

Cálculo de la sección de los conductores en instalaciones interiores de viviendas

Teoría completa, ejemplos resueltos y ejercicios
1º curso · Instalaciones Electrotécnicas

Índice

1. ¿Por qué hay que calcular la sección?
2. De la red a la vivienda: partes de la instalación
3. Grado de electrificación y circuitos de la vivienda
4. Número de puntos de utilización por dependencia
5. Intensidad prevista de un circuito
6. Criterio 1: intensidad admisible (calentamiento)
7. Criterio 2: caída de tensión
8. Procedimiento de cálculo paso a paso
9. Ejemplo resuelto completo: circuito C2
10. Ejemplos resueltos del resto de circuitos
11. Otros aspectos: conductor de protección, colores y tubos
12. Ejercicios propuestos (con soluciones)

Normativa de referencia: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT, RD 842/2002), especialmente las instrucciones **ITC-BT-10** (previsión de cargas), **ITC-BT-15** (derivación individual), **ITC-BT-19** (prescripciones generales de instalaciones interiores), **ITC-BT-21** (tubos) e **ITC-BT-25** (número de circuitos en viviendas).

1. ¿Por qué hay que calcular la sección?

Cuando la corriente eléctrica recorre un conductor, este se calienta (efecto Joule) y además se pierde algo de tensión a lo largo del cable. Elegir bien la sección es encontrar el cable **más económico** que cumpla a la vez tres condiciones:

- **No calentarse en exceso.** Si el cable es demasiado fino, el aislamiento se deteriora y puede producirse un cortocircuito o un incendio. Es el **criterio de intensidad admisible**.
- **Que llegue suficiente tensión a los receptores.** Si el cable es largo y fino, la tensión en el último enchufe baja y los aparatos funcionan mal. Es el **criterio de caída de tensión**.
- **Que la protección pueda proteger al cable.** El interruptor automático (PIA) tiene que cortar antes de que el cable se dañe. Es la **coordinación cable-protección**.

Además, el REBT fija para las viviendas unas **secciones mínimas** para cada circuito, que nunca se pueden reducir aunque los cálculos den un valor más pequeño.

Regla de oro

La sección que se instala es la **mayor** de las obtenidas por los distintos criterios, y nunca menor que la mínima del reglamento.

2. De la red a la vivienda: partes de la instalación

La energía llega a la vivienda recorriendo los siguientes elementos:

Elemento	Función	ITC
Acometida	Une la red de la compañía con la caja general de protección.	ITC-BT-11
Caja General de Protección (CGP)	Aloja los fusibles de la línea general de alimentación.	ITC-BT-13
Línea General de Alimentación (LGA)	Une la CGP con la centralización de contadores.	ITC-BT-14
Contador	Mide la energía consumida por cada vivienda.	ITC-BT-16
Derivación Individual (DI)	Une el contador con el cuadro de la vivienda.	ITC-BT-15
Cuadro General de Mando y Protección (CGMP)	Contiene el IGA, el interruptor diferencial y los PIA de cada circuito. Desde aquí salen los circuitos interiores.	ITC-BT-17
Circuitos interiores (C1, C2...)	Llevar la energía a cada punto de luz y a cada toma.	ITC-BT-25

Este documento trata de los **circuitos interiores**, que empiezan en el CGMP. Dentro del cuadro encontramos:

- **IGA** (interruptor general automático): protege toda la instalación. Su calibre depende de la potencia contratada o prevista (25 A para electrificación básica).
- **ID** (interruptor diferencial) de 30 mA: protege a las personas contra contactos indirectos.
- **PIA** (pequeño interruptor automático o magnetotérmico): uno por circuito. Protege al cable de su circuito contra sobrecargas y cortocircuitos.

3. Grado de electrificación y circuitos de la vivienda

La ITC-BT-10 define dos grados de electrificación:

Grado	Potencia mínima prevista	IGA	Cuándo se aplica
Básica	5.750 W a 230 V	25 A	Cubre los usos habituales de una vivienda sin calefacción ni aire acondicionado eléctricos.
Elevada	9.200 W a 230 V	40 A	Superficie útil > 160 m², o hay calefacción eléctrica, aire acondicionado, domótica, secadora, más de 30 puntos de luz o más de 20 tomas de uso general.

Circuitos de la electrificación básica (obligatorios en toda vivienda): C1, C2, C3, C4 y C5.

