

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

CABLES AISLADOS

Asignatura : Máquinas e Instalaciones Eléctricas

Ing. Mario Marcelo Flores

CABLES

Se utilizan para transportar la electricidad desde el lugar donde se genera al lugar de consumo

DESNUDOS

PROTEGIDOS

AISLADOS
(PROTECCION
MECANICA)

CABLES AISLADOS

CONDUCTORES METALICOS

- COBRE
- ALUMINIO

AISLACION

- DIELECTRICO

PROTECCION

- MECANICO
- QUIMICO

CABLES - COMPOSICION

- **1. Aislaciones:**

Siendo los aislantes los que definen las características básicas de los cables en relación con sus prestaciones, es donde la investigación ha hecho mayor hincapié y lo sigue haciendo día a día.

La primera clasificación que se puede hacer entre los aislantes es la siguiente:

- Estratificados (fajados)
- Sólidos (extruídos)

AISLACION

PAPEL
IMPREGNADO

DIELECTRICO
SOLIDO SECO

AISLACION

- Gran rigidez dieléctrica
- Gran resistencia de aislación
- Gran durabilidad
- Gran inmunidad al ataque de agentes químicos
- Baja resistencia térmica
- Baja higroscopidad
- Bajo costo
- Facilidad de manejo

AISLACIONES SECAS

PVC

Policloruro de Vinilo

- Baja resistencia a la propagación del fuego
- Reducida emisión de humos tóxicos
- “Altas” pérdidas dieléctricas

EPR

(Goma Etilo Propileno)

- Flexibilidad
- Baja absorción de humedad

XLPE

(Polietileno Reticulado)

Mejora las cualidades mecánicas y químicas de las aislaciones por el pasaje de un estado termoplástico a un estado termostable.

