

**APUNTES, MANUALES, PRESENTACIONES**



**Universidad de Jaén**

Escuela Politécnica Superior de Linares

## **Instalaciones de enlace y cálculo de secciones**

Marcos Tostado Véliz  
Manuel Gómez González  
Roque Aguado Molina

12/2024

**Tecnología eléctrica**



CREA



**Universidad de Jaén**

# **TECNOLOGÍA ELÉCTRICA**

*Grado en Ingeniería de Recursos Energéticos*

*Grado en Ingeniería Civil*

*Grado en Ingeniería de Tecnologías Mineras*

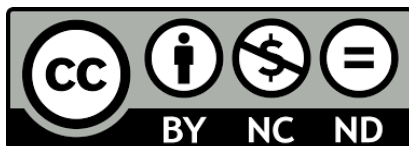
## **Instalaciones de enlace y cálculo de secciones**

**Autores:**

Marcos Tostado Véliz

Manuel Gómez González

Roque Aguado Molina



## 1 - Introducción y objetivos

El presente documento pretende servir de guía para los estudiantes de Tecnología Eléctrica, en la realización de cálculos referentes a instalaciones de enlace e interiores en edificios de viviendas u otro tipo de instalaciones.

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), se entiende por instalación de enlace como 'aquellas que unen la caja general de protección o cajas generales de protección, incluidas éstas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario'. Básicamente, son aquellas instalaciones destinadas a transportar la energía eléctrica desde el exterior de la instalación (red de distribución) hasta el cuadro de protección. Quizás la mejor forma de entender esta definición es imaginando una vivienda unifamiliar. En este caso, la instalación de enlace comprendería todos aquellos equipos o instalaciones que unen la red de distribución a pie de calle, con el cuadro de protección de la vivienda.

Este documento sirve como resumen de los aspectos más relevantes de dichas instalaciones, así como de guía paso a paso para el cálculo de secciones de conductores de electricidad de acuerdo a las directrices establecidas en el REBT.

## 2 - Conceptos previos

Antes de describir las instalaciones de enlace así como los elementos que las componen, es necesario introducir una serie de conceptos así como describir algunos equipos que usualmente aparecen en este tipo de instalaciones.

- **Sobrecarga:** situación anómala en un circuito eléctrico por la cual circula más intensidad de la admisible debido a un consumo excesivo.
- **Cortocircuito:** cierre de un circuito eléctrico a través de una resistencia nula o muy pequeña. El cortocircuito más común en baja tensión (BT) ocurre cuando fase y neutro entran en contacto de forma accidental. Provoca grandes intensidades.
- **Fusible:** es un elemento de protección frente a sobrecargas y cortocircuitos. Funciona abriendo el circuito mediante fusión de un elemento fusible.
- **Caja general de protección (CGP):** Son las cajas que alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación (normalmente fusibles).
- **Línea general de alimentación (LGA):** circuito que conecta la CGP con la centralización de contadores (CC).
- **Centralización de contadores:** alberga los equipos de medida de energía eléctrica.
- **Derivación individual (DI):** circuito que conecta la centralización de contadores con los dispositivos individuales de mando y protección.

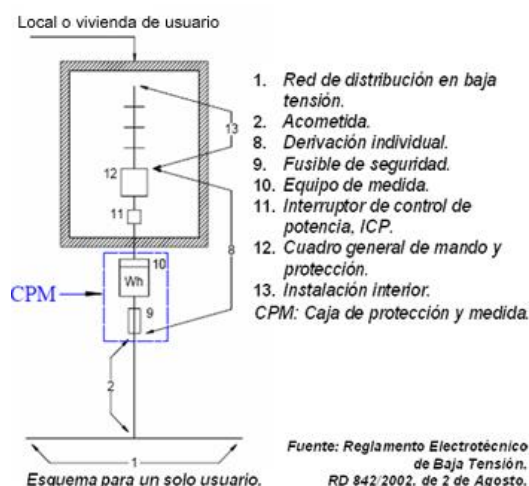
- **Caída de tensión:** reducción de la tensión ocasionada por la circulación de intensidad por un conductor con resistividad no nula.

