



# Proba B.2.

# OPCIÓN 2



XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE : SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE



1. (1 P) Un transformador trifásico de 640 kVA traballa en conexión Dyn5 con factor de potencia 0,9 (indutivo) conectado á rede de distribución 32 kV/400 Voltios, 50 Hz, e ensáíase en baleiro i en cortocircuíto. Do ensaio en baleiro, realizado sobre o devanado de BT, obtéñense os seguintes valores: 0,57 A e 670 W. Do ensaio en cortocircuíto, realizado sobre o devanado de AT, os valores obtidos son: 840 V, 2.475 W e 11,54 A.

Calcula:

- a) Comprobar que os ensaios de baleiro i en cortocircuíto se realizan en parámetros axeitados. **(0,1 P)**
- b) Caída de tensión porcentual de cortocircuíto e as súas compoñentes porcentuais. Debuxar o triángulo de caídas de tensión porcentuais. **(0,3 P)**
- c) Regulación da tensión secundaria porcentual e tensión do secundario se o índice de carga é do 90% e o factor de potencia da carga secundaria é de 0,75. **(0,4 P)**
- d) Rendemento máximo do transformador. **(0,2 P)**



1. (1 P) Un transformador trifásico de 640 kVA trabaja en conexión Dyn5 con factor de potencia 0,9 (inductivo) conectado a la red de distribución 32 kV/400 Voltios, 50 Hz, y se ensaya en vacío y en cortocircuito. Del ensayo en vacío, realizado sobre el devanado de BT, se obtienen los siguientes valores: 0,57 A y 670 W. Del ensayo en cortocircuito, realizado sobre el devanado de AT, los valores obtenidos son: 840 V, 2.475 W y 11,54 A.

Calcula:

- a) Comprobar que los ensayos de vacío y en cortocircuito se realizan en parámetros adecuados. **(0,1 P)**
- b) Caída de tensión porcentual de cortocircuito y sus componentes porcentuales. Dibujar el triángulo de caídas de tensión porcentuales. **(0,3 P)**
- c) Regulación de la tensión secundaria porcentual y tensión del secundario si el índice de carga es del 90% y el factor de potencia de la carga secundaria es de 0,75. **(0,4 P)**
- d) Rendimiento máximo del transformador. **(0,2 P)**



# SOLUCIÓNS

Proba B.2. - OPCIÓN 2

Problema 1



XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE

**Apartado A.**

Para verificar que os ensaios se fixeron de xeito correcto, sabemos que:

O ensaio de cortocircuíto  $\rightarrow I_{cc} = I_{L1}$

$$I_{L1} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot V_{L1}} = \frac{640.000}{\sqrt{3} \cdot 32.000} = 11,547 \text{ Amp}$$

O ensaio de baleiro  $\rightarrow$  Nun transformador de potencia a  $I_{baleiro} = 5\% \cdot I_{L1}$

$$I_b = \frac{5\% \cdot I_{L1}}{100} = \frac{5 \cdot 11,547}{100} = 0,577 \text{ Amp}$$

Á vista dos resultados, os ensaios sobre o transformador realizáronse baixo parámetros normalizados.

**Apartado B.**

Caída de tensión de cortocircuíto porcentual:

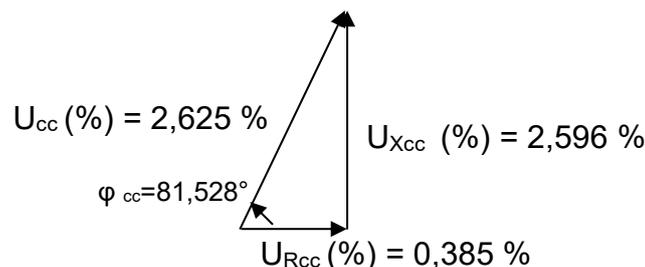
$$U_{cc}(\%) = \frac{V_{cc} \cdot 100}{U_{L1}} = \frac{840 \cdot 100}{32.000} = 2,625 \%$$

$$\cos \varphi_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_{cc} \cdot I_{cc}} = \frac{2.475}{\sqrt{3} \cdot 840 \cdot 11,547} = 0,147 \rightarrow \varphi_{cc} = \cos^{-1}(0,147) = 81,528^\circ$$

$$U_{R_{cc}}(\%) = U_{cc}(\%) \cdot \cos \varphi_{cc} = 2,625 \cdot 0,147 = 0,385 \%$$

$$U_{X_{cc}}(\%) = \sqrt{U_{cc}(\%)^2 - U_{R_{cc}}(\%)^2} = \sqrt{2,625^2 - 0,385^2} = 2,596 \%$$

O diagrama é:

**Apartado C.**

Regulación da tensión secundaria porcentual

$$\cos \varphi_2 = 0,75 \rightarrow \varphi_2 = \cos^{-1}(0,75) = 41,409^\circ \rightarrow \text{sen}(41,409) = 0,66$$

$$u(\%) = \beta \cdot (U_{R_{cc}}(\%) \cdot \cos \varphi_2 + U_{X_{cc}}(\%) \cdot \text{sen} \varphi_2) = 0,9 \cdot (0,385 \cdot 0,75 + 2,596 \cdot 0,66)$$

$$u(\%) = 1,801\%$$

$$V_2 = V_{2V} \cdot \left( \frac{100 - u(\%)}{100} \right) = 400 \cdot \left( \frac{100 - 1,801}{100} \right) = 392,79 \text{ Voltios}$$



#### Apartado D.

Para obter o rendemento máximo do transformador, temos que obter a potencia activa máxima do mesmo, a partir da expresión:

$$\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}} = \frac{S_1^2}{S_2^2} \rightarrow S_2 = S_1 \cdot \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{Cu}}} = 640.000 \cdot \sqrt{\frac{670}{2.475}} = 332.988,913 \text{ VA}$$

$$P_2 = S_2 \cdot \beta \cdot \cos \varphi = 332.988,9 \cdot 1 \cdot 0,75 = 249.741,684 \text{ w}$$

$$\text{Para un } \eta_{m\acute{a}x} \rightarrow P_{Cu} = P_{Fe} = 670 \text{ w}$$

$$\eta_{m\acute{a}x}(\%) = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = \left( \frac{249.741,684}{249.741,684 + 670 + 670} \right) \cdot 100 = \mathbf{99,466 \%}$$



2. **(0,75 P)** Quérese deseñar o esquema dun circuítu combinacional de catro entradas, tal que, a saída de dito circuítu tomará o valor 1 cando o número de variables de entrada activas sexa superior ó número de variables de entrada que permanecen a 0. Para isto haberá que:

- a) Realizar a táboa de verdade correspondente ás condicións do enunciado. **(0,25 P)**
- b) Obter a función lóxica representada en forma de suma de produtos e a súa expresión simplificada utilizando diagramas de Karnaugh. **(0,25 P)**
- c) Debuxar o circuítu combinacional utilizando unicamente portas NAND. **(0,25 P)**



2. **(0,75 P)** Se quiere diseñar el esquema de un circuito combinacional de cuatro entradas, tal que, la salida tomará valor 1 cuando el número de variables de entrada activas sea superior al número de variables de entrada que permanecen a 0. Para esto habrá que:

- a) Realizar la tabla de verdad correspondiente a las condiciones del enunciado. **(0,25 P)**
- b) Obtener la función lógica representada en forma de suma de productos y su expresión simplificada utilizando diagramas de Karnaugh. **(0,25 P)**
- c) Dibujar el circuito combinacional utilizando únicamente puertas NAND. **(0,25 P)**



# SOLUCIÓN

Proba B.2. - OPCIÓN 2

Problema 2



XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE

**Apartado A.**

Táboa de verdade

A	B	C	D	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

**Apartado B.**

Función Lóxica:  $S = \overline{A}BCD + A\overline{B}CD + ABC\overline{D} + ABC\overline{D} + ABCD$

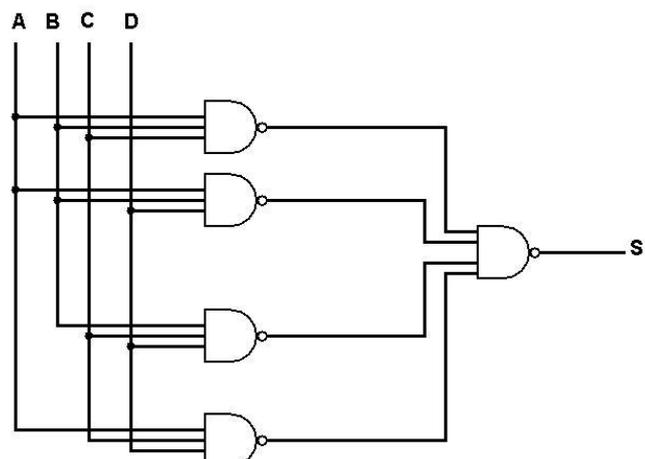
AB \ CD	00	01	11	10
00				
01			1	
11		1	1	1
10			1	

$$S = ABC + ABD + BCD + ACD = \overline{\overline{ABC} + \overline{ABD} + \overline{BCD} + \overline{ACD}} =$$

$$S = \overline{\overline{ABC} \cdot \overline{ABD} \cdot \overline{BCD} \cdot \overline{ACD}}$$

**Apartado C.**

Circuíto combinacional mediante portas NAND:





XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE



3. (2,5 P) Un edificio adicado principalmente a vivendas consta de:

- 4 vivendas de electrificación básica con IXA de 25 A.
- 4 vivendas de electrificación elevada con IXA de 50 A, das cales dúas delas teñen calefacción eléctrica e tarifa de discriminación horaria (TDH).
- 4 vivendas de electrificación elevada de 14.490 W, das cales dúas teñen bomba de calor e TDH.
- No baixo, sitúase un centro de saúde público de 370 m<sup>2</sup>, que conta cun subministro de reserva garantido por un grupo electrógeno.
- No subterráneo está o garaxe colectivo de 280 m<sup>2</sup> con ventilación forzada cun total de 40 prazas de aparcamento e ademais conta con infraestrutura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE), que non dispoñen de sistema de protección da liña (SPL) contra sobrecargas.
- Nos servizos xerais o bloque consta de:
  - Un ascensor ITA-2.
  - Un grupo de presión de 400/230 V, 3,2/9,63 A, 50 Hz e  $\cos \varphi = 0,84$ .
  - Unha bomba de achique para o garaxe de 400/230 V, 2,75/8,28 A, 50 Hz e  $\cos \varphi = 0,82$ .
  - Ilumínase os espazos comúns con 35 lámpadas led de 12 W cada unha.
  - Ambiéntanse os xardíns do bloque con 4 focos fluorescentes de 36 W cada un.