SOLICITACIONES sobre la AISLACION

CAMPO ELECTRICO

TEMPERATURA

CAMPO ELECTRICO

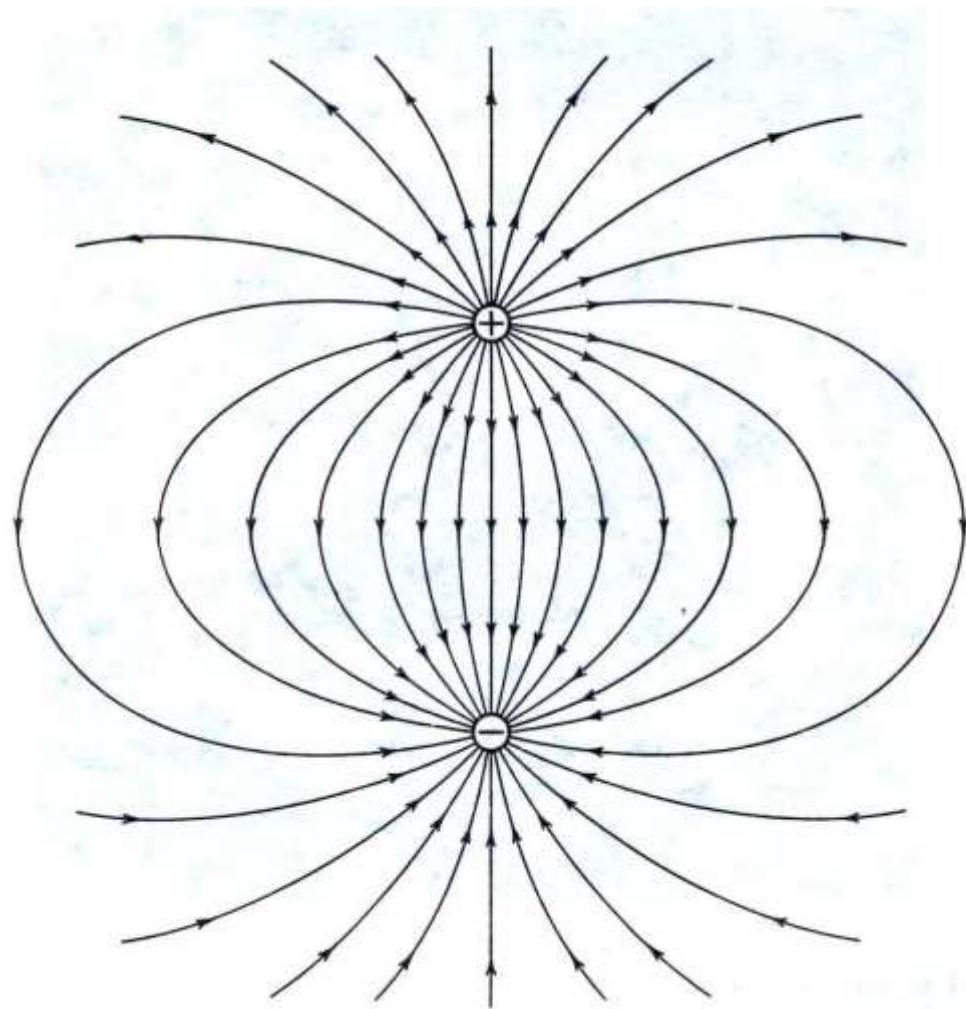
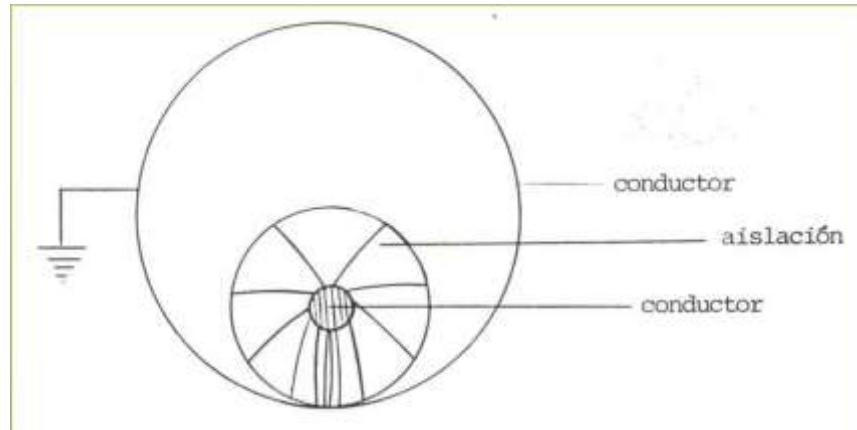
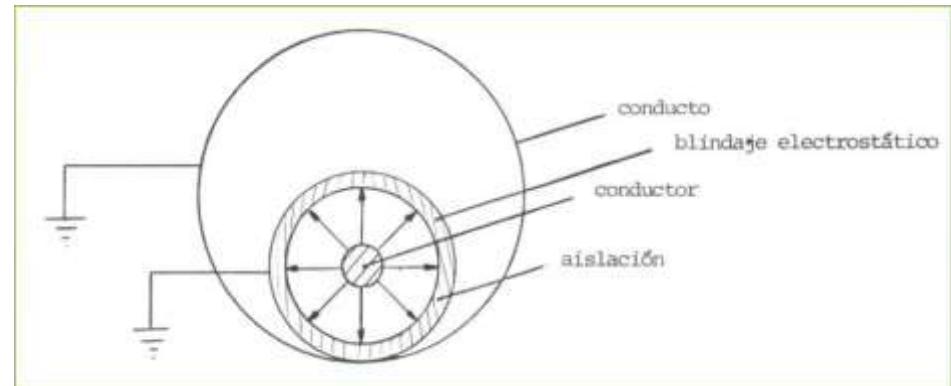


FIG. 27-5. Líneas de fuerza para cargas iguales pero de signo contrario

CAMPO ELECTRICO (cable unipolar)

