



Selección y Dimensionamiento de Conductores Eléctricos

Que criterios se deben usar para la selección?

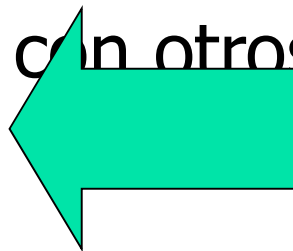
Que problemas crea una selección errada?

Introducción

Consecuencias de una selección inadecuada de los conductores



- Sobrecalentamiento de las líneas Perdidas de Energía.
- Caídas de tensión.
- Falla de aislamiento y puestas a tierra.
- Cortocircuitos.
- Cortes de suministro.
- Interferencias con otros sistemas
- Incendios.



Criterios de selección de los conductores



Los conductores se seleccionan tomando en cuenta lo siguiente:

- Las **Condiciones de Servicio** del conductor.
- La **Capacidad de corriente** del conductor.
- La **Caída de tensión admisible** en el conductor.
- La **Capacidad de cortocircuito** del conductor.

Criterios de selección de los conductores

Condiciones de Servicio



- El numero de fases.
- La temperatura y humedad del medio.
- El sistema de canalización a usar. Al aire libre, en tubo o subterráneo?
- Conductor rígido o flexible?.....etc



Criterios de selección de los conductores

Capacidad de corriente

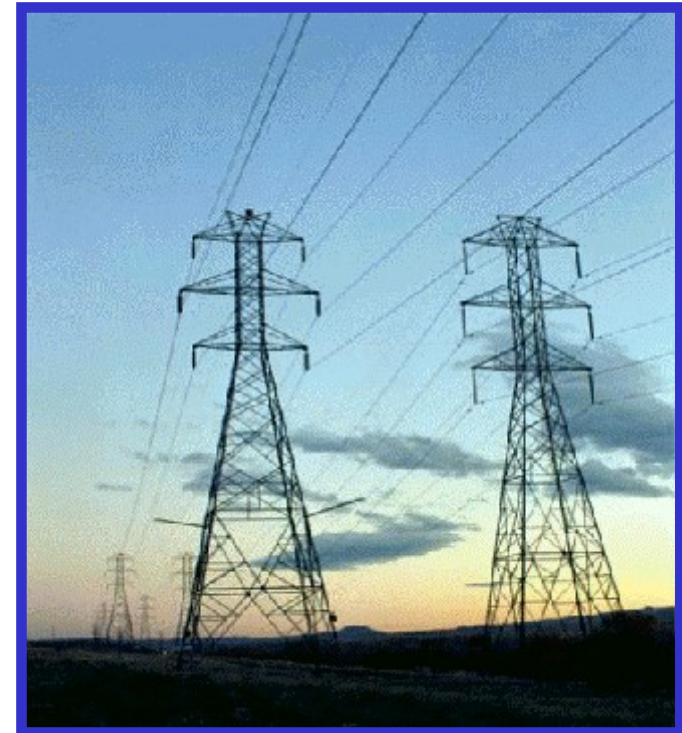


- La corriente al circular por un conductor disipa calor.

$$P = \dot{Q} = I^2 R_{\text{conductor}}$$

Carga

Conductor seleccionado



Criterios de selección de los conductores

Capacidad de corriente



- El calentamiento de los conductores produce en el aislante:
 - Disminución de la resistencia de aislamiento.
 - Disminución de la resistencia mecánica
 - Envejecimiento del aislante.



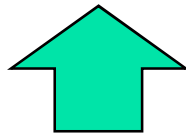
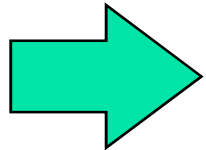
El calentamiento ocurre dentro de los aparatos eléctricos, los alimentadores, los bornes, etc. Y define el material de aislamiento del conductor

Criterios de selección de los conductores

Capacidad de corriente



- La energía eléctrica transportada a través de los conductores debe estar presente en el **momento y la magnitud** que el usuario lo requiera; así como en las mejores **condiciones de seguridad y operación.**

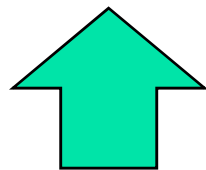


Criterios de selección de los conductores

Capacidad de corriente



- La seguridad y la operación están relacionadas con la calidad, la integridad y características del *aislante*.
- La integridad del aislante depende de la *corriente* que circula por el conductor y la *sección del conductor*.





Dimensionamiento de conductores por capacidad de corriente

Criterios de selección de los conductores

Capacidad de corriente



- La corriente de trabajo de la carga es:

$$I_t = \frac{P * F.D.}{\sqrt{3} * U * F.P. * \eta} \quad (A)$$

El factor de demanda (FD) se usa cuando se conoce el comportamiento de la carga

Criterios de selección de los conductores

Capacidad de corriente



- La corriente de diseño del conductor.



$$I_{\text{diseño}} = 125\% I_{\text{trabajo}}$$

$$I_{\text{diseño}} \leq I_{\text{admisible corregida}}$$

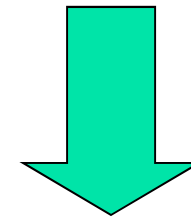
La corriente de trabajo es por lo general, la **corriente nominal** de la carga.