Calcular:

- a) Previsión de cargas do edificio. **(0,7 P)**
- b) Potencia aparente do transformador que integrará o CT do edificio considerando un factor de potencia global de 0,9. **(0,3 P)**
- c) Potencia do grupo electrógeno que dará servizo ó subministro de reserva do centro de saúde. Esquema unifilar normalizado das dúas liñas de alimentación ó centro de saúde situado no baixo co dispositivo de control para o seu correcto funcionamento. **(0,3 P)**
- d) Designación e cálculo da liña xeral de alimentación (LXA) trifásica, cuxa lonxitude é de 16,5 metros. Executarase con condutores de cobre unipolares con illamento en XLPE, instalados baixo tubo empotrados en obra. Determinar tamén o diámetro exterior da tubaxe. Considerarase o factor de potencia global do edificio de 0,9. A



caída de tensión porcentual máxima será a fixada pola normativa, para un edificio con centralización de contadores única. **(0,6 P)**

- e) Número de picas de terra necesarias de 6 m de lonxitude para que a resistencia de posta a terra sexa  $\leq 5 \Omega$ , se o terreo no que se sitúa o edificio ten unha resistividade de  $450 \Omega \cdot m$ , e dispón dun condutor de terra de cobre espido de  $35 \text{ mm}^2$  de sección, formando un rectángulo de 112 metros de perímetro instalado a unha profundidade de 0,9 metros. Determinar a banda de distancias mínima e máxima entre picas en metros. **(0,6 P)**



3. (2,5 P) Un edificio dedicado principalmente a viviendas consta de:

- 4 viviendas de electrificación básica con IGA de 25 A.
- 4 viviendas de electrificación elevada con IGA de 50 A, de las cuales dos de ellas tienen calefacción eléctrica y tarifa de discriminación horaria (TDH).
- 4 viviendas de electrificación elevada de 14.490 W, de las cuales dos tienen bomba de calor y TDH.
- En la planta de calle, se sitúa un centro de salud público de 370 m<sup>2</sup>, que cuenta con suministro de reserva garantizado por un grupo electrógeno.
- En la planta subterránea se ubica el garaje colectivo de 280 m<sup>2</sup> con ventilación forzada con un total de 40 plazas de aparcamiento y además cuenta con infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE), que no disponen de sistema de protección de línea (SPL) contra sobrecargas.
- En los servicios generales el bloque consta de:
  - Un ascensor ITA-2.
  - Un grupo de presión de 400/230 V, 3,2/9,63 A, 50 Hz y  $\cos \varphi = 0,84$ .
  - Una bomba de achique para el garaje de 400/230 V, 2,75/8,28 A, 50 Hz y  $\cos \varphi = 0,82$ .
  - Se iluminan los espacios comunes con 35 lámparas led de 12 W cada una.
  - Se ambientan los jardines del bloque con 4 focos fluorescentes de 36 W cada uno.

Calcular:

- a) Previsión de cargas del edificio. **(0,7 P)**
- b) Potencia aparente del transformador que integrará el CT del edificio considerando un factor de potencia global de 0,9. **(0,3 P)**
- c) Potencia del grupo electrógeno que dará servicio al centro de salud al suministro de reserva. Esquema unifilar normalizado de las dos líneas de alimentación al centro de salud situado en el bajo con el dispositivo de control para su correcto funcionamiento. **(0,3 P)**
- d) Designación y cálculo de la línea general de alimentación (LGA) trifásica, cuya longitud es de 16,5 metros. Se ejecutará con conductores de cobre unipolares con aislamiento en XLPE, instalados bajo tubo empotrados en obra. Determinar también el diámetro exterior del tubo. Se considerará el factor de potencia global del



edificio de 0,9. La caída de tensión porcentual máxima será la fijada por normativa, para un edificio con centralización de contadores única. **(0,6 P)**

- e) Número de picas de tierra necesarias de 6 m de longitud para que la resistencia de puesta a tierra sea  $\leq 5 \Omega$ , si el terreno en que se sitúa el edificio tiene una resistividad de  $450 \Omega \cdot m$ , y dispone de un conductor de tierra de cobre desnudo de  $35 \text{ mm}^2$  de sección, formando un rectángulo de 112 metros de perímetro instalado a una profundidad de 0,9 metros. Determinar la horquilla de distancias mínima y máxima entre picas en metros. **(0,6 P)**



# SOLUCIÓN

Proba B.2. - OPCIÓN 2

Problema 3



XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE



### Apartado A.

A previsión de cargas das vivendas sen TDH ( $P_{viv}$ ), é:

- 4 vivendas con IGA-25 A  $\rightarrow P = 5.750 \text{ w}$
- 2 vivendas con IGA-50 A  $\rightarrow P = 11.500 \text{ w}$
- 2 vivendas con IGA-63 A  $\rightarrow P = 14.490 \text{ w}$
- Coeficiente de simultaneidade para 8 vivendas é:  $C_s = 7$

$$P_{VIV_{sen TDH}} = \left( \frac{4 \cdot 5.750 + 2 \cdot 11.500 + 2 \cdot 14.490}{8} \right) \cdot 7 = 65.607,5 \text{ w}$$

A previsión de cargas das vivendas con TDH ( $P_{viv}$ ), é:

- 2 vivendas con IGA-50 A  $\rightarrow P = 11.500 \text{ w}$
- 2 vivendas con IGA-63 A  $\rightarrow P = 14.490 \text{ w}$
- Coeficiente de simultaneidade para 4 vivendas con TDH é:  $C_s = 1$

$$P_{VIV_{con TDH}} = (2 \cdot 11.500 + 2 \cdot 14.490) = 51.980 \text{ w}$$

A previsión de cargas total das vivendas, é:

$$P_{VIV} = P_{VIV_{con TDH}} + P_{VIV_{sen TDH}} = 65.607,5 + 51.980 = 117.587,5 \text{ w}$$

A previsión de cargas de servizos xerais ( $P_{sx}$ ), é:

$$P_{ILLU} = 35 \cdot 12 + 1,8 \cdot 4 \cdot 36 = 679,2 \text{ w}$$

$$P_M \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P_{ASC} = 1,3 \cdot 7.500 = 9.750 \text{ w} \\ P_{GP} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 3,2 \cdot 1,25 \cdot 0,84 = 2.327,876 \text{ w} \\ P_{BA} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 2,75 \cdot 0,82 = 1.562,309 \text{ w} \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} P_M = P_{ASC} + P_{GP} + P_{BA} = \\ P_M = 13.640,185 \text{ w} \end{array}$$

$$P_{SX} = P_{ILLU} + P_M = 679,2 + 13.640,185 = 14.319,385 \text{ w}$$

A previsión de cargas do garaxe ( $P_G$ ), é:

$$P_G = 20 \text{ W/m}^2 \cdot 280 \text{ m}^2 = 5.600 \text{ w} > P_{\text{mín G}} = 3.450 \text{ w}$$

$$P_G = 5.600 \text{ w}$$

A previsión de cargas da infraestrutura de recarga do vehículo eléctrico ( $P_{IRVE}$ ), é:

$$P_{IRVE} = (40 \cdot 0,1) \cdot 3.680 = 14.720 \text{ w}$$

A previsión de cargas dos locais comerciais ( $P_{LC}$ ), é:

$$P_L = 100 \text{ W/m}^2 \cdot 370 \text{ m}^2 = 37.000 \text{ w} > P_{\text{mín LC}} = 3.450 \text{ w}$$

E a potencia total ( $P_T$ ), prevista para o edificio é:

$$P_T = P_{VIV} + P_{SX} + P_{LC} + P_G + P_{IRVE} = 117.587,5 + 14.319,385 + 5.600 + 14.720 + 37.000 =$$

$$P_T = 189.226,885 \text{ w} \cong 189,23 \text{ kW}$$

Como a potencia total demandada é  $> 100 \text{ kW}$ , segundo o RD 1955/2000, hai obriga de reserva de local para aloxar o CT no edificio de estudo.

### Apartado B.

A potencia aparente do Trafo do CT, segundo a normativa contéplase un factor de ampliación coma mínimo dun 30%, e un factor de potencia de 0,9, sendo:

$$S = \frac{P \cdot 1,3}{\cos\varphi} = \frac{189.226,885 \cdot 1,3}{0,9} = 273.327,722 \text{ VA} = 273,33 \text{ kVA}$$

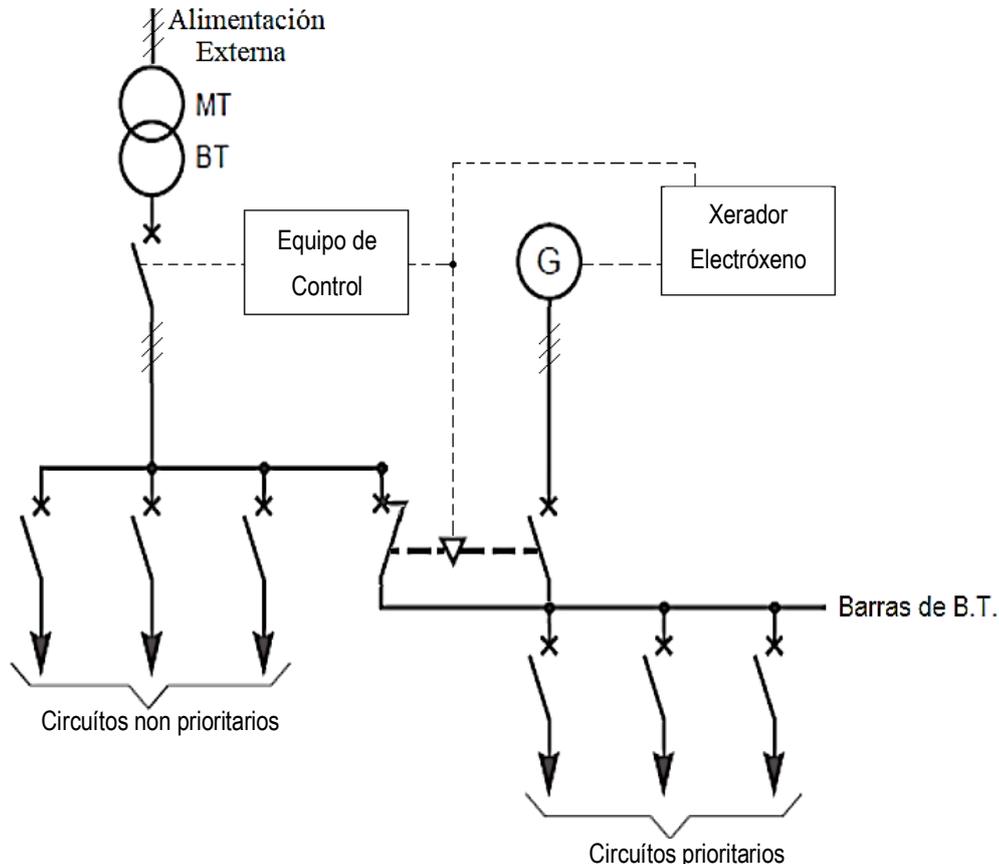
### Apartado C.

A potencia do grupo electrógeno do centro de saúde, segundo a ITC-BT-28, establece que o subministro de reserva debe cubrir como mínimo o 25% da potencia que demandan as instalacións que precisan de subministro de reserva, como é o caso dun centro de saúde.

$$P_{Sum. Reserva_{mín.}} = 25\% \cdot P_{C.Salud} = \frac{25 \cdot 37.000}{100} = 9.250 \text{ w}$$

$$P_{Sum. Reserva_{mín.}} = 9.250 \text{ w}$$

Esquema unifilar do sistema de alimentación e sistema de control do subministro de reserva para os circuitos non prioritarios e circuitos prioritarios.





