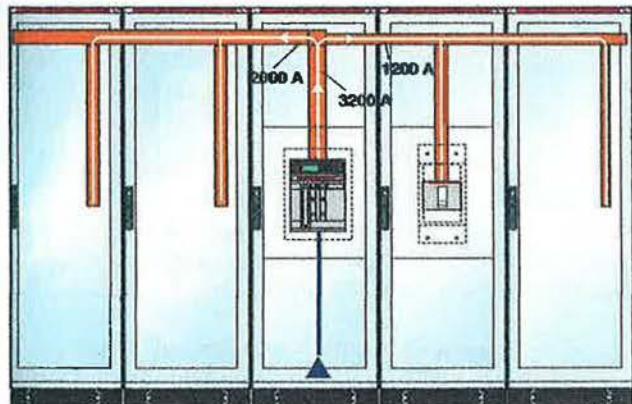


Figura 4.82. El embarrado principal se dimensiona para una intensidad máxima de 2.000 A y por tanto supone un importante ahorro en sección de barras. (Cortesía de ABB.)

### Actividad propuesta 4.4

- Justifica las desventajas que tiene realizar recorridos más largos de lo necesario en embarrados de altas intensidades.
- En el cuadro de la Figura 4.82, indica qué ocurriría si el interruptor automático general se ubica en el armario del extremo izquierdo.

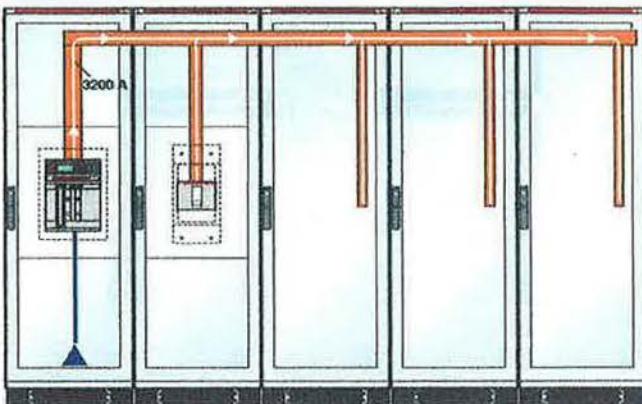


Figura 4.83. En este caso, el embarrado principal de distribución se ha de dimensionar para 3.000 A, no estando adecuadamente optimizado al tener las mismas prestaciones que el cuadro anterior. (Cortesía de ABB.)

- Se debe ir Conexionando los cables paulatinamente y situar el cableado adecuadamente en las canaletas y bridas, así como elementos de fijación adecuados, quedando perfectamente ordenado, respetando las condiciones mínimas de aislamiento entre todas las zonas en tensión y masas metálicas que normalmente no están en tensión pero que pueden estarlo en caso de defecto.
- En armarios y grandes cuadros de distribución se debe instalar en la parte inferior los aparatos de mayor intensidad nominal, como los interruptores automáticos de caja moldeada y de bastidor abierto. Esto se debe a que por convección, el calor sube a la parte superior del cuadro, quedando a temperaturas más bajas las partes inferiores. Por tanto, los aparatos que están cercanos a trabajar a plena carga se deben situar en zonas con menor temperatura que los que están alejados de su intensidad nominal en la parte superior.



### RECUERDA

Los grandes interruptores generales de tipo caja moldeada o bastidor abierto son regulables y por tanto antes de su energización se ha de regular de tal forma que la intensidad máxima sea inferior a la admisible por los cables.

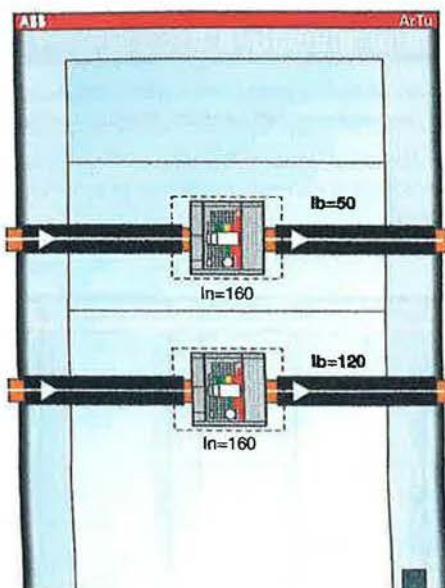


Figura 4.84. Situación de interruptores automáticos según sea la carga máxima prevista respecto a sus intensidades nominales. (Cortesía de ABB.)

- Se aconseja instalar terminales verticales, pudiendo doblarse las barras correctamente, ya que facilitan el flujo de circulación de aire por convección, disipando mayor energía. En todo caso no se ha de dificultar el flujo de aire hacia los terminales de la parte superior de los interruptores automáticos.

#### Interruptor automático con terminales horizontales y embarrados verticales

Embarrados principales con distribución longitudinal puestos verticalmente

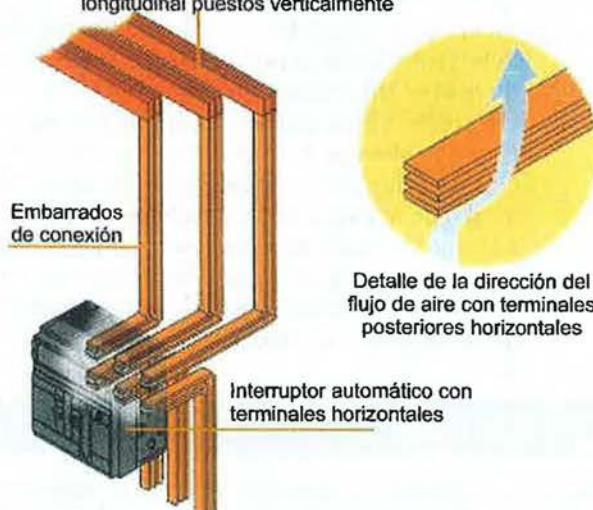
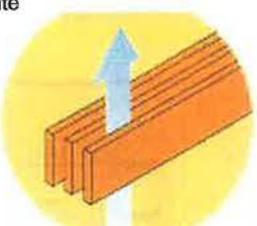


Figura 4.85. Bornes interruptores automáticos con terminales horizontales y embarrados verticales. (Cortesía de ABB.)

#### Interruptor automático con terminales verticales y embarrados verticales

Embarrados principales con distribución longitudinal puestos verticalmente



Detalle de la dirección del flujo de aire con terminales posteriores horizontales

Figura 4.86. Bornes interruptores automáticos con terminales verticales y embarrados principales verticales. (Cortesía de ABB.)

- Las barras de los embarrados y entre estos debe alejarse lo máximo posible ya que a mayor distancia, mejor es la disipación de calor, siendo el terminal central de los interruptores el que más daño térmico soporta. Para evitarlo se puede incrementar esta distancia desplazando las barras laterales.

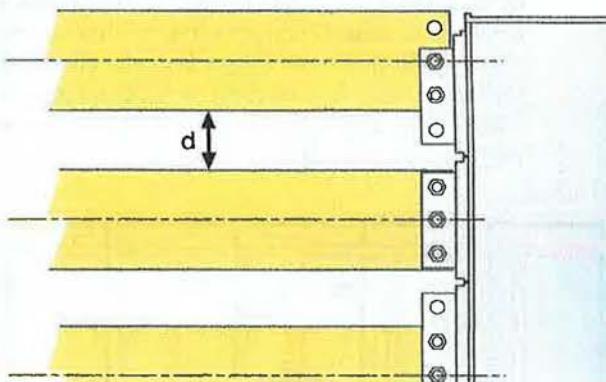


Figura 4.87. Separación de barras en un interruptor automático. Para evitar perder superficie de contacto, existen tramos acodados para aumentar la distancia en el embarrado. (Cortesía de ABB.)

- Todos los aparatos y grandes embarrados deben estar perfectamente dimensionados y sujetos firmemente al armazón del cuadro, ya que en caso de cortocircuito se producen importantes fuerzas electrodinámicas, ocasionando el deterioro del interior de los equipos si no son de las

características necesarias y de los bornes en caso que la fijación no sea suficiente.

- **La separación entre interruptores ha de ser adecuada**, que según la norma IEC-61439-1 la debe indicar el fabricante de la aparamenta.
- 5.** Una vez están montados todos los elementos internos del cuadro, se debe poner los paneles laterales, posteriores y superiores. Nunca se debe exceder la carga máxima admisible de los paneles indicada por el fabricante.
- 6.** Colocar las puertas, y siempre sin cargar más de lo necesario, ya que se pueden producir fricciones excesivas en las bisagras.
- 7.** Una vez finalizado, el cuadro se levanta poniéndolo vertical, y en caso de ser necesario **transportarlo o simplemente moverlo**, se ha de realizar mediante los anclajes y forma de transporte indicada por

**el fabricante.** Hay que tener especial atención en grandes cuadros de potencia de automatismos, ya que las uniones entre diferentes armarios producen fuertes tensiones mecánicas

### Actividad resuelta 4.2

Indica una ventaja adicional de instalar los grandes interruptores automáticos en la parte inferior del cuadro.

**Solución:**

Debido a que son los elementos con mayor peso, se consigue que el centro de gravedad se sitúe en la parte inferior del cuadro, bajando el centro de gravedad lo máximo posible aportando estabilidad al cuadro. Es similar a los coches de carreras de Fórmula 1 o cualquier vehículo deportivo en los que se busca evitar que vuele.

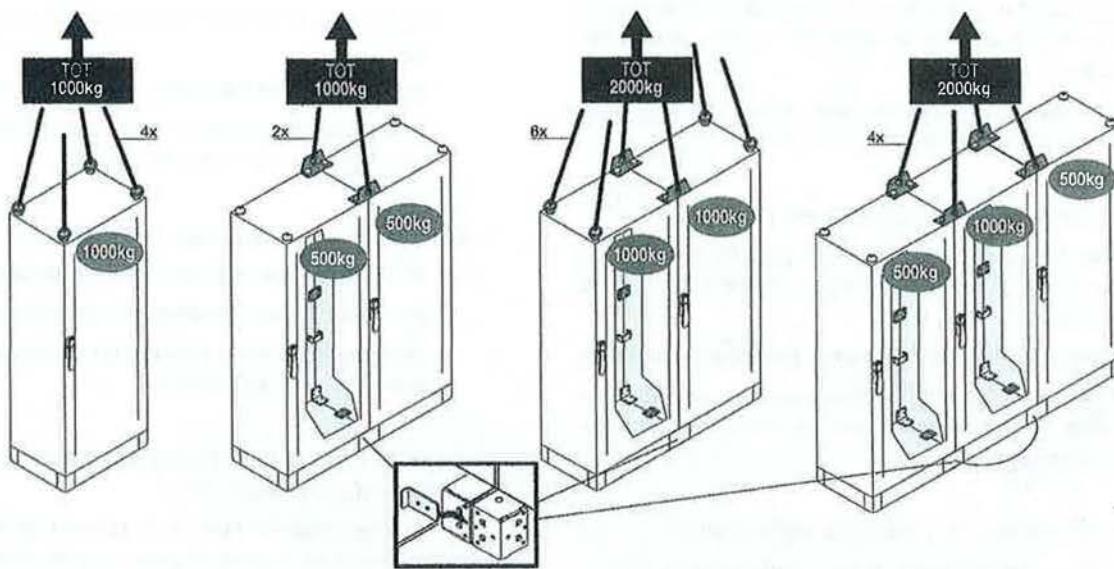


Figura 4.88. Carga y transporte correcto de diferentes tipos de armarios de automatismos. (Cortesía de ABB.)

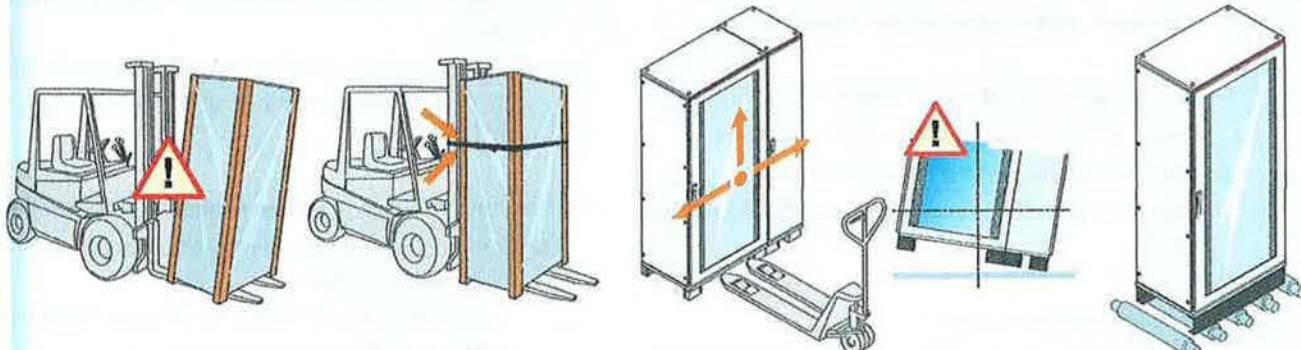


Figura 4.89. Formas de transportar armarios para automatismos. (Cortesía de ABB.)

## Actividades de comprobación

**4.1.** La envolvente de un cuadro ha de:

- a) Proteger los elementos internos de tal forma que sea difícil desmontar los revestimientos y tapas para evitar además contactos directos.
- b) Proteger de los elementos ubicados en su interior, facilitar el mantenimiento de sus componentes internos y ha de tener un tamaño adecuado.
- c) Tener grandes rejillas de ventilación, ya que en todos los cuadros se disipa mucha energía.

**4.2.** La norma UNE 61439 considera:

- a) Que los cuadros no los pueden montar los instaladores sino el fabricante original.
- b) Los cuadros los pueden montar los instaladores y cuadristas considerándose fabricantes finales del cuadro.
- c) El instalador o cuadrista debe realizar verificaciones de diseño antes de montar el cuadro.

**4.3.** Si una envolvente tiene un IPX7, significa:

- a) Que tiene protección suficiente para su inmersión en agua, por tanto también es resistente a los chorros de agua.
- b) Que tiene protección contra la penetración de polvo.
- c) Que tiene protección suficiente para su inmersión en agua, pero no significa que sea resistente a los chorros de agua.

**4.4.** La X en el código de protección IP2X significa:

- a) Que no es necesaria la cifra característica para líquidos.
- b) Que no se conoce la cifra característica para sólidos.
- c) Puede ser cualquiera de las dos anteriores.

**4.5.** El grado de protección IK de un cuadro se aplica:

- a) Con la puerta abierta si es de plástico o cristal.
- b) Con todo instalado y la puerta cerrada.
- c) Exclusivamente a los componentes internos de un cuadro.

**4.6.** La compartimentación permite:

- a) La protección contra contactos directos a partes del cuadro, reducir formaciones de arcos y evitar acceso de cuerpos sólidos a otras partes del cuadro.

- b) Evitar que unas partes estén conectadas con otras.
- c) Evitar contactos indirectos.

**4.7.** En una atmósfera con riesgo de incendio o explosión:

- a) Se puede instalar cualquier tipo de cuadro eléctrico.
- b) Se ha de instalar cuadros y equipos ATEX, ya que permiten trabajar en este tipo de locales.
- c) Se ha de evitar siempre una atmósfera con riesgo de incendio y explosión, no pudiendo instalar ningún elemento eléctrico en ella.

**4.8.** El valor de cortocircuito previsto en un punto de instalación ha de ser:

- a) Menor que el del interruptor automático en ese lugar.
- b) Mayor que el del interruptor automático en ese lugar.
- c) Es indiferente, las barras están calculadas por el fabricante para soportar cortocircuitos.

**4.9.** Si un cuadro tiene presencia de humedad:

- a) Se debe instalar otro con un grado IP superior.
- b) Se deben instalar resistencias calefactoras.
- c) Se debe instalar un sistema de ventilación forzada para evitar la condensación.

**4.10.** En un armario se han de disponer tres interruptores: de 1.000 A, 160 A y otro de 80 A

- a) El interruptor de 1.000 A se ubicará en el centro, el de 160 A en la parte superior y el de 80 A en la parte inferior.
- b) El interruptor de 160 A se ubicará en el centro, el de 1.000 A en la parte superior y el de 80 A en la parte inferior.
- c) El interruptor de 160 A se ubicará en el centro, el de 80 A en la parte superior y el de 1.000 A en la parte inferior.