Criterios de selección de los conductores

Capacidad de corriente



$$I_{\text{diseño}} = \sum_{i=1}^n I_i + 25\% I_{\text{mayor}}$$



$$I_{\text{diseño}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n + 0,25 * I_{\text{mayor}}$$

Donde:

$I_{\text{diseño}}$ = Corriente de diseño del alimentador, en A.

I_i = Corriente de la carga "i", en A.

I_{mayor} = Corriente de la carga mayor en el alimentador, en A.



Dimensionamiento de conductores

Método CNE 2006

La corriente que puede transportar un conductor es definida por el método de instalación.

Criterios de selección de los conductores

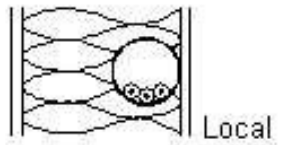
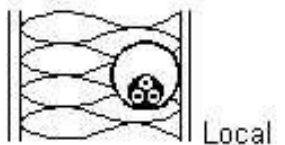
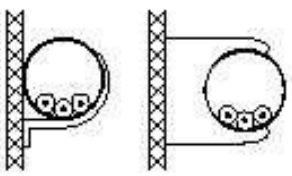
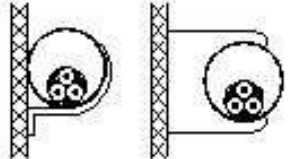
Método CNE – Utilización 2006



- Método basado en la norma **IEC 60364-5-52 “Instalaciones eléctricas en edificios” Parte 5-52 “Selección y utilización de material eléctrico – canalizaciones”**
- Relaciona la capacidad de corriente de un conductor con el método de instalación del mismo.
- Existen factores de corrección por temperatura y agrupación.
- Solo considera 4 tipos de aislamiento: PVC, XLPE, Mineral con o sin cubierta.

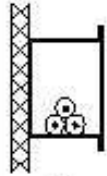
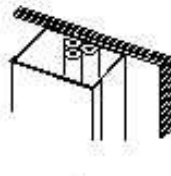
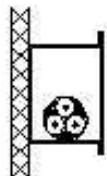

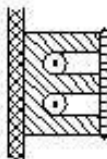
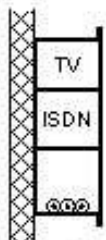
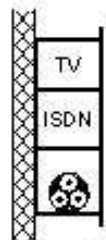
Métodos de instalación



Item Nro.	Métodos de instalación	Descripción	Referencia del método de instalación a ser usado para obtener la capacidad de corriente nominal (ver Tabla 3)
1	2	3	4
1	 Local	Conductores aislados o cables unipolares en tubo en una pared ¹⁾	A1
2	 Local	Cables multipolar en tubo en una pared ¹⁾	A2
3	 Local	Conductores aislados o cables unipolares dentro de un tubo sobre una pared de madera o mampostería o espaciada menos de 0,3 veces el diámetro del tubo desde la pared.	B1
4	 Local	Cable multipolar dentro de un tubo sobre una pared de madera o mampostería, o espaciada menos de 0,3 veces el diámetro del tubo desde la pared	B2

Métodos de instalación



Item Nro.	Métodos de instalación	Descripción	Referencia del método de instalación a ser usado para obtener la capacidad de corriente nominal (ver Tabla 3)
1	2	3	4
6	 	Conductores aislados o cables unipolares en canales fijados sobre una pared de madera - tendido horizontalmente ¹⁾ - tendido verticalmente ¹⁾	B1
7			
8	 	Cable multipolar en canales fijados sobre una pared de madera - tendido horizontalmente ¹⁾ - tendido verticalmente ¹⁾	En deliberación (puede usarse B2)
9			
10		Conductores aislados o cable unipolar tendido en molduras ²⁾	A1
11		Conductores aislados o cable unipolar en canales de zócalo. Cable multipolar en canales de zócalo	B1
			B2

Capacidad de corriente

Área de sección transversal nominal del conductor mm ²	Método de Instalación de Acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)											
	A1		A2		B1		A1		A2		B1	
Aislamiento	PVC		PVC		PVC		XLPE ó EPR		XLPE ó EPR		XLPE ó EPR	
Temperatura	70 °C		70 °C		70 °C		90 °C		90 °C		90 °C	
Cantidad Conductores	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cobre												
1,5	14,5	13,5	14	13	22	18	22	19,5	24	22	26	22
2,5	19,5	18	18,5	17,5	29	24	30	26	33	30	34	29
4	26	24	25	23	38	31	40	35	45	40	44	37
6	34	31	32	29	47	39	51	44	58	52	56	46
10	46	42	43	39	63	52	69	60	80	71	73	61
16	61	56	57	52	81	67	91	80	107	96	95	79
25	80	73	75	68	104	86	119	105	138	119	121	101
35	99	89	92	83	125	103	146	128	171	147	146	122
50	119	108	110	99	148	122	175	154	209	179	173	144
70	151	136	139	125	183	151	221	194	269	229	213	178
95	182	164	167	150	216	179	265	233	328	278	252	211
120	210	188	192	172	246	203	305	268	382	322	287	240
150	240	216	219	196	278	230	-	-	441	371	324	271
185	273	245	248	223	312	258	-	-	506	424	363	304
240	321	286	291	261	361	297	-	-	599	500	419	351
300	367	328	334	298	408	336	-	-	693	576	474	396