#### Apartado D.

Para o cálculo da sección mínima da liña xeral de alimentación (LXA), compróbanse os dous criterios que lle afectan:

1. Criterio Térmico (máxima intensidade admisible):

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{189.226,885}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 303,47 \text{ Amperios}$$

Na Táboa. Intensidades máximas admisibles para instalacións non enterradas, Táboa C.52.1 bis:

- Fila: Instalación tipo **A1**
  - Columna: Circuito XLPE 3 (columna 6b)
  - Táboa Cu
- } Sección de 240 mm<sup>2</sup>, ten  
 $I_z = 345 \text{ A}$

$$I_z = 345 \text{ A} > I_b = 303,47 \text{ Amperios}$$

**Sección de 240 mm<sup>2</sup> é válida por criterio térmico**

2. Criterio de caída de tensión (máxima cdt permitida na liña): A LXA con centralización de contadores única, implica que a cdt (%) máx ≤ 0,5 %

- cdt (V) máx ≤ 2 Voltios
- $\sigma_{\text{Cu-XLPE (90 °C)}} = 45,49 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
- $\varphi = \cos^{-1}(0,9) = 25,84^\circ \rightarrow \text{sen } 25,84 = 0,436$
- Como a sección > 120 mm<sup>2</sup>,  $x \neq 0 \Omega$  e  $k = 0,25$  para  $s = 240 \text{ mm}^2$

Para un cable de 1 metro de lonxitude:

$$r = \frac{\rho \cdot l}{s} = \frac{0,0220 \cdot 1}{240} = 9,167 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$$

$$x = k \cdot r = 0,25 \cdot 9,167 \cdot 10^{-5} = 2,291 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$$

$$\text{cdt}(v)_{240 \text{ mm}^2} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (r \cdot \cos\varphi + x \cdot \text{sen}\varphi)$$

$$\text{cdt}(v)_{240 \text{ mm}^2} = \sqrt{3} \cdot 303,47 \cdot 16,5 \cdot (9,167 \cdot 10^{-5} \cdot 0,9 + 2,291 \cdot 10^{-5} \cdot 0,436) =$$

$$\text{cdt}(v)_{240 \text{ mm}^2} = 0,802 \text{ Voltios}$$

$$\text{cdt}(v)_{150 \text{ mm}^2} = 0,802 \text{ V} < \text{cdt}(v)_{\text{máx}} = 2 \text{ V}$$

Por tanto, a sección de 240 mm<sup>2</sup> é válida por caída de tensión. A designación é:

- **RZ1-K 0,6/1 kV 4x240 mm<sup>2</sup>**

Admítese que a sección do neutro da metade da sección de fase (segundo a ITC-BT-14), aínda que non coñecemos os máximos desequilibrios posibles (nese caso a designación é: **RZ1-K 0,6/1 kV 3x240/120 mm<sup>2</sup>**).

- Diámetro da tubaxe = 160 mm (segundo a táboas da ITC-BT-14).



### Apartado E.

A resistencia do sistema de posta a terra (PaT), é a asociación en paralelo da resistencia total de todas as picas verticais coa resistencia de todo o condutor horizontal enterrado.

Imos determinar cada un de eles:

- Resistencia dunha sola pica vertical:

$$R_{1p} = \frac{\rho_{\text{terreno}}}{L_{\text{pica}}} = \frac{450 \Omega \cdot m}{6 m} = 75 \Omega$$

- Resistencia do condutor horizontal enterrado:

$$R_{CHE} = \frac{2 \cdot \rho_{\text{terreno}}}{L_{CHE}} = \frac{2 \cdot 450 \Omega \cdot m}{112 m} = 8,036 \Omega$$

- A resistencia total do sistema de PaT ( $R_T = 5 \Omega$ ), é a asociación en paralelo da resistencia de todas as picas ( $R_{Tp}$ ), co condutor horizontal enterrado ( $R_{CHE}$ ).

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{Tp}} + \frac{1}{R_{CHE}} \rightarrow R_{Tp} = \frac{1}{\frac{1}{R_T} - \frac{1}{R_{CHE}}} = \frac{1}{\frac{1}{5} - \frac{1}{8,036}} =$$

$$R_{Tp} = 13,234 \Omega$$

- Resistencia total das picas verticais ( $R_{Tp} = 13,234 \Omega$ ): é o paralelo de todas as picas verticais fincadas no sistema de PaT.

$$R_{Tp} = \frac{R_{1pica}}{n^{\circ} picas} \rightarrow n^{\circ} picas = \frac{R_{1pica}}{R_{Tp}} = \frac{75}{13,234} =$$

$$n^{\circ} picas = 5,66 picas \cong 6 picas$$

Distancia entre picas, segundo a ITC-BT-18, na guía técnica de aplicación, indica que a distancia mínima entre picas como mínimo será o dobre da lonxitude das picas:

$$D_{\text{mín. picas}} \geq 2 \cdot L_{\text{picas}}$$

$$D_{\text{mín. picas}} \geq 2 \cdot 6 m \geq 12 metros$$

A lonxitude total do condutor horizontal enterrado son 112 metros, así a distancia máxima será:

$$D_{\text{máx. picas}} = \frac{L_{CHE}}{n} = \frac{112}{6} = 18,67 metros$$

O rango de distancias entre picas será:

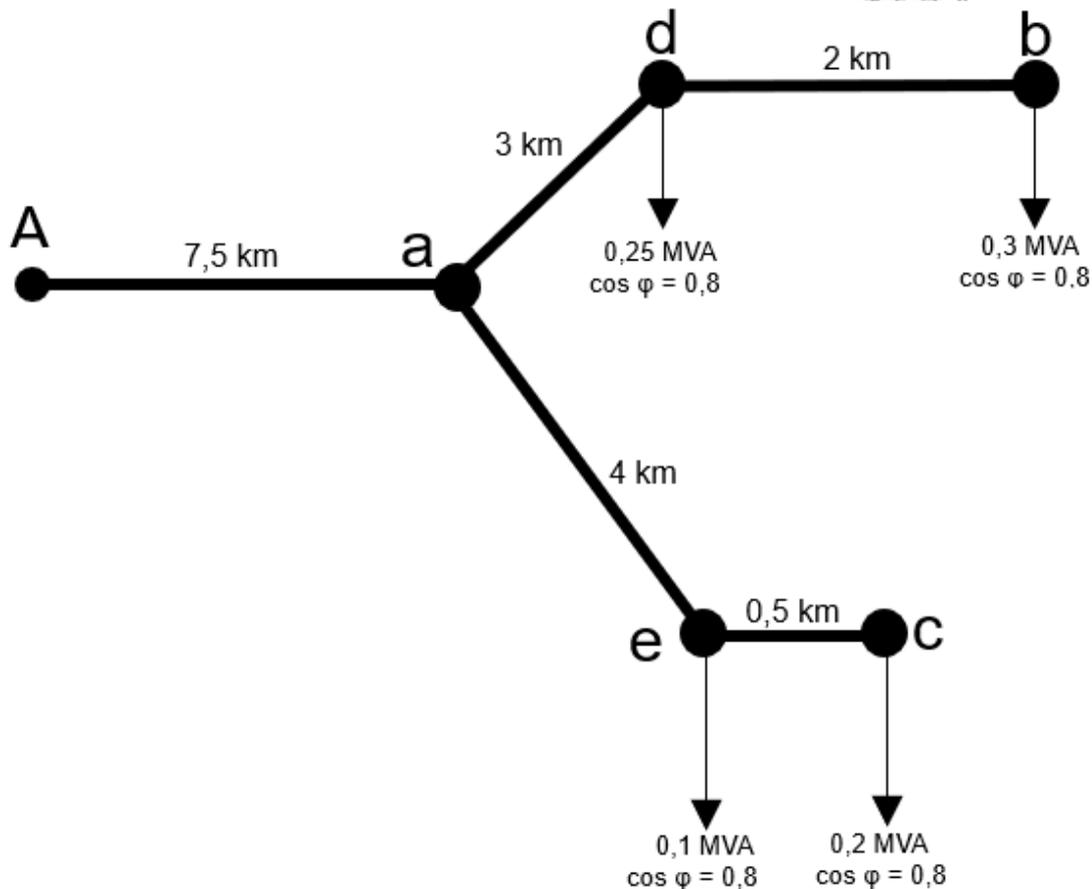
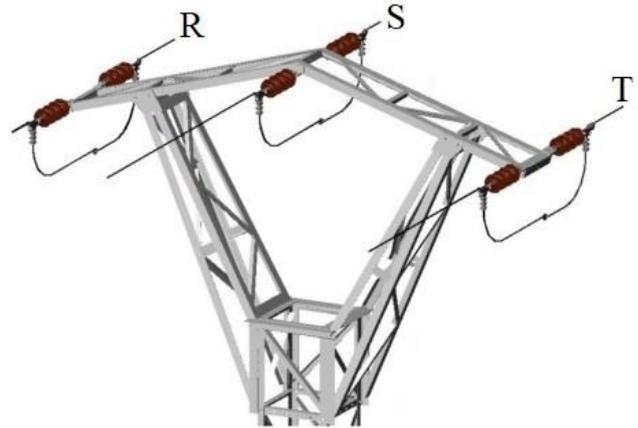
$$D_{\text{mín. picas}} = 12 m \geq D_{\text{picas}} \geq D_{\text{máx. picas}} = 18,67 m$$

4. (1,5 P) Nas figuras represéntase unha liña trifásica de 24 kV, 50 Hz, que alimenta con sección non uniforme as cargas en MVA.

O tramo principal "Aadb" está executado cun cable de aluminio aceiro 94-AL1/22-ST1A (antigamente denominado LA-110) e a derivación "aec" está executada cun cable de aluminio aceiro 47-AL1/8-ST1A (antigamente denominado LA-56). Toda a liña está tendida sobre apoios de celosía (metálicos), con bóveda horizontal C-9000-12 e cadeas de illadores en amarre como os da figura, onde as distancias entre fases son:  $D_{RS} = D_{ST} = 3,2$  m e  $D_{RT} = 6,4$  m.

Calcular dos tramos "Aadb" e "aec":

- Impedancia. (0,3 P)
- Momento eléctrico. (0,2 P)
- Caída de tensión. (0,7 P)
- Perda de potencia. (0,3 P)



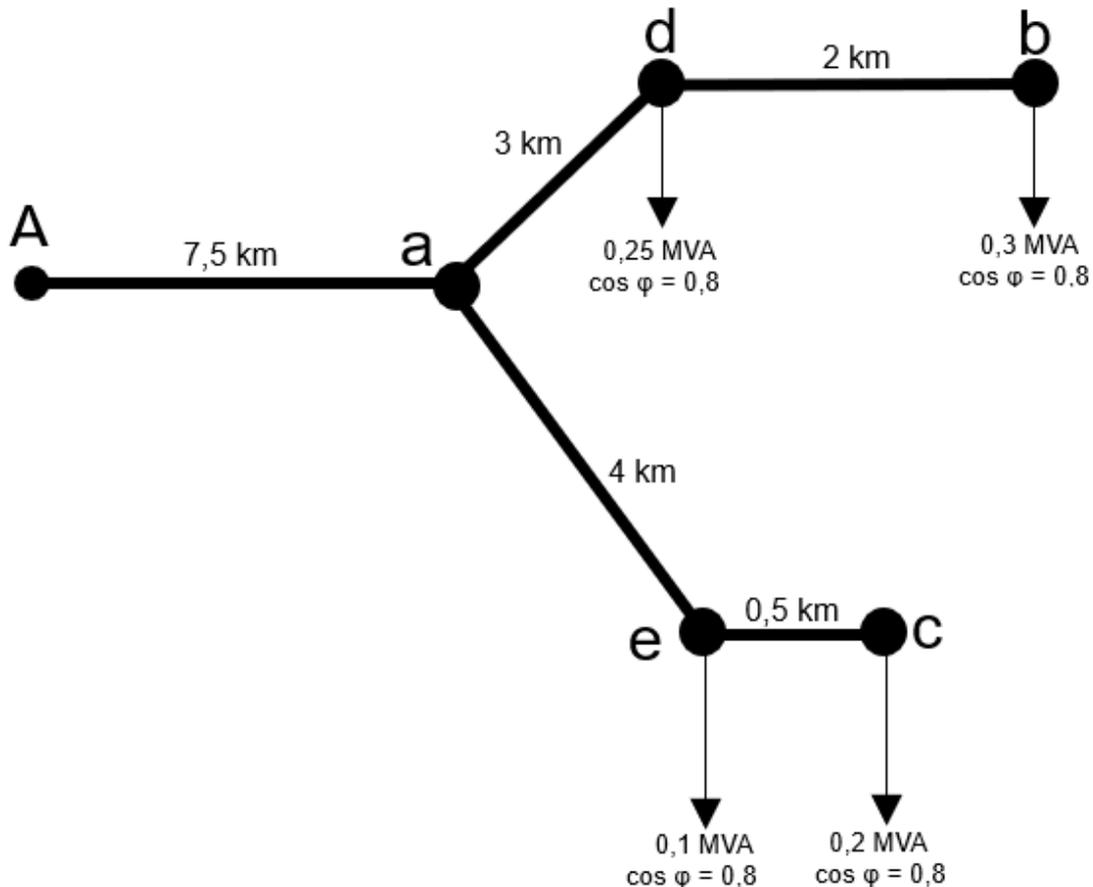
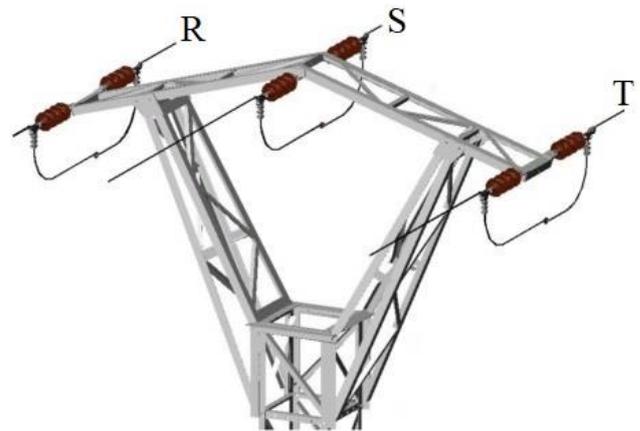
4. (1,5 P) En las figuras se representan una línea trifásica de 24 kV, 50 Hz, que alimenta con sección no uniforme a las cargas expresadas en MVA.