### 3 - Instalaciones de enlace, esquemas

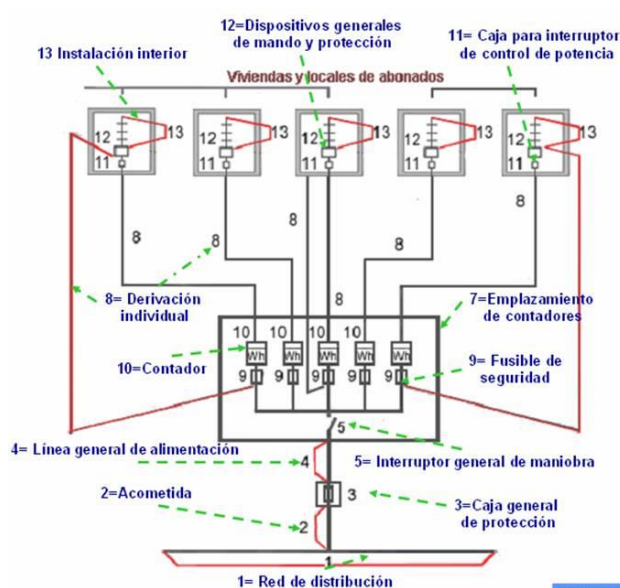
Una vez introducidos los conceptos previos, podemos por tanto afirmar que bajo la denominación de instalación de enlace se engloban las CGP, LGA, CC y DI.

En el REBT ITC-BT-12 se recogen diferentes esquemas normalizados según el número de usuarios y el montaje de la CC. En este documento sólo se analizarán dos de ellos:

- Esquema para un solo usuario



- Esquema para varios usuarios con contadores centralizados



Como se ve en las figuras anteriores, la principal diferencia entre el esquema para uno o varios usuarios recae en el hecho de que la LGA se omite en el caso de un usuario. En este esquema, las funciones de CGP y CC se mezclan en un equipo denominado caja de protección y mando (CPM), donde se instalan los equipos de medida y fusibles de protección.

Por tanto, las instalaciones de enlace unen 'eléctricamente' la red de distribución (gestionada por la compañía distribuidora) con la instalación interior receptora, que se asume comienza en el cuadro de mando y protección formado por interruptores automáticos y diferenciales.

#### **4 - Tensiones normalizadas en España**

El REBT establece el límite de la baja tensión (BT) en 1000 V para corriente alterna y 1500 V en corriente continua. En los suministros en BT, se establece como tensión normalizada 230 V para instalaciones monofásicas (fase-neutro) y 400 V para instalaciones trifásicas (fase-fase).

#### **5 - Potencias normalizadas para viviendas en España**

El REBT establece dos tipos de vivienda: de electrificación básica o elevada. En el primer caso debe preverse, como mínimo, una potencia de 5750 W por vivienda, mientras que para viviendas de electrificación elevada deben preverse, como mínimo, 9200 W por vivienda.

#### **6 - Previsión de potencia en un edificio de viviendas**

Como dato de entrada para el diseño de instalaciones de enlace, es necesario estimar la potencia necesaria para el correcto funcionamiento de la instalación. Esta tarea es sencilla en caso de suministros de un único usuario. En este caso, la previsión de cargas corresponderá con la del propio usuario, ya sea una vivienda u otro tipo de instalación. En el caso de edificios de viviendas, el REBT establece un procedimiento para el cálculo de la previsión de potencias. La potencia calculada mediante este procedimiento será por tanto la potencia para la que será necesario dimensionar la CGP y la LGA, pues son las dos partes de la instalación que soportan el suministro de todos los usuarios.

Cabe mencionar que el procedimiento que se detallará a continuación no incluye la previsión de potencia por puntos de recarga para el vehículo eléctrico, el cual fue añadido a posteriori en la ITC-BT-52.

Para edificios de viviendas, la previsión de potencias se calcula como:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

Donde:

$P_1$ : potencia de las viviendas.

$P_2$ : potencia de servicios generales (SSGG) tales como ascensores, luces de escalera, etc.

$P_3$ : potencia prevista para locales comerciales.

$P_4$ : potencia prevista para garajes comunitarios.

A continuación, se detalla el cálculo de cada uno de los términos vistos en esta expresión.