Corrección por temperatura ambiente

Temperatura ambiente [°C]	PVC		XLPE o EPR		MI - Mineral * (al aire)	
	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cubierta de PVC o desnudo y expuesto al contacto 70°C	Desnudo no expuesto al contacto 105 °C
10	1,22	1,10	1,15	1,07	1,26	1,14
15	1,17	1,05	1,12	1,04	1,20	1,11
20	1,12	1,00	1,08	1,00	1,14	1,07
25	1,06	0,95	1,04	0,96	1,07	1,04
30	1,00	0,89	1,00	0,93	1,00	1,00
35	0,94	0,84	0,96	0,89	0,93	0,96
40	0,87	0,77	0,91	0,85	0,85	0,92
45	0,79	0,71	0,87	0,80	0,87	0,88
50	0,71	0,63	0,85	0,76	0,67	0,84
55	0,61	0,55	0,76	0,71	0,57	0,80
60	0,50	0,45	0,71	0,65	0,45	0,75
65	-	-	0,65	0,60	-	0,70
70	-	-	0,58	0,53	-	0,65
75	-	-	0,50	0,46	-	0,60
80	-	-	0,41	0,38	-	0,54
85	-	-	-	-	-	0,47
90	-	-	-	-	-	0,40
95	-	-	-	-	-	0,32

Corrección por número de circuitos

Ítem	Disposición (en cuanto a cables)	Número de circuitos o cables multipolar												A usarse con capacidades de corriente nominal, referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie empotrados o encerrados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	4 a 8 Métodos A a F
2	En una capa sobre una pared, piso o bandeja no perforada	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	No más factores de reducción para más de nueve circuitos o cables multipolares			4 a 7 Método C
3	En una capa fijado directamente bajo un techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	En una capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				8 a 9 Métodos E y F
5	En una capa sobre un soporte de bandeja de escaleras, o listones, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				



Criterios de selección de los conductores

Factores de corrección de la Capacidad de corriente

- La capacidad nominal de corriente o de transporte de un conductor depende de las siguientes condiciones:
 - ◆ La canalización
 - ◆ La temperatura ambiente.
 - ◆ La agrupación de conductores dentro de los ductos de canalización.

Por lo tanto, al variar estas condiciones se debe efectuar una corrección.

Criterios de selección de los conductores

Corrección de la Capacidad nominal de corriente



- La capacidad de corriente de un conductor se obtiene de la siguiente expresión,

$$I_{corr} = K_N * K_T * I_{adm}$$

I_{corr} = Corriente admisible corregida, en A.

K_N = Factor de Corrección por agrupación.

K_T = Factor de Corrección por temperatura.

I_{adm} = Corriente admisible del conductor, en A.

Criterios de selección de los conductores

Ejemplo



- Verificar la capacidad de corriente de un conductor en las siguientes condiciones:
 - Calibre TW 70 de 6 mm²
 - Temperatura ambiente 38°C
 - Numero de circuitos (conductores) en el ducto = 3 monofásicos
 - Instalados en tubería adosada a la pared

Criterios de selección de los conductores

Ejemplo 1



- En estas condiciones se tienen los siguientes valores:
 - Intensidad admisible del conductor Calibre TW 6 mm² en circuito monofásicos = **30 A**
 - $K_T=0,87$ (tabla 5A, al aire a 40°C puede interpolarse)
 - $K_N=0,7$ (tabla 5C, 3 circuitos monofásicos método A)

Criterios de selección de los conductores

Ejemplo 1



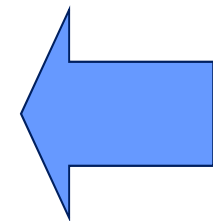
- La corriente admisible corregida del conductor para estas condiciones será:

$$I_{adm. corregida} = K_N * K_T * I_{admisible}$$

$$I_{adm.corregida} = 0,70 * 0,87 * 30 A$$

$$I_{adm.corregida} = 0,609 * 30 A$$

$$I_{adm. corregida} = 18,27 \text{ Ampere}$$





Verificación de la caída de tensión admisible

Se debe limitar la caída de tensión en el alimentador de cada carga, especialmente en el caso de cargas sensibles como lámparas o instrumentación.

Criterios de selección de los conductores

Caída de tensión admisible



- El transporte de corriente en un conductor produce una caída de tensión.

$$\Delta U = I * R_c$$

Donde:

ΔU = Caída de tensión, en Voltios.

I = Corriente de carga, en Amperios.

R_c = Resistencia de los conductores, en Ω .

Criterios de selección de los conductores

Caída de tensión admisible



- En nuestro país, la caída de tensión admisible es:

■ <i>Alimentadores</i>	- 4 %	} Según CNE
■ <i>Circuitos derivados</i>	- 2,5 %	
■ <i>Circuitos de motores</i>	- 3 %	
■ <i>Circuitos de iluminación</i>	- 1 %	

Expresada como porcentaje de la tensión entre líneas. Se recomienda revisar el CNE utilización para otras condiciones.

Criterios de selección de los conductores

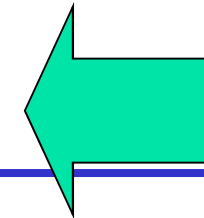
Caída de tensión admisible

Circuitos trifásicos



$$\Delta U\% = \frac{0,03092 * I * L * \cos \phi}{A * U} * 100\%$$

$$\Delta U\% \leq \Delta U\%_{Admisible}$$



Donde:

$\Delta U\%$ = Caída de tensión, en porcentaje.

$\cos \phi$ = Factor de potencia.

U = Tensión, en Voltios.

I = corriente de operación, en Ampere.