El tramo principal "Aadb" está ejecutado con un cable de aluminio acero 94-AL1/22-ST1A (antiguamente denominado LA-110) y la derivación "aec" está ejecutada con un cable de aluminio acero 47-AL1/8-ST1A (antiguamente denominado LA-56).

Toda la línea está tendida sobre apoyos de celosía (metálicos), con bóveda horizontal C-9000-12 y cadenas de aisladores en amarre como el de la figura, donde las distancias entre las fases son:  $D_{RS} = D_{ST} = 3,2$  m y  $D_{RT} = 6,4$  m.

Calcular de los tramos "Aadb" y "aec":

- Impedancia. (0,3 P)
- Momento eléctrico. (0,2 P)
- Caída de tensión. (0,7 P)
- Pérdida de potencia. (0,3 P)





# SOLUCIÓN

Proba B.2. - OPCIÓN 2

Problema 4



XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE

**Apartado A.**

Para calcular a impedancia da liña, hai que determinar os valores de resistencia e reactancia da mesma. O primeiro dato se obtén de táboas do fabricante, o segundo parámetro se calcula en función dos valores obtidos de táboas e a distancia entre fases. Neste caso, as fases non están situadas nos vértices do triángulo isósceles, polo que hai que calcular a distancia media entre as 3 fases (en cm), que é:

$$D = \sqrt[3]{D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{RT}} = \sqrt[3]{3,2 \cdot 3,2 \cdot 6,4} = 4,03 \text{ m} = 403 \text{ cm}$$

Na liña, hai dous tipos de condutores, polo que haberá que calcular os dous coeficientes de indución de cada tipo das liñas:

- No tramo “Aadb”, que emprega condutor LA-110 composto por 30 fíos de aluminio sobre 7 fíos de aceiro, a súa constante k é 0,53 (segundo táboas do anexo):

$$L_{KLA-110} = \left( k + 4,6 \cdot \log \frac{D}{r} \right) \cdot 10^{-4} = \left( 0,53 + 4,6 \cdot \log \left( \frac{403}{0,7} \right) \right) \cdot 10^{-4} =$$

$$L_{KLA-110} = 1,322 \times 10^{-3} \text{ H/Km}$$

- No tramo “aec”, que emprega condutor LA-56 composto por 6 fíos de aluminio sobre 1 fío de aceiro, a súa constante k é 0,64 (segundo táboas do anexo):

$$L_{KLA-56} = \left( k + 4,6 \cdot \log \frac{D}{r} \right) \cdot 10^{-4} = \left( 0,64 + 4,6 \cdot \log \left( \frac{403}{0,4725} \right) \right) \cdot 10^{-4} =$$

$$L_{KLA-56} = 1,412 \times 10^{-3} \text{ H/Km}$$

As reactancias lineais, dos tramos anteriormente mencionados son:

$$x_{LLA-110} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_{KLA-110} = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1,322 \times 10^{-3} = 0,4155 \text{ } \Omega / \text{Km}$$

$$x_{LLA-56} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_{KLA-56} = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1,412 \times 10^{-3} = 0,4436 \text{ } \Omega / \text{Km}$$

Coñecidas as resistencias (segundo táboas), e reactancias dos dous tipos de condutor, procedemos ó cálculo das impedancias correspondentes:

$$Z_{LLA-110} = \sqrt{r_{LLA-110}^2 + x_{LLA-110}^2} = \sqrt{0,3067^2 + 0,4155^2} = 0,5164 \text{ } \Omega / \text{Km}$$

$$Z_{Aadb} = L_{Aadb} \cdot Z_{LLA-110} = 12,5 \text{ Km} \cdot 0,5164 \text{ } \Omega / \text{Km} = 6,455 \text{ } \Omega$$

$$Z_{LLA-56} = \sqrt{r_{LLA-56}^2 + x_{LLA-56}^2} = \sqrt{0,6129^2 + 0,4436^2} = 0,7565 \text{ } \Omega / \text{Km}$$

$$Z_{aec} = L_{aec} \cdot Z_{LLA-56} = 4,5 \text{ Km} \cdot 0,7565 \text{ } \Omega / \text{Km} = 3,4046 \text{ } \Omega$$



### Apartado B.

O momento eléctrico dunha liña é o sumatorio dos produtos das potencias en kW dos receptores pola distancia ata a orixe en Km de ditos receptores ó longo da liña.

$$M_E = \sum (L \cdot P) \quad [Km \cdot kW]$$

Os momentos eléctricos dos tramos "Aadb" e "Aaec" son:

$$M_{E_{Aadb}} = \sum (L_{Aad} \cdot P_d + L_{Aadb} \cdot P_b) = (10,5 \cdot 250 \cdot 0,8 + 12,5 \cdot 300 \cdot 0,8) =$$

$$M_{E_{Aadb}} = 5.100 \text{ Km} \cdot \text{kW}$$

$$M_{E_{aec}} = \sum (L_{ae} \cdot P_e + L_{aec} \cdot P_c) = (4 \cdot 100 \cdot 0,8 + 4,5 \cdot 200 \cdot 0,8) =$$

$$M_{E_{aec}} = 1.040 \text{ Km} \cdot \text{kW}$$

### Apartado C.

Os condutores LA-56 e LA-110, son condutores compostos por aluminio e aceiro, polo que a súa condutividade non se obtén directamente de táboas (o fabricante non as facilita), pero se pode calcular a través do seu valor de resistencia lineal, de xeito que:

$$r = \rho \cdot \frac{l}{s} \rightarrow \rho = \frac{r \cdot s}{l} \quad \longrightarrow \quad \left\{ \begin{array}{l} r = \text{resistencia } (\Omega) \\ s = \text{sección } (\text{mm}^2) \\ l = \text{lonxitude } (\text{m}) \\ \rho = \text{resistividade } (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}) \end{array} \right.$$

$$\rho_{LA-56} = \frac{0,6129 \cdot 54,6}{1.000} = 0,0334 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\sigma_{LA-56} = \frac{1}{\rho_{LA-56}} = 29,88 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$$

$$\rho_{LA-110} = \frac{0,3067 \cdot 116,2}{1.000} = 0,0356 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\sigma_{LA-110} = \frac{1}{\rho_{LA-110}} = 28,05 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$$

A caída de tensión dos distintos tramos é:

$$cdt(V)_{Aadb} = \frac{\sum(L \cdot P)}{\sigma \cdot s \cdot U_L} = \frac{5.100 \cdot 10^6}{28,05 \cdot 116,2 \cdot 24.000} = 65,19 \text{ Voltios}$$

$$cdt(\%)_{Aadb} = \frac{cdt(V)_{Aadb} \cdot 100}{U_L} = \frac{65,19 \cdot 100}{24.000} = 0,271\%$$

$$cdt(V)_{aec} = \frac{\sum(L \cdot P)}{\sigma \cdot s \cdot U_L} = \frac{1.040 \cdot 10^6}{29,88 \cdot 54,6 \cdot 24.000} = 26,56 \text{ Voltios}$$

$$cdt(\%)_{aec} = \frac{cdt(V)_{Aadb} \cdot 100}{U_L} = \frac{26,56 \cdot 100}{24.000} = 0,110\%$$



#### Apartado D.

Determinamos a perda de potencia de cada tramo, e acto seguido calcúlase a total mediante a suma de cada unha das partes:

$$P_{p_{Aadb}}(\%) = \frac{r_{LA-110}}{10 \cdot U_L^2 \cdot \cos\varphi^2} \cdot \sum (L \cdot P) = \frac{0,3067}{10 \cdot 24^2 \cdot 0,8^2} \cdot 5.100$$

$$P_{p_{Aadb}}(\%) = \mathbf{0,424\%}$$

$$P_{p_{aec}}(\%) = \frac{r_{LA-56}}{10 \cdot U_L^2 \cdot \cos\varphi^2} \cdot \sum (L \cdot P) = \frac{0,6129}{10 \cdot 24^2 \cdot 0,8^2} \cdot 1.040$$

$$P_{p_{aec}}(\%) = \mathbf{0,173\%}$$

A perda de potencia total da rede é:

$$P_{p_{Total}} = P_{p_{Aadb}}(\%) + P_{p_{aec}}(\%) = 0,424 + 0,173 = \mathbf{0,597\%}$$



XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE



5. **(0,75 P)** Tense un motor de CC con excitación serie cunha resistencia do bobinado indutor (serie) de  $0,05 \Omega$ , unha resistencia do bobinado inducido de  $0,19 \Omega$  e un bobinado de conmutación de resistencia  $0,11 \Omega$ . Considérase unha caída de tensión por contacto de cada escobilla co colector de delgas de  $0,5 \text{ V}$ . Cando o motor se conecta a unha tensión externa de  $230 \text{ V}$  traballando a plena carga a unha velocidade de  $1.200 \text{ rpm}$ , obtense unha potencia de saída de  $15 \text{ CV}$  cun rendemento do  $79,6\%$ . Calcular nas condicións descritas:

- a) Intensidade consumida polo motor. **(0,15 P)**
- b) Valor da f.c.e.m. que presenta o motor. **(0,15 P)**
- c) Momento ou par de rotación útil. **(0,15 P)**
- d) Par electromagnético. **(0,15 P)**
- e) Potencia total que se perde por efecto Joule nos bobinados e nas escobillas. **(0,15 P)**



5. **(0,75 P)** Se tiene un motor de CC con excitación serie con una resistencia del devanado inductor (serie) de  $0,05 \Omega$ , una resistencia del devanado inducido de  $0,19 \Omega$  y un bobinado de conmutación de resistencia  $0,11 \Omega$ . Se considera una caída de tensión por contacto de cada escobilla con el colector de delgas de  $0,5 \text{ V}$ . Cuando el motor se conecta a una tensión externa de  $230 \text{ V}$  trabajando a plena carga a una velocidad de  $1.200 \text{ rpm}$ , se obtiene una potencia de salida de  $15 \text{ CV}$  con un rendimiento del  $79,6\%$ .