### 6.1 - Potencia prevista para viviendas

En este caso, la potencia se calcula como la media de la potencia prevista para viviendas por un coeficiente de simultaneidad ( $CS$ ) que depende del número de viviendas y que puede obtenerse de la siguiente tabla:

| N.º Viviendas (n) | Coeficiente de Simultaneidad |
|-------------------|------------------------------|
| 1                 | 1                            |
| 2                 | 2                            |
| 3                 | 3                            |
| 4                 | 3,8                          |
| 5                 | 4,6                          |
| 6                 | 5,4                          |
| 7                 | 6,2                          |
| 8                 | 7                            |
| 9                 | 7,8                          |
| 10                | 8,5                          |
| 11                | 9,2                          |
| 12                | 9,9                          |
| 13                | 10,6                         |
| 14                | 11,3                         |
| 15                | 11,9                         |
| 16                | 12,5                         |
| 17                | 13,1                         |
| 18                | 13,7                         |
| 19                | 14,3                         |
| 20                | 14,8                         |
| 21                | 15,3                         |
| $n > 21$          | $15,3 + (n-21) \cdot 0,5$    |

Por tanto, suponiendo las potencias normalizadas para viviendas, la potencia prevista para viviendas podrá calcularse como:

$$P_1 = P_{m,v} \cdot CS = \frac{n^{\circ} \text{ viv. básicas} \cdot 5750 \text{ W} + n^{\circ} \text{ viv. elevadas} \cdot 9200 \text{ W}}{n^{\circ} \text{ total de viviendas}} \cdot CS$$

Debe tenerse en cuenta que en aquellos edificios en los que se prevea la contratación de tarifa nocturna, el  $CS$  será igual al número total de viviendas.

### 6.2 - Potencia prevista para SSGG

Debe calcularse como la suma de las potencias debidas a ascensores, luces de escalera, grupos de presión, etc.

### 6.3 - Potencia prevista para locales comerciales

Se calculará considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

#### 6.4 - Potencia prevista para garajes

Se calculará considerando un mínimo de 10 W por y planta para garajes de ventilación natural y de 20 W para los de ventilación forzada, con un mínimo de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

### 7 - Previsión de potencia en industrias y edificios comerciales

Para edificios y locales comerciales, el REBT prevé 100 W por metro cuadrado y planta con un mínimo de 3450 W, mientras que para industrias se prevén 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo de 10350 W, en ambos casos con factor de simultaneidad 1. No obstante, en caso de conocerse los receptores reales de la instalación, es más apropiado realizar la previsión de carga necesaria para esos equipos, comprobando que se cumplen los mínimos establecidos por el REBT.

#### Ejemplo 1: previsión de potencia en edificio de viviendas

*Se tiene un edificio con un total de 20 viviendas, de las cuales 15 son de electrificación básica. En dicho edificio, se estima una potencia de 25 kW para los servicios generales. Además, existen locales comerciales (de una planta) con un total de 75 m<sup>2</sup> y un total de 150 m<sup>2</sup> para garajes, en los que se prevé el uso de ventilación forzada.*

En primer lugar, calculamos la potencia prevista para viviendas. Consultando la tabla anteriormente descrita y puesto que no se prevé la contratación de tarifa nocturna, tenemos que  $CS = 14,8$

$$P_1 = P_{m,v} \cdot CS = \frac{15 \cdot 5750 \text{ W} + 5 \cdot 9200 \text{ W}}{20} \cdot 14,8 = 97865 \text{ W}$$

La potencia prevista para SSGG es un dato  $P_2 = 25000 \text{ W}$

Para locales comerciales, se aplica lo visto en el punto 6.3

$$P_3 = 100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 75 \text{ m}^2 = 7500 \text{ W}$$

Como es mayor que 3450 W dejamos el resultado tal cual

Para los garajes aplicamos lo expuesto en el apartado 6.4 teniendo en cuenta que se prevé el uso de ventilación forzada

$$P_4 = 20 \frac{W}{m^2} \cdot 150 m^2 = 3000 W$$

Como es menor que 3450 W, el resultado anterior debe corregirse  $P_4 = 3450 W$

Por tanto, la previsión de potencia para nuestro edificio será:

$$P = 97865 W + 25000 W + 7500 W + 3450 W = 133815 W$$

### Ejemplo 2: previsión de potencia en nave industrial

*Se tiene una nave industrial de 200 m<sup>2</sup> en la que se prevé una potencia de 2000 W para alumbrado, 500 W para usos generales y 100000 W en maquinaria. Se prevé además, que la carga simultánea no supere el 80 % de la total prevista.*