**4.11.** Una brida para carril DIN es una pieza que sirve para:

- a) Introducir en ella conductores de pequeña sección para evitar canaletas.
- b) Introducir en ella conductores de gran sección para favorecer la evacuación de calor.
- c) Cualquiera de las anteriores, es más barato que una canaleta.

4.12. Un repartidor sirve para:

- a) Repartir circuitos directamente.
- b) Conectar con cada una de las protecciones de los circuitos.
- c) Evitar contactos directos con partes metálicas.

4.13. Un peine es un elemento del cuadro para:

- a) Evitar contactos directos.
- b) Evitar el uso de canaletas.
- c) Realizar los puentes de conexión entre elementos de protección situados en su misma fila.

## Actividades de aplicación

4.1. Clasifica las tipologías de los cuadros eléctricos.

4.2. ¿Qué funciones tienen las envolventes de los cuadros?

4.3. El REBT 2002 indica que el grado mínimo de protección de los cuadros eléctricos ha de ser mínimo IP2X. ¿Qué significa esto?

4.4. En un armario eléctrico, ¿cómo se instalan los interruptores de caja moldeada?

4.5. En un taller de automóviles se dispone de diversos cuadros: general, cuatro cuadros para elevadores de vehículos, cuadro de extracción forzada y uno de alumbrado. Representa cómo deben estar conectados entre sí.

4.6. En un cuadro eléctrico, ¿cómo se distribuye el calor generado?, ¿qué tipos de ventilación existen? Explica cada uno de ellos.

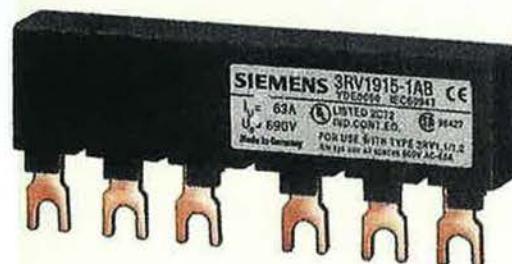
4.7. Haz una clasificación de los componentes internos del cuadro indicados en la unidad según su tipología.

4.8. Indica las diferencias entre un racor y un prensaestopas.

4.9. Señala los pasos para un correcto ensamblado de un cuadro para automatismos.

4.10. Describe cómo se debe instalar la aparmanta en un armario eléctrico.

4.11. El elemento mostrado en la siguiente figura, ¿de qué se trata y para qué se utiliza? Indica todas las características que puedas extraer de la imagen.



4.12. En un cuadro general se ha de conectar cada terminal de un cable a un punto de la barra y/o de los bornes de la aparmanta, ¿es correcto conectar un terminal de conexión encima de otro si se han de utilizar varios cables por fase? ¿Por qué?

4.13. ¿Qué es el revestimiento de un cuadro eléctrico? Défínelo brevemente.

4.14. Indica qué entiendes si en una placa de características de una envolvente de un equipo o al leer legislación vigente a cumplir como el REBT 2002, aparece la siguiente nomenclatura:

- a) IP68.
- b) IP55.
- c) IP30.
- d) IK07.

4.15. Explica qué significa que un cuadro esté ventilado e indica las soluciones técnicas empleadas en automatismos industriales.

4.16. ¿Para qué se emplea la segmentación o compartimentación de cuadros eléctricos?

4.17. ¿Qué criterios utilizarías para instalar un embarrado con la sección adecuada?

4.18. Piensa los posibles problemas que puede tener las mañas prácticas como no utilizar repartidores, no atornillar correctamente los bornes del aparellaje eléctrico o llenar demasiado de cables las canaletas de los cuadros.

4.19. En una nave industrial, una zona se dedica a la carga de las baterías de plomo de los toros eléctricos para efectuar el transporte de material de un punto a otro. Esta zona de carga, ¿la clasificarías como zona de riesgo de incendio y explosión? ¿Por qué?

## Casos prácticos

- 4.1. Identifica cada una de las partes del cuadro de la figura y explica qué función cumple cada una de ellas.

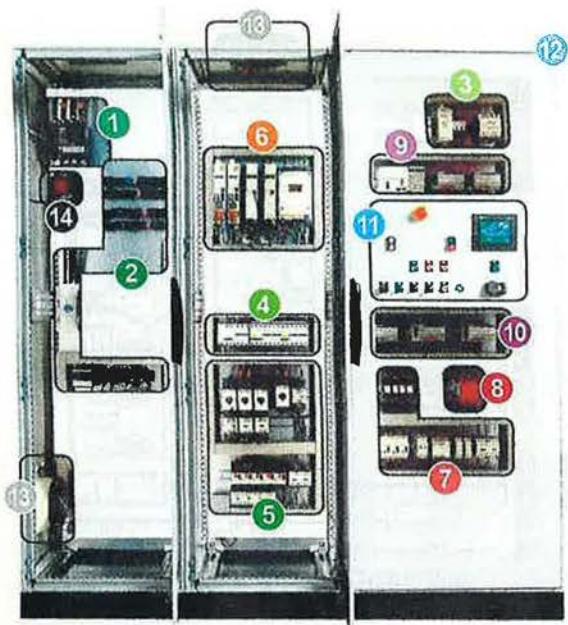


Figura 4.90 Cuadro general de baja tensión de una instalación industrial.  
(Cortesía de Schneider Electric.)

- 4.2. Busca en internet información acerca de fabricantes de cuadros eléctricos. Compara cada uno de ellos y analiza cuáles tienen más variedad de productos para dar soluciones técnicas a las distintas posibilidades de instalación descritas a lo largo de la unidad.

- 4.3. Analiza varios cuadros eléctricos de tu entorno real y compara sus características (tipo de envolvente, grado de protección, cerradura, portaplanos, etc.).

Justifica en cada caso si crees que las características que presenta cada cuadro están acordes a su lugar de instalación y su uso.

- 4.4. Dado el siguiente plano acotado proporcionado por un fabricante de cuadros eléctricos, responde a las siguientes preguntas:

- ¿De qué tipo de plano se trata?
- ¿Qué función cumple?
- ¿Qué tipo de cuadro eléctrico crees que se encuentra representado?
- Analiza todos los equipos, materiales y componentes que aparecen en el plano, indicando qué son y qué función realizan.

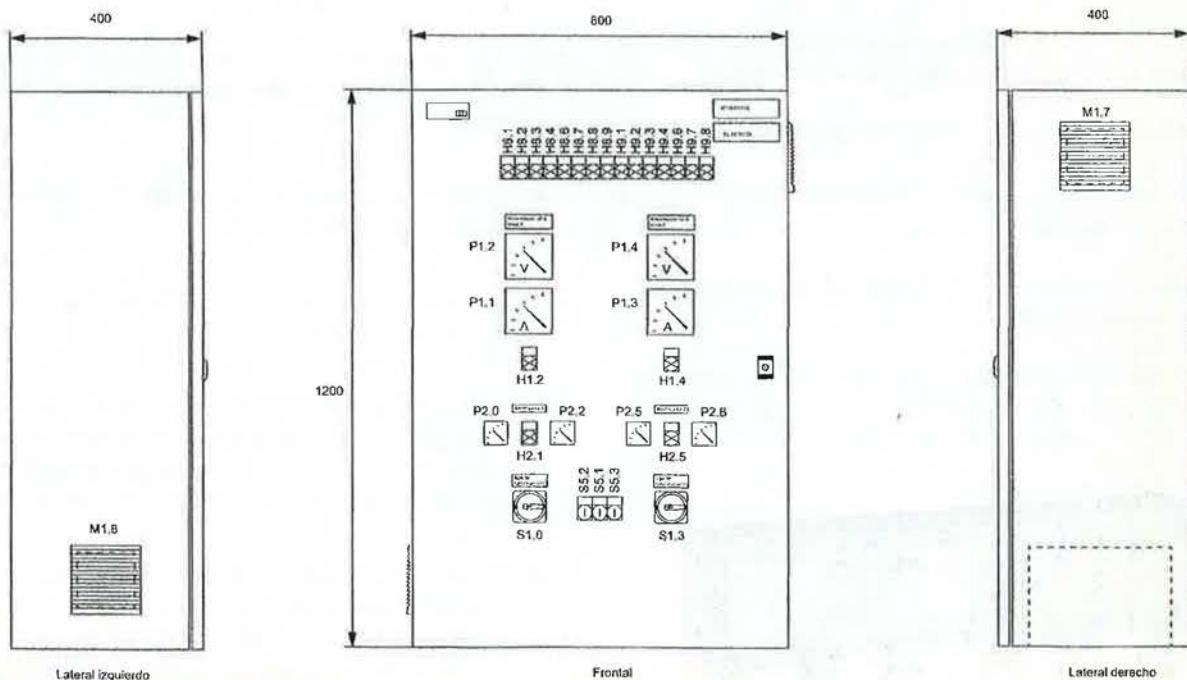


Figura 4.91 Esquema representativo de un cuadro eléctrico (cotas en milímetros).

# Técnicas de mecanizado de cuadros y canalizaciones



Una instalación eléctrica está formada por cables, aparamenta, cuadros eléctricos y armarios... y para que haya transferencia de energía de un punto a otro en la instalación, los cables han de conectar mediante canalizaciones utilizando diferentes métodos de instalación.

La ejecución de las tareas de adecuación del material que llega al taller en bruto y conseguir el producto adecuado, se realiza utilizando diferentes tipos de materia prima, como cobre, aluminio, acero, hierro, plomo, estaño, aleaciones, fibras, plásticos y muchos otros que se estudiarán en esta unidad.

Para la manipulación de estos materiales, y adecuarlos a la aplicación se debe medir, señalizar, marcar y mecanizar los diferentes componentes para ensamblar mediante tornillos, tuercas, arandelas, guías, doblado de material entre otros, utilizando herramientas y máquinas específicas.

# 5

## Contenidos

- 5.1. Concepto de mecanizado de materiales y cuadros eléctricos
- 5.2. Materiales empleados: características y propiedades
- 5.3. Materiales asociados a la industria eléctrica y de automatización
- 5.4. Fases para la mecanización de cuadros eléctricos
- 5.5. Técnicas y útiles para mecanizado de cuadros eléctricos de automatismos
- 5.6. Mecanizado de canalizaciones eléctricas para conductores

## Objetivos

- Dar a conocer la técnica de mecanizado de cuadros y canalizaciones para automatismos industriales.
- Reconocer los diferentes tipos y características de materiales empleados.
- Identificar las herramientas y útiles empleados en el mecanizado de materiales.
- Analizar los tipos de mecanizado empleados.
- Distinguir las fases del proceso y correcto mecanizado de cuadros y canalizaciones.

## 5.1. Concepto de mecanizado de materiales y cuadros eléctricos

El **mecanizado** en general es un proceso mediante el cual un material es sometido a un **conjunto de tareas u operaciones para que adopte la forma y medidas deseadas** mediante corte, estiramiento, doblado, curvado, etc.

Para poder alojar los componentes necesarios de una instalación eléctrica y que tenga cierta protección a la humedad, polvo, impactos, etc., es necesario conformar una envoltura o “caja” adecuada al lugar de instalación.

Para ello, se ha de manipular los materiales con los que se desee fabricar el cuadro para realizar:

- **Perforaciones** para la entrada y salida de canalizaciones, bancadas para los interruptores, diferenciales, contactores, relojes y en general la aparamenta eléctrica.
- **Cortes** para ubicar las palancas de los elementos de maniobra y control, pilotos de señalización, displays de analizadores de redes para visualizar tensiones, intensidades, potencias...
- **Doblado** del ángulo preciso, como ocurre cuando hay que adaptar los tubos metálicos, bandejas y canales protectoras para lograr el trazado diseñado para la instalación.
- **Uniones** de elementos de igual o diferente naturaleza para hacer de ellas un conjunto.

Además, hay que dotar a los cuadros de bisagras adecuadas para que todos los elementos permanezcan cubiertos en modo de funcionamiento normal y de fácil acceso en caso de avería, modificación e inspección. A estas y más operaciones en las que se **manipula material**, se **denomina mecanizar un cuadro eléctrico**.

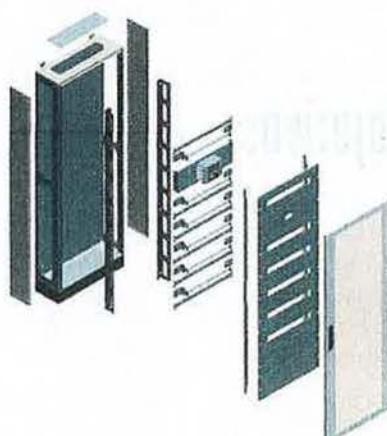


Figura 5.1. Detalle de las partes mecanizadas de un cuadro para su montaje. (Cortesía de Siemens.)

## 5.2. Materiales empleados: características y propiedades

Para poder realizar una instalación eléctrica para automatismos industriales y en general para cualquier aplicación, se han de emplear **materiales apropiados** y cuya **normativa vigente** lo permita. Para ello es necesario conocer las características, propiedades y aplicaciones de la materia prima disponible en el mercado para poder realizar la instalación con los materiales adecuados.

Cada material tiene unas características y propiedades concretas, ventajas e inconvenientes para la aplicación que se desee dar y por tanto se ha de saber sus peculiaridades para emplearlos adecuadamente.

### 5.2.1. Características de los materiales

Las principales características son:

- **Adherencia:** consiste en la capacidad para que se produzca la unión entre dos o más cuerpos en contacto.
- **Compresibilidad:** es la capacidad de los cuerpos a ser comprimibles, es decir, reducir su volumen conservando su masa.
- **Dilatabilidad:** es la propiedad de los cuerpos de extender, alargar u ocupar más volumen.
- **Elasticidad:** es la propiedad de los cuerpos para recuperar su longitud y forma originales al interrumpir la acción que los alteraba.
- **Fatiga:** es la pérdida de resistencia mecánica de un material al ser sometido largamente a esfuerzos repetidos.
- **Plasticidad:** es la capacidad que tienen los cuerpos a cambiar su forma y conservarla tras cesar la acción que lo produjo.
- **Porosidad:** es la propiedad que tienen los cuerpos sólidos de poseer cavidades entre las partículas o moléculas.
- **Solubilidad:** es la capacidad que tienen los cuerpos sólidos o espesos para disolverse o separarse las partículas o moléculas en un medio líquido logrando una mezcla homogénea.

### 5.2.2. Propiedades de los materiales

Las propiedades de los materiales son:

- **Conductividad:** es la propiedad que tienen los cuerpos para transmitir el calor y la electricidad. Es característica

ca de cada material y varía con la temperatura. En general, la conductividad eléctrica de los metales **disminuye con la temperatura** y se mide en  $\text{m}/(\Omega \times \text{mm}^2)$ .

- **Resistividad:** es la inversa a la conductividad, siendo la propiedad que tienen los cuerpos para oponerse a transmitir el calor y la electricidad. Es característica de cada material y varía con la temperatura. En general, la resistividad eléctrica para los metales **aumenta con la temperatura**. Se mide en  $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$
- **Ductilidad:** es la capacidad de algunos metales a ser deformados mecánicamente, moldeados o extenderse con facilidad en frío sin romperse extendiéndose en alambres o hilos.
- **Dureza:** es la propiedad de los cuerpos de ofrecer resistencia al ser rayados.
- **Fragilidad:** es la capacidad de los cuerpos sólidos a ser quebrados o que se rompan con facilidad.
- **Magnetización:** es la propiedad de algunos cuerpos a poseer propiedades magnéticas o alta permeabilidad de imantación, atrayendo al hierro, el acero y en grado menor otros cuerpos.
- **Maleabilidad:** es la propiedad de algunos metales a ser extensibles en planchas o láminas.
- **Masa:** es una magnitud que indica la cantidad de materia que hay en los cuerpos. Depende del material.
- **Tenacidad:** es la capacidad que tienen los cuerpos a oponer resistencia a deformarse o romperse.
- **Volumen:** es una propiedad que indica el espacio que ocupa un cuerpo, material o sustancia.
- **Densidad:** es la relación entre la masa y el volumen que ocupa un cuerpo. Es una propiedad característica de todos los cuerpos, pudiendo identificar distintos materiales y sustancias.