Calcular en las condiciones descritas:

- a) Intensidad consumida por el motor. **(0,15 P)**
- b) Valor de la f.c.e.m. que presenta el motor. **(0,15 P)**
- c) Momento o par de rotación útil. **(0,15 P)**
- d) Par electromagnético. **(0,15 P)**
- e) Potencia total que se pierde por efecto Joule en los devanados y en las escobillas.  
**(0,15 P)**



# SOLUCIÓN

Proba B.2. - OPCIÓN 2

Problema 5



XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE



### Apartado A.

A potencia eléctrica absorbida polo motor é:

$$P = \frac{P_{mec}}{\eta} = \frac{15 \cdot 736}{0,796} = 13.869,35 \text{ W}$$

Como  $P_u = V_b \cdot I$ , logo:

$$I = \frac{P_u}{V_b} = \frac{13.869,35}{230} = 60,30 \text{ A}$$

### Apartado B.

O valor da f.c.e.m. calcúlase:

$$E' = V_b - [(r + R_c + R_s) \cdot I] - 2 \cdot V_e$$

$$E' = 230 - [(0,19 + 0,11 + 0,05) \cdot 60,3] - (2 \cdot 0,5)$$

$$\mathbf{E' = 207,89 \text{ Voltios}}$$

### Apartado C.

Expresión da velocidade angular en rad/s:

$$\omega = 2\pi \cdot \frac{1200}{60} = 40\pi \text{ rad/s}$$

Cálculo do par de rotación útil:

$$M_u = \frac{P_{mec}}{\omega} = \frac{15 \cdot 736}{40\pi} = 87,85 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### Apartado D.

Para calcular a potencia electromagnética:

$$P_{em} = E' \cdot I = 207,89 \cdot 60,3 = 12.535,76 \text{ W}$$

Así, obtense o par electromagnético:

$$M = \frac{P_{em}}{\omega} = \frac{12.535,76}{40\pi} = 99,75 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### Apartado E.

Potencia perdida por efecto Joule nos bobinados e nas escobillas:

$$P_{Cu} = [(r + R_c + R_s) \cdot I^2] + 2 \cdot V_e \cdot I$$

$$P_{Cu} = [(0,19 + 0,11 + 0,05) \cdot 60,3^2] + (2 \cdot 0,5 \cdot 60,3) = \mathbf{1.332,93 \text{ W}}$$



XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE



**6. (2 P)** Na azotea dun edificio de vivendas instálase un depósito auxiliar de auga de 1.200 litros, que se enche mediante unha bomba (%Q0.0).

Para coñecer o nivel de auga que hai no depósito en cada momento utilízase un sensor de nivel ultrasónico, que proporciona unha saída entre 4 e 20 mA. O sensor está calibrado de xeito que para 0 litros proporciona 20 mA e para 1.200 litros proporciona 4 mA (%IW30).

O fluxo dende a bomba utilizada para encher o depósito estará controlado por unha electroválvula controlada por medio dun sinal analóxico entre 0 e 10 V (%QW30).

Deberase realizar un programa en linguaxe de contactos para o control do depósito mediante un PLC, tendo en conta as características reflectidas nas táboas. Os pasos a seguir serán os que se enuncian a continuación.

- a) Realizar o escalado da entrada conectada ó sensor de nivel (%IW30), de xeito que se garde na memoria nunha variable de tipo real o valor do nivel en litros. Para este escalado utilizaranse funcións matemáticas básicas de dúas entradas (suma, resta, multiplicación e/ou división). **(0,5 P)**
- b) A consigna de control da electroválvula proporcionarase en porcentaxe de apertura (de 0% a 100%), podendo proporcionar ata dous decimais, polo que haberá que realizar o escalado da mesma para poder levalo á saída analóxica %QW30, utilizando o mesmo tipo de funcións que no apartado anterior. **(0,5 P)**
- c) Realizar o control do enchido do depósito atendendo ás seguintes condicións **(1 P)**:
  - Teremos un selector que na posición 0 (%I0.1) desactivará o proceso de enchido do depósito e na posición 1 (%I0.0) activará o control automático do mesmo.
  - Co control automático activado, manterase activa a bomba (%Q0.0), e programaranse as seguintes situacións, que se manterán nun ciclo continuo:
    - Se no depósito hai menos de 100 litros, coa bomba activa, a electroválvula permitirá un caudal do 100%.
    - Entre 100 e 750 litros, ambos incluídos, o caudal será do 60%.
    - Cando se superen os 750 litros e ata os 1.100 litros, funcionará ó 20%.
    - Se se superan os 1.150 litros ou se dispara o térmico que protexe a bomba (%I0.2), suporase que é unha situación de risco, así que se



deterá a bomba e pecharase a electroválvula ata que o nivel volva estar por debaixo de 1.100 litros ou se rearme o térmico, momento no que se activará de novo a bomba.

Sistema		Rango de medida de Intensidad		
Decimal	Hexadecimal	De 0 mA a 20 mA	De 4 mA a 20 mA	
32767	7FFF	23,70 mA	22,96 mA	Rebase por exceso
32512	7F00			
32511	7EFF	23,52 mA	22,81 mA	Rango de sobreimpulso
27649	6C01			
27648	6C00	20 mA	20 mA	Rango nominal
20736	5100	15 mA	16 mA	
1	1	723,4 nA	4 mA + 578,7 nA	
0	0	0 mA	4 mA	
-1	FFFF			
-4864	ED00	-3,52 mA	1,185 mA	Rango de subimpulso
-4865	ECFF			Rebase por defecto
-32768	8000			

Tipo de datos	Tamaño en bits	Rango numérico	Ejemplos de constante	Ejemplos de dirección
Real	32	-3.402823e+38 a -1.175 495e-38, ±0, +1.175 495e-38 a +3.402823e+38	123.456, -3.4, 1.0e-5	MD100, DB1.DBD8, Nombre_variable
LReal	64	-1,7976931348623158e+308 a -2,2250738585072014e-308, ±0, +2,2250738585072014e-308 a +1,7976931348623158e+308	12345,123456789e40, 1.2E+40	Nombre_DB.nombre_var Reglas: <ul style="list-style-type: none"> <li>No se soporta el direccionamiento directo</li> <li>Se puede asignar en una tabla de interfaz de OB, FB o FC</li> </ul>



**6. (2 P)** En la azotea de un edificio de viviendas se instala un depósito auxiliar de agua de 1.200 litros, que se llena por medio de una bomba (%Q0.0). Para conocer el nivel de agua que hay en el depósito en cada momento se utiliza un sensor de nivel ultrasónico, que proporciona una salida entre 4 y 20 mA (%IW30). El sensor está calibrado de modo que para 0 litros proporciona 20 mA y para 1.200 litros proporciona 4 mA.

El flujo desde la bomba utilizada para llenar el depósito estará controlado por una electroválvula controlada por medio de una señal analógica entre 0 y 10 V (%QW30).

Se deberá realizar un programa en lenguaje de contactos para el control del depósito mediante un PLC, teniendo en cuenta las características reflejadas en las tablas. Los pasos a seguir serán los que se enuncian a continuación:

- a) Realizar el escalado de la entrada conectada al sensor de nivel (%IW30), de modo que se guarde en la memoria en una variable de tipo real el valor del nivel en litros. Para este escalado se utilizarán funciones matemáticas básicas de dos entradas (suma, resta, multiplicación y/o división). **(0,5 P)**
- b) La consigna de control de la electroválvula se proporcionará en porcentaje de apertura (de 0 % a 100 %), pudiendo proporcionar hasta dos decimales, por lo que habrá que realizar el escalado de la misma para poder llevarlo a la salida analógica %QW30, utilizando el mismo tipo de funciones que en el apartado anterior. **(0,5 P)**
- c) Realizar el control del llenado del depósito atendiendo a las siguientes condiciones **(1 P)**:
  - Tendremos un selector que en la posición 0 (%I0.1) desactivará el proceso de llenado del depósito y en la posición 1 (%I0.0) activará el control automático del mismo.
  - Con el control automático activado, se mantendrá activa la bomba (%Q0.0), y se programarán las siguientes situaciones, que se mantendrán en un ciclo continuo:
    - Si en el depósito hay menos de 100 litros, con la bomba activa, la electroválvula permitirá un caudal de 100%.
    - Entre 100 y 750 litros, ambos incluidos, el caudal será del 60%.
    - Cuando se superen los 750 litros y hasta los 1.100 litros, permitirá un caudal del 20%.



- Si se superan los 1.150 litros o se dispara el térmico que protege la bomba (%I0.2), se supondrá que es una situación de riesgo, así que se detendrá la bomba y se cerrará la electroválvula hasta que el nivel vuelva a estar por debajo de 1.100 litros o se rearme el térmico, momento en el que la bomba se activará de nuevo.

Sistema		Rango de medida de intensidad		
Decimal	Hexadecimal	De 0 mA a 20 mA	De 4 mA a 20 mA	
32767	7FFF	23,70 mA	22,96 mA	Rebase por exceso
32512	7F00			
32511	7EFF	23,52 mA	22,81 mA	Rango de sobreimpulso
27649	6C01			
27648	6C00	20 mA	20 mA	Rango nominal
20736	5100	15 mA	16 mA	
1	1	723,4 nA	4 mA + 578,7 nA	
0	0	0 mA	4 mA	
-1	FFFF			
-4864	ED00	-3,52 mA	1,185 mA	Rango de subimpulso
-4865	ECFF			Rebase por defecto
-32768	8000			

Tipo de datos	Tamaño en bits	Rango numérico	Ejemplos de constante	Ejemplos de dirección
Real	32	-3.402823e+38 a -1.175 495e-38, ±0, +1.175 495e-38 a +3.402823e+38	123.456, -3.4, 1.0e-5	MD100, DB1.DBD8, Nombre_variable
LReal	64	-1,7976931348623158e+308 a -2,2250738585072014e-308, ±0, +2,2250738585072014e-308 a +1,7976931348623158e+308	12345, 123456789e40, 1.2E+40	Nombre_DB.nombre_var Reglas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se soporta el direccionamiento directo</li> <li>• Se puede asignar en una tabla de interfaz de OB, FB o FC</li> </ul>



# SOLUCIÓN

Proba B.2. - OPCIÓN 2

Problema 6



XUNTA  
DE GALICIA

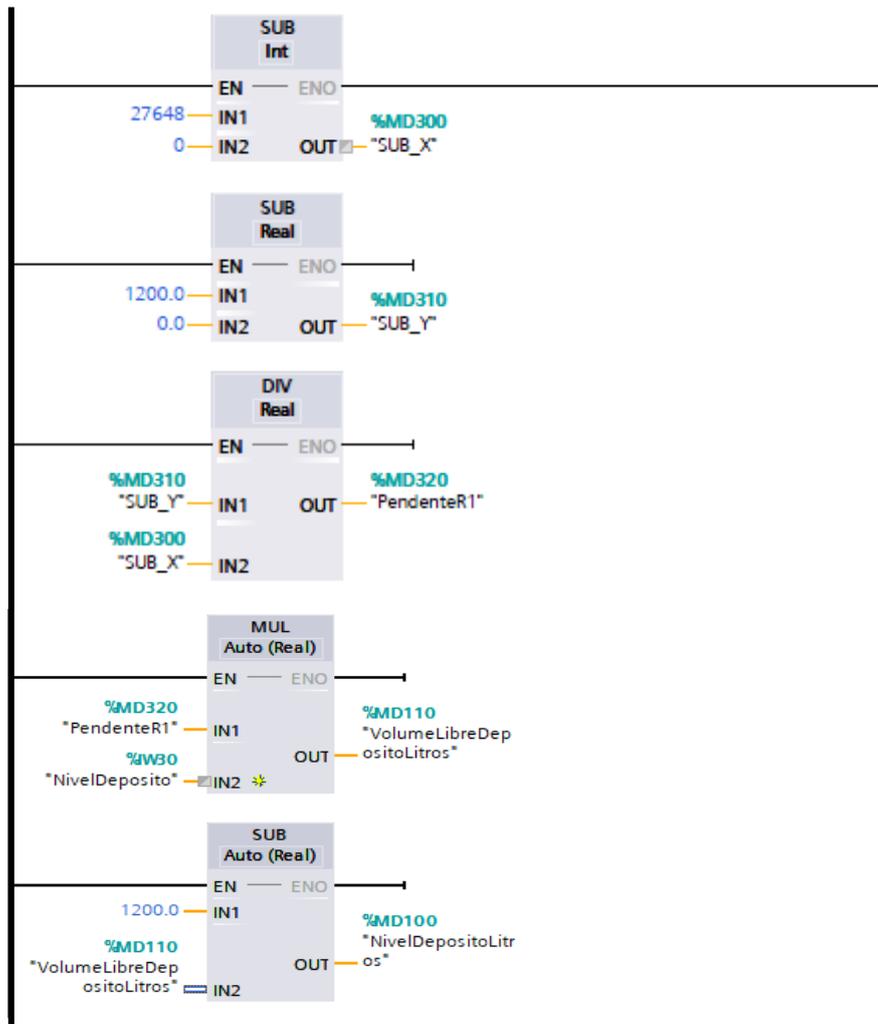
CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE

**Apartado A.**

Variable	Tipo de Variable	Dirección
Marcha	Bool	%I0.0
Paro	Bool	%I0.1
Térmico	Bool	%I0.2
NivelDepósito	Int	%IW30
Electroválvula	Int	%QW30
Bomba	Bool	%Q0.0
NivelDepósitoLitros	Real	%MD100
AperturaElectroválvulaPorcentaxe	Real	%MD200

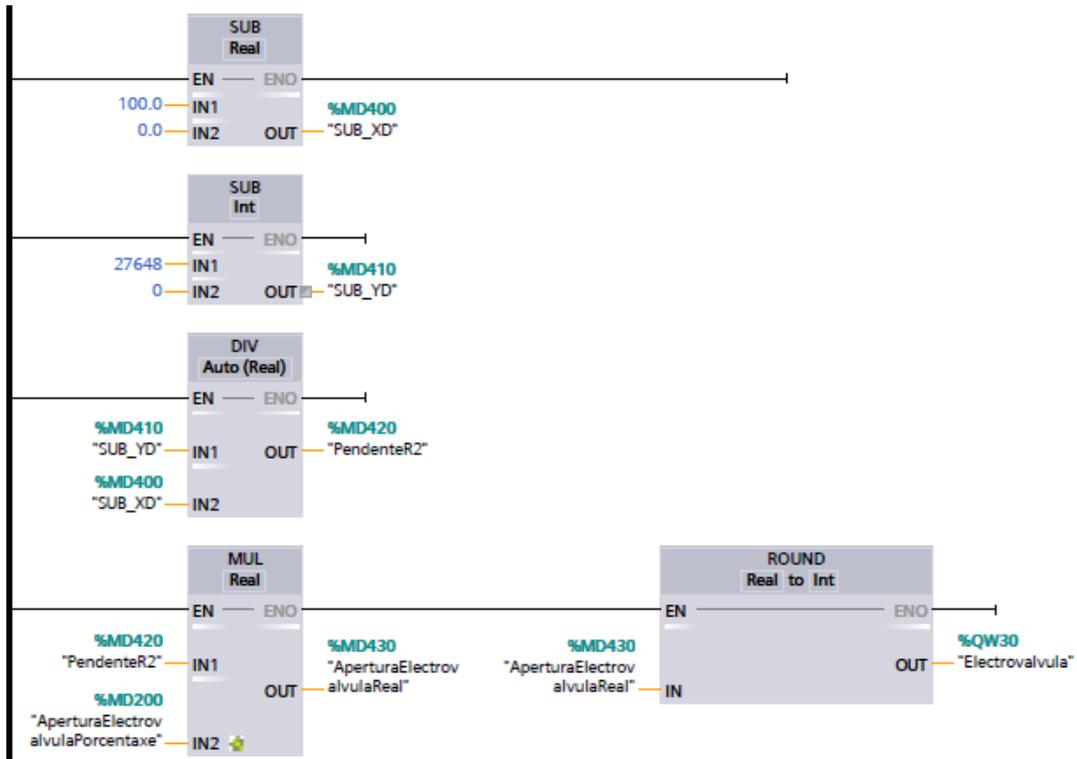
Segmento 1: Escalado de nivel en litros





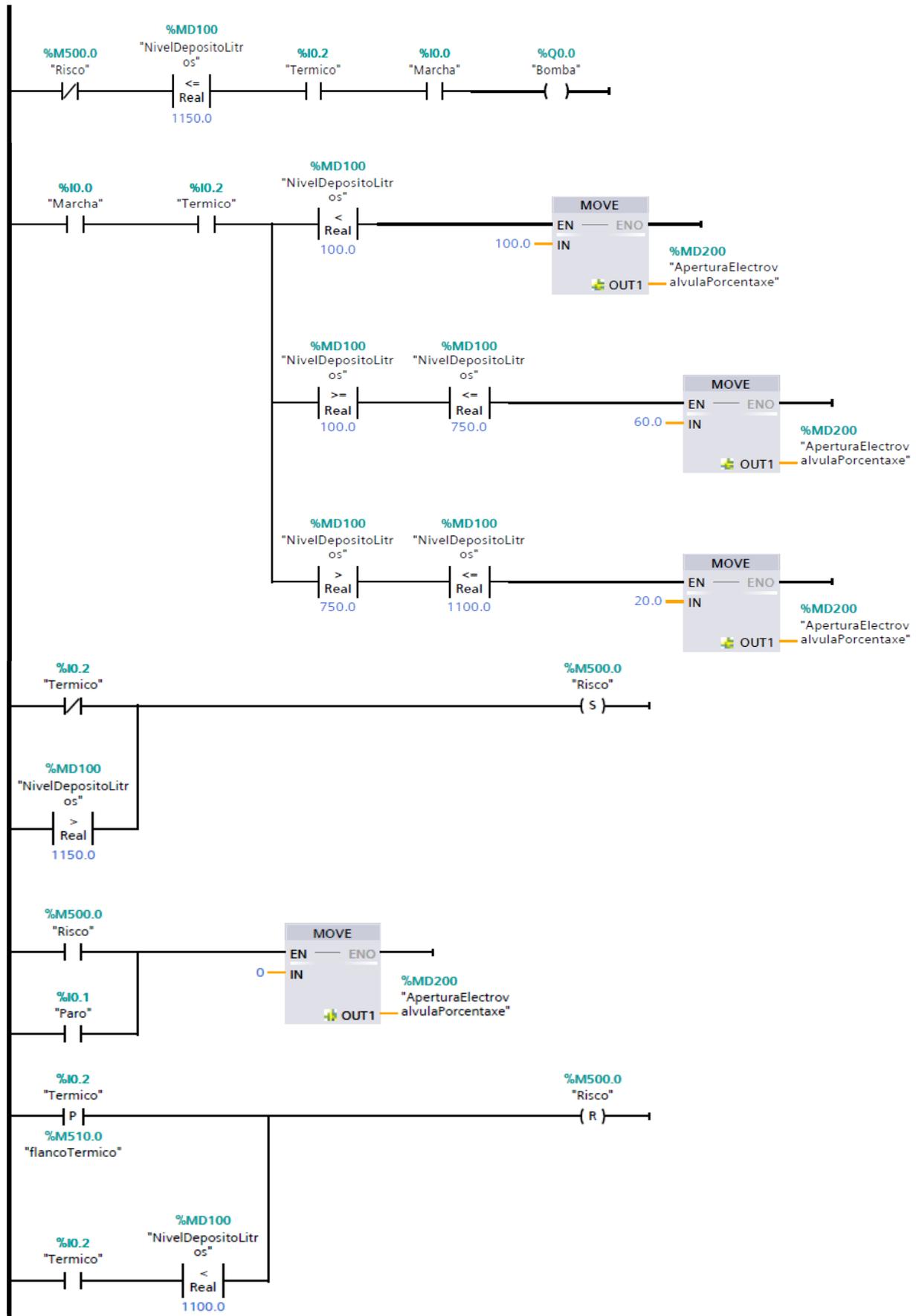
**Apartado B.**

Segmento 2: Desescalado apertura electroválvula





Apartado C.





XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE

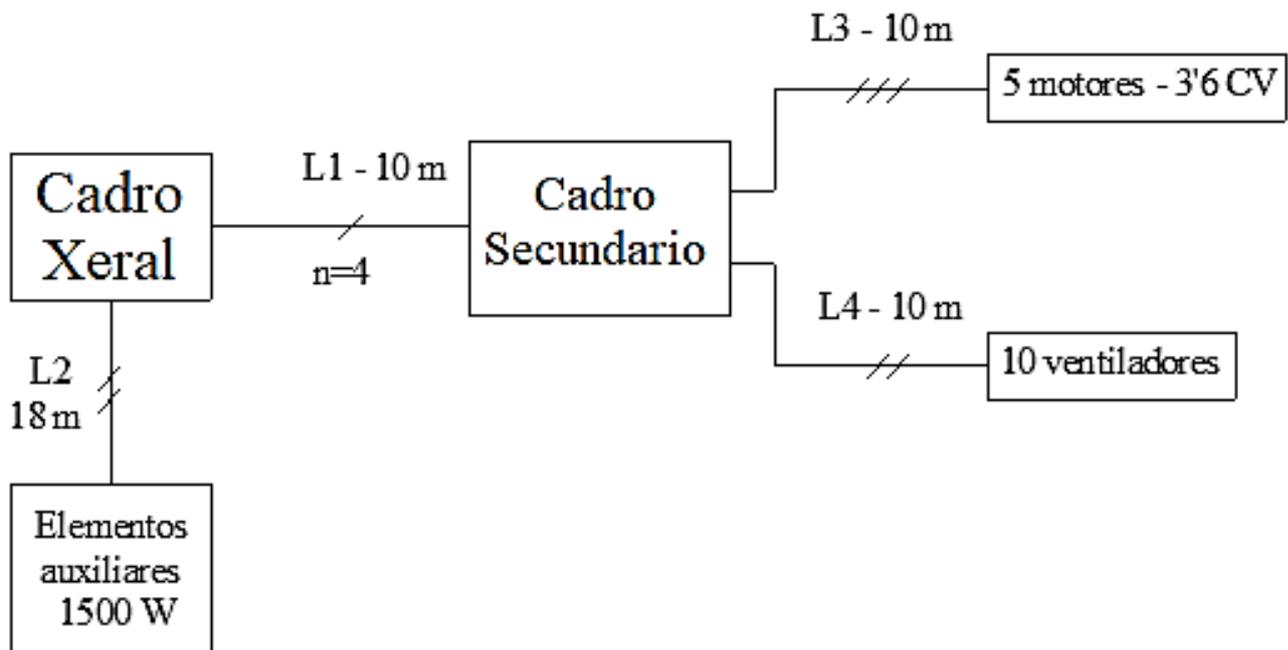
7. (1,5 P) Un taller alimentado por unha rede eléctrica trifásica de 400 V, 50 Hz e monofásica de 230 V, 50 Hz, posúe os seguintes receptores:

- Ventiladores monofásicos de 0,35 CV,  $\eta = 85\%$ ,  $\cos \varphi = 0,88$ .
- Motores trifásicos de 3,6 CV, 400 V, 6 A, 50 Hz,  $\cos \varphi = 0,81$ .
- Elementos auxiliares monofásicos con  $\cos \varphi = 0,95$ .

A liña 1 está formada por condutores de cobre (condutividade  $c = 56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ), illados con XLPE, unipolares baixo tubo empotrado en obra, compartindo tubo cos condutores doutro circuíto. A temperatura ambiente é de  $40^\circ \text{ C}$ .

Os condutores das demais liñas son de cobre multipolares directamente sobre a parede, illados con PVC, sendo a temperatura ambiente de  $45^\circ \text{ C}$ .