Circuitos adicionales de la electrificación elevada:

- **C6:** circuito adicional del tipo C1, por cada 30 puntos de luz.
- **C7:** circuito adicional del tipo C2, por cada 20 tomas de uso general o si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m².
- **C8:** calefacción eléctrica. **C9:** aire acondicionado. **C10:** secadora. **C11:** automatización, gestión técnica de la energía y seguridad.
- **C12:** circuito adicional de C3, C4 o C5 cuando se superan sus tomas máximas (por ejemplo, cuando hay más de 6 tomas en baños y cocina).

Características de cada circuito (ITC-BT-25, Tabla 1)

Circ.	Uso	P por toma (W)	Fs	Fu	PIA (A)	Máx. puntos	Sección (mm²)	Tubo Ø (mm)
C1	Iluminación	200	0,75	0,50	10	30	1,5	16
C2	Tomas de uso general y frigorífico	3450	0,20	0,25	16	20	2,5	20
C3	Cocina y horno	5400	0,50	0,75	25	2	6	25
C4	Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3450	0,66	0,75	20	3	4	20
C5	Baño y tomas auxiliares de cocina	3450	0,40	0,50	16	6	2,5	20
C8	Calefacción eléctrica	5750	—	—	25	—	6	25
C9	Aire acondicionado	5750	—	—	25	—	6	25
C10	Secadora	3450	1,00	0,75	16	1	2,5	20
C11	Automatización, gestión técnica y seguridad	2000	—	—	10	—	1,5	16

C8, C9 y C11 no tienen factores Fs y Fu: se calculan con la potencia del receptor que alimentan. La potencia de C8 y C9 depende del aparato; 5.750 W es el valor que se usa como referencia.

4. Número de puntos de utilización por dependencia

La ITC-BT-25 (Tabla 2) indica el número **mínimo** de puntos de luz y tomas que hay que poner en cada habitación. Esto es lo que nos da el valor de **n** para el cálculo. Resumen de los más importantes:

Dependencia	C1 (luz)	C2 (tomas 16 A)	Otros circuitos
Vestíbulo	1 punto de luz	1 toma	—

Dependencia	C1 (luz)	C2 (tomas 16 A)	Otros circuitos
Salón o sala de estar	1 punto hasta 10 m ² ; 2 si > 10 m ²	Mínimo 3; una por cada 6 m ² (redondeando al entero superior)	C8 y C9: 1 toma hasta 10 m ² , 2 si > 10 m ²
Dormitorios	1 punto hasta 10 m ² ; 2 si > 10 m ²	3 tomas	C8 y C9: 1 toma
Baños	1 punto de luz	—	C5: 1 toma. C8: 1 toma
Pasillos o distribuidores	1 punto cada 5 m de longitud	1 toma hasta 5 m de longitud (1 más por cada 5 m)	C8: 1 toma
Cocina	1 punto hasta 10 m ² ; 2 si > 10 m ²	2 tomas (extractor y frigorífico)	C3: 1 toma 25 A. C4: 3 tomas. C5: 3 tomas sobre la encimera. C10: 1 toma (secadora)
Terrazas y vestidores	1 punto hasta 10 m ² ; 2 si > 10 m ²	—	—
Garaje unifamiliar	1 punto hasta 10 m ² ; 2 si > 10 m ²	1 toma hasta 10 m ² ; 2 si > 10 m ²	—

Donde se prevea el televisor, la base debe ser múltiple, y cuenta como una sola base. Estos son valores mínimos: el proyectista puede poner más. Consultad la Tabla 2 completa de la ITC-BT-25.

5. Intensidad prevista de un circuito

Si sumáramos la potencia de todas las tomas, obtendríamos intensidades enormes. En la realidad no se enchufan todos los aparatos a la vez, ni cada aparato consume el máximo que admite la toma. Por eso la ITC-BT-25 usa dos factores:

- **Factor de simultaneidad (F_s):** fracción de las tomas que se usan a la vez. En C2 es 0,2: de cada 5 tomas, de media solo se usa una al mismo tiempo.
- **Factor de utilización (F_u):** fracción de la potencia de la toma que realmente consume el aparato conectado. En C2 es 0,25: un enchufe preparado para 3.450 W alimenta normalmente aparatos mucho más pequeños (lámpara, cargador, televisor...).

Primero se calcula la intensidad de un solo punto de utilización:

$$I_a = P / U$$

Y después la intensidad prevista del circuito:

$$I_b = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u$$

donde **n** es el número de tomas o puntos de luz del circuito, **P** la potencia prevista por toma (Tabla 1) y **U** = 230 V.