L = Distancia del tablero al punto de alimentación, en m

Criterios de selección de los conductores

Caída de tensión admisible



- Si consideramos un circuito con las condiciones de carga más desfavorables, podemos hallar la sección mínima del conductor.

$$A_{\text{mínima}} = \frac{0,03092 * I * L * \cos \phi}{\Delta U\% * U} * 100\%$$

Criterios de selección de los conductores

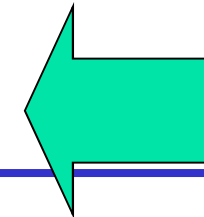
Caída de tensión admisible

Circuitos monofásicos



$$\Delta U\% = \frac{0,0357 * I * L * \cos \phi}{A * U} * 100\%$$

$$\Delta U\% \leq \Delta U\%_{Admisible}$$



Donde:

$\Delta U\%$ = Caída de tensión, en porcentaje.

$\cos \phi$ = Factor de potencia.

U = Tensión, en Voltios.

I = corriente de operación, en Ampere.

L = Distancia del tablero al punto de alimentación, en m

Criterios de selección de los conductores

Caída de tensión admisible



- Si consideramos un circuito monofásico con las condiciones de carga más desfavorables, podemos hallar la sección mínima del conductor.

$$A_{\text{minima}} = \frac{0,0357 * I * L * \cos \phi}{\Delta U\% * U} * 100\%$$

Criterios de selección de los conductores

Cálculo de Alimentadores



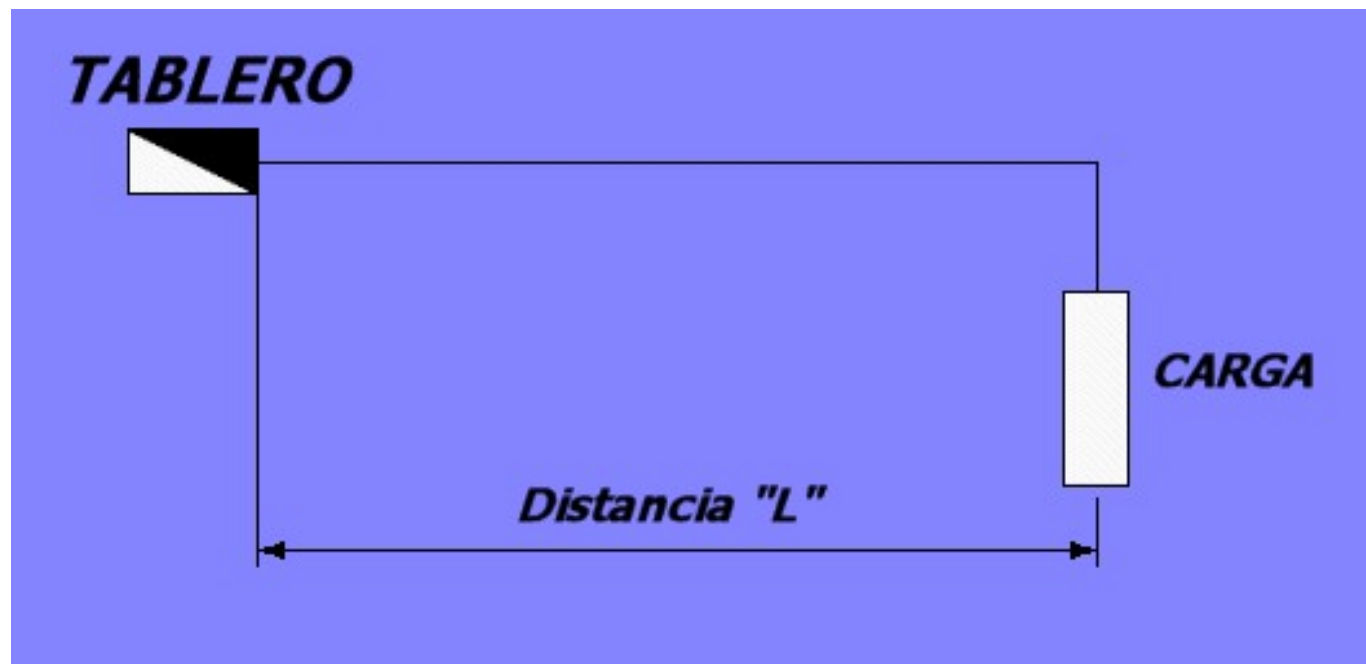
- Los conductores alimentadores de un circuito eléctrico pueden alimentar una carga o un conjunto de cargas.
 - *Alimentadores con carga concentrada*
 - *Alimentadores con carga distribuida*



Cálculo por Caída de Tensión Admisible Alimentador con carga concentrada



- Este alimentador tiene la carga o centro de carga situada en un extremo del alimentador.



Cálculo por Caída de Tensión Admisible Alimentador con carga concentrada



- Si consideramos un circuito, con las condiciones de carga más desfavorables, podemos hallar la sección mínima del conductor.

$$A_{\text{mínima}} \rightarrow = \frac{k * I * L}{\Delta U \% * U} * 100\%$$



Ejemplo 2

- Alimentador de un calefactor monofásico de 2 kW que se encuentra en un tercer piso.
 - Corriente aprox. = 10 A.
 - Distancia = 40 metros
 - ΔU = 3%
 - Conductor de Cobre, tipo TW.