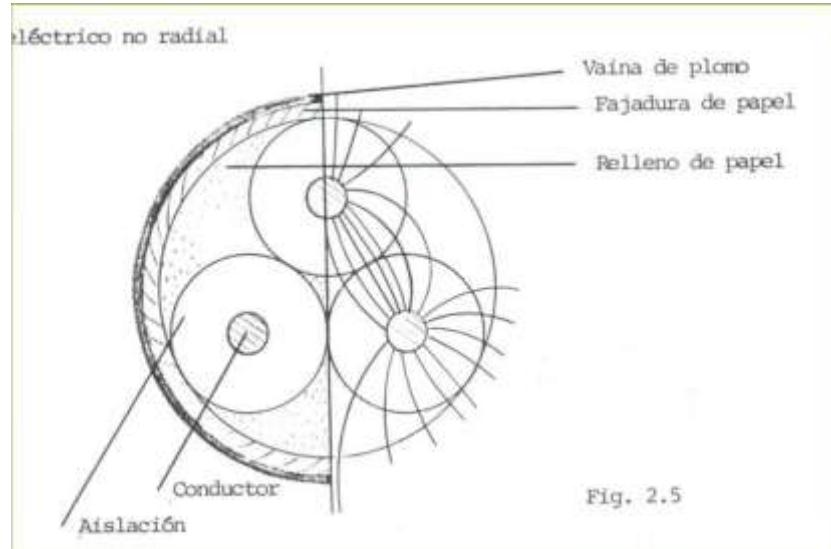


SIN BLINDAJE

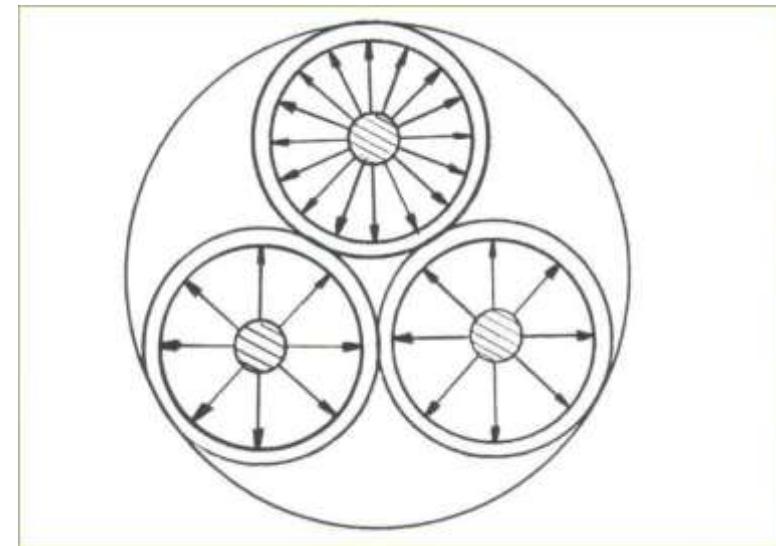


CON BLINDAJE

CAMPO ELECTRICO (cable tripolar)



SIN BLINDAJE



CON BLINDAJE

CABLES - COMPOSICION

2. Conductores:

Los materiales conductores, **cobre y aluminio**, son metales de alta conductividad, ésta característica es necesaria para optimizar la transmisión de energía. Para la elaboración de los conductores de los cables, se utiliza **cobre electrolítico** obtenido por un proceso de colada continua, de acuerdo con la Norma IRAM 2.002, así como **aluminio de grado eléctrico**. También se emplea aleación de aluminio-magnesio-silicio según Norma IRAM 681

CONDUCTORES

La sección de un cable aislado debe ser circular, por ello los conductores que lo conforman deben disponerse de modo adecuado. Para alcanzar este fin las cuerdas se construyen de acuerdo a la siguiente denominación: circular regular, circular compacta y sectorial.

Figura 1

- a: Cuerda circular regular.
- b: Cuerda circular compacta

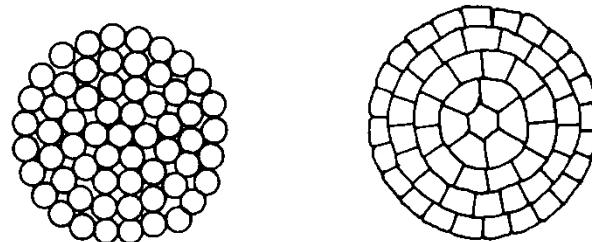


Figura 2 Cuerdas circulares
Disposición para los cables
uni, bi, tri y tetrapolares