En el caso de naves industriales el REBT prevé una potencia de 125 W por metro cuadrado con un mínimo de 10350 W, pero en el caso de conocer los receptores, es adecuado prever la potencia necesaria para los mismos, comprobando que se supera el mínimo establecido en el REBT:

$$P = P_{\text{alumbrado}} + P_{\text{usos varios}} + P_{\text{maquinaria}} = 2000 W + 5000 W + 100000 W \\ = 107000 W$$

En este tipo de instalaciones es muy común incluir un factor de simultaneidad ya que es muy raro que toda la carga se encuentre en funcionamiento al mismo tiempo. Este factor queda a elección del ingeniero que diseña la instalación, quien debe basarse en los datos que maneja y su conocimiento del funcionamiento de la instalación. En nuestro caso, se nos ha dado como dato que  $CS = 0,8$ . Por tanto, la previsión de potencias para la nave industrial será:

$$P = 0,8 \cdot 107000 W = 85600 W$$

En el caso de seguir el mínimo establecido por el REBT, tendríamos que la potencia de la nave industrial en cuestión sería:

$$P = 200 m^2 \cdot 125 W/m^2 = 25000 W$$

Nos quedamos con la mayor de las potencias y por tanto:

$$P = 85600 W$$

## 8 - Cálculo de secciones

Los cables deben dimensionarse adecuadamente para que soporten la intensidad de servicio máxima prevista. Además, se establece un segundo criterio y es que la caída de tensión máxima prevista no debe superar unos valores límites establecidos por el REBT.

Las intensidades máximas admisibles en función del tipo de instalación, material de aislamiento (PVC, XLPE o EPR), número de fases (2x o 3x) y el material conductor (cobre o aluminio), vienen tabuladas en el REBT ITC-BT-19, en la tabla que se muestra en la siguiente página.

Veamos el uso de esta tabla con un ejemplo sencillo:

Calculemos la intensidad máxima admisible de un cable monofásico de cobre, aislado con PVC, en montaje B2 de 6 mm<sup>2</sup>.

Lo primero, es buscar en la mitad superior de la tabla en la columna de la izquierda el montaje especificado, en este caso el B2 que corresponde con la cuarta fila de la tabla. Desplazamos a la derecha en esa fila hasta encontrar el número de fases y material de aislamiento, en este caso 2xPVC que corresponde con la cuarta columna (sin contar las tres más a la izquierda). Descendemos hasta la mitad inferior de la tabla a la sección de cables de cobre y buscamos la fila correspondiente a la sección de nuestro cable. Nos desplazamos a la derecha hasta cruzarnos con la cuarta fila y obtenemos la intensidad máxima admisible de nuestro conductor, que en este caso es de 32 A.