Criterios de selección de los conductores

Ejemplo 2



$$A_{\text{mínima}} = \frac{2 * k * I * L}{\Delta U\% * U} * 100\%$$

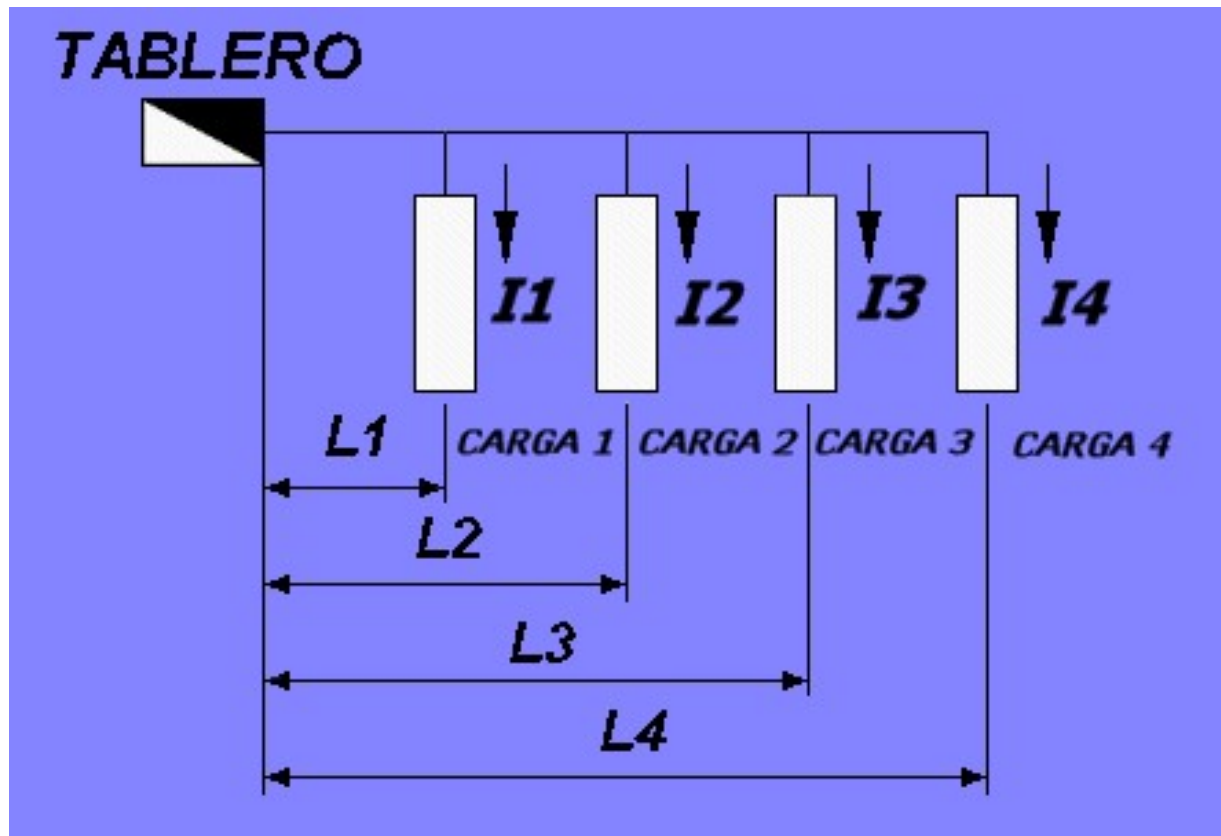
$$A_{\text{mínima}} = \frac{2 * 0,01785 * 10 * 40}{3 * 220} * 100$$

$$A_{\text{mínima}} = 2,164 \text{ mm}^2$$

- En la tabla seleccionamos un conductor TW Calibre 2,5 mm² cuya sección es **mayor que la mínima!!**

Cálculo por Caída de Tensión Admisible

Alimentador con carga Distribuida



Este alimentador tiene varias cargas a lo largo de su trayectoria.

Cálculo por Caída de Tensión Admisible Alimentador con carga Distribuida



- En este caso se pueden usar dos criterios de dimensionamiento:
 - *Criterio de la sección constante.*
 - *Criterio de la sección variable.*

Cálculo por Caída de Tensión Admisible

Criterio de la sección constante



- En este caso se considera que el alimentador tiene la misma sección en toda su longitud.

$$A_{\text{minima}} = \frac{k * 100\%}{\Delta U\% * U} (L_1 * I_1 * \cos \phi_1 + L_2 * I_2 * \cos \phi_2 + \dots + L_n * I_n * \cos \phi_n)$$

↑ ↑ ↑

Donde:

L_n = Distancia de la carga "n", en metros.