Ejemplo: C2 con 14 tomas

Sin factores: $14 \cdot 15 \text{ A} = 210 \text{ A}$ (absurdo: el IGA de la vivienda es de 25 A).

Con factores: $14 \cdot 15 \cdot 0,2 \cdot 0,25 = 10,50 \text{ A}$.

Para los circuitos de un solo receptor (C8, C9, C11) simplemente $I_b = P / U$. Si el receptor es un motor o tiene factor de potencia $\cos \varphi$, en monofásica: $I_b = P / (U \cdot \cos \varphi)$.

6. Criterio 1: intensidad admisible (calentamiento)

Cada sección de cable soporta una intensidad máxima permanente sin que su aislamiento se deteriore: es la **intensidad admisible I_z** . Depende de:

- El material del conductor (cobre o aluminio).
- El aislamiento: PVC (70 °C máximo) o XLPE/EPR (90 °C máximo).
- El número de conductores cargados: 2 en monofásica (fase y neutro), 3 en trifásica.
- El método de instalación: en tubo empotrado, en superficie, enterrado, al aire...

En viviendas lo habitual es cable **H07V-K** (cobre, aislamiento PVC, 450/750 V) dentro de tubo empotrado en obra, que corresponde al **método B** de la ITC-BT-19. Valores de referencia para 2 conductores cargados:

Sección (mm²)	1,5	2,5	4	6	10
I_z (A), Cu, PVC, método B	15	21	27	36	50

Valores orientativos de la ITC-BT-19 (Tabla 1). Para otros métodos de instalación o temperaturas ambiente distintas de 40 °C hay que usar la tabla completa y sus factores de corrección.

Condición de coordinación

El cable debe aguantar la intensidad del circuito, y el PIA debe dispararse antes de que el cable se caliente. Se cumple si:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

siendo I_b la intensidad prevista, I_n la intensidad nominal del PIA e I_z la admisible del cable. Además, la intensidad convencional de disparo I_2 del PIA debe cumplir:

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Para los PIA domésticos (UNE-EN 60898) $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, así que esta segunda condición se cumple siempre que $I_n \leq I_z$.

¿Por qué importa?

Si ponemos un PIA de 16 A a un cable de 1,5 mm² ($I_z = 15$ A), el PIA dejaría pasar 16 A de forma permanente sin disparar, y el cable trabajaría por encima de su límite. **Por eso cada PIA va siempre asociado a una sección mínima.**

7. Criterio 2: caída de tensión

Todo conductor tiene resistencia: $R = L / (\gamma \cdot S)$. Al pasar corriente, parte de la tensión se queda en el cable y no llega al receptor. En una línea monofásica la corriente va por la fase y vuelve por el neutro, por eso la longitud se multiplica por 2:

$$\Delta U = 2 \cdot L \cdot I_b \cdot \cos \varphi / (\gamma \cdot S)$$

o bien, en función de la potencia:

$$\Delta U = 2 \cdot L \cdot P / (\gamma \cdot S \cdot U)$$

Símbolo	Significado	Unidad
ΔU	Caída de tensión	V
L	Longitud del circuito, desde el cuadro hasta el punto más alejado	m

Símbolo	Significado	Unidad
I_b	Intensidad prevista del circuito	A
$\cos \varphi$	Factor de potencia (1 en receptores resistivos; en viviendas se toma 1)	—
γ	Conductividad del cobre: 56 a 20 °C, 48 a 70 °C (PVC), 44 a 90 °C (XLPE)	m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$)
S	Sección del conductor	mm ²

Para expresarla en tanto por ciento: $\Delta U \% = \Delta U / U \cdot 100$.

Límites de caída de tensión

Tramo	Límite
Circuitos interiores de la vivienda (desde el CGMP hasta cualquier punto)	3 % (6,9 V a 230 V)
Derivación individual, contadores totalmente centralizados	1 %
Derivación individual, contadores centralizados en más de un lugar	0,5 %
Derivación individual, un solo usuario sin LGA (vivienda unifamiliar)	1,5 %

Para despejar la sección mínima por caída de tensión:

$$S = 2 \cdot L \cdot I_b \cdot \cos \varphi / (\gamma \cdot \Delta U_{\text{máx}})$$

y se elige la sección comercial inmediatamente superior (1,5 · 2,5 · 4 · 6 · 10 · 16 · 25 mm²...).