|       |  |                                                                                 |        |        |        |               |               |               |        |               |               |               |               |
|-------|--|---------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|---------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| A     |  | Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes                   |        | 3x PVC | 2x PVC |               | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR |        |               |               |               |               |
| A2    |  | Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes                | 3x PVC | 2x PVC |        | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR |               |        |               |               |               |               |
| B     |  | Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra       |        |        |        | 3x PVC        | 2x PVC        |               |        | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR |               |               |
| B2    |  | Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra    |        |        | 3x PVC | 2x PVC        |               | 3x XLPE o EPR |        | 2x XLPE o EPR |               |               |               |
| C     |  | Cables multiconductores directamente sobre la pared                             |        |        |        |               | 3x PVC        | 2x PVC        |        | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR |               |               |
| E     |  | Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D |        |        |        |               |               | 3x PVC        |        | 2x PVC        | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR |               |
| F     |  | Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D       |        |        |        |               |               |               | 3x PVC |               |               | 3x XLPE o EPR |               |
| G     |  | Cables unipolares separados mínimo D                                            |        |        |        |               |               |               |        |               | 3x PVC        |               | 3x XLPE o EPR |
|       |  | mm <sup>2</sup>                                                                 | 1      | 2      | 3      | 4             | 5             | 6             | 7      | 8             | 9             | 10            | 11            |
| Cobre |  | 1,5                                                                             | 11     | 11,5   | 13     | 13,5          | 15            | 16            | -      | 18            | 21            | 24            | -             |
|       |  | 2,5                                                                             | 15     | 16     | 17,5   | 18,5          | 21            | 22            | -      | 25            | 29            | 33            | -             |
|       |  | 4                                                                               | 20     | 21     | 23     | 24            | 27            | 30            | -      | 34            | 38            | 45            | -             |
|       |  | 6                                                                               | 25     | 27     | 30     | 32            | 36            | 37            | -      | 44            | 49            | 57            | -             |
|       |  | 10                                                                              | 34     | 37     | 40     | 44            | 50            | 52            | -      | 60            | 68            | 76            | -             |
|       |  | 16                                                                              | 45     | 49     | 54     | 59            | 66            | 70            | -      | 80            | 91            | 105           | -             |
|       |  | 25                                                                              | 59     | 64     | 70     | 77            | 84            | 88            | 96     | 106           | 116           | 123           | 160           |
|       |  | 35                                                                              |        | 77     | 86     | 96            | 104           | 110           | 119    | 131           | 144           | 154           | 206           |
|       |  | 50                                                                              |        | 94     | 103    | 117           | 125           | 133           | 145    | 159           | 175           | 188           | 230           |
|       |  | 70                                                                              |        |        |        | 140           | 160           | 161           | 188    | 202           | 224           | 244           | 321           |
|       |  | 95                                                                              |        |        |        | 180           | 194           | 207           | 230    | 245           | 271           | 296           | 391           |
|       |  | 120                                                                             |        |        |        | 208           | 225           | 240           | 267    | 284           | 314           | 348           | 453           |
|       |  | 150                                                                             |        |        |        | 236           | 260           | 278           | 310    | 338           | 363           | 404           | 525           |
|       |  | 185                                                                             |        |        |        | 268           | 297           | 317           | 354    | 386           | 415           | 464           | 601           |
|       |  | 240                                                                             |        |        |        | 315           | 330           | 374           | 419    | 455           | 490           | 552           | 711           |
|       |  | 300                                                                             |        |        |        | 360           | 404           | 423           | 484    | 524           | 565           | 640           | 821           |

- 1) A partir de 25 mm<sup>2</sup> de sección.
- 2) Incluyendo canales para instalaciones –canaletas– y conductos de sección no circular.
- 3) O en bandeja no perforada.
- 4) O en bandeja perforada.
- 5) D es el diámetro del cable

Para la caída de tensión, en la siguiente tabla se resumen los criterios fijados para cada parte de la instalación de enlace.

| Circuito                      |                            | Caída de tensión admisible (%) | Sección mínima                                                |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Línea general de alimentación | Contadores centralizados   | 0,5                            | 10 mm <sup>2</sup> (Cu)<br>16 mm <sup>2</sup> (Al)<br>Neutro* |
|                               | Centralizaciones parciales | 1                              |                                                               |
| Derivaciones individuales     | Contadores centralizados   | 1                              | 6 mm <sup>2</sup>                                             |
|                               | Centralizaciones parciales | 0,5                            |                                                               |
|                               | Usuario individual         | 1,5                            |                                                               |
| Instalación interior          | Alumbrado                  | 3                              | Ver ITC BT-25                                                 |
|                               | Otros usos                 | 5                              |                                                               |

\* Ver tabla 1

Tabla 1

| Secciones (mm <sup>2</sup> ) |        | Diámetro exterior de los tubos (mm) |
|------------------------------|--------|-------------------------------------|
| FASE                         | NEUTRO |                                     |
| 10 (Cu)                      | 10     | 75                                  |
| 16 (Cu)                      | 10     | 75                                  |
| 16 (Al)                      | 16     | 75                                  |
| 25                           | 16     | 110                                 |
| 35                           | 16     | 110                                 |
| 50                           | 25     | 125                                 |
| 70                           | 35     | 140                                 |
| 95                           | 50     | 140                                 |
| 120                          | 70     | 160                                 |
| 150                          | 70     | 160                                 |
| 185                          | 95     | 180                                 |
| 240                          | 120    | 200                                 |

Y a continuación se presentan las fórmulas necesarias para el cálculo de la intensidad y la caída de tensión.