### SABÍAS QUE

Una aleación es un material homogéneo cuya composición se realiza por fusión de elementos químicos, obteniéndose como resultado la combinación de propiedades metálicas, siendo por lo menos uno de ellos metálico.

### Actividad propuesta 5.1

Identifica distintos tipos de materiales que observes a tu alrededor y compáralos entre ellos según sus características y propiedades.

## 5.3. Materiales asociados a la industria eléctrica y de automatización

Los principales materiales empleados en la industria del sector eléctrico y de automatización industrial son entre otros, los siguientes:

### 5.3.1. Cobre

Es un metal de color rojizo brillante, blando, muy buen conductor eléctrico y del calor, muy resistente a la corrosión, **muy dúctil (hilos)** y **maleable (láminas o planchas)**.

Su símbolo químico es Cu. Su conductividad eléctrica,  $\gamma$ , a 20 °C es de  $56 \text{ m}/(\Omega \times \text{mm}^2)$ , a 70 °C es de  $47,6 \text{ m}/(\Omega \times \text{mm}^2)$  y a 90 °C es de  $44 \text{ m}/(\Omega \times \text{mm}^2)$ .

El cobre puro es un metal blando, siendo partícipe de algunos materiales denominados aleaciones, en los cuales se produce un endurecimiento, pero se hacen peores conductores de la electricidad. Las principales aleaciones son el **bronce** (cobre con estaño), **latón** (cobre con cinc) y **alpaca** (cobre con níquel y cinc) entre otras.

Es un metal de larga duración al ser reciclabl e prácticamente ilimitadamente sin perder sus propiedades y características, siendo el tercer metal que más se utiliza en el mundo.

En automatismos industriales, se emplea el cobre electrolítico que se llama así porque el grado de pureza es del orden de 99,6 % mientras que el utilizado para alejar suele tener una pureza del 96 % siendo insuficiente al aumentar su resistencia eléctrica. Se encuentra en cables, contactos de interruptores, embarrados o conductores de gran sección para extender de él un gran número de circuitos, devanado de motores eléctricos, transformadores y dispositivos electrónicos.



Figura 5.2. Embarrado de cobre electrolítico para la conexión de circuitos de potencia importante.



## SABÍAS QUE

Para evitar sabotajes y robos de cobre en instalaciones eléctricas, existen esprays que contienen un producto invisible para el ojo humano, pero con una luz de una longitud de onda determinada, es posible identificarlo para conocer el propietario del material, teniendo una duración aproximada de 25 años. Cada envase tiene actualmente un precio aproximado de unos 400 euros. Existe otra técnica para evitar los robos, que consiste en monitorizar la red de cableado, enviando la información a una central de control.

## 5.3.2. Aluminio

Es un metal de color blanco, blando, buen conductor eléctrico y del calor, muy resistente a la corrosión, muy dúctil (hilos) y maleable (láminas o planchas).

Su símbolo químico es Al. Su conductividad eléctrica a 20 °C es de  $35 \text{ m}/(\Omega \times \text{mm}^2)$ , a 70 °C es de  $29 \text{ m}/(\Omega \times \text{mm}^2)$  y a 90 °C es de  $27,3 \text{ m}/(\Omega \times \text{mm}^2)$ .

Se emplea para la fabricación de cables de alta tensión dado que es más barato y ligero que el cobre, aunque su conductividad de la electricidad sea algo menor. También es frecuente su uso para devanados de transformadores de potencia, y conductores de gran sección en instalaciones eléctricas de baja tensión.



Figura 5.3. Bobinas de aluminio para posteriormente ser mecanizado.



Figura 5.4. Conductores de aluminio.

## 5.3.3. Hierro

Es un metal de color gris plateado, extremadamente duro y denso, conductor del calor y la electricidad, poco resistente a la corrosión produciéndose herrumbre, oxidándose. Es dúctil (hilos) y maleable (láminas o planchas). Tiene muy buenas propiedades de magnetización siendo reversibles los procesos de imanación y desimanación. Su símbolo químico es Fe.

Su principal aplicación es servir de base para otros productos siderúrgicos y mejorar las propiedades al alearlo con, por ejemplo, carbono y obtener acero. En estado elemental es de difícil obtención y no tiene buenas propiedades mecánicas, utilizándose prácticamente puro solo para electroimanes (por sus grandes propiedades magnéticas) y planchas galvanizadas.

## 5.3.4. Acero

El acero es una aleación de hierro (metal) y carbono (no metal) en la que el porcentaje de carbono puede variar entre el 0,03 y el 1,075 %, obteniéndose diferentes tipos de aceros según sea el porcentaje de carbono. Se obtiene así una aleación más dura y resistente que el hierro puro pero más frágil y se pueden hacer hilos más fácilmente (aumenta la ductilidad).

## 5.3.5. Fundición

Una fundición es de composición similar al acero, aleación del hierro (metal) y carbono (no metal), pero superándose a **21 % de carbono**. Se obtiene un material muy duro pero muy frágil.

## 5.3.6. Plata

Es un metal blanco brillante, muy buen conductor de la electricidad (aún mejor que el cobre), muy dúctil y maleable. Es más duro que el oro.

Posee una de las conductividades eléctricas y térmicas más elevadas de los metales. No se usa de forma masiva en materiales eléctricos debido a su coste, reservándose a este sector para los contactos eléctricos de interruptores, conectores especiales y similares. Se utiliza en medicina, electricidad, electrónica, fotografía y otras aplicaciones parecidas.

Existen muchas aleaciones con plata, como la plata de ley, que es una aleación de plata y cobre hasta el 5 %, endureciéndola.

### 5.3.7. Wolframio

Es un metal de color gris plateado con brillo metálico, tiene alta densidad y es muy duro.

También se llama tungsteno y se utiliza para fabricar herramientas de corte, varillas de soldadura, lámparas eléctricas de filamento, electrónica y productos del sector eléctrico y aviación. Este material es muy importante en la industria en general. En forma de polvo puede producir incendio y explosión.

#### SABÍAS QUE

El wolframio o tungsteno puede producir irritación en la piel, ojos y pulmones si se pone en contacto, produciendo enrojecimiento y lagrimeo. Cuando se trate con este material hay que tomar siempre las precauciones necesarias en seguridad industrial.

### 5.3.8. Estaño

Es un metal de color plateado, blando, con gran flexibilidad, muy dúctil, maleable, resistente a la corrosión y estable a temperatura ambiente. En caliente, se oxida y es frágil.

Para la obtención del estaño puro se extrae del mineral casiterita.

Se utiliza mezclado con el plomo (comercialmente 60 % de estaño y 40 % plomo), para soldar conductores y componentes electrónicos, la denominada soldadura blanda. Además, se utiliza para la fabricación de conservas, proteger de la corrosión al cobre y el hierro y recubrir aceros, quitar fragilidad al vidrio, dentífricos, para elaborar bronce (aleación de estaño y cobre), esmaltes cerámicos, etc. Dado que se prohibió por normativa el uso del plomo en alimentación, se emplea para las cápsulas de botellas de vino y efectuar el sobretaponado.

### 5.3.9. Plomo

Es un metal pesado de color plata azulado al seccionarse, y al poco tiempo tras oxidarse se vuelve de un color gris mate. Se caracteriza por ser muy flexible, blando e inelástico, muy dúctil y maleable, poco resistente a impactos y mal conductor eléctrico.

Se emplea para la fabricación de armaduras a conductores eléctricos dado que aporta más resistencia mecánica que el polietileno reticulado y PVC y a su vez es también flexible. Normalmente, su uso es extendido mediante alea-

ciones, como la soldadura blanda (60 % de estaño y 40 % de plomo).

Una aplicación muy importante del plomo se da en la fabricación de cojinetes para máquinas eléctricas que, aleado con el estaño, se funde en caso de calentamiento por falta de lubricación, no dañándose dicho eje admitiendo muy bien las dilataciones por temperatura, facilitando el rodaje y acople de los elementos eje-cojinete.

#### SABÍAS QUE

El plomo es tóxico, produciendo perturbaciones en el bioritmo, riñones, sistema nervioso, cerebro, incremento de la presión sanguínea, disminución de la fertilidad del hombre y anemia, entre otros síntomas, y su intoxicación se llama *saturnismo* o *plumbosis*.

### 5.3.10. Cadmio

El cadmio es un metal blanco azulado, dúctil y maleable, muy similar al cinc. Es un metal muy tóxico y se extrae de las menas del cinc. Su uso es mayoritariamente para la fabricación de baterías de níquel-cadmio, aunque se están sustituyendo por las de níquel-metal hidruro (NiMH) por estar estas ausentes del efecto memoria. En instalaciones eléctricas, se usa aunque cada vez menos para dar un baño de cadmio a los embarrados de cobre para proteger a este de la corrosión. En la industria también se emplea para la fabricación de plásticos.

#### Actividad propuesta 5.2

Imagina que disponemos de una esfera de plomo y otra de madera, ambas de la misma masa. ¿Cuál llegará antes al suelo si se dejan caer desde la misma altura? Justifica la respuesta.

## 5.4. Fases para la mecanización de cuadros eléctricos

Para conseguir mecanizar correctamente un cuadro eléctrico, destinado a las instalaciones de automatismos industriales o a cualquier otra actividad, se han de seguir los siguientes pasos:

1. Marcar en una plancha la ubicación exacta de los elementos del cuadro como soportes o bancadas mediante perfiles DIN para la apertura, canale-

tas, ventiladores y similares. Esta base será la parte trasera del cuadro eléctrico

2. Anclar correctamente alineado según el marcaje anterior de los soportes y elementos que requieran fijación, mediante perforaciones, soldadura, remachado y similar.
3. Señalización de la ubicación de los componentes en la puerta del cuadro eléctrico con las medidas de los aparatos, que debe aportar el fabricante de los elementos a ubicar, dado que no serán de la superficie exacta a la medida de los aparatos a ubicar, sino con una tolerancia para que encajen sin que vaya forzada su posición donde irán situados (en superficie generalmente), voltímetros, amperímetros, analizadores de redes, interruptores, commutadores, lámparas de señalización, rotulación de sus funciones, y todo aquel componente o elemento que haya sido diseñado para dar información del estado de funcionamiento de la instalación eléctrica. En caso de haber tapas para la apertura del cuadro, se deben marcar también las dimensiones correctas.
4. Ejecutar los orificios fieles a las dimensiones de marcado anterior.
5. Colocación de todos los elementos tanto del panel del fondo como de la puerta que previamente se haya pensado ubicar.
6. Colocar la puerta del cuadro en la envolvente mediante sus bisagras.
7. Cablear correctamente todos los circuitos, marcando los cables de cada circuito si es necesario (por ejemplo, en cuadros de maniobra o lógica cableada). Aunque no es obligatorio, es muy recomendable en las conexiones utilizar los bornes terminales de conexión entre el elemento y el conductor, con el color de la sección de cable adecuado. Esto garantiza una conexión con toda la sección del cable así como identificarla a simple vista.

8. Montar la parte trasera al elemento estructural con la técnica de fijación adecuada mediante tornillería, remachado, soldadura o similar.
9. Rotular todos los elementos del cuadro eléctrico según su función y circuito correspondiente.
10. Anclaje del cuadro ya montado en el lugar adecuado para tal fin: apoyado en el suelo en caso de armarios, empotrado en paredes, en superficie, fijación mural y similar, ubicándose por ejemplo en salas técnicas.



Figura 5.5. Cofre de un cuadro donde se visualiza la placa metálica trasera que es la base de montaje de los componentes del cuadro.

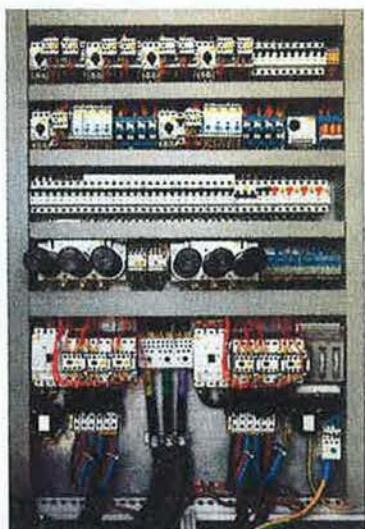


Figura 5.6. Instalación de la apertura, canaletas y cableado del cuadro con la placa trasera mecanizada.



Figura 5.7. Armario de potencia para automatismos con partes ya mecanizadas.



## RECUERDA

Una vez finalizado el cableado del cuadro, no hay que olvidar conectar a tierra directa la puerta del mismo si es metálica, dado que es la protección frente a contactos directos para los usuarios y técnicos de mantenimiento.

## 5.5. Técnicas y útiles para mecanizado de cuadros eléctricos de automatismos

Para mecanizar correctamente un cuadro eléctrico se deben emplear las herramientas y técnicas apropiadas en cada caso.

### 5.5.1. Técnicas para medir en cuadros y piezas

Para poder ubicar los elementos en el cuadro eléctrico, es preciso **medir** las distancias en las que se alojarán cada uno de estos componentes, de tal forma que han de quedar alineadas todas las filas de bancadas y los elementos equi-

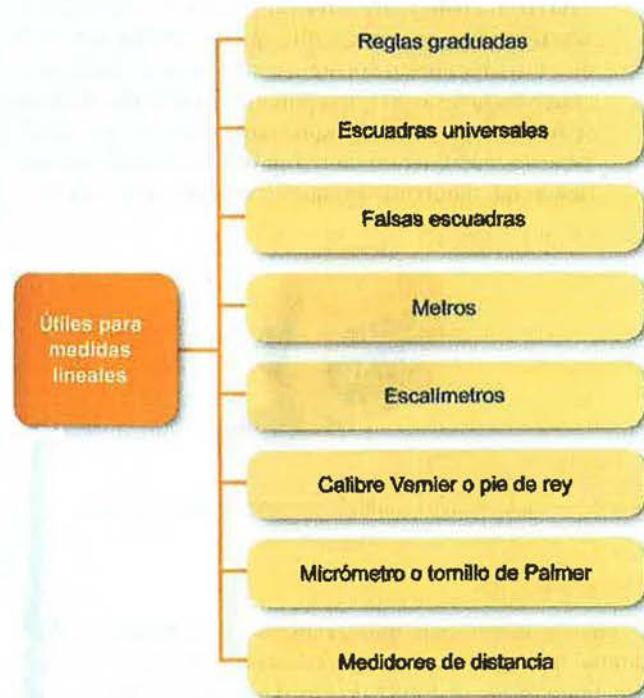


Figura 5.8. Herramientas para medidas lineales.

distantes. Por tanto, la distancia entre las bancadas puede variar según los tamaños de los componentes de las filas y con la separación de seguridad adecuada entre elementos del fondo del cuadro, la puerta cuando esté completamente cerrada, las canaletas para un correcto cableado, etc.

Para ello se disponen en el mercado diversas herramientas para poder medir en los cuadros eléctricos según sea el tipo de medida.

### Regla

Preferentemente metálica, aunque menos aconsejable puede ser de madera o plástico. Sirve para marcar o conocer distancias y dimensiones, aunque su uso es más adecuado para marcar líneas. Es uno de los útiles más apreciados en cualquier taller electromecánico. Las hay de diferentes anchos, longitudes y gruesos.

Pueden estar graduadas en centímetros, milímetros y medios milímetros. También las hay calibradas en pulgadas y fracciones de pulgada.

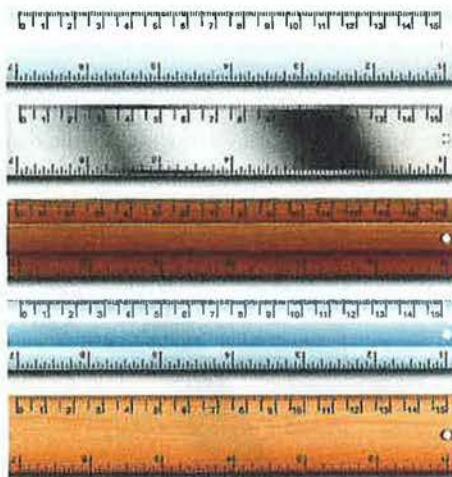


Figura 5.9. Diferentes tipos de reglas graduadas en centímetros, milímetros y pulgadas.