Cargas repartidas a lo largo del circuito

Suponer toda la carga al final del circuito es lo más cómodo y deja del lado de la seguridad. Si se quiere afinar, cuando las tomas están repartidas se usa el **momento eléctrico**: se suma cada intensidad multiplicada por su distancia al cuadro:

$$\Delta U = 2 \cdot \Sigma (L_i \cdot I_i) / (\gamma \cdot S)$$

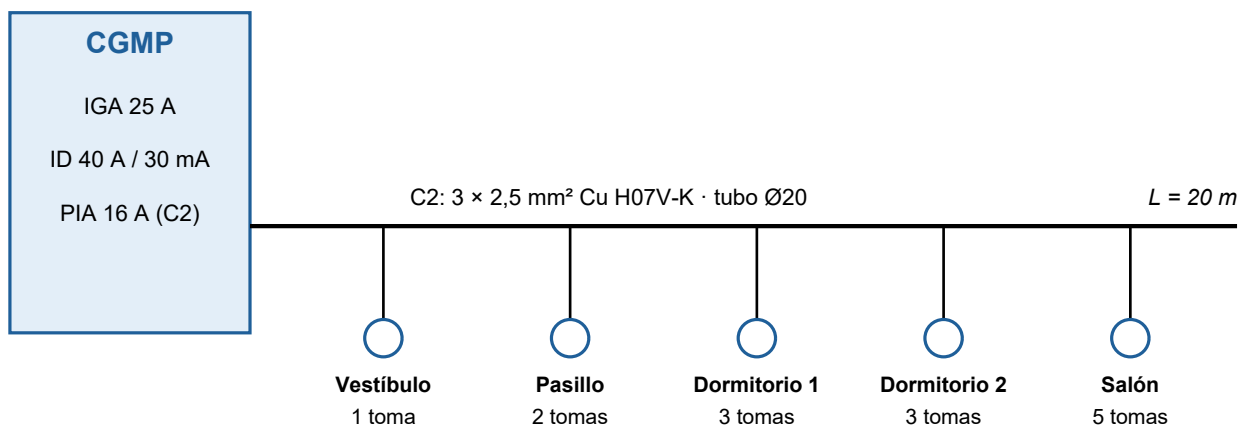
En este curso usaremos el método de carga concentrada al final, que es el más sencillo y seguro.

8. Procedimiento de cálculo paso a paso

1. **Identificar el circuito** (C1, C2...) y buscar sus datos en la Tabla 1 de la ITC-BT-25.
2. **Contar los puntos de utilización (n)** según la Tabla 2. Comprobar que no se supera el máximo del circuito; si se supera, añadir un circuito adicional (C6, C7 o C12).
3. **Calcular I_a** = P / U.
4. **Calcular I_b** = n · I_a · F_s · F_u .
5. **Elegir la sección mínima** del reglamento para ese circuito.
6. **Comprobar el calentamiento**: $I_b \leq I_n \leq I_z$.
7. **Comprobar la caída de tensión**: $\Delta U \% \leq 3 \%$. Si no cumple, aumentar la sección y volver a comprobar.
8. **Resultado**: PIA, sección (fase + neutro + protección) y diámetro del tubo.

9. Ejemplo resuelto completo: circuito C2

Enunciado. Una vivienda con electrificación básica tiene el circuito C2 alimentando el vestíbulo, un pasillo de 7 m, un dormitorio de 14 m², otro de 10 m² y un salón-comedor de 28 m². La toma más alejada del cuadro está en el salón, a 20 m. Se instala cable H07V-K en tubo empotrado. Calcular el circuito.



Paso 1: número de tomas

Dependencia	Criterio	Tomas
Vestíbulo	1 toma	1
Pasillo (7 m)	$7 / 5 = 1,4 \rightarrow 2$	2
Dormitorio 1 (14 m ²)	3 tomas	3
Dormitorio 2 (10 m ²)	3 tomas	3
Salón (28 m ²)	$28 / 6 = 4,67 \rightarrow 5$ (mínimo 3)	5
Total		n = 14 (≤ 20 , cumple)

Paso 2: intensidades

$$I_a = 3450 / 230 = 15 \text{ A}$$

$$I_b = 14 \cdot 15 \cdot 0,2 \cdot 0,25 = 10,50 \text{ A}$$

Potencia equivalente: $10,50 \cdot 230 = 2415 \text{ W}$.

Paso 3: sección mínima del reglamento

Para C2 la ITC-BT-25 exige **2,5 mm²** y un PIA de **16 A**.

Paso 4: calentamiento

Cable de 2,5 mm², Cu, PVC, método B, 2 conductores: $I_z = 21 \text{ A}$.