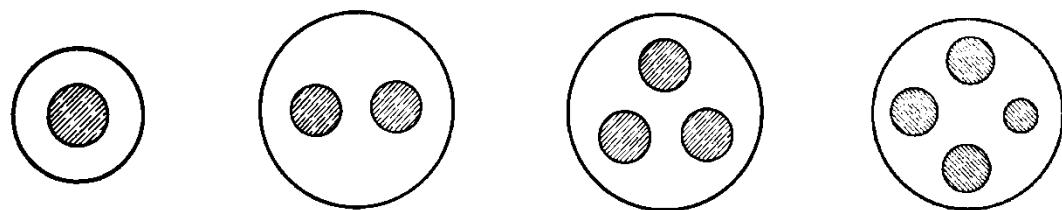
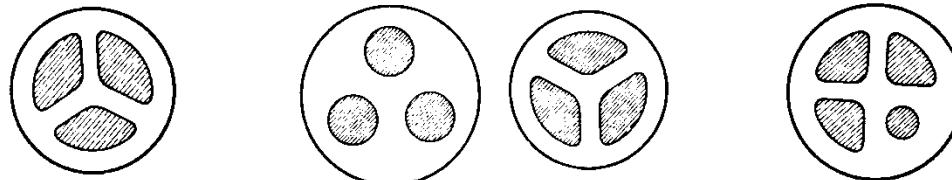


Figura 3

- a: Cuerdas sectoriales de un cable tripolar.
- b: Comparación entre las cuerdas sectoriales y circulares para una misma sección.
- c: Cable tetrapolar con conductores de fase sectoriales v neutro circular

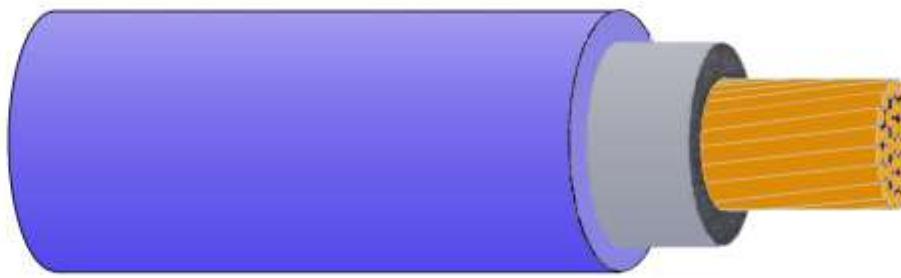


CABLES PARA BT AISLADOS CON PVC

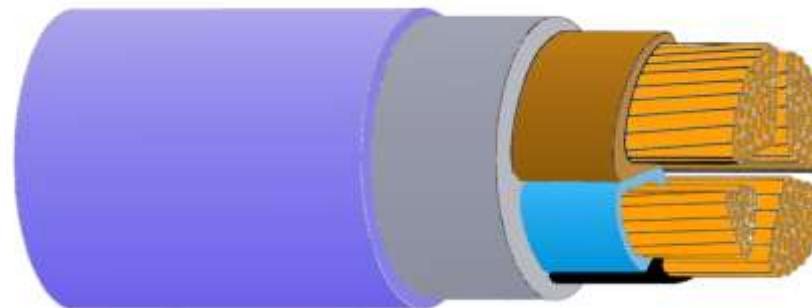
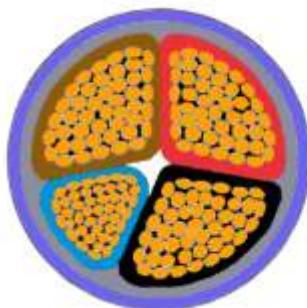
Según IRAM 2183



Según IRAM 2178 (Unipolar)



Según IRAM 2178 (Tetrapolar)