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} \rightarrow \text{Instalación monofásica}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} \rightarrow \text{Instalación trifásica}$$

$$\text{cdt}(V) = \frac{2 \cdot P \cdot L}{V \cdot S \cdot \gamma} \rightarrow \text{Instalación monofásica}$$

$$\text{cdt}(V) = \frac{P \cdot L}{V \cdot S \cdot \gamma} \rightarrow \text{Instalación trifásica}$$

Donde:

$P$ : potencia prevista en el circuito en W

$V$ : tensión de fase del circuito en V

$\cos\varphi$ : factor de potencia

$cdt(V)$ : caída de tensión en V

$L$ : longitud máxima del circuito en m

$S$ : sección del conductor en  $mm^2$

$\gamma$ : conductividad del conductor (48  $m/\Omega mm^2$  para 70°C (PVC) y 44  $m/\Omega mm^2$  para 90°C (XLPE y EPR) de temperatura de operación del conductor)

### Ejemplo 3: cálculo de secciones LGA

Calcular la sección para la LGA del ejemplo 1 suponiendo que su longitud total son 23 metros, se instala en montaje B2 y es trifásica, de cobre y con aislamiento de XLPE. Suponer un factor de potencia de 0,8, una tensión de 400 V y contadores totalmente centralizados

Primero calculamos la intensidad de servicio de la LGA.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{133815 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,8} = 241,43 \text{ A}$$

Para las condiciones de montaje y material de aislamiento dados, la menor sección que admite dicha potencia es 150  $mm^2$  (consultando la tabla de la ITC-BT-19 que se mostró anteriormente).

En caso de contadores totalmente centralizados, la máxima caída de tensión admisible es del 0,5 %, que corresponde a 2 V de la tensión de servicio. para calcular la sección mínima necesaria para cumplir el requisito de caída de tensión, despejamos la sección de la siguiente fórmula:

$$cdt(V) = \frac{P \cdot L}{V \cdot S \cdot \gamma} \rightarrow S_{min} = \frac{P \cdot L}{V \cdot cdt(V)_{max} \cdot \gamma}$$

La temperatura máxima de funcionamiento del XLPE es 90 °C mientras que la del PVC es 70°C, teniendo eso en cuenta, tomaremos la conductividad más desfavorable (44  $m/\Omega mm^2$ ). Sustituyendo valores tenemos

$$S_{min} = \frac{133815 \text{ W} \cdot 23 \text{ m}}{400 \text{ V} \cdot 2 \text{ V} \cdot 44 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}} = 87,4 \text{ mm}^2$$

Nos deberemos ir a la sección normalizada inmediatamente superior, en este caso 95  $mm^2$  (las secciones normalizadas son las que aparecen en la misma tabla donde se consulta la intensidad máxima admisible de los cables).

La sección final será la mayor de la obtenida por intensidad y por caída de tensión, que en este caso es 150  $mm^2$ . Consultando la Tabla 1 vemos que en estos casos el neutro puede ser de 70  $mm^2$ , por tanto, la denominación de la LGA en este ejercicio sería:

$$3 \times 150 + 1 \times 70 \text{ mm}^2$$

#### Ejemplo 4

Calcular la longitud máxima de la LGA del ejemplo 3 para que no se supere la caída de tensión máxima permitida.

Los cálculos realizados en el ejemplo 3 resultaron en una LGA de 150 mm<sup>2</sup>. Para calcular la longitud máxima, despejamos y reorganizamos la ecuación de la caída de tensión.

$$\text{cdt}(V) = \frac{P \cdot L}{V \cdot S \cdot \gamma} \rightarrow L_{\max} = \frac{\text{cdt}(V)_{\max} \cdot V \cdot S \cdot \gamma}{P}$$

sustituyendo valores se tiene que:

$$L_{\max} = \frac{2 \text{ V} \cdot 400 \text{ V} \cdot 150 \text{ mm}^2 \cdot 44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2}{133815 \text{ W}} = 39,5 \text{ m}$$

#### Ejemplo 5: cálculo de secciones DI

Calcular la sección para la DI del ejemplo 2 que su longitud total son 100 metros, se instala en montaje B2 y es trifásica, de cobre y con aislamiento de EPR. Suponer un factor de potencia de 0,9 y una tensión de 400 V.

Procediendo igual que en el ejemplo 3, calculamos la intensidad de la DI

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{85600 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,9} = 137,28 \text{ A}$$

Para las condiciones de montaje y material de aislamiento dados, la menor sección que admite dicha potencia es 70 mm<sup>2</sup> (consultando la tabla de la ITC-BT-19 que se mostró anteriormente).