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 10,50 \text{ A} \leq 16 \text{ A} \leq 21 \text{ A CUMPLE}$$

$$I_2 = 1,45 \cdot 16 = 23,2 \text{ A} \leq 1,45 \cdot 21 = 30,45 \text{ A CUMPLE}$$

Paso 5: caída de tensión

Suponemos toda la carga al final del circuito ($L = 20 \text{ m}$), $\gamma = 48$ y $\cos \varphi = 1$:

$$\Delta U = 2 \cdot 20 \cdot 10,50 / (48 \cdot 2,5) = 3,50 \text{ V}$$

$$\Delta U \% = 3,50 / 230 \cdot 100 = 1,52 \% \leq 3 \% \text{ CUMPLE}$$

Resultado

Circuito C2 con 14 bases de 16 A 2P+T.

Protección: PIA de 16 A (curva C), aguas abajo del diferencial de 30 mA.

Conductores: 3 x 2,5 mm² Cu H07V-K (fase marrón, neutro azul, protección verde-amarillo).

Tubo: Ø 20 mm.

10. Ejemplos resueltos del resto de circuitos

Con el mismo método se calculan los demás circuitos. En todos: cable H07V-K en tubo empotrado, $\gamma = 48$, $\cos \varphi = 1$ y carga concentrada al final.

Circ.	Datos	I_a (A)	$I_b = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u$ (A)	PIA / S / I_z	ΔU (V)	ΔU %
C1	Iluminación con 22 puntos de luz, L = 18 m	0,87	$22 \cdot 0,87 \cdot 0,75 \cdot 0,50 = 7,17$	10 A / 1,5 mm ² / 15 A	3,59	1,56
C3	Cocina y horno, 2 tomas, L = 8 m	23,48	$2 \cdot 23,48 \cdot 0,50 \cdot 0,75 = 17,61$	25 A / 6 mm ² / 36 A	0,98	0,43
C4	Lavadora, lavavajillas y termo, 3 tomas, L = 10 m	15,00	$3 \cdot 15,00 \cdot 0,66 \cdot 0,75 = 22,28$	20 A / 4 mm ² / 27 A	2,32	1,01
C5	Baño y cocina, 5 tomas, L = 12 m	15,00	$5 \cdot 15,00 \cdot 0,40 \cdot 0,50 = 15,00$	16 A / 2,5 mm ² / 21 A	3,00	1,30
C10	Secadora, 1 toma, L = 9 m	15,00	$1 \cdot 15,00 \cdot 1,00 \cdot 0,75 = 11,25$	16 A / 2,5 mm ² / 21 A	1,69	0,73
C9	Aire acondicionado 5.750 W, L = 15 m	—	P / U = 25,00	25 A / 6 mm ² / 36 A	2,60	1,13
C11	Domótica y alarma 2.000 W, L = 15 m	—	P / U = 8,70	10 A / 1,5 mm ² / 15 A	3,62	1,58

En todos los casos el cable queda protegido ($I_n \leq I_z$) y la caída de tensión es menor del 3 %. Fíjate en C4: I_b sale mayor que su PIA. Es un caso especial que se explica a continuación.

Atención: caso especial de C4 y C5

Si aplicamos la fórmula al máximo de tomas de **C4** (3 tomas) sale $I_b = 22,28$ A, mayor que su PIA de 20 A. En **C5** con 6 tomas sale 18,00 A, mayor que su PIA de 16 A.

Es una incoherencia conocida de la ITC-BT-25. El reglamento fija igualmente esos PIA porque en la práctica lavadora, lavavajillas y termo raramente funcionan a pleno rendimiento a la vez. Lo importante es que el cable queda protegido: $20 \text{ A} \leq 27 \text{ A}$ (4 mm²) y $16 \text{ A} \leq 21 \text{ A}$ (2,5 mm²).

Por eso el reglamento permite dividir C4 en tres circuitos independientes de 16 A y 2,5 mm² (uno para cada aparato), que es la solución más habitual hoy en día.

11. Otros aspectos: conductor de protección, colores y tubos

Conductor de protección (tierra)

Todos los circuitos de la vivienda llevan conductor de protección. Según la ITC-BT-19, para secciones de fase de hasta 16 mm² el conductor de protección tiene **la misma sección que la fase**.

Por eso un circuito C2 se describe como **3 × 2,5 mm²** (fase + neutro + protección).