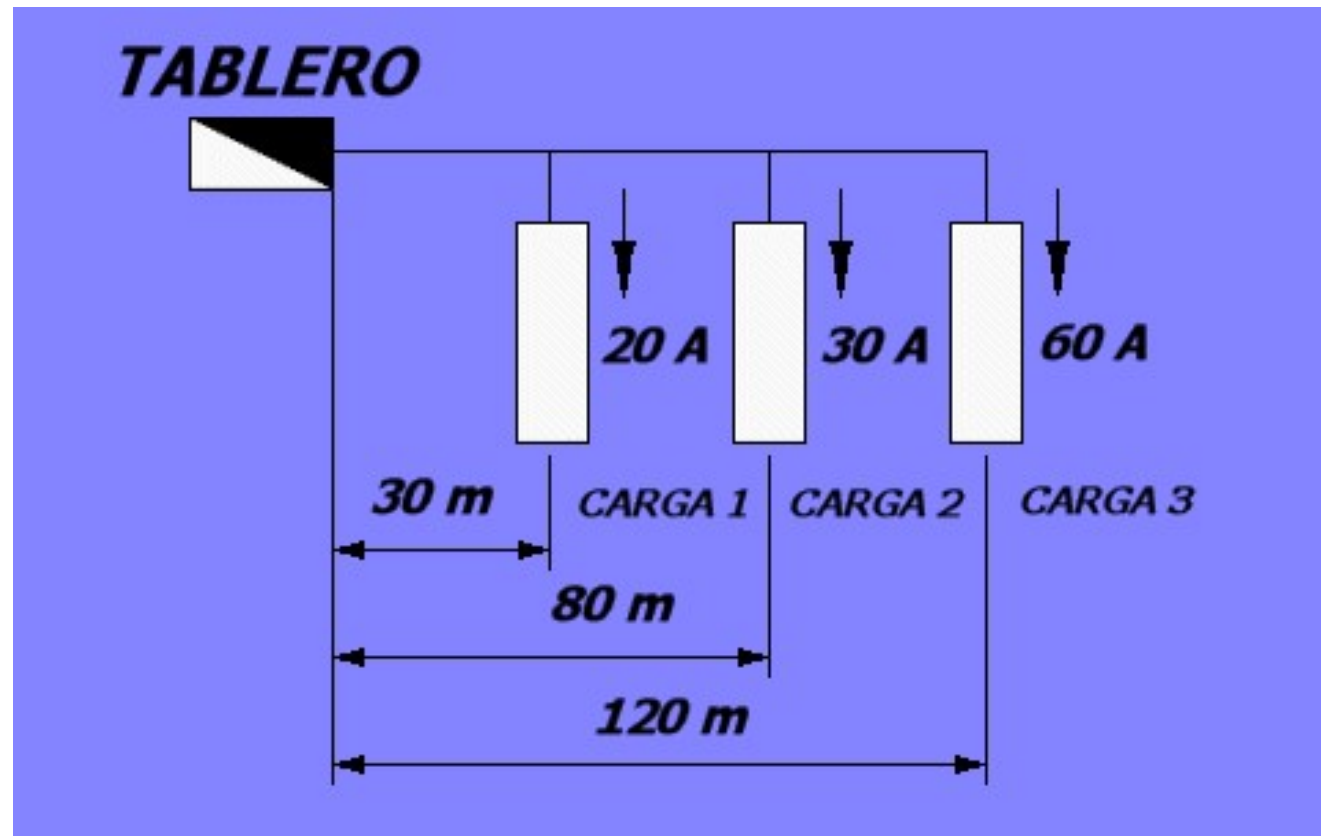
I_n = Corriente de la carga "n", en Amperios.

Criterios de selección de los conductores

Ejemplo 3



- Se tiene un alimentador trifásico en la figura:



Criterios de selección de los conductores

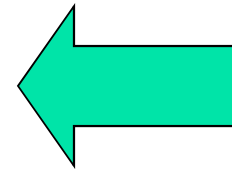
Ejemplo 3



$$A = \frac{k * 100\%}{\Delta U\% * U} (L_1 * I_1 * \cos \phi_1 + L_2 * I_2 * \cos \phi_2 + \dots + L_n * I_n * \cos \phi_n)$$

$$A = \frac{0,03092 * 100}{5 * 220} (30 * 20 * 1 + 80 * 30 * 1 + 120 * 60 * 1)$$

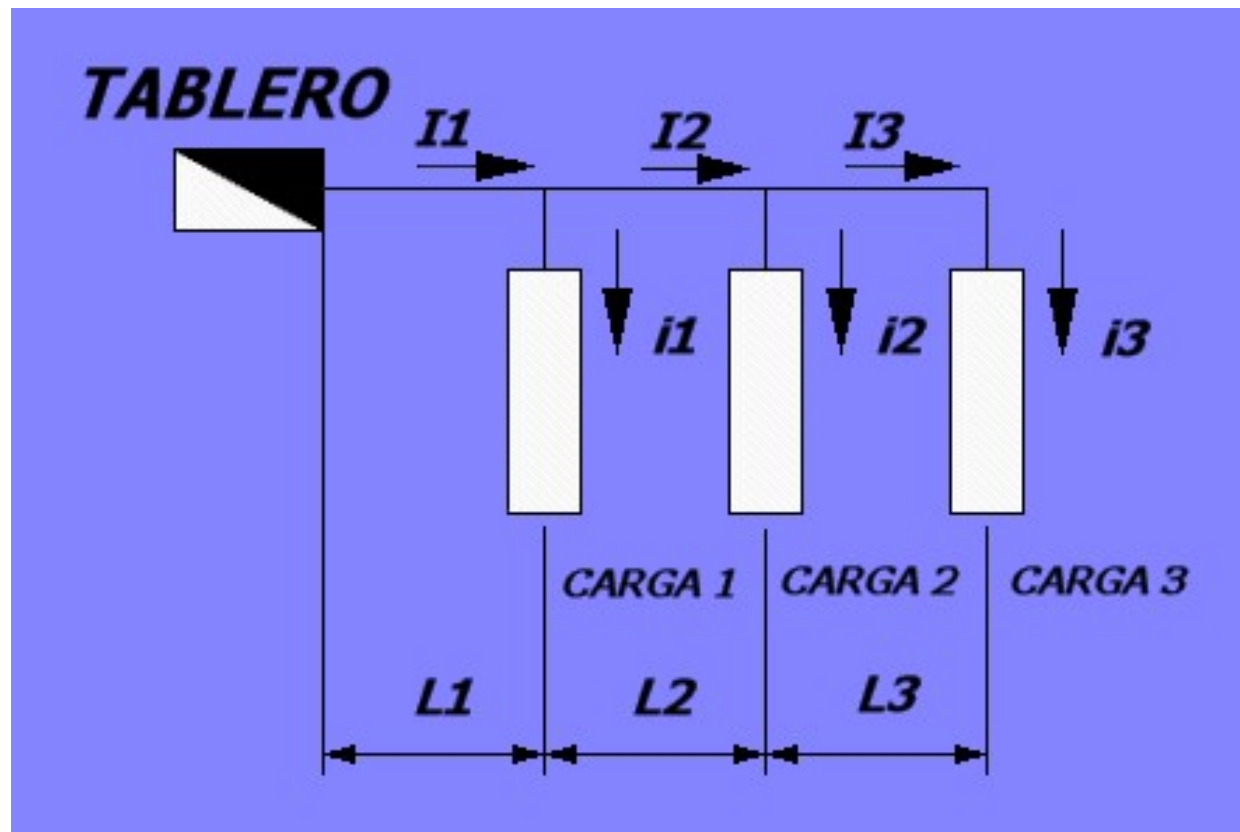
$$A_{\text{mínima}} \approx 28,7 \text{ mm}^2$$