En caso de suministros individuales, la máxima caída de tensión admisible es del 1,5 %, que corresponde a 6 V de la tensión de servicio. para calcular la sección mínima necesaria para cumplir el requisito de caída de tensión, despejamos la sección de la siguiente fórmula:

$$\text{cdt}(V) = \frac{P \cdot L}{V \cdot S \cdot \gamma} \rightarrow S_{\min} = \frac{P \cdot L}{V \cdot \text{cdt}(V)_{\max} \cdot \gamma}$$

Sustituyendo valores tenemos

$$S_{min} = \frac{85600 \text{ W} \cdot 100 \text{ m}}{400 \text{ V} \cdot 6 \text{ V} \cdot 44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2} = 81,06 \text{ mm}^2$$

Nos deberemos ir a la sección normalizada inmediatamente superior, en este caso 95 mm<sup>2</sup> (las secciones normalizadas son las que aparecen en la misma tabla donde se consulta la intensidad máxima admisible de los cables).

La sección final será la mayor de la obtenida por intensidad y por caída de tensión, que en este caso es 95 mm<sup>2</sup>. Consultando la Tabla 1 vemos que en estos casos el neutro puede ser de 50 mm<sup>2</sup>, por tanto, la denominación de la DI en este ejercicio sería:

$$3 \times 95 + 1 \times 50 \text{ mm}^2$$

### 8.1 - Circuitos interiores

Se entiende por circuitos interiores aquellos que parten de los diferentes cuadros de mando y protección instalados aguas abajo de las instalaciones de enlace (por ejemplo, los que parten del cuadro de la vivienda). El proceso de cálculo para estos circuitos es exactamente igual que el visto con anterioridad para derivaciones individuales y LGA.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que aquellos conductores que alimenten a motores deben cumplir las siguientes premisas:

- En caso de alimentar a un solo motor, los conductores deben dimensionarse para el 125 % de la intensidad a plena carga del motor.
- Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.
- Los conductores de conexión que alimentan a motores y otros receptores, deben estar previstos para la intensidad total requerida por los receptores, más la requerida por los motores, calculada como antes se ha indicado.

En el caso de lámparas de descarga (por ejemplo, fluorescentes), debe considerarse una carga en voltioamperios no inferior a 1,8 veces su carga en vatios.

En cuanto a la sección mínima, se establece que todo circuito interior destinado a alumbrado no puede ser inferior a 1,5 mm<sup>2</sup>, mientras que el resto de circuitos destinados a receptores de fuerza no pueden ser inferiores a 2,5 mm<sup>2</sup>.

Existen otras prescripciones para aparatos de caldeo, cables radiantes, etc; que no se comentan aquí. En caso de deberse instalar alguno de estos receptores, será necesario consultar el REBT para tener en cuenta las características particulares de cada uno.

### Ejemplo 6: cálculo de secciones circuitos interiores

Para la nave industrial del ejemplo 2, se dispone de los siguientes circuitos interiores:

- 1 circuito para alumbrado, formado por lámparas fluorescentes monofásicas a 230 V y longitud de 30 metros.
- 1 circuito para usos generales, que se considerarán monofásicos a 230 V con un factor de potencia 0,9 inductivo y longitud de 30 metros.
- 1 circuito para alimentar dos motores, uno de ellos de 40 kW y el otro de 10 kW. Ambos son trifásicos a 400 V con factor de potencia 0,8 inductivo y longitud de 10 metros.
- 2 circuitos para alimentar individualmente dos motores idénticos de 25 kW, con factor de potencia 0,8 inductivo, trifásicos a 400 V y longitud de 15 metros cada uno.

Los cables de alumbrado y usos generales serán de PVC, mientras que los motores se alimentarán con cable de XLPE. Todos los circuitos serán de cobre en montaje B2. Se pide calcular las secciones de cada circuito.