### SABÍAS QUE

**Una pulgada equivale a 25,4 mm, o lo que es lo mismo, 2,54 cm.** Su símbolo es in (de inch, en inglés), y en ocasiones también se utilizan dobles comillas ("").

### Actividad propuesta 5.3

Averigua una distancia en la que las pulgadas y su equivalente en milímetros sean números enteros.

## Escuadra universal

Es una herramienta de medida muy versátil y de gran uso en el taller dado que permite medir y trazar líneas horizontales, perpendiculares y a 45°. Se utiliza para marcar la línea de corte para el ingleteado, que es hacer dos ángulos de 45° para formar un ángulo de 90°. Por ejemplo, en las esquinas de las juntas de goma de las puertas de los cuadros para proporcionar un grado de protección IP adecuado.

Se pueden adquirir de diferentes medidas, al igual que las reglas. Las más típicas son de 250 mm, 400 mm, etc.



Figura 5.10. Escuadra metálica universal.

## Falsa escuadra

Consta de dos perfiles unidos con un tornillo y palomilla para ajustar el ángulo deseado, normalmente diferente a 90°. Con esta herramienta se puede trasladar el ángulo deseado para copiarlo en otro lugar no siendo tan importante conocer el ángulo que forma.



Figura 5.11. Falsa escuadra.

## Metro

El metro puede ser de tres tipos claramente diferenciados:

- **Metro plegable:** es generalmente de madera, acero, latón o aleaciones de aluminio. Tiene diez brazos. Mide hasta el medio milímetro, teniendo la ventaja de adaptarse a la longitud a medir según se precise sacando más o menos partes. Tiene el inconveniente que los puntos de unión de brazos pueden adquirir tolerancia y ser difícil colocar los tramos consecutivos rectos con exactitud.



Figura 5.12. Metro plegable.

- **Cinta métrica:** es una cinta de acero o materiales plásticos flexibles, graduada en centímetros o milímetros. Los diez primeros centímetros pueden estar divididos en medios milímetros. Son un poco incómodos, pero permiten medir longitudes de contornos curvilíneos.



Figura 5.13. Cinta métrica.

- **Metro flexible y arrollable:** consta de una cinta de acero graduada en cm y mm que se arrolla dentro de una envolvente en forma de caja, con la ventaja de poder extraer de ella únicamente la parte de cinta que se utiliza para medir bloqueándose la hoja, y al finalizar esta, accionando con el pulgar se recoge automáticamente mediante un muelle situado en su interior.



Figura 5.14. Metro flexible y arrollable, también llamado flexómetro.

## Escalímetro

Es una regla fabricada tradicionalmente de madera de haya aunque actualmente son de aluminio o plástico, cuya sección tiene forma de triángulo diseñado para contener en ella diferentes escalas típicas utilizadas en planos. Suele ser de 30 cm de longitud. En cada uno de los cantos dispone dos

escalas, una por cada lado, teniendo en un solo escalímetro seis escalas diferentes.

Las escalas habituales son: 1:100, 1:200, 1:250, 1:300, 1:400 y 1:500, existiendo multitud de escalas diferentes.

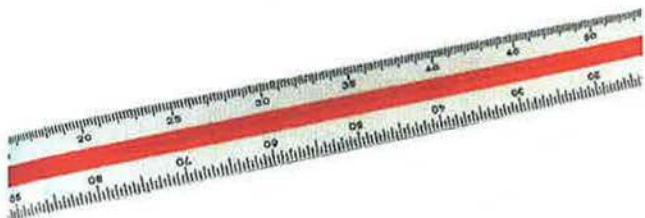


Figura 5.15. Escalímetro.

### Calibre Vernier o pie de rey

Un calibre o pie de rey es un instrumento que se utiliza en el taller electromecánico para medir objetos como piezas mecánicas, eléctricas y similares con precisión.

Consta de una regla de acero inoxidable, graduada, de cara y cantos perfectamente planos y perpendiculares entre sí, que termina doblada formando una escuadra en un extremo. Estas caras están graduadas en centímetros o milímetros por un borde y por el opuesto en pulgadas. Esta regleta constituye la boca fija. Una escuadra más pequeña, llamada cursor o corredera, se desliza suavemente por la primera, constituyendo la boca móvil. El desplazamiento de la corredera se realiza presionando sobre un pulsador solidario con la boca móvil. Tiene una ventana cerrada o abierta con los bordes biselados, uno de los cuales, el inferior, lleva grabada una graduación especial llamada nonius. El **nonius** es la clave del grado de precisión del calibre, ya que permite obtener medidas con precisión inferior al milímetro.

#### • Características de un calibre:

- La longitud de la regleta en mm: los hay de 150 mm y de 25 mm.

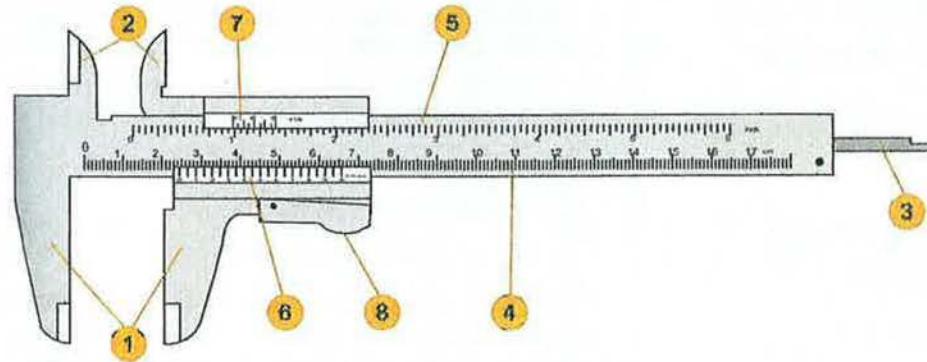


Figura 5.16. Partes de un calibre Vernier o pie de rey.

— Según el grado de apreciación del nonius puede tener las siguientes precisiones: 0,1, 0,05 o 0,02. La **apreciación del calibre** se calcula dividiendo  $1/n$ , donde  $n$  es el **número de divisiones que tiene el nonius**. Por ejemplo, si tenemos 20 divisiones, la apreciación es de:  $1/20 = 0,05$ .

- La forma del cursor o corredera puede ser de ventana abierta o cerrada.
- El material del calibre es de acero inoxidable.
- Puede disponer de un tornillo en la parte del cursor para fijar la medición.

#### • Usos del calibre:

- Medición de piezas macizas.
- Medición de piezas huecas.
- Medición de profundidades.

#### • Lectura de una medida. Se pueden presentar varios casos:

- **Caso 1: la longitud a medir es un número entero en mm.** Su medida es la marcada en la regla. Para ello, el cero del nonius es el que ha de coincidir con una de las divisiones en mm de la regla o parte fija.

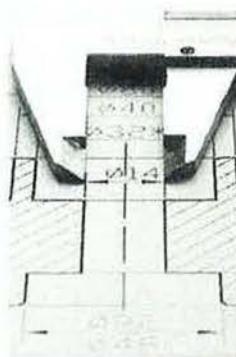


Figura 5.17. Medidas con el calibre con números enteros.

1. Mordazas para medidas externas.
2. Mordazas para medidas internas.
3. Barra para medida de profundidades.
4. Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
5. Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
6. Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido según la apreciación. Puede ser de 0,1, 0,05 o 0,02 mm.
7. Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido según la apreciación. Normalmente 1/128 in.
8. Botón de deslizamiento y freno.

— **Caso 2: la longitud a medir no es un número entero en mm.** Si se trata de una medida decimal, el origen o el cero del nonius estará entre dos divisiones de la regla fija. La parte entera en mm de la medida es la que marca la regla fija inmediatamente anterior al cero del nonius. La división del nonius situado a la derecha del cero que coincida frente a una división de la regla fija, nos indicará la parte decimal.

En cualquier medida efectuada con el calibre tenemos que:

$$M = C + A \times N$$

Siendo:

**C:** posición del cursor, es el número entero de la regla fija, más cercana al cero del nonius.

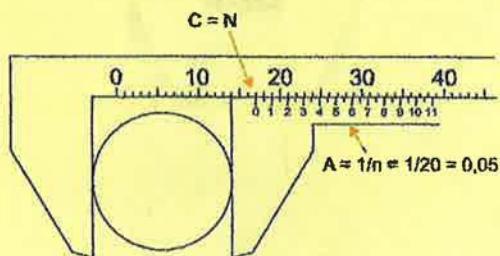
**A:** apreciación. Depende del calibre utilizado y va en función del número de divisiones que tenga el nonius. Suele ser de 0,1, 0,05 o 0,02.

**N:** número de la división del nonius que mejor coincide con cualquier división de la regla fija del calibre.

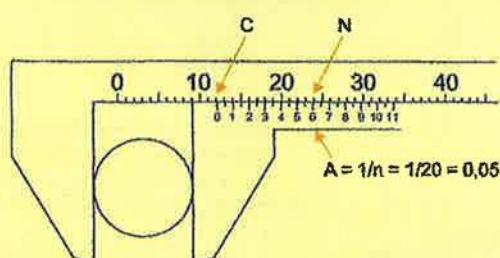
### Actividad resuelta 5.1

En las tres figuras siguientes, indica la lectura medida en el calibre.

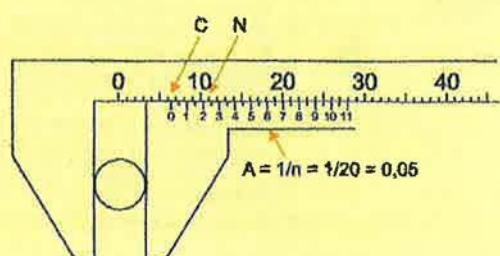
a)



b)



c)



Solución:

- $M = C + A \times N = 17 + 0,05 \times 0 = 17 \text{ mm}$
- $M = C + A \times N = 12 + 0,05 \times 12 = 12,6 \text{ mm}$
- $M = C + A \times N = 6 + 0,05 \times 5 = 6,25 \text{ mm}$

### Micrómetro o tornillo de Palmer

Es un instrumento para medidas lineales que se utiliza para leer longitudes de piezas u objetos en los que se requiera una precisión superior a la del calibre o pie de rey. La apreciación de los micrómetros estándar es de 0,01 (milésima de milímetro) e incluso existen de 0,001 mm, equivalente a una micra de milímetro.



Figura 5.18. Micrómetro o tornillo de Palmer.

Su funcionamiento está fundamentado en el paso de rosca de un tornillo. Si suponemos que al dar una vuelta completa el tornillo avanza 0,5 mm lineales y cada vuelta se divide en 50 divisiones, tenemos que, al avanzar una división (cada una de las líneas de las 50 divisiones), se obtiene una apreciación de:

$$A = \frac{0,5 \text{ mm/vuelta}}{50 \text{ divisiones/vuelta}} = 0,01 \text{ mm/división}$$

La longitud máxima a medir depende del tipo de tornillo de Palmer, disponiendo en el mercado de diversos rangos de medición:

- 0 a 25 mm (de 0 a 1 pulgada).
- 25 a 50 mm (de 1 a 2 pulgadas).
- 50 a 75 mm (de 2 a 3 pulgadas).
- 75 a 100 mm (de 3 a 4 pulgadas).

Su funcionamiento consiste en un tornillo micrométrico, de tal forma que los extremos (husillo y yunque) se aproximan al girarlo en el sentido de las agujas del reloj.

Las partes elementales de un micrómetro o tornillo de Palmer se pueden apreciar en la Figura 5.19.

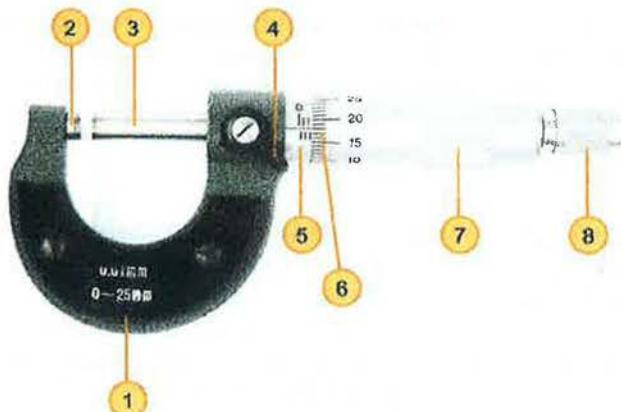


Figura 5.19. Partes de un micrómetro.

- Marco o cuerpo:** consta de la estructura del micrómetro.
- Tope fijo:** es la superficie que establece la referencia o cero de la medida. Un lado está sujeto por la estructura del micrómetro y el otro está en contacto con la pieza a medir.
- Tope móvil:** es la parte móvil o husillo micrométrico que está en contacto con la pieza y que según sea esa distancia respecto al cero o parte fija, así será su lectura.
- Dispositivo de seguro:** permite paralizar el desplazamiento del tope móvil.
- Tambor micrométrico fijo o línea de lectura principal:** pertenece a la estructura del micrómetro donde tiene grabadas las divisiones de la escala fija.
- Nonio:** en él van grabadas las divisiones de la escala circular.
- Tambor accionador micrométrico móvil:** es el elemento que se gira para ajustar la parte móvil a la pieza siendo solidario con el tope móvil.
- Trinquete o freno:** se utiliza para que la presión que ejerce la parte móvil sobre la pieza esté limitada, ya que una sobrepresión en la pieza da lugar a medidas incorrectas. Esta limitación se efectúa mediante una carraca, de tal forma que al superar la presión, tiene una muesca que impide que apriete más resbalando, girando sobre sí mismo el tambor accionador.

Cuando la pieza está entre el husillo y el yunque, con la perilla de trinquete se aprieta hasta que automáticamente la perilla deja de oprimir.

La escala está dividida en dos partes:

- Escala horizontal:** mide de 0,5 en 0,5 mm (la escala de milímetros está dividida en 0,5 mm).

- Escala vertical o nonio:** mide de 0,01 en 0,01 mm (centésimas de mm). Una vuelta entera del tornillo es medio milímetro (0,5 mm). Como está dividida en 50 partes, cada división es  $0,5/50 = 0,01$  mm. También puede medir milésimas de mm.

### SABÍAS QUE

Con la evolución de la microelectrónica, existen calibres y micrómetros digitales en los que se indica la lectura directamente en la pantalla o display.



Figura 5.20. Calibre o pie de rey y micrómetro o tornillo de Palmer digitales.

### Actividad resuelta 5.2

Indica la medida del tornillo de Palmer de la siguiente figura:

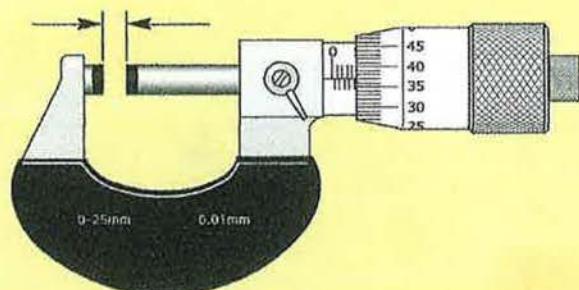


Figura 5.21. Medición de una distancia con el tornillo de Palmer o micrómetro.

**Solución:**

La medida del tornillo de Palmer se descompone en tres lecturas:

Escala de milímetros: 4 mm

Escala de medios milímetros: 0,5 mm

Escala de centésimas de milímetros:  $37 \times 0,01 = 0,37$  mm

Medición de la pieza: 4,87 mm

### Medidores de distancia láser o ultrasonidos

Es un equipo electrónico que sirve para medir distancias en las que el aparato emite una onda tipo láser y/o ultrasonidos y en función de lo que tarde en regresar la onda rebotada por el extremo a medir, calcula automáticamente la longitud. Son muy precisos, siendo muy utilizados en la industria.



Figura 5.22. Medidor de distancia mediante ultrasonidos.

marca física en el material o niveles láser que proyectan un tipo de luz para señalar distancias exactas en locales para que la altura respecto de un punto sea idéntica, puntos para taladrar y similares.

### Lápiz

Es un instrumento para señalar, en papel y materiales como madera o metales, los límites para efectuar operaciones de mecanizado. En su interior dispone de una barra de grafito mezclado con arcilla que es lo que realiza el trazo al rozar con una superficie. Existen numerosos tipos de lapiceros, pero en el taller se emplea el lápiz de carpintero.