- El conductor a seleccionar será un TW con una sección de **35 mm²**

Cálculo por Caída de Tensión Admisible

Criterio de la sección cónica



- La sección del conductor disminuye en cada tramo.

Cálculo por Caída de Tensión Admisible

Criterio de la sección variable




- En el diagrama se puede ver que la corriente en cada tramo del conductor es:
 - **Tramo 1** $I_1 = i_1 + I_2$
 - **Tramo 2** $I_2 = i_2 + I_3$
 - **Tramo 3** $I_3 = i_3$
- La longitud del conductor es:
 - $L_{total} = L_1 + L_2 + L_3$

Cálculo por Caída de Tensión Admisible

Criterio de la sección variable



- En este caso, la sección del alimentador se determina suponiendo que la *"Densidad de corriente (J) es constante"*

$$J = \frac{\Delta U\% * U}{k * L_T * \cos \phi_{promedio} * 100\%} (A/mm^2)$$


Cálculo por Caída de Tensión Admisible

Criterio de la sección variable



- La sección de cada tramo se obtiene de las expresiones del lado.
- Donde:
 - A_i es el Area de la sección "i"
 - I_i es la corriente de la sección "i"
 - J es la densidad de corriente hallada

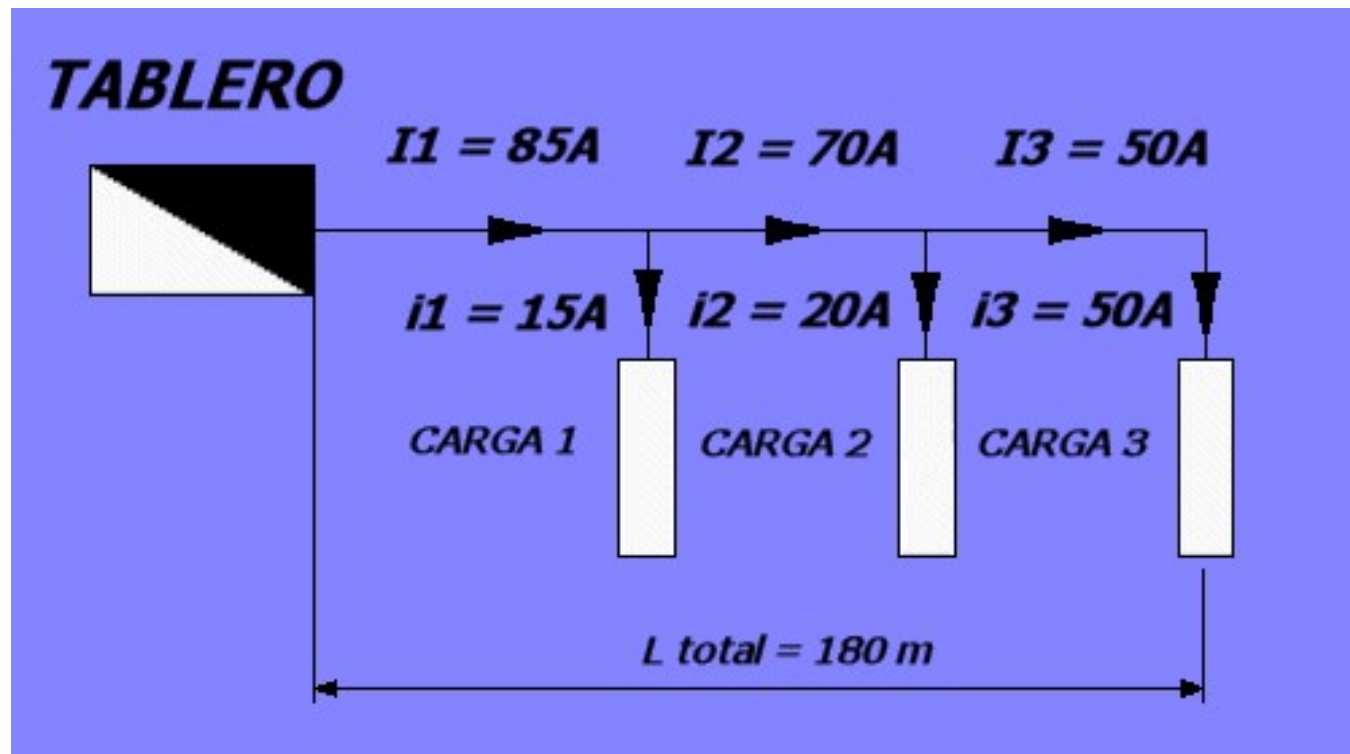
$$A_1 = \frac{I_1}{J}$$

$$A_2 = \frac{I_2}{J}$$

$$A_3 = \frac{I_3}{J}$$