Colores de los conductores

Conductor	Color
Fase	Marrón, negro o gris
Neutro	Azul claro
Protección (tierra)	Verde-amarillo (exclusivo para este uso)

Tubos

El diámetro del tubo depende del número y sección de conductores (ITC-BT-21). En viviendas se usan los diámetros de la Tabla 1 de la ITC-BT-25: Ø16 mm para 1,5 mm², Ø20 mm para 2,5 y 4 mm², y Ø25 mm para 6 mm².

Resumen: qué PIA y qué sección van juntos

PIA	Sección mínima	Circuitos
10 A	1,5 mm ²	C1, C6, C11
16 A	2,5 mm ²	C2, C5, C7, C10 (y C4 dividido)
20 A	4 mm ²	C4
25 A	6 mm ²	C3, C8, C9

12. Ejercicios propuestos

1. Un salón mide 40 m² y el pasillo 12 m de largo. ¿Cuántas tomas de C2 hay que poner en cada uno como mínimo?
2. Con el circuito C2 del ejemplo resuelto (14 tomas, 2,5 mm²), ¿cuál es la longitud máxima que podría tener sin superar el 3 % de caída de tensión?
3. Un circuito C2 tiene 20 tomas. Calcula I_b y comprueba si el PIA de 16 A es adecuado.
4. Una vivienda tiene 26 tomas de uso general. ¿Qué circuitos hay que instalar y cómo repartirías las tomas?
5. Calcula el circuito C3 de una cocina con placa y horno (2 tomas), situada a 8 m del cuadro, con 6 mm².
6. Un circuito C1 tiene 22 puntos de luz y mide 18 m. Calcula I_b y la caída de tensión con 1,5 mm².
7. Un alumno propone hacer el circuito C2 con cable de 1,5 mm² porque le sale $I_b = 10,5$ A, menos de 15 A. ¿Por qué no es correcto?
8. Un circuito C2 con 18 tomas tiene 45 m de longitud. Comprueba la caída de tensión con 2,5 mm². Si no cumple, ¿qué sección necesitas?

Soluciones

1. Salón: $40 / 6 = 6,67 \rightarrow$ **7 tomas**. Pasillo: $12 / 5 = 2,4 \rightarrow$ **3 tomas**.
2. $L_{\text{máx}} = 6,9 \cdot 48 \cdot 2,5 / (2 \cdot 10,50) =$ **39,4 m**.
3. $I_b = 20 \cdot 15 \cdot 0,2 \cdot 0,25 =$ **15,00 A** $\leq 16 \text{ A} \leq 21 \text{ A}$. El PIA de 16 A es adecuado.
4. Se supera el máximo de 20 tomas: hay que añadir un circuito **C7** (y la vivienda pasa a electrificación elevada). Por ejemplo, 13 tomas en C2 y 13 en C7.
5. $I_a = 5400 / 230 = 23,48 \text{ A}$; $I_b = 2 \cdot 23,48 \cdot 0,5 \cdot 0,75 =$ **17,61 A** $\leq 25 \text{ A} \leq 36 \text{ A}$. $\Delta U = 2 \cdot 8 \cdot 17,61 / (48 \cdot 6) = 0,98 \text{ V} =$ **0,43 %**. Cumple: PIA 25 A, 3 $\times$ 6 mm², tubo Ø25.
6. $I_a = 200 / 230 = 0,87 \text{ A}$; $I_b = 22 \cdot 0,87 \cdot 0,75 \cdot 0,5 =$ **7,17 A**. $\Delta U = 2 \cdot 18 \cdot 7,17 / (48 \cdot 1,5) = 3,59 \text{ V} =$ **1,56 %**. Cumple.
7. Porque el PIA de C2 es de 16 A y el cable de 1,5 mm² solo aguanta 15 A: no se cumple $I_n \leq I_z$. Además, el REBT exige 2,5 mm² como mínimo en C2.
8. $I_b = 18 \cdot 15 \cdot 0,05 = 13,50 \text{ A}$. Con 2,5 mm²: $\Delta U = 2 \cdot 45 \cdot 13,50 / (48 \cdot 2,5) = 10,12 \text{ V} =$ **4,40 %**: no cumple. Con 4 mm²: $\Delta U = 6,33 \text{ V} =$ **2,75 %**: cumple. Se instala 3 $\times$ 4 mm² con PIA de 16 A.

Para practicar

Podéis comprobar todos estos resultados con las simulaciones [calcula_tomas_C2.html](#) y [calcula_circuitos_vivienda.html](#).