### Nivel

Es un instrumento que sirve para conocer si un objeto está exactamente horizontal o vertical. Consta de una burbuja de fluido que es sensible al movimiento según la posición en que se sitúa.

Se utiliza, por ejemplo, en un cuadro con fijación mural en el que solo tiene un punto de anclaje, para poder averiguar el otro para que quede perfectamente horizontal.



Figura 5.24. Lápiz de carpintero, metro plegable y nivel.

## 5.5.2. Técnicas para el trazo y marcaje en los materiales

Para marcar o señalar en el material los límites para realizar operaciones en ellos, se emplean útiles y herramientas como lapiceros o añil, punzones para realizar una pequeña



### Compás de punta

El compás de punta es un útil diseñado para tomar mediciones de transferencia o para compararlas. Marcan sobre el material tipo acero y similares, por ejemplo, distancias de plantillas.



Figura 5.25. Compás de punta para marcar en materiales.

### Punta de trazar, punzón o granete

La punta de trazar es un útil de acero templado que sirve para trazar y marcar líneas en piezas para mecanizar dejando una marca en el material por rayado sin que se elimine en el proceso de transformación. Tiene forma de lápiz con una punta muy afilada.



Figura 5.26. Punta de trazar.

El punzón o granete es una herramienta de acero templado o de cromo vanadio menos afilado que la punta de trazar, a unos 60º. Se utiliza para marcar un punto en el metal golpeándolo por el otro extremo, haciendo de guía para posteriormente mecanizar el material perforándolo.



Figura 5.27. Punzón o granete.

### Nivel láser

Consiste en una herramienta para marcar a distancia los puntos donde se ha de mecanizar algo pero sin que este marcaje sea por huella física alguna. Se proyecta una luz a la altura deseada o en el punto deseado trabajando con el dispositivo encendido. Se utiliza para ubicar correctamente las posiciones de cuadros eléctricos, alturas donde se mecanizarán soportes para su fijación y similares.



Figura 5.28. Nivel láser para proyectar distancias.

### 5.5.3. Técnicas para sujeción de piezas

Para la sujeción de piezas, se emplean herramientas que permiten trabajar las piezas de forma segura. Son elementos fundamentales en cualquier taller electromecánico.



Figura 5.29. Herramientas de sujeción.

#### Tornillo de banco o de apriete

Es una herramienta que sirve para sujetar firmemente una pieza a la que se desea realizar operaciones de mecanizado como limar, cortar, doblar, perforar... Consta de un husillo u otro mecanismo similar, en el cual unas mordazas sujetan por fricción la pieza deseada con la presión requerida.



Figura 5.30. Tornillo de apriete anclado a una mesa de trabajo.

#### Alicates

Son herramientas utilizadas para mantener sujetos objetos, cortar cables, doblar materiales o cualquier otro tipo de operación de mecanizado con materiales duros, como

pueden ser alambres u otros objetos similares. Existen diferentes tipos según su uso. Los más utilizados son:

- Planos.
- De punta redonda.
- De punta de pato.
- De corte.



Figura 5.31. Diferentes tipos de alicates.



Figura 5.32. Detalle del corte de un cable con un alicate.

### Tenaza extensible o pinza pico de loro

Es una evolución de la tenaza tradicional cuyo cometido es sujetar en vez de cortar como lo hace su predecesora. Permite ajustar su boca a la medida deseada, manteniendo las mordazas paralelas.



Figura 5.33. Tenaza extensible o pinza pico de loro.

### Gato, sargento o tornillo de apriete

Es una herramienta que tiene unas mordazas paralelas que se ajustan mediante un mango que lleva un tornillo para presionar la pieza o piezas para ser mecanizadas. Existen diversos tamaños de gatos o sargentos.



Figura 5.34. Gato, sargento o tornillo de apriete.

### Caja de inglete

Es un soporte que permite guiar el corte en ángulo sin desviarse, en materiales como plástico, metal, madera y similar. Se suele realizar cortes a  $90^\circ$  y a  $45^\circ$  para juntar ambos lados de dos piezas con las mismas dimensiones y formar un ángulo recto.

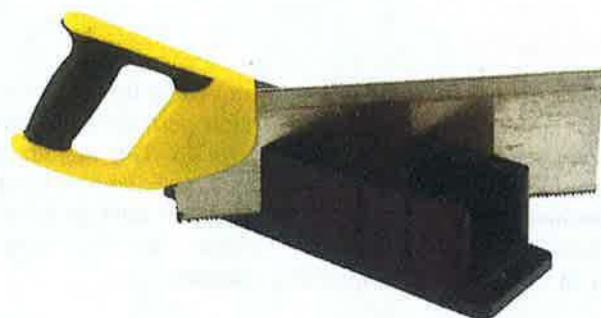


Figura 5.35. Caja de ingletes para cortar piezas en recto y ángulos a  $45^\circ$ .

## 5.5.4. Técnicas para cortar material

La técnica de corte es una operación cuyo cometido es separar un exceso de material, empleando para ello diferentes tipos de útiles que dependen del material.

Por ejemplo, el aserrado, a diferencia del limado tiene la ventaja de poder recuperar los sobrantes de material sin reducirlo a virutas como ocurre en la operación de limado, pudiendo utilizarlos para otras aplicaciones.



Figura 5.36. Herramientas de corte.

## Aserrado

El aserrado a mano es una operación de mecanizado que tiene por objeto cortar exceso de material empleando herramientas denominadas sierras y serruchos.

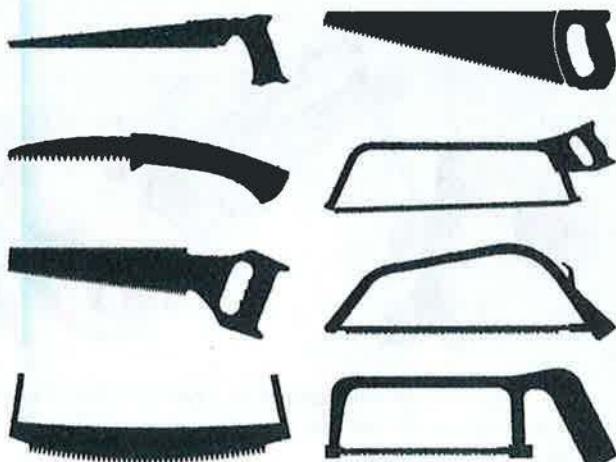


Figura 5.37. Diferentes tipos de sierras.

## Sierra de arco

Es una estructura en forma de arco en la que se introduce una lámina de acero al carbono, acero al tungsteno o acero rápido. Es flexible y está dentada en toda su longitud. La

sección de la hoja es ligeramente trapezoidal para evitar que se agarrote durante su uso.



Figura 5.38. Corte de un tubo de plástico para canalización eléctrica con sierra de arco.

## Sierra de calar

La sierra de calar es una herramienta eléctrica de las más versátiles para el corte en el taller. También se llama caladora. Su funcionamiento se basa en el desplazamiento vertical de una hoja de sierra en forma de vaivén y a gran velocidad. En algunos casos dispone la posibilidad de regular el movimiento pendular, que además de subir y bajar, avanza y retrocede la hoja.

Se coloca la hoja con el dentado apropiado para el material a cortar, metal, madera, plástico y similar.

En el mercado existen diversos tipos, siendo sus características más importantes la potencia y la posibilidad de regular la velocidad.

En caso que la velocidad sea variable (electrónicas), cuanto más duro sea el material mayor debe ser la velocidad y el movimiento pendular ha de ser pequeño. Si no importa astillar, ya que posteriormente se va a limar, el movimiento pendular puede ser grande. Además, en caso de cortes de materiales duros, cuanto más rápido sea el movimiento vertical antes se desgasta la hoja.

Además tiene una prestación muy útil, que es disponer de un puntero láser en la máquina para dirigir exactamente por dónde va a cortar la hoja.

Permite realizar cortes rectos, ingletes o curvos. La caladora se pone perpendicular al material a cortar, existiendo una amplia gama de modelos en el mercado en el que el ángulo puede ser ajustable.



Figura 5.39. Sierra de calar o caladora.

### RECUERDA

Se debe elegir siempre la hoja de sierra adecuada, ya que de lo contrario no se obtienen los cortes esperados, pudiendo dañar la hoja.



Figura 5.40. Tipos de hojas de caladora para cortar diversos materiales: madera, metal y cerámicos como azulejos.

## ■ ■ ■ Útiles de corte de materiales

Los principales útiles de corte son:

### Cúter

Es un útil que dispone de una chuchilla afilada y fina retráctil. En caso de desgaste de la punta, permite partir una de sus partes para utilizar el siguiente escalón disponiendo de otra punta en perfecto estado hasta que se agote la hoja. Permite el corte de cintas aislantes, termoretráctiles y similares.



Figura 5.41. Cúter.

### Pelacables o pelahilos

El pelacables es una herramienta que permite cortar el extremo del aislamiento de cables y extraerlo sin afectar en absoluto al conductor. Es muy útil para posteriormente en-gastar terminales.

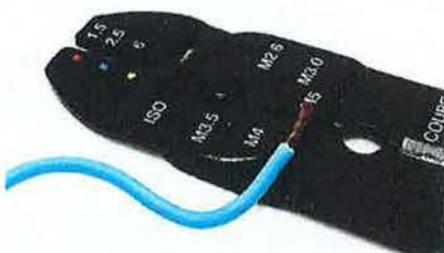


Figura 5.42. Pelacables o pelahilos.



Figura 5.43. Pelacables o pelahilos automático. El cable se coloca en la posición de la sección adecuada extrayendo fácilmente el aislamiento del cable.

### Cortatubos

Es una herramienta de corte que tiene dos rodetes que se ajustan al diámetro del tubo para apoyarse mientras roza con una chuchilla en forma de disco que, al girar la herramienta 360°, produce un corte limpio y perpendicular al eje del tubo. También los hay con cuchillas en forma de tijeras.

Se utiliza para cortar tubos rígidos de plástico y metálicos para canalizaciones de circuitos de control para automatismos, alumbrado, etc.



Figura 5.44. Cortatubos con cuchilla circular tradicional.



Figura 5.45. Cortatubos en forma de tijera.



Figura 5.46. Forma de corte de un tubo con un cortatubos.

### Tenazas

Es una herramienta muy útil en cualquier taller ya que sirve para realizar cortes de materiales muy duros como el acero, alambres gruesos, tornillos o extracción de clavos.



Figura 5.47. Tenazas.

### Tijeras de electricista

Es una herramienta formada por cuchillas contrapuestas, basada en la máquina denominada palanca, produciendo corte por cizalladura. Permite cortar diversos tipos de materiales y en especial los cables, que también permite pelarlos cuando se trata de secciones no demasiado grandes. Tiene la particularidad que el mango está protegido por una envolvente de plástico o aislante evitando posibles contactos directos.

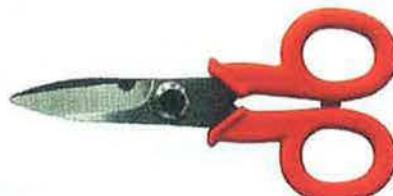


Figura 5.48. Tijeras de electricista.

### Tijeras de chapa

Son similares a las tijeras de electricista pero sirven para cortar chapa metálica de espesores reducidos.

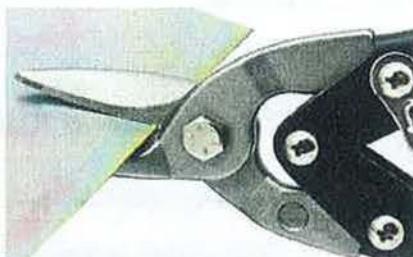


Figura 5.49. Tijeras para chapa.

## 5.5.5. Técnica de limado de material

El limado es una operación de mecanizado que consiste en rebajar los materiales metálicos, plásticos o madera. Consiste de diversas partes, distinguiéndose las fases de:

- **Devastado:** se utiliza una lima basta o gruesa para arrancar gran cantidad de material. Deja huellas en la pieza limada. Se emplean escofinas, que se caracterizan por tener dientes triangulares orientados diagonalmente. Se puede encontrar diferentes formatos en función del uso que vaya a darse.
- **Pulido:** se emplean limas entrefinas y finas extrayendo muy poco material, quitando las huellas del devastado o picado.
- **Acabado:** se consigue dejar la pieza perfecta utilizando limas muy finas y en una sola dirección. Se suele utilizar papel de lija del cero o doble cero.

Los tipos de herramientas para la técnica de limado son:



Figura 5.50. Herramientas para limado.



Figura 5.51. Distintos tipos de limas de uso frecuente.

Algunos de los distintos tipos de limas son:

- **De punta:** cuando se desea realizar ajustes finos se emplea esta lima, ya que es estrecha y fina.
- **De punta curva:** es igual que la anterior, pero tiene los extremos curvos, los cuales pueden llevar dientes para poder trabajar en ángulo.
- **Mediacaña:** es plana por un lado y semicircular por el otro. Por ello es idónea para trabajar en superficies cóncavas y convexas.

- **Plana:** se trata de una lima plana por ambas caras.
- **Rectangular:** es parecida a la anterior, pero además los cantos son paralelos.
- **Redonda o cilíndrica:** es una lima que tiene sección circular y se usa en aquellas aplicaciones donde se necesite trabajar en superficies circulares.

## 5.5.6. Técnicas para taladrar o perforar

Para realizar orificios en los materiales se emplean útiles que permiten realizar perforaciones. En el caso de aplicar una máquina a elementos denominados brocas, se denomina taladrar. Existen brocas para todo tipo de materiales, siendo las más utilizadas las helicoidales (en forma de hélice) que tienen mango cilíndrico largo o corto, cónico, cuadrado, etc.



Figura 5.52. Herramientas para perforar material.

### Barrena

La barrena es una herramienta manual para perforar materiales generalmente blandos o de poco espesor. Es una varilla en la que un extremo está acoplado a un mango perpendicularmente y en el otro una punta roscada para realizar la incisión en el material y posteriormente girarla para perforarlo. El cuerpo suele tener forma helicoidal, siendo en realidad una broca con una empufiadura.



Figura 5.53. Barrena.

## Taladro

Es una máquina herramienta para realizar orificios cilíndricos en materiales. Estos orificios pueden ser pasantes o ciegos. Funciona acoplando en su portabrocas una broca adecuada a la dureza del material y del diámetro necesario. Se pone en movimiento circular mediante un motor eléctrico monofásico.



Figura 5.54. Taladro de mano.

Es muy útil en algunos casos utilizar un soporte para mover el taladro de forma lineal y vertical, denominándose taladro de columna.



Figura 5.55. Taladro de columna.

Las características fundamentales de un taladro son:

- **Potencia:** los hay de potencia media y alta. Normalmente si es igual o superior a 500 W es suficiente para casi todos los trabajos.
- **Percusión:** pueden tener además del giro de la broca un movimiento de vaivén, que se usa para taladrar

materiales de construcción como cerámica, ladrillos, baldosas, etc.

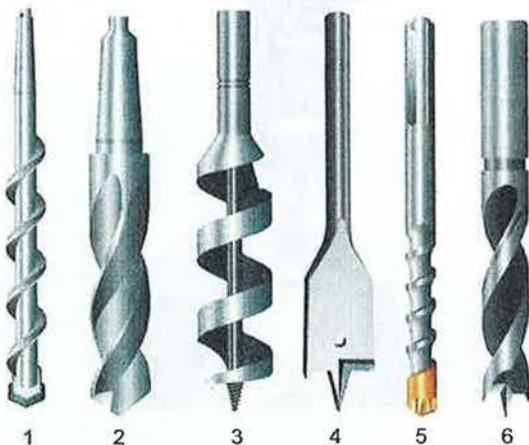
- **Inversión de giro:** permite girar en sentido horario o antihorario permitiendo utilizar el taladro como destornillador.

## Brocas, coronas y fresas

Una **broca** es un cilindro con aristas cortantes y con forma helicoidal de tal manera que devasta el material en forma circular extrayendo las virutas al exterior hasta que es perforado.

Hay numerosas clases de brocas que dependen de:

- Longitud de la broca total y longitud de corte.
- Diámetro.
- Tipo de punta: de *widia* para paredes, metal, madera, plástico, para fresar, para puntos de soldadura, etc.
- Ángulo de la hélice: 118°, 130°, 180°, entre otros.
- Material constructivo: cromo, vanadio, acero rápido, titanio o cobalto rectificado y similares.