Criterios de selección de conductores

Ejemplo 4



- Alimentador trifásico de cobre $\rho_{Cu} = 0,01785$ y caída de tensión $\Delta U = 3\%$

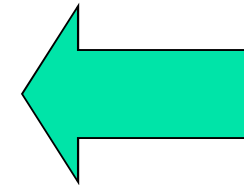
Criterios de selección de conductores

Ejemplo 4



$$J = \frac{\Delta U\% * U}{k * L_T * \cos \phi_{promedio} * 100\%}$$

$$J = \frac{3 * 220}{0,03092 * 180 * 1,0 * 100}$$



$$J = 1,186 \quad A/mm^2$$

- La densidad de corriente admisible es 1,19 A/mm² y se debe aplicar a cada tramo del alimentador.

Criterios de selección de conductores

Ejemplo 4



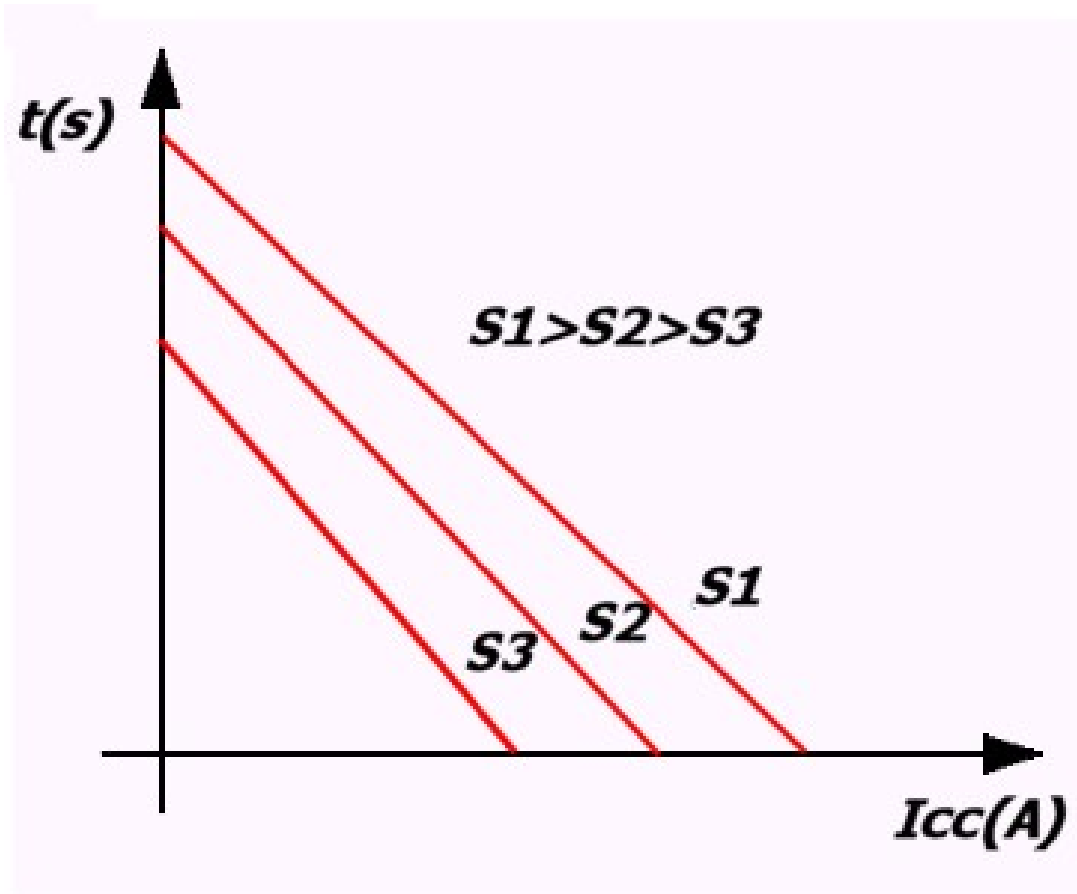
$$A_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{85}{1,186} = 71,67 \quad mm^2$$

$$A_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{70}{1,186} = 59,02 \quad mm^2$$

$$A_3 = \frac{I_3}{J} = \frac{50}{1,186} = 42,16 \quad mm^2$$

Criterios de selección de los conductores

Corriente de cortocircuito



- Los conductores ante un cortocircuito, responden según su capacidad de disipación térmica.

Criterios de selección de los conductores

Corriente de cortocircuito



- La respuesta del conductor debe estar por encima de la curva de respuesta de los dispositivos de protección.