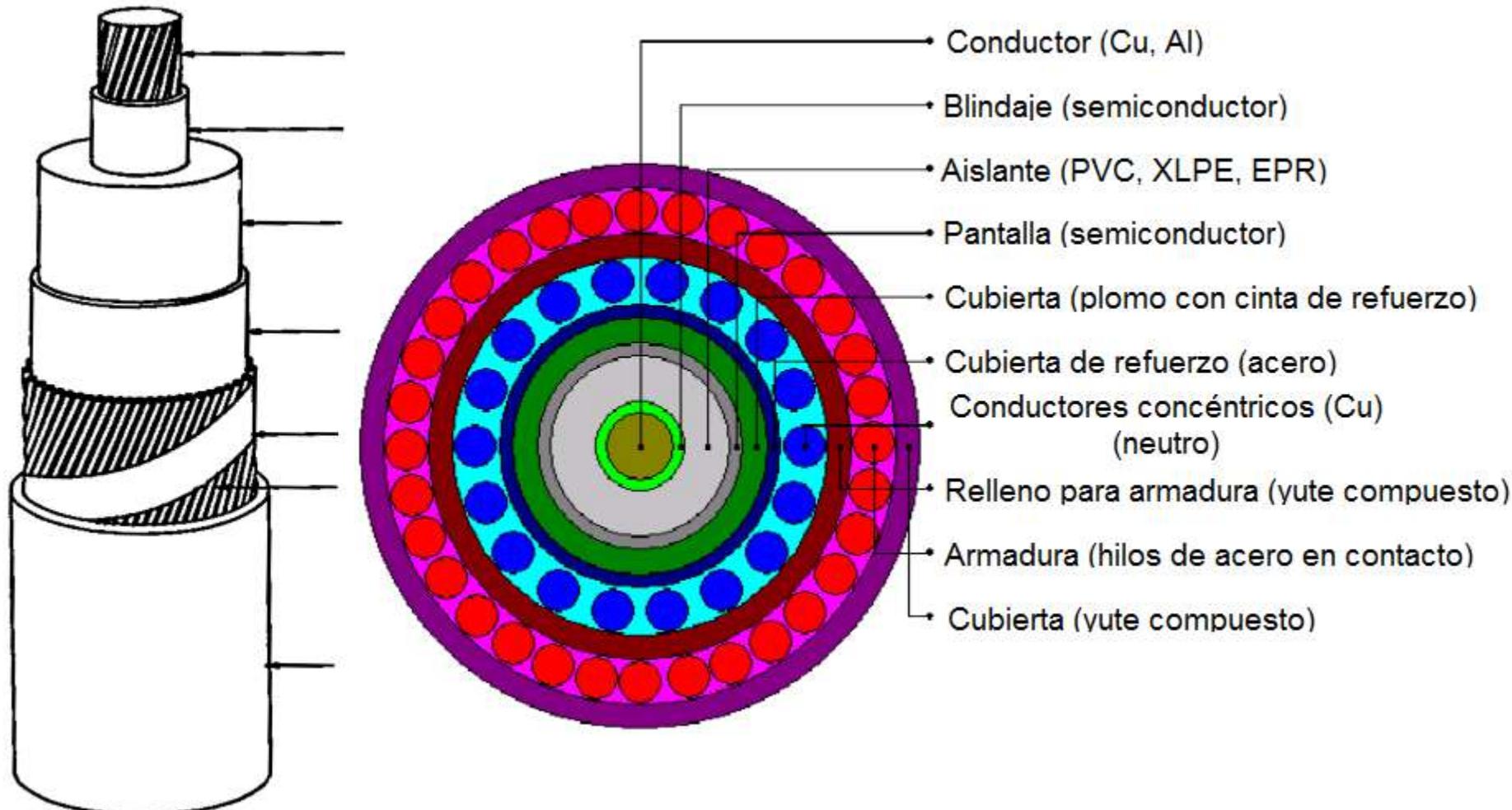


CABLES PARA BT AISLADOS CON PVC

Según IRAM 2183



Componentes de un cable Media Tensión



CABLES - AISLACIONES

Poli cloruro de vinilo (PVC):

Material termoplástico utilizado masivamente en la mayoría de los cables de uso domiciliario e industrial en baja tensión. Con el agregado de aditivos especiales en su formulación se logran variedades con **resistencia a la propagación de incendios** y **reducida emisión de gases tóxicos y corrosivos**. La **temperatura de funcionamiento** normal de este aislante (en la formulación Pirelli) es de **80 grados centígrados**; las **normas IEC fijan temperaturas de funcionamiento de 70º**

Polietileno reticulado (XLPE):

Material termoestable (una vez reticulado no se ablanda con el calor) que presenta mejores características eléctricas y térmicas que el PVC por lo que se lo utiliza para la construcción de cables de baja, media y alta tensión.