1. De *widia* para paredes.
2. Para perforar metal.
3. Para madera en taladros muy profundos para la evacuación de viruta.
4. Pala plana para perforar agujeros grandes de madera.
5. Universal para fresar con rompevirutas. Se aplica en materiales como chapa o paredes finas, haciendo con ese tipo de brocas perforaciones más grandes a partir de esta más fina.
6. Universal para todo tipo de madera en general.

Figura 5.56. Diferentes tipos de brocas en función del material.



### SABÍAS QUE

Las brocas son de acero rápido, de alta velocidad o HSS (High Speed Steel).

En cuadros asociados a las instalaciones de automatismos industriales se emplean generalmente los siguientes tipos de brocas:

**Brocas HSS cobalto rectificadas:** materiales duros. Disipan mejor el calor que las aleadas en titanio.

**Brocas HSS aleadas con titanio rectificadas:** materiales duros y gran precisión.

**Brocas HSS rectificadas:** metales, mejor precisión que las laminadas.

**Brocas HSS laminadas:** más económicas, para metales y plásticos con poca precisión.

Las **coronas o fresas** son elementos para taladrado que constan de una broca en el centro acoplada con una pieza exterior en forma de cilindro terminado en un triscado (dientes de sierra) que es el que devasta el material. La broca sirve para guiar el taladro y la superficie exterior para realizar perforaciones de más diámetro que las brocas y que admite el portabrocas.



Figura 5.57. Detalle de una perforación de una pieza mediante una fresa.

También existen otro tipo de brocas en forma **cónica**, en las que su diámetro aumenta a medida que lo hace el avance de la longitud de broca introducida en el material. Es muy utilizada en cuadros eléctricos para ajustar los diámetros de las perforaciones dando la tolerancia adecuada.



Figura 5.58. Broca con forma cónica.

### Punzonadora

Una punzonadora es una máquina que permite realizar perforaciones en materiales metálicos sin dejar aristas cortantes o rebabas, ni generar limaduras. A esta técnica de mecanizado se la denomina punzonado y es muy útil en cuadros de automatismos.

Consta de una matriz con la forma deseada del corte y que, al ser presionada con un punzón, realiza el orificio, pudiendo ser, entre otros, circular, cuadrado, rectangular, con rebordes, etc.

Normalmente, las punzonadoras suelen ser eléctricas, hidráulicas y robotizadas, aunque un caso particular es el sacabocados, que es para hacer taladros de forma manual.

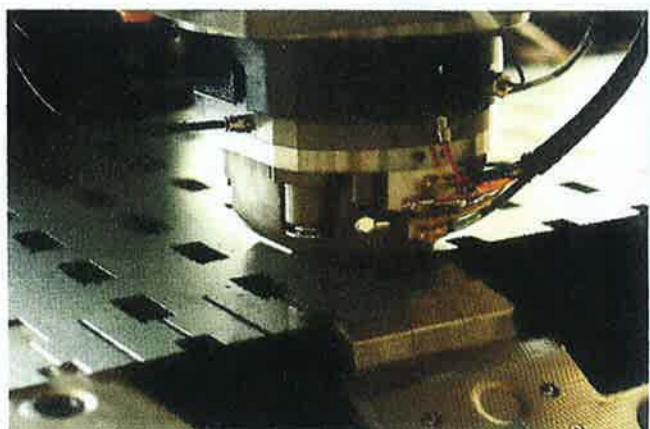


Figura 5.59. Mecanizado mediante punzonado de chapa galvanizada con matriz en forma rectangular.

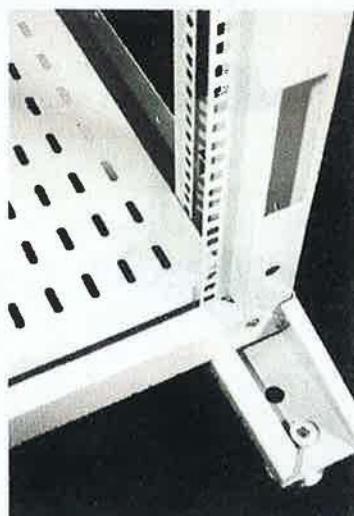


Figura 5.60. Resultado de mecanización por punzonado con robot en chapa y perfiles galvanizados y pintados para cuadro eléctrico de automatismos.

## Sacabocados

Es una herramienta que, mediante un cilindro hueco, permite hacer agujeros a materiales de poco espesor. Suele tener una ruleta para seleccionar el diámetro deseado.



Figura 5.61. Sacabocados para perforar materiales.

## 5.5.7. Técnicas y elementos para fijar por roscado y remachado

Existen diversas técnicas para unir materiales de forma permanente (remaches) o temporal (elementos roscados).



Figura 5.62. Herramientas para fijación de materiales.

## Fijación de materiales por roscado

La fijación de materiales mediante roscado consiste en la unión sólida de estos.

Los elementos más empleados para la fijación de partes que pueden requerir movilidad o reajustes son los tornillos, las tuercas, las arandelas, etc.

El roscado consiste en mecanizar una superficie cilíndrica de metal en forma helicoidal, formando una espiral alrededor de su diámetro quedando una parte más saliente que otra interior que es rebajada por corte en frío.

Estos roscados se pueden realizar tanto a cilindros macizos (machos), cuyo elemento más común es el tornillo, como a cilindros huecos (hembras), siendo la tuerca el elemento más común.

Las rosas de fijación son las más comunes empleadas en tornillos, tuercas, pernos, espárragos... para lograr un apriete consistente con tuerca, con rosca chapa o para madera.

El roscado más habitual en cuadros de automatismos es la rosca métrica, indicada en planos con la letra M, y la rosca Whitworth, representada con la letra W.

Tabla 4.1. Diferencias fundamentales entre una rosca métrica y una rosca Whitworth.

	Rosca métrica	Rosca Whitworth
Ángulos de las espiras	60º	55º
Parte externa e interna de los filetes	La parte externa es aplastada y la interna redondeada.	Tanto la parte externa como interna son redondeadas.
Paso	El avance de rosca se indica en mm.	El avance de rosca se indica en número de hilos por pulgada.

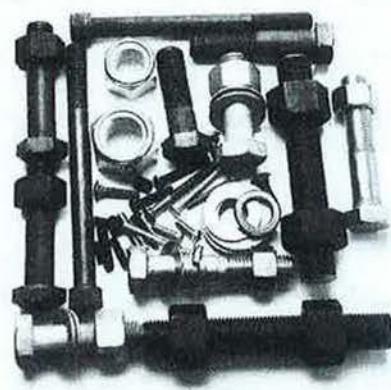


Figura 5.63. Diversos tipos de tornillos, arandelas, tuercas y varillas roscadas.



## SABÍAS QUE

Una terraja de roscar es una herramienta para realizar rosas en una pieza cilíndrica o en una perforación circular realizando los filetes para que se pueda introducir en ella una tuerca o un tornillo respectivamente, con una medida normalizada. También se utiliza para rectificar tornillos y tuercas pasados de rosca y reutilizarlos en caso que tenga una forma específica difícil de conseguir comercialmente.

Para roscar y remachar se emplean herramientas que permiten aplicar presión a elementos diseñados para unir materiales. Estos útiles suelen ser de cromo-vanadio por su alta resistencia mecánica.



Figura 5.64. Diferentes formas de cabezas para tornillos.

## Fijación de materiales por remachado

Remachar es un proceso de mecanizado para la unión de materiales mediante remaches, que son elementos en forma de cilindro, denominados espárragos, con una cabeza en cada extremo. Suelen ser de aluminio y por tanto deformables al golpearlos. Para ello, se mete el remache dentro de los orificios de los materiales a unir que al deformarlos por presión, quedan perfectamente unidos los materiales, no siendo posible su extracción, solamente mediante introducción de una broca y con el taladro perforándolo extrayendo el remache.

En cuadros eléctricos se emplean para unir chapas.



Figura 5.65. Remaches.

La remachadora es una máquina en la que se introduce la parte larga del espárrago del remache y mediante unas mordazas que tiene en su interior y haciendo palanca con los mangos de la herramienta, se deforma el otro extremo consiguiendo unir los dos materiales.



Figura 5.66. Remachadora.



## SABÍAS QUE

Un roblón es una pieza de acero parecida a un tornillo en su forma pero sin rosca. Se introduce en los agujeros de los metales a unir y, posteriormente, la parte más fina del tornillo contraria a la cabeza se calienta hasta llegar a ser deformable, y mediante golpes toma forma similar a la cabeza, quedando sujetas las piezas metálicas. Es, por tanto, un remachado en caliente.

## Destornillador

Es uno de los útiles más utilizados en el taller y en trabajos de campo, ya que se emplea para fijar partes de los cuadros eléctricos, conexiones de la aparamenta y operaciones similares.



Figura 5.67. Apriete con destornillador de los bornes de la aparamenta.



## RECUERDA

Es necesario apretar periódicamente los terminales de conexión, ya que con el tiempo se aflojan produciendo chisporroteos que derivan en calentamientos y posteriormente la destrucción del equipo.

En un destornillador se distinguen diferentes partes, tal y como se observa en la figura:



Figura 5.68. Destornilladores aislados para uso eléctrico plano y de estrella.

Algunos destornilladores poseen un casquillo entre el mango y el vástago. Sirve para ajustar con el extremo del mango, y cuya misión es proteger y acoplar el vástago y la hoja. También los hay con puntas intercambiables para que, manteniendo el destornillador, pueda usarse en diferentes tipos de cabezas de tornillo.

Existen tornillos de tipo Torx que requieren destornilladores especiales, ya que su cabeza tiene forma de estrella de seis puntas en lugar de las cuatro habituales.



## SABÍAS QUE

Para seguir utilizando un destornillador con la punta deformada, se puede reparar esta utilizando la piedra de esmeril (roca muy dura para fabricar polvo abrasivo), pudiéndole dar su forma original aunque se pierde el temple y las características primitivas.

## Fijación de conexiones mediante tornillo-terminal

Para fijar conexiones, estas han de ser siempre directas, mediante cables y no utilizando partes metálicas como las envolventes como conductor. Para ello se debe fijar los tornillos con sus tuercas y arandelas en función de la métrica

del tornillo, para asegurar mediante un terminal apropiado la conexión del conductor.

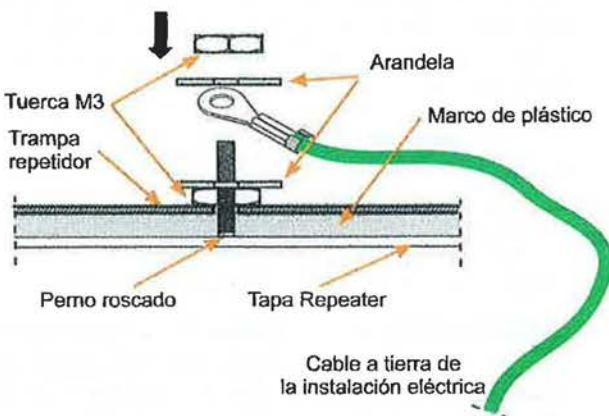


Figura 5.69. Detalle de piezas y montaje para conectar a tierra una envolvente metálica.

## 5.5.8. Técnicas para unir materiales

La unión fija de materiales se puede realizar mediante diversos métodos, en función del material empleado. Los más habituales en la mecanización de cuadros son la soldadura o la aplicación de adhesivos especializados para materiales industriales.

Así pues, tenemos diferentes tipos de soldaduras en función del material o materiales a unir. Algunos tipos de soldaduras son:

- **Soldadura por arco:** se emplea para soldar acero. Se realiza por medio de un arco eléctrico que se aplica a las piezas metálicas a unir, de tal forma que se funden por temperatura y al enfriarse quedan unidas.



Figura 5.70. Soldadura de perfiles por arco eléctrico.

- **Soldadura aluminotérmica:** es la empleada para las pícas de cobre, raíles de los trenes y similares. Consta de un molde de óxido de hierro y aluminio en el que aplicando calor se produce una fuerte reacción exotérmica, desprendiendo calor, de tal forma que se funde la soldadura uniendo los metales.
- **Soldadura oxiacetilénica:** es un tipo de soldadura autógena en la que se sueldan materiales metálicos mediante el calor aportado por la combustión del acetileno (hasta 3.500 °C), que aplicado a unas barras o varillas metálicas se funde aportando el material para unirlos. Sirve para soldar cobre, aluminio, acero, etc.
- **Soldadura blanda con soldador:** es la realizada con soldadores eléctricos en la que se funde plomo con estaño, creando un líquido que es el material que se aporta a la soldadura, principalmente con cobre. Es muy habitual para conexiones eléctricas.

Debido al gran avance en ciencia y resistencia de materiales, se han ido desarrollando **pegamentos** que son capaces de soportar cargas de hasta 350 kg/cm<sup>2</sup>. Dada la facilidad de uso y la gran unión entre materiales, se utilizan cada vez más en el taller eléctrico y mecánico.

Hay diferentes tipos de pegamentos, según sea la naturaleza de los materiales a unir. Se pueden clasificar en:

- Pegamentos de cola de contacto.
- Termofusibles.
- Pegamentos de cristalización.
- Pegamentos de resinas epoxi.
- Pegamentos de soldadura metálica en frío.

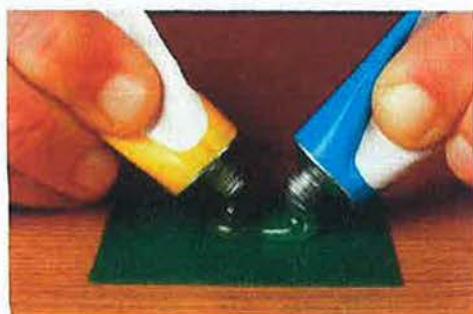


Figura 5.71. Mezcla de dos componentes para unir con pegamento de resina epoxi altamente resistente.

## 5.5.9. Técnicas para crimpar terminales

El proceso que consigue realizar la presión suficiente en los terminales de punteras y casquillos con los conductores es el crimpado.

Para unir los terminales con los conductores se utilizan pinzas de compresión, también llamadas **crimpadoras** o **tenazas de engastar**. Al ser los terminales y el conductor maleables, se deforman comprimiéndose con las mordazas de la crimpadora, siendo la propia deformación producida la que mantiene íntimamente unidos el conductor o conductores y el terminal, con una garantizada continuidad eléctrica.



Figura 5.72. Crimpadora de terminales.

## 5.5.10. Técnicas para deformar materiales por golpeo

Para deformar materiales se emplea el martilleado, que es una técnica de mecanizado que consiste en golpear piezas para producir en ellas una forma deseada o para fijar por desplazamiento ejerciendo presión.



Figura 5.73. Herramientas para golpear.

Para no dañar el material se debe cubrir con un elemento como cartón o madera que amortigüe las señales ocasionadas por el impacto del martillo o maza con el material.

En aplicaciones para cuadros de automatismos cabe destacar el **martillo de bola**. Consiste en una masa metálica en la que uno de sus extremos tiene forma esférica que consigue concentrar la percusión en piezas cóncavas o deformar la punta de los robiones, remachado manual, etc.



Figura 5.74. Martillo de bola empleado en mecanizado de cuadros eléctricos.

### 5.5.11. Mecanizado y doblado de tubos y embarrados

Para doblar tubos de acero para canalizaciones y grandes pletinas de cobre electrolítico, estos se deben mecanizar mediante dobladoras de tubo y prensadoras. Suelen ser herramientas costosas, dado que aplican fuertes presiones sobre el material y pueden ser hidráulicas o eléctricas. Para realizar las operaciones de mecanizado para el doblado de materiales con este tipo de máquinas es necesario que lo realice personal cualificado dado que su manejo no es sencillo.



Figura 5.75. Herramienta para doblado de tubos.

### Protección frente a agentes electroquímicos

El método más utilizado para la protección contra la corrosión de materiales, normalmente metales para cuadros industriales, es recubrir la pieza con otro metal como el cinc, cadmio, cromo, etc. A este proceso se denomina galvanizado, que puede ser en frío, por inmersión y cincado o electrolítico.