Tendo en conta a seguinte distribución:



Calcular:

- a) A sección das distintas liñas, a intensidade de traballo e a máxima intensidade admisible en cada unha delas, tendo en conta que se admite como máximo en cada liña unha caída de tensión do 1% aplicando para iso os criterios de caída de tensión e o criterio térmico, e determinando correctamente as características dos elementos de protección. Completar cos datos obtidos o cadro adxunto. (1 P)
- b) Representar o esquema unifilar das liñas e dos cadros eléctricos cos magnetotérmicos e diferenciais a instalar. (0,5 P)



Calibres de magnetotérmicos:

- Calibres: 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 250 A.

Interruptor diferencial:

- Calibres: 25, 40, 63 A.
- Sensibilidade: 30, 300 mA.

<b>Liña nº</b>	<b>Sección</b>	<b>Intensidade de traballo da liña (<math>I_B</math>)</b>	<b>Intensidade máxima da liña (<math>I_z</math>)</b>	<b>Magnetotérmico (nº de polos, tensión, calibre)</b>	<b>Diferencial (nº de polos, tensión, calibre, sensibilidade)</b>
<b>1</b>					
<b>2</b>					
<b>3</b>					
<b>4</b>					

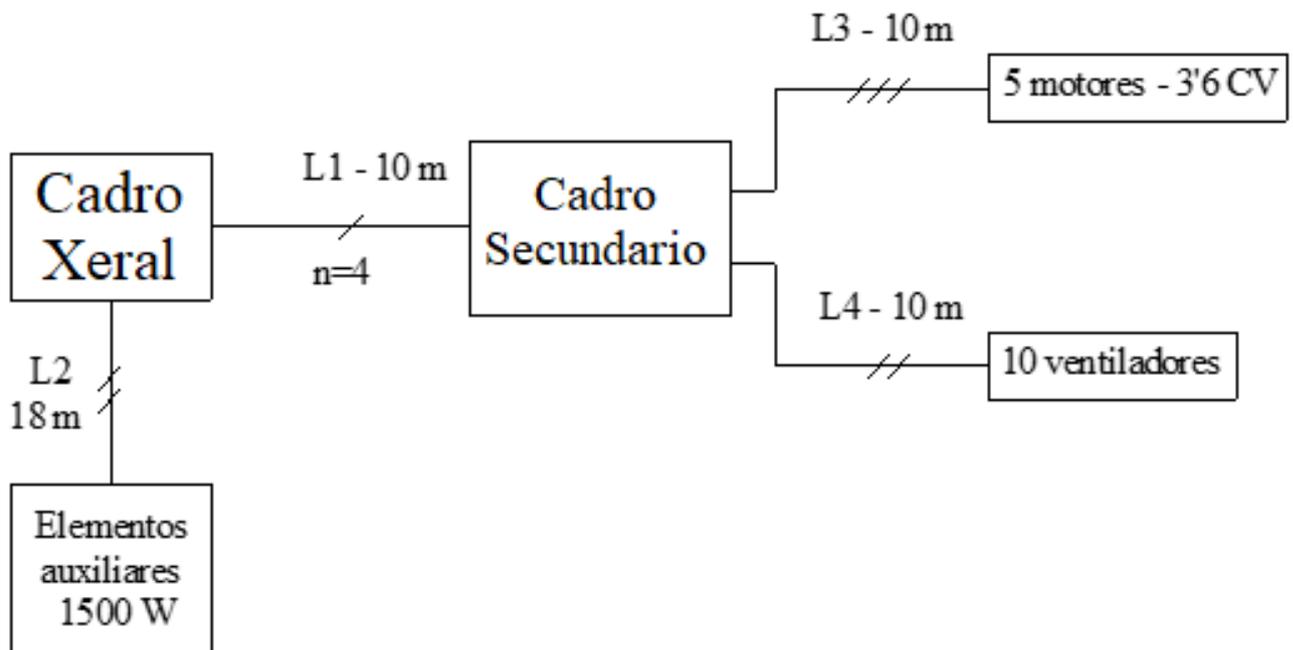
7. (1,5 P) Un taller alimentado por una red eléctrica trifásica de 400 V, 50 Hz y monofásica de 230 V, 50 Hz, posee los siguientes receptores:

- Ventiladores monofásicos de 0,35 CV,  $\eta = 85\%$ ,  $\cos \varphi = 0,88$ .
- Motores trifásicos de 3,6 CV, 400 V, 6 A, 50 Hz,  $\cos \varphi = 0,81$ .
- Elementos auxiliares monofásicos con  $\cos \varphi = 0,95$ .

La línea 1 está formada por conductores de cobre (conductividad  $c = 56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ), aislados con XLPE, unipolares bajo tubo empotrado en obra, compartiendo tubo con los conductores de otro circuito. La temperatura ambiente es de  $40^\circ \text{C}$ .

Los conductores de las demás líneas son de cobre multipolares directamente sobre la pared, aislados con PVC, siendo la temperatura ambiente de  $45^\circ \text{C}$ .

Teniendo en cuenta la siguiente distribución:



Calcular:

- a) Sección de las distintas líneas, la intensidad de trabajo y la máxima intensidad admisible en cada una de ellas, teniendo en cuenta que se admite como máximo en cada línea una caída de tensión del 1% aplicando para ello los criterios de caída de tensión y el criterio térmico, y determinando correctamente las características de los elementos de protección. Completar con los datos obtenidos el cuadro adjunto. (1 P)
- b) Representar el esquema unifilar de las líneas y de los cuadros eléctricos con los magnetotérmicos y diferenciales a instalar. (0,5 P)



Calibres de magnetotérmicos:

- Calibres: 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 250 A.

Interruptor diferencial:

- Calibres: 25, 40, 63 A.
- Sensibilidad: 30, 300 mA.

Línea nº	Sección	Intensidad de trabajo de la línea ( $I_B$ )	Intensidad máxima de línea ( $I_z$ )	Magnetotérmico (nº de polos, tensión, calibre)	Diferencial (nº de polos, tensión, calibre, sensibilidad)
1					
2					
3					
4					



# SOLUCIÓN

Proba B.2. - OPCIÓN 2

Problema 7



XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE



### Apartado A.

O primeiro que se fará serán os cálculos previos que se necesitarán para a resolución do exercicio:

- Caída de tensión máxima en cada liña:

- Liñas monofásicas:

$$u = \frac{u\% \cdot V}{100} = \frac{1 \cdot 230}{100} = 2,3 \text{ V}$$

- Liñas trifásicas:

$$u = \frac{u\% \cdot V_L}{100} = \frac{1 \cdot 400}{100} = 4 \text{ V}$$

- Potencia activa e intensidade consumidas por cada tipo de receptor:

- Ventilador monofásico de 0,35 CV,  $\eta = 85\%$ ,  $\cos \varphi = 0,88$ :

$$P = \frac{P_{mec}}{\eta} = \frac{0,35 \cdot 736}{0,85} = 303 \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{303,05}{230 \cdot 0,88} = 1,5 \text{ A}$$

- Motor trifásico de 3,6 CV, 400 V, 6 A, 50 Hz,  $\cos \varphi = 0,81$ :

$$I_L = 6 \text{ A}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 6 \cdot 0,81 = 3.367 \text{ W}$$

- Elementos auxiliares monofásicos con  $\cos \varphi = 0,95$ :

$$P = 1.500 \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{1.500}{230 \cdot 0,95} = 6,86 \text{ A}$$

A continuación, farase o cálculo dos elementos de cada liña por separado, aplicando os criterios correspondentes:

- **Liña nº1:**

Para o cálculo da potencia activa e a intensidade de traballo que subministrará a liña 1, liña trifásica con neutro que alimenta a varios motores, aplicarase a ITC-BT-47 no seu apartado 3.2:

$$P_1 = (5 \cdot 1,25 \cdot 3.367) + (10 \cdot 303) = \mathbf{20.706,75 \text{ W}}$$

$$I_{B1} = (5 \cdot 1,25 \cdot 6) + (10 \cdot 1,5) = \mathbf{46,5 \text{ A}}$$

1) *Cálculo preliminar da sección aplicando o criterio de caída de tensión:*

$$S_1 = \frac{L_1 \cdot P_1}{c \cdot u \cdot V_L} = \frac{10 \cdot 20.706,75}{56 \cdot 4 \cdot 400} = 2,31 \text{ mm}^2$$

2,31 mm<sup>2</sup> non é sección normalizada →  $S_1 \text{ normalizada} = 2,5 \text{ mm}^2$

2) *Cálculo da sección utilizando o criterio térmico (táboas B.52-1 e C.52.1bis):*

Condutores de cobre unipolares baixo tubo empotrado → Fila A1, liña trifásica con illamento de XLPE → Columna 6b:

Para  $S_1 = 2,5 \text{ mm}^2$  → Intensidade de referencia:

$$I_{ref1} = 20 \text{ A}$$

- Comparte tubo cos condutores de outra liña (táboa factores de corrección por agrupamento): F.c. agrupamento = 0,8
- Temperatura de 40° C (táboa factores de corrección por temperatura): F.c. temperatura = 1

Intensidade máxima admisible pola liña:

$$I_{z1} = (0,8 \cdot 20) = 16 \text{ A} < I_{B1} = 46,5 \text{ A} \rightarrow S_1 = 2,5 \text{ mm}^2 \text{ non é válida.}$$

Para  $S_1 = 16 \text{ mm}^2$  → Intensidade de referencia:

$$I_{ref1} = 66 \text{ A}$$

$$I_{z1} = (0,8 \cdot 66) = 52,8 \text{ A} > I_{B1} = 46,5 \text{ A} \rightarrow S_1 = 16 \text{ mm}^2 \text{ é válida.}$$

3) *Cálculo do interruptor magnetotérmico:*

Liña trifásica con neutro: 4 polos,  $V_L = 400 \text{ V}$

Calibre ( $I_{n1}$ ):  $I_{B1} = 46,5 \text{ A} < I_{n1} = 50 \text{ A} < I_{z1} = 52,8 \text{ A} \rightarrow$  Calibre de 50 A

**Magnetotérmico: 4 polos, 400 V, 50 A**

4) *Cálculo do interruptor diferencial:*

Liña trifásica con neutro: 4 polos,  $V_L = 400 \text{ V}$

Sensibilidade do diferencial: Para motores → Sensibilidade: 300 mA

Calibre do diferencial (ten que ser maior ca o do magnetotérmico): 63 A

**Diferencial: 4 polos, 400 V, 300 mA, 63 A**



• **Liña nº2:**

Para o cálculo da potencia activa e a intensidade de traballo que subministrará a liña 2, liña monofásica que non alimenta a motores, tomaranse directamente os valores obtidos para os elementos auxiliares, e así:

$$P_2 = 1.500 \text{ W}$$

$$I_{B2} = 6,86 \text{ A}$$

1) *Cálculo preliminar da sección aplicando o criterio de caída de tensión:*

$$S_2 = \frac{2 \cdot L_2 \cdot P_2}{c \cdot u \cdot V} = \frac{2 \cdot 18 \cdot 1.500}{56 \cdot 2,3 \cdot 230} = 1,82 \text{ mm}^2$$

1,82 mm<sup>2</sup> non é sección normalizada →  $S_2 \text{ normalizada} = 2,5 \text{ mm}^2$

2) *Cálculo da sección utilizando o criterio térmico (táboas B.52-1 e C.52.1bis):*

Condutores de cobre multipolares sobre parede → Fila C, liña monofásica con illamento de PVC → Columna 8a:

Para  $S_2 = 2,5 \text{ mm}^2$  → Intensidade de referencia:

$$I_{ref2} = 23 \text{ A}$$

- Non comparte espazo con condutores de outra liña (táboa factores de corrección por agrupamento): F.c. agrupamento = 1
- Temperatura de 45° C, illamento de PVC (táboa factores de corrección por temperatura): F.c. temperatura = 0,91

Intensidade máxima admisible pola liña:

$$I_{z2} = (0,91 \cdot 23) = 20,93 \text{ A} > I_{B2} = 6,86 \text{ A} \rightarrow S_2 = 2,5 \text{ mm}^2 \text{ é válida.}$$