Con el agregado de aditivos especiales se consigue una **buenas resistencia a la propagación del incendio**. La **ausencia de halógenos** en su composición hace que los gases, producto de su eventual **combustión, no sean tóxicos o corrosivos**. Su **termoestabilidad** hace que puedan funcionar **en forma permanente con temperaturas de 90 grados centígrados** en los conductores y **250 grados centígrados durante 5 segundos** en caso de cortocircuito.

Goma etilenpropilénica (EPR):

Material termoestable con características comparables al XLPE **pero flexible en lugar de rígido** y con mayor resistencia a las arborescencias eléctricas en presencia de humedad. Su temperatura de funcionamiento es también **de 90 grados centígrados y 250 durante 5 segundos** para el caso de cortocircuitos.

CABLES - AISLACIONES

Gomas silicónicas:

Materiales **termoestables** con excelentes características eléctricas, de **flexibilidad** y una muy alta resistencia a la temperatura, lo que permite **alcanzar los 250 grados centígrados en funcionamiento continuo**.

Gomas Afumex:

Materiales **termoestables** con excelentes características eléctricas y de **flexibilidad**, con temperatura de funcionamiento de **90 grados centígrados para servicio continuo** y **250 durante 5 segundos en caso de corto circuito**. Además, debido a su composición **emiten muy poco humo y la producción de gases halogenados -tóxicos y corrosivos- en caso de combustión, es nula**.

Compuestos fluorados (Teflón, etc.):

Materiales **termoplásticos de alta resistencia a la temperatura** y de excelentes características eléctricas. Se utilizan para el cableado interno de equipos donde se requiere una alta resistencia a la temperatura, **alta resistencia mecánica y reducido espesor aislante**.

CABLES - PROTECCIONES

3. Protecciones:

Las protecciones en los cables pueden cumplir dos funciones: eléctricas y/o mecánicas.

Protecciones eléctricas:

Son los blindajes metálicos **de cobre o aluminio materializados en forma de cintas aplicadas de manera helicoidal o cintas longitudinales lisas o corrugadas**.

En el caso de los cables aislados con papel impregnado o de altísima tensión para uso enterrado, esta protección está formada por una vaina continua y estanca de plomo o aluminio.

Protecciones mecánicas:

Son las armaduras metálicas, formadas por **alambres o flejes de acero**. Para ciertos usos especiales se utilizan también armaduras de acero corrugado, trenzas y vainas de tubo de aluminio soldado.

CABLES - VAINAS

4. Vainas exteriores:

La mayoría de los cables poseen vainas exteriores que forman **una barrera contra la humedad y las agresiones mecánicas externas**. Según la propiedad que se quiera resaltar estas vainas pueden ser de diferentes materiales.

Se las construye **de policloruro de vinilo (PVC)** para cables de uso general que, con el agregado de aditivos especiales, adquieren características de **resistencia al frío o a los hidrocarburos**

Pueden ser de **polietileno** para cables de uso enterrado que requieran una **buenas resistencia contra la humedad**

Cuando la **flexibilidad es un requisito**, se utiliza el **polietileno clorosulfonado (Hypalon)**.

Una **buenas resistencia mecánica** se logra mediante el uso de **polietileno reticulado o poliuretano**

Cuando se requiera a la vez flexibilidad y gran resistencia a las agresiones mecánicas se usa el **policloropreno (Neopreno)**.

Propiedades de los Aislantes

Características principales		XLPE	PVC	EPR
Propiedades térmicas	Máxima temp. De servicio (según IEC) [°C]	90	70	90
	Máx temp. Bajo sobrecargas de emergencia [°C]	130	85	130
	Máxima temp. En cortocircuito (según IEC) [°C]	250	160	250
	Temp. Mínima usual [°C]	-60	-10	-60
	Resistividad térmica [C cm/W]	350	600	500
Prop. Eléctricas	Resistividad volumétrica [Ω cm]	10^{16}	10^{14}	10^{15}
	tg δ a temp. ambient	0,004	0,100	0,020
	tg δ a temp. Máxima operativa	0,008	-	0,040

Propiedades de los Aislantes

Características principales		XLPE	PVC	EPR
Propiedades químicas	Resistencia a la intemperie	regular	regular	Buena
	Resistencia a los ácidos	Buena	Buena	Buena
	Resistencia a los álcalis	Excelente	Buena	Excelente