- **Galvanizado en frío:** se trata de una imprimación de cinc aplicada con pistola, brocha o similar. Si se desea galvanizar un material no conductor, previamente se recubre con grafito, para que sea conductor y aplicar este método de cincado.
- **Inmersión en caliente:** dentro de una cuba con ácido se introduce la pieza metálica a galvanizar para limpiarla de grasa, polvo y partículas. Posteriormente se extrae la pieza y se introduce en otra cuba de cinc o cadmio fundido a una temperatura en torno a los 450 °C dependiendo del metal protector, produciéndose una aleación que queda adherida a la superficie del hierro.
- **Mediante electrólisis:** es un proceso que consiste en recubrir con un metal protector materiales de hierro, entre otros, obteniendo una capa uniforme que lo protege contra la corrosión evitando así su oxidación. A diferencia de la inmersión, el acabado por electrólisis es más uniforme.



Figura 5.76. Cuadro con embarrado de cobre cadmiado.

### 5.5.12. Técnicas de protección de los materiales

La forma más sencilla de proteger los materiales es mediante pintura o barnizado. Dado que los metales tienen el problema de corroerse por las condiciones ambientales en presencia de oxígeno, se pueden realizar diferentes procedimientos para ello.

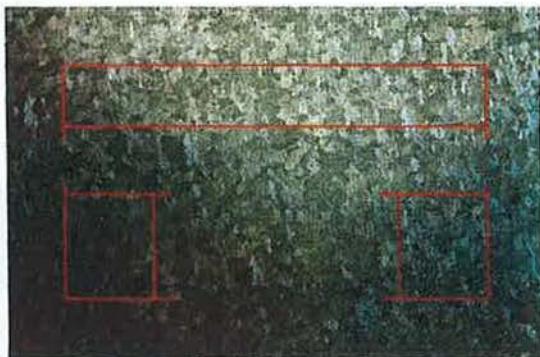
**SABÍAS QUE**

El objetivo de aplicar pinturas a los cuadros eléctricos o a ciertos materiales en general es proteger contra la oxidación. Los fabricantes de cuadros han de aplicar pinturas que soportan condiciones fisicoquímicas específicas y no simplemente dar una apariencia estética aceptable.

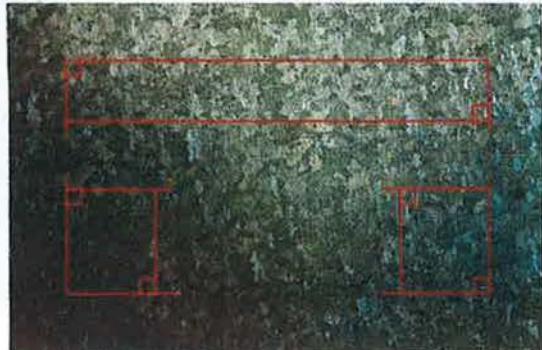
### 5.5.13. Mecanizado de tapas para los huecos de la apertura

Para el correcto mecanizado de las tapas para que las partes frontales de la apertura queden visibles en caso de ser chapa galvanizada o material similar, se procede de la siguiente manera:

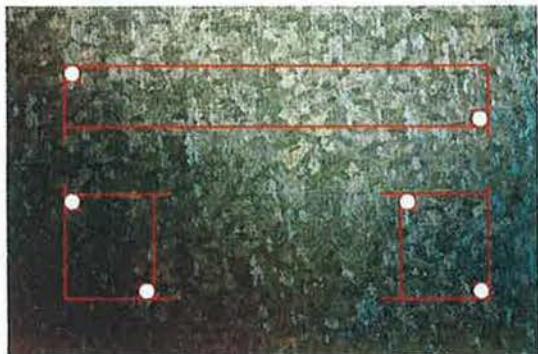
1. Se miden las dimensiones del aparato que atravesará la tapa.
2. Se dibujan las medidas en el material para proceder a su mecanizado.



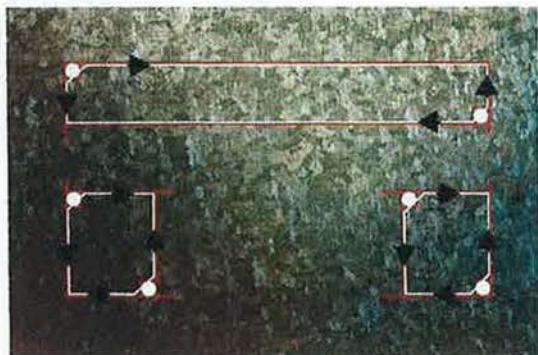
3. A una distancia suficiente, para que entre la hoja de la sierra de calar respecto del borde y en el interior de la zona a mecanizar, se señalan dos puntos de taladro opuestos por cada cajeadillo.



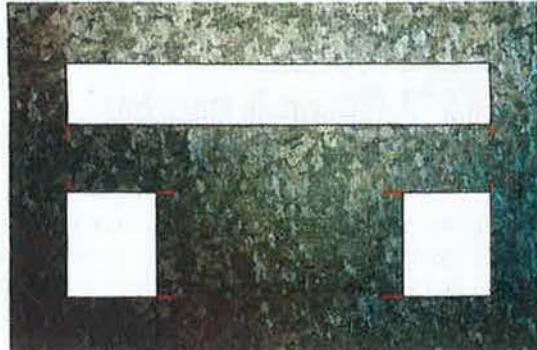
4. Se taladra con una broca metálica en los puntos marcados anteriormente con una broca de diámetro superior al ancho de la hoja de sierra de calar.



5. Se introduce la hoja de sierra por las perforaciones practicadas en el paso anterior, cortando por la línea marcada hasta cada una de las esquinas. En ese momento se para, para introducir la hoja de la sierra de calar en el otro agujero. Se realiza el mismo proceso, se corta hasta las esquinas más cercanas y posteriormente se retira la parte del material cortado.



6. Se corta cada una de las esquinas con la sierra de calar para dejar todas ellas en ángulo recto, dejando ya perforada la chapa con las dimensiones calculadas en el punto primero. Finalmente, se debe limar para eliminar rebabas y conseguir un acabado perfecto.



Además, hay que tener en cuenta que, a veces, en los cuadros eléctricos se pueden dejar mecanizados huecos de reserva para futuras ampliaciones sin el montaje de la aparamenta.

Para evitar contactos directos, es obligatorio tapar con una cubierta que rellene los huecos mediante una pieza llamada **obturador**. Esta se debe mecanizar para que ocupe el espacio exacto.

El resultado en un cuadro de fuerza para automatismos es similar al mostrado en la siguiente figura.

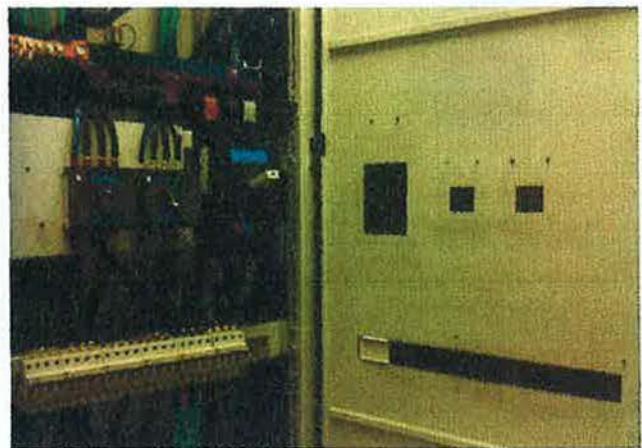


Figura 5.77. Mecanizado de la puerta de un armario para que al cerrar esta no haya contactos directos.

si el cuadro es metálico, tanto el chasis como la puerta se conectarán a la instalación de puesta a tierra.

Pueden utilizarse peines de conexión para la unión eléctrica de los componentes del cuadro. Cuando su longitud sea mayor a la necesaria, debe mecanizarse cortándose adecuadamente e instalar un aislante en sus extremos para evitar contactos directos.



### SABÍAS QUE

Al realizar el mecanizado y montaje de los componentes en un cuadro eléctrico, es recomendable dejar un espacio libre del 25 % para facilitar futuras ampliaciones de la instalación eléctrica. En el interior del cuadro los conductores deben estar instalados de la manera más ordenada posible, discurriendo por un sistema de canales destinadas a tal fin.

## 5.6. Mecanizado de canalizaciones eléctricas para conductores

Para realizar el trazado de los conductores de entrada y salida a los cuadros para que realicen la transmisión de energía entre ellos, se deben dirigir adecuadamente mediante canalizaciones de diversos materiales que tienen un mecanizado muy diferente entre ellos.

### 5.5.14. Mecanizado y fijación de cuadros para automatismos

Un cuadro eléctrico está formado por diversos componentes que deben ser mecanizados por los procedimientos adecuados estudiados anteriormente.

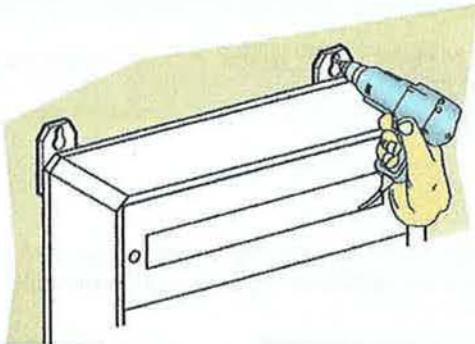


Figura 5.78. Fijación superficial mediante taladro, taca y atornillado.

Los cuadros eléctricos deben anclarse firmemente a las superficies a través de elementos como tornillos, anclajes a hormigón, patas y orejas de fijación mural, etc. Además,



Figura 5.79. Tipos de canalizaciones y materiales empleados

## 5.6.1. Mecanización de canalizaciones bajo tubo

Cuando el método de instalación sea bajo tubo, estos se deben mecanizar adecuadamente según sea el material empleado para estas canalizaciones para los cables.

### Tubo de plástico flexible

Es un tipo de tubo fabricado con PVC u otros plásticos flexibles como el polipropileno (PP). Se encuentra estriado en toda su superficie para facilitar su manipulación.

Al ser muy flexible, **no es necesario el uso de herramientas** para realizar su curvado y montaje. El corte se puede llevar a cabo con unas tijeras o una navaja de electricista.

Las uniones y empalmes se realizan uniendo directamente los tubos con cinta aislante y alambre galvanizado.

Su montaje es muy sencillo y su uso se limita a instalaciones empotradas.



Figura 5.80. Tubo de plástico flexible.

### Tubo de plástico rígido

Es un tipo de tubo fabricado con PVC o termoplásticos, pero más resistente que el tubo flexible corrugado.



Figura 5.81. Tubo de plástico rígido para curvar en caliente.

Figura 5.82. Tubo rígido abocardado para insertar otro y facilitar la mecanización.

Para su manipulación es **necesario el uso de herramientas especiales**. El curvado se hace en caliente con un *decapador* o un *soplete* y el corte se realiza generalmente con una *sierra de arco*. Puede evitarse el proceso de curvado utilizando piezas acodadas prefabricadas.



Figura 5.83. Soplete para aplicar calor y doblar tubos de plástico rígido.

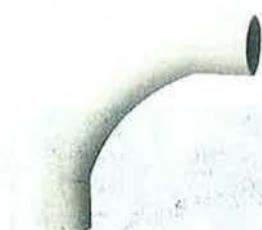


Figura 5.84. Pieza acodada prefabricada.

Las uniones entre tubos se llevan a cabo con manguitos de empalme que pueden ser lisos, roscados o termoreträctiles.

Su montaje requiere destreza para realizar tanto el curvado como los empalmes y su uso es válido en instalaciones empotradas y superficiales.

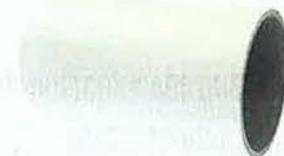


Figura 5.85. Manguito de empalme de tubos rígidos.



### SABÍAS QUE

El tubo de plástico rígido también es conocido como tubo curvable en caliente.

### Tubo metálico

Es un tipo de tubo rígido muy resistente fabricado con aluminio o acero galvanizado para evitar la corrosión.



Figura 5.86. Tubo metálico rígido enchufable.



Figura 5.87. Tubo metálico rígido roscado.

Para su manipulación, es necesario el uso de herramientas especiales. El curvado debe realizarse con una máquina dobladora de tubos y el corte con una sierra para metal o una máquina cortadora de tubos, aunque también es frecuente utilizar codos metálicos prefabricados para evitar el proceso de curvado.

Las uniones entre tubos se llevan a cabo con manguios de empalme metálicos que pueden ser lisos, roscados o atornillados.

Su montaje es costoso, ya que requiere mucha destreza para realizar tanto el curvado como los empalmes y su uso es válido únicamente en instalaciones superficiales.



Figura 5.88. Dobladora de tubos.



Figura 5.89. Manguito metálico de empalme enchufable.



Figura 5.90. Manguito metálico de empalme interior tipo rosca. La rosca puede realizarse con terraja.

### RECUERDA

Los tubos metálicos tienen que estar conectados a la instalación de puesta a tierra.

## 5.6.2. Técnicas de montaje de accesorios de fijación de tubos

Los tubos en montaje superficial deben anclarse firmemente a las superficies a través de elementos de fijación como abrazaderas, grapas, tacos, tornillos, perchas o fijaciones químicas.



Figura 5.91. Tornillo de anclaje.

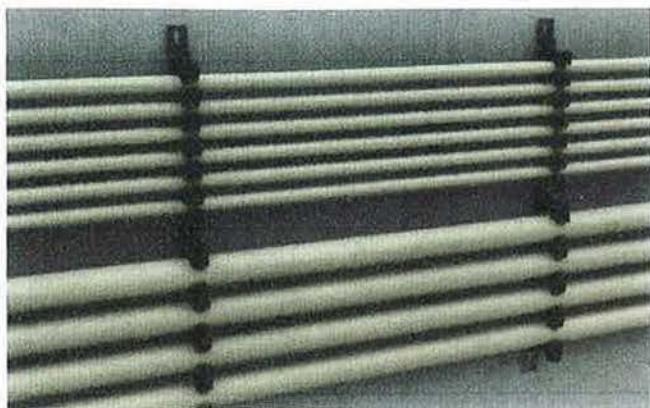


Figura 5.92. Anclaje de tubos mediante piezas correctamente mecanizadas.

Para evitar dañar el aislamiento de los conductores, los extremos de los tubos metálicos se deben mecanizar para que estén provistos de boquillas o tener los bordes redondeados.

## 5.6.3. Mecanización de canalizaciones en bandeja

El tendido de los cables sobre bandeja se utiliza generalmente en **montaje superficial** o en falso techo. La ventaja de este sistema de instalación es el fácil mecanizado y que ofrece distribuir varios grupos de cables pertenecientes a distintos circuitos.

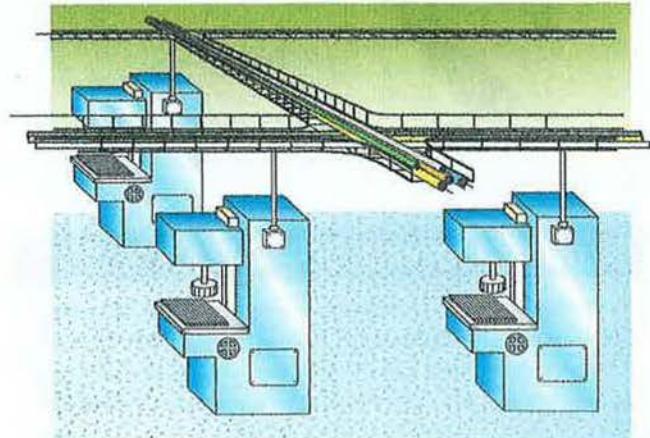


Figura 5.93. Ejemplo de instalación superficial con bandejas mecanizadas para conectar a cuadros de máquinas industriales.

Las bandejas se clasifican en tres grupos:

### Bandeja lisa

Garantiza una gran protección a los conductores. Puede ser metálica o de material aislante. Se mecanizan para adaptarse a cuadros de automatismos y trazado de las instalaciones.

### Bandeja perforada

Similar a la bandeja lisa pero con perforaciones para disipar el calor producido por los conductores. Puede ser metálica o de material aislante.

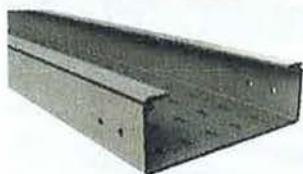


Figura 5.94. Bandeja perforada de material aislante.



Figura 5.95. Bandeja perforada metálica.

Los fabricantes de bandejas ponen a disposición accesorios, que son piezas prefabricadas para realizar curvas, conexiones en T, conexiones mecánicas para acoplar las bandejas a los cuadros, etc.

No obstante, aunque es una práctica cada vez menos habitual, es posible realizar el mecanizado de las bandejas de manera manual para realizar giros en su trazado, sin necesidad de adquirir accesorios prefabricados.

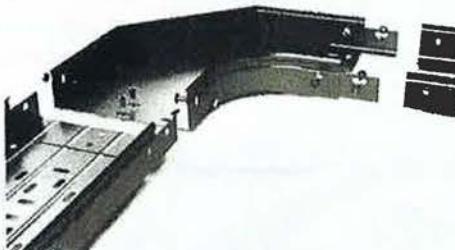


Figura 5.96. Accesorio prefabricado de una curva a 90º para bandejas.

### Actividad propuesta 5.4

Accede, a través de la página web de la editorial ([www.paraninfo.es](http://www.paraninfo.es)) a un documento en formato PDF denominado “Técnicas de mecanizado de bandejas lisas y perforadas para giros en su trazado”. Por medio de este archivo podrás ampliar tus conocimientos sobre mecanizado de canalizaciones, ya que se explican detalladamente los pasos para conseguir giros a partir de bandejas rectas de manera manual.

### Bandeja de rejilla

Es un tipo de bandeja metálica de bajo coste diseñada para garantizar la máxima refrigeración del cableado. Viene ya mecanizadas de fábrica aunque para adaptarlas a veces es necesario reajustes y unirlas mediante soldadura.



Figura 5.97. Bandeja de rejilla.

### 5.6.4. Mecanizado de bandejas alternativas

Existen canalizaciones para conductores más sofisticadas, que han sido diseñadas para el montaje interior en superficie. Ya vienen prefabricadas y únicamente hay que adaptar el material.

#### Canal protectora y canaleta

Es un tipo de bandeja lisa o perforada cerrada por una tapa desmontable. Suelen estar fabricadas con materiales aislantes. El mecanizado consiste en cortar a las longitudes deseadas igual que las bandejas. Las tapas suelen instalarse por presión. Además, aunque no es necesario hacerlo, las canaletas pueden ingletearse para dar un mejor aspecto del interior del cuadro.



Figura 5.98. Canal protectora (bandeja con tapa).



Figura 5.99. Detalle de cableado interior de una canaleta una vez ubicadas las posiciones de estas y de la apertura.

## Canalización eléctrica prefabricada

Es un tipo de canalización en la que los conductores (que pueden ser cables o barras de cobre) ya se encuentran montados en su interior, por lo que en su instalación únicamente hay que realizar el montaje de los mecanismos.

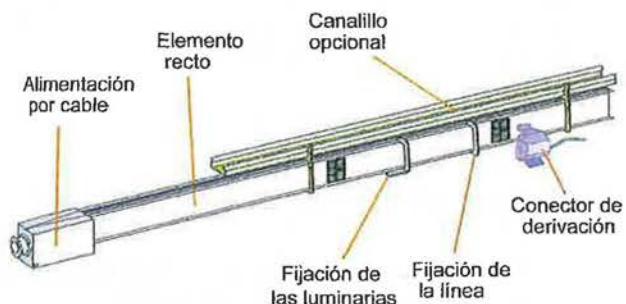


Figura 5.100. Canalización mecanizada de tipo prefabricada.

El uso de este tipo de canalizaciones está menos extendido que el montaje bajo tubo o en bandeja, debido a que el coste es mayor y su instalación puede resultar más complicada.

### 5.6.5. Técnicas de montaje y accesorios de fijación de bandejas y cajas de derivación

Las bandejas deben anclarse firmemente a las superficies a través de elementos como ménsulas, grapas, varillas rosadas, terminales de fijación a viga o anclajes a hormigón.

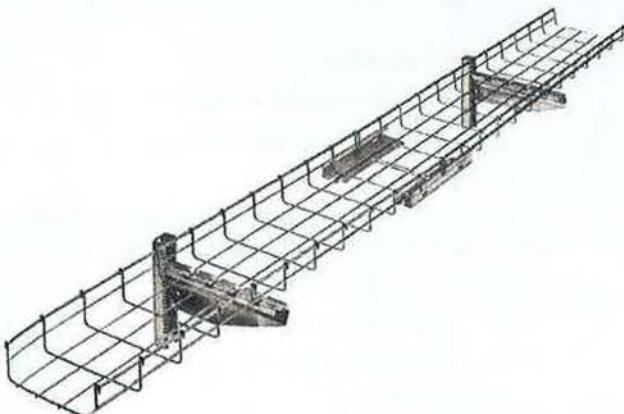


Figura 5.101. Bandeja instalada sobre ménsulas.



Figura 5.102. Accesorios de fijación para bandejas.

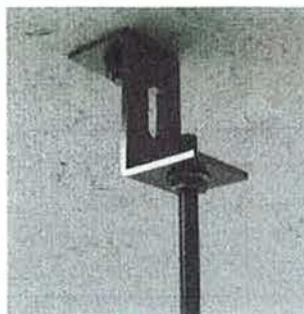


Figura 5.103. Detalle de fijación al techo de un soporte para bandeja.

Las bandejas metálicas, además, deben estar conectadas a la instalación de puesta a tierra.



Figura 5.104. Detalle de conexión a tierra de una bandeja metálica.

El anclaje de las cajas debe realizarse firmemente a las superficies a través de garras de metal, garras de plástico o tornillos.

Los dispositivos eléctricos que se alojan en las cajas de mecanismos se instalarán mediante tornillos o garras a sus soportes.

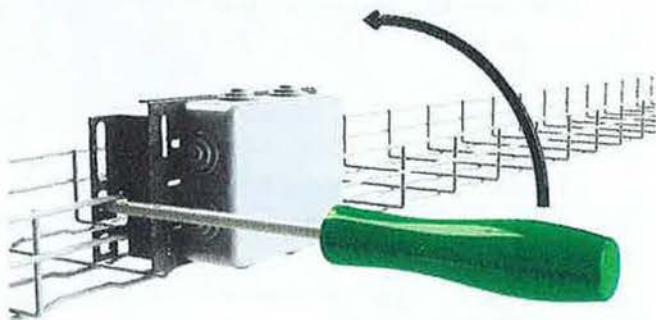


Figura 5.105. Anclaje de una caja de derivación en una rejilla.

## Actividades de comprobación

- 5.1. El mecanizado de cuadros eléctricos para automatismos consiste en:
- Dotar al cuadro de partes mecánicas móviles como las bisagras de las puertas.
  - Manipular los materiales utilizados para conformar todas sus partes.
  - Ensamblar el cuadro.
- 5.2. Para mecanizar correctamente un cuadro, hay que:
- Marcar la ubicación de todos los componentes que se montan en la base del cuadro.
  - Una vez anclados los elementos de la apertura, marcar las posiciones de las canaletas para los conductores.
  - Tomar la medida exacta de los aparatos a ubicar en la puerta del cuadro sin dar tolerancia alguna ya que tienen que quedar fijados con la propia chapa.
- 5.3. ¿Cuántos milímetros son 3/8 de pulgada?
- 0,9525 mm.
  - 9,525 mm.
  - 67,73 mm.
- 5.4. El cobre electrolítico se emplea para:
- Alear con otros metales.
  - Puertas de cuadros eléctricos.
  - Contactos eléctricos.
- 5.5. El aluminio es peor conductor que:
- Cobre.
  - Plata.
  - Cobre y plata.
- 5.6. El cobre es un metal muy dúctil, esto significa:
- Que se puede hacer hilos en frío, para la fabricación de cables.
  - Que se puede hacer láminas en frío para fabricar embarrados flexibles.
  - Que es tóxico.
- 5.7. Una fundición es un material:
- Muy resistente a los golpes.
  - Muy frágil.
  - Un tipo de acero.
- 5.8. Los cables con aislante de XLPE (polietileno reticulado) soportan un máximo de 90 °C y los de PVC (policloruro de vinilo) 70 °C a carga constante. Comparando los dos cables de la misma sección de conductor a su carga máxima admisible:
- El conductor de XLPE tiene mayor resistencia en Ω/m que el de PVC.
  - El conductor de PVC tiene mayor resistencia en Ω/m que el de XLPE.
  - Ambos conductores tienen la misma resistencia ya que es una constante para cada material.
- 5.9. Un calibre de 50 divisiones tiene una apreciación de:
- 0,05.
  - 0,1.
  - 0,02.
- 5.10. Un calibre que tiene una apreciación de 0,01 mm tiene:
- 100 divisiones.
  - 50 divisiones.
  - 10 divisiones.
- 5.11. Con un instrumento se ha realizado una medida lineal del espesor de una chapa galvanizada y posteriormente pintada. Su resultado ha sido 1,678 mm, ¿de cuál se trata?
- Calibre o pie de rey.
  - Palmer o micrómetro de tornillo.
  - Con cualquiera de los dos anteriores.
- 5.12. Se ha de mecanizar una canaleta de plástico a 90° para cables interiores del cuadro. La forma más práctica para marcar los ángulos a cortar es:
- Utilizar una escuadra universal.
  - Utilizar una falsa escuadra.
  - Utilizar una regla.
- 5.13. El punzonado es una técnica de mecanizado que sirve para:
- Perforar un material.
  - Marcar dejando huella en la pieza a mecanizar.
  - También se llama remachado.

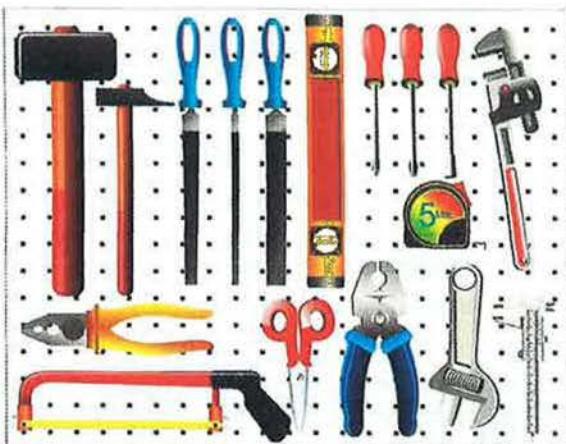
- 5.14. Se desea fabricar un tornillo. Para hacer la rosca, utilizarás una:
- Terraja.
  - Esmeriladora.
  - Pulidora.
- 5.15. El galvanizado es un proceso para:
- Dotar de conductividad al material aplicado.
  - Mejorar sus propiedades mecánicas.
  - Evitar el ataque electroquímico al material.
- 5.16. El rectificado es un proceso de mecanizado para:
- Lijar y pulir un material.
  - Limar devastando material para cambiar y rectificar su forma.
  - Cambiar la forma de una pieza según la indicada en planos.
- 5.17. El mecanizado de bandejas para girar su trayectoria es:
- Dar movilidad mecánica al material de las bandejas.
  - Efectuar tareas de corte, doblado y sujeción en la bandeja realizando curvas para el trazado de los cables que hay en su interior.
- 5.18. El remachado consiste en:
- Realizar uniones fijas de materiales.
  - Mecanizar un cilindro metálico para hacer un macho de rosca, es decir un tornillo.
  - Realizar uniones desmontables para un fácil desmontaje.
- 5.19. El cadmiado del cobre es un proceso para:
- Alear con cadmio el cobre.
  - Dar una protección superficial al cobre para protegerlo contra la corrosión.
  - Marcar con cadmio el cobre para mecanizarlo.
- 5.20. En una bandeja de  $60 \times 100$  mm, para mecanizar un giro a  $45^\circ$ , la distancia a marcar respecto a la perpendicular es:
- 4 cm.
  - 10 cm.
  - 400 mm.

## Actividades de aplicación

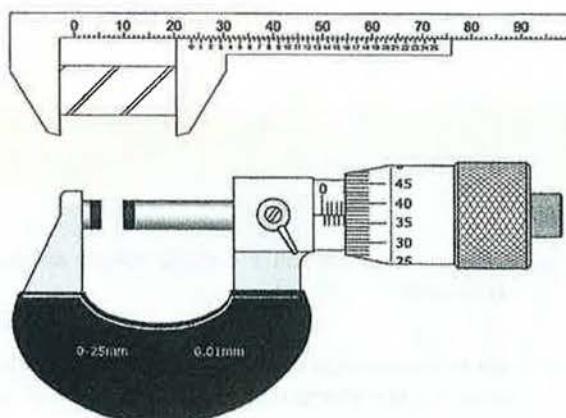
- 5.1. ¿Qué significa que un material sea dúctil?, ¿y maleable? Indica ejemplos de materiales que lo sean y qué aplicaciones tienen en automatismos industriales.
- 5.2. El plomo se puede rayar fácilmente, ¿cómo se llama esa propiedad del material?
- 5.3. ¿Qué diferencias existen entre una regla de medir, un calibre y un tornillo de Palmer? Indica tres ejemplos donde utilizarías cada uno de ellos.
- 5.4. Clasifica las operaciones de mecanizado más comunes por tipos que se realizan en la preparación de envolventes para la elaboración de cuadros eléctricos.
- 5.5. ¿En qué consiste la mecanización de graneteado?, ¿y la de punzonado? Pon ejemplos donde aplicarías estas técnicas en cuadros eléctricos.
- 5.6. ¿En qué se diferencia una rosca métrica de una rosca Whitworth?
- 5.7. En el mecanizado de un carril DIN en el fondo de un cuadro, ¿qué elemento de fijación utilizarías? Justifica la respuesta.
- 5.8. ¿Qué significa soldar dos metales? ¿Qué tipos de soldaduras conoces? Explica cada uno de ellos.
- 5.9. En el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión se indica que el anillo de tierra se ha de conectar a la estructura metálica del edificio mediante soldadura aluminotérmica o autógena, ¿en qué consisten estas soldaduras?, ¿por qué crees que se exige este tipo y no simplemente por conexión mediante abrazaderas, pernos o similar?

## Casos prácticos

- 5.1.** Identifica los útiles y herramientas de la siguiente figura. ¿Para qué utilizarías cada uno de ellos?



- 5.2.** ¿Cómo se llaman los instrumentos de la figura siguiente? Indica sus mediciones.

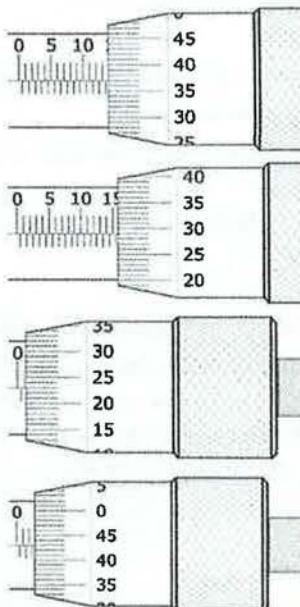


- 5.3.** Accede, a través de la página web de la editorial ([www.parainfo.es](http://www.parainfo.es)) a un documento en formato PDF denominado "Mecanizado de cuadros en taller". Analiza los planos y responde a las siguientes cuestiones:

- Interpreta los planos de mecanizado de cuadros eléctricos para automatismos (símbolos, representaciones gráficas).
- Indica cómo lo realizarías, paso por paso, de tal forma que las operaciones a realizar sean secuenciales.

- c)** ¿Qué herramientas y materiales emplearías para realizar todas las tareas de mecanizado y montaje de todos los elementos del cuadro?

- 5.4.** Indica las medidas obtenidas en las siguientes figuras:



- 5.5.** Convierte a pulgadas cada una de las mediciones obtenidas en los aparatos de medida de los ejercicios anteriores.

- 5.6.** Los fabricantes disponen de accesorios para realizar curvas de bandejas. ¿Por qué crees que es importante conocer el método de mecanizado para realizar las curvas sin elementos prefabricados?

- 5.7.** Elabora un listado de las herramientas de mecanizado disponibles en tu aula-taller describiendo la función que realiza cada una de ellas.

- 5.8.** Realiza, con una bandeja que tengas en el taller, dos giros a 45° para formar una curva a 90°. Si no dispones de ella en el aula, simula con una cartulina de anchura de bandeja 100 mm y altura de cada uno de los bordes 60 mm (60 x 100), siendo el largo el que corresponda a la cartulina utilizada.