Empezando con el alumbrado, se tendrá una intensidad de:

$$I_{alumb} = \frac{1,8 \cdot 2000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 15,65 \text{ A}$$

Que consultando la tabla de secciones tenemos un cable de 2,5 mm<sup>2</sup>

Comprobaremos la caída de tensión para la sección elegida, teniendo en cuenta que al ser un circuito interior de alumbrado no puede superar el 3 % de la tensión nominal. La temperatura máxima de funcionamiento del XLPE es 90 °C mientras que la del PVC es 70°C, teniendo eso en cuenta, tomaremos la conductividad más desfavorable (48 m/Ωmm<sup>2</sup>). Sustituyendo valores tenemos

$$\text{cdt}(V) = \frac{2 \cdot P \cdot L}{V \cdot S \cdot \gamma} = \frac{2 \cdot 2000 \text{ W} \cdot 30 \text{ m}}{230 \text{ V} \cdot 2,5 \text{ mm}^2 \cdot 48 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2} = 4,35 \text{ V} < 3 \%$$

Y por tanto cumple, en cuanto a los servicios generales tenemos:

$$I_{UG} = \frac{500 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,9} = 2,41 \text{ A} \rightarrow S_{UG} = 1,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 2,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{cdt}(V) = \frac{2 \cdot P \cdot L}{V \cdot S \cdot \gamma} = \frac{2 \cdot 500 \text{ W} \cdot 30 \text{ m}}{230 \text{ V} \cdot 2,5 \text{ mm}^2 \cdot 48 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2} = 1,09 \text{ V} < 5 \%$$

Para el primer circuito de motores, la intensidad se calculará teniendo en cuenta la suma de potencia de ambos motores, recordando que debe sobredimensionarse por un factor de 1,25 respecto al motor de mayor potencia, por tanto:

$$I_{M1} = \frac{40000 \text{ W} \cdot 1,25 + 10000 \text{ W}}{400 \text{ V} \cdot 0,8 \cdot \sqrt{3}} = 108,25 \text{ A} \rightarrow S_{M1} = 35 \text{ mm}^2$$

La temperatura máxima de funcionamiento del XLPE es 90 °C mientras que la del PVC es 70°C, teniendo eso en cuenta, tomaremos la conductividad más desfavorable (44 m/Ωmm²). Sustituyendo valores tenemos

$$\text{cdt}(V) = \frac{P \cdot L}{V \cdot S \cdot \gamma} = \frac{50000 \text{ W} \cdot 10 \text{ m}}{400 \text{ V} \cdot 35 \text{ mm}^2 \cdot 44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2} = 0,81 \text{ V} < 5 \%$$

Por último, se tienen dos circuitos idénticos alimentando a motores, en este caso:

$$I_{M2} = \frac{25000 \text{ W} \cdot 1,25}{400 \text{ V} \cdot 0,8 \cdot \sqrt{3}} = 56,4 \text{ A} \rightarrow S_{M2} = 16 \text{ mm}^2$$

$$\text{cdt}(V) = \frac{P \cdot L}{V \cdot S \cdot \gamma} = \frac{25000 \text{ W} \cdot 15 \text{ m}}{400 \text{ V} \cdot 16 \text{ mm}^2 \cdot 44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2} = 1,33 \text{ V} < 5 \%$$

El siguiente cuadro muestra el resumen de los cálculos:

| Circuito       | Intensidad | Caída de tensión | Sección |
|----------------|------------|------------------|---------|
| Alumbrado      | 15,65 A    | 4,35 V           | 2,5 mm² |
| Usos generales | 2,41 A     | 1,09 V           | 2,5 mm² |
| Motores 1      | 108,25 A   | 0,81 V           | 35 mm²  |
| Motores 2      | 56,4 A     | 1,33 V           | 16 mm²  |

## 8.2 - Otras consideraciones

El REBT recoge otra serie de premisas a las horas de calcular secciones en cables instalados en montaje subterráneo o locales de pública concurrencia. Se resumen a continuación algunas premisas a tener en cuenta, recordando que en cada caso debe consultarse la instrucción correspondiente del REBT.

- Para determinar la intensidad máxima admisible de redes de distribución subterráneas, debe consultarse la ITC-BT-07, donde aparecen una serie de tablas con indicaciones para el cálculo.
- La sección de cables subterráneos será, como mínimo, 6 mm².
- Antes de diseñar una instalación interior, debe tenerse en cuenta el tipo de instalación según el REBT. En este aspecto, es importante determinar si el local objeto del proyecto es de pública concurrencia o no, acudiendo a la ITC-BT-28 para ello.

- En caso de se un local de pública concurrencia, deben instalarse al menos 3 circuitos independientes para alumbrado (ordinario y de emergencia), alimentados por tres fases distintas.
- Dependiendo del tipo de local, podría ser necesario suministro de socorro, suministro de reserva o suministro duplicado (ver artículo 10 del REBT).