3) *Cálculo do interruptor magnetotérmico:*

Liña monofásica: 2 polos,  $V = 230 \text{ V}$

Calibre ( $I_{n2}$ ):  $I_{B2} = 6,86 \text{ A} < I_{n2} = 10 \text{ A} < I_{z2} = 20,93 \text{ A} \rightarrow$  Calibre de 10 A

**Magnetotérmico: 2 polos, 230 V, 10 A**

4) *Cálculo do interruptor diferencial:*

Liña monofásica: 2 polos,  $V = 230 \text{ V}$

Sensibilidade do diferencial: Para elementos auxiliares → Sensibilidade: 30 mA

Calibre do diferencial (ten que ser maior ca o do magnetotérmico): 25 A

**Diferencial: 2 polos, 230 V, 30 mA, 25 A**



• **Liña nº3:**

Para o cálculo da potencia activa e a intensidade de traballo que subministrará a liña 3, liña trifásica sen neutro que alimenta a varios motores, aplicarase a ITC-BT-47 no seu apartado 3.2:

$$P_3 = (5 \cdot 1,25 \cdot 3.367) = 17.676,75 \text{ W}$$

$$I_{B3} = (5 \cdot 1,25 \cdot 6) = 31,5 \text{ A}$$

1) *Cálculo preliminar da sección aplicando o criterio de caída de tensión:*

$$S_3 = \frac{L_3 \cdot P_3}{c \cdot u \cdot V_L} = \frac{10 \cdot 17.677}{56 \cdot 4 \cdot 400} = 1,97 \text{ mm}^2$$

1,97 mm<sup>2</sup> non é sección normalizada →  $S_3 \text{ normalizada} = 2,5 \text{ mm}^2$

2) *Cálculo da sección utilizando o criterio térmico (táboas B.52-1 e C.52.1bis):*

Condutores de cobre multipolares sobre parede → Fila C, liña trifásica con illamento de PVC → Columna 6a:

Para  $S_3 = 2,5 \text{ mm}^2$  → Intensidade de referencia:

$$I_{ref3} = 20 \text{ A}$$

- Non comparte espazo con condutores de outra liña (táboa factores de corrección por agrupamento): F.c. agrupamento = 1
- Temperatura de 45° C, illamento de PVC (táboa factores de corrección por temperatura): F.c. temperatura = 0,91

Intensidade máxima admisible pola liña:

$$I_{z3} = (0,91 \cdot 20) = 18,2 \text{ A} < I_{B3} = 31,5 \text{ A} \rightarrow S_3 = 2,5 \text{ mm}^2 \text{ non é válida.}$$

Aumentamos a sección, descartamos as de 4 e 6 mm<sup>2</sup> (por non chegar), e escollemos a sección  $S_3 = 10 \text{ mm}^2$ :

$$I_{ref3} = 46 \text{ A}$$

$$I_{z3} = (0,91 \cdot 46) = 41,86 \text{ A} > I_{B3} = 31,5 \text{ A} \rightarrow S_3 = 10 \text{ mm}^2 \text{ é válida.}$$

3) *Cálculo do interruptor magnetotérmico:*

Liña trifásica sen neutro: 3 polos,  $V_L = 400 \text{ V}$

Calibre ( $I_{n3}$ ):  $I_{B3} = 31,5 \text{ A} < I_{n3} = 40 \text{ A} < I_{z3} = 41,86 \text{ A}$

Calibre de 40 A, non se escolle o calibre de 32 A (aínda que é válido), xa que vai moi xusto polo réxime de traballo dos motores que protexe.

**Magnetotérmico: 3 polos, 400 V, 40 A**



4) *Cálculo do interruptor diferencial:*

Liña trifásica sen neutro: 3 polos,  $V_L = 400 V$

Sensibilidade do diferencial: Para motores → Sensibilidade: 300 mA

Calibre do diferencial (ten que ser maior ca o do magnetotérmico): 63 A

**Diferencial: 3 polos, 400 V, 300 mA, 63 A**

• **Liña nº4:**

Para o cálculo da potencia activa e intensidade de traballo que subministrará a liña 4, liña monofásica que alimenta varios motores, aplicarase a ITC-BT-47 no seu apartado 3.2:

$$P_4 = (10 \cdot 1,25 \cdot 303) = \mathbf{3.106 W}$$

$$I_{B4} = (10 \cdot 1,25 \cdot 1,5) = \mathbf{15,38 A}$$

1) *Cálculo preliminar da sección aplicando o criterio de caída de tensión:*

$$S_4 = \frac{2 \cdot L_4 \cdot P_4}{c \cdot u \cdot V} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 3.106}{56 \cdot 2,3 \cdot 230} = 2,096 \text{ mm}^2$$

2,096 mm<sup>2</sup> non é sección normalizada →  $S_{4 \text{ normalizado}} = 2,5 \text{ mm}^2$

2) *Cálculo da sección utilizando o criterio térmico (táboas B.52-1 e C.52.1bis):*

Condutores de cobre multipolares sobre parede → Fila C, liña monofásica con illamento de PVC → Columna 8a:

Para  $S_4 = 2,5 \text{ mm}^2$  → Intensidade de referencia:

$$I_{ref4} = 23 A$$

- Non comparte espazo con condutores de outra liña (táboa factores de corrección por agrupamento): F.c. agrupamento = 1
- Temperatura de 45° C, illamento de PVC (táboa factores de corrección por temperatura): F.c. temperatura = 0,91

Intensidade máxima admisible pola liña:

$$I_{z4} = 0,91 \cdot 23 = \mathbf{20,93 A} > I_{B4} = 15,38 A$$

(deixa marxe suficiente, por tratarse de ventiladores que non van sufrir grandes cambios no seu réxime de traballo) →  **$S_4 = 2,5 \text{ mm}^2$  é válida.**

3) *Cálculo do interruptor magnetotérmico:*

Liña monofásica: 2 polos,  $V = 230 V$

Calibre ( $I_{n4}$ ):  $I_{B4} = 15,38 A < I_{n4} = 16 A < I_{z4} = 20,93 A$  → Calibre de 16 A

**Magnetotérmico: 2 polos, 230 V, 16 A**



4) *Cálculo do interruptor diferencial:*

Liña monofásica: 2 polos,  $V = 230 V$

Sensibilidade do diferencial: Para motores → Sensibilidade: 300 mA

Calibre do diferencial (ten que ser maior ca o do magnetotérmico): 25 A

***Diferencial: 2 polos, 230 V, 300 mA, 25 A***

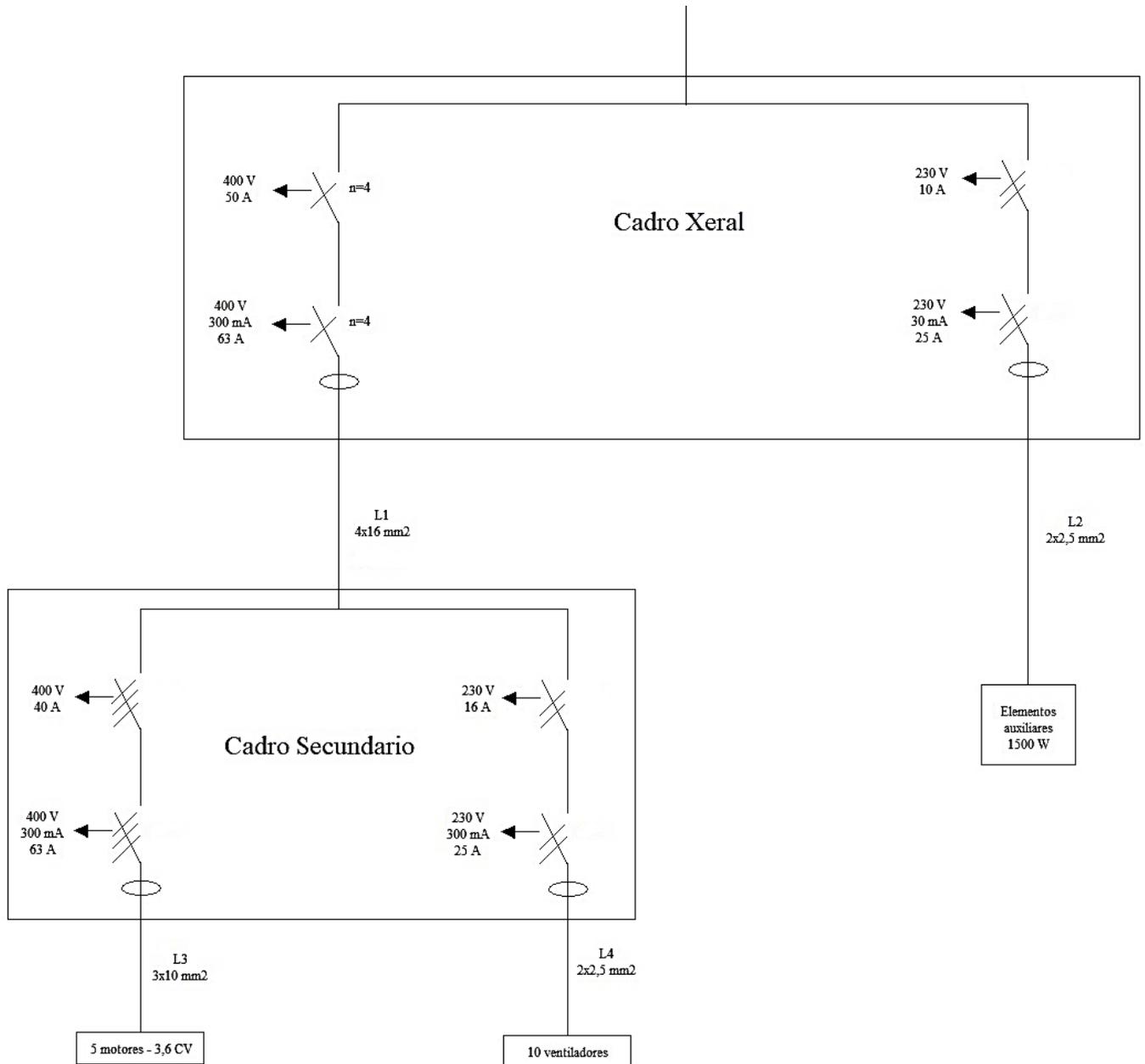
A partires dos resultados obtidos, complétase a táboa:

Liña nº	Sección	Intensidade de traballo da liña ( $I_B$ )	Intensidade máxima de liña ( $I_z$ )	Magnetotérmico (nº de polos, tensión, calibre)	Diferencial (nº de polos, tensión, sensibilidade, calibre)
1	16 mm <sup>2</sup>	$I_{B1} = 46,5 A$	$I_{z1} = 52,8 A$	4 polos 400 V / 50 A	4 polos 400 V / 300 mA, 63 A
2	2,5 mm <sup>2</sup>	$I_{B2} = 6,86 A$	$I_{z2} = 20,93 A$	2 polos 230 V / 10 A	2 polos 230 V / 30 mA, 25 A
3	10 mm <sup>2</sup>	$I_{B3} = 31,5 A$	$I_{z3} = 41,86 A$	3 polos 400 V / 40 A	3 polos 400 V / 300 mA, 63 A
4	2,5 mm <sup>2</sup>	$I_{B4} = 15,38 A$	$I_{z4} = 20,93 A$	2 polos 230 V / 16 A	2 polos 230 V / 300 mA, 25 A



**Apartado B.**

Finalmente e tomando coma base a distribución da instalación incluída no enunciado máis os datos reflectidos no cadro, elabórase o esquema unifilar da instalación:





XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE  
CULTURA, EDUCACIÓN  
E UNIVERSIDADE

**TRIBUNAL Nº1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023**  
ESPECIALIDADE: SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.  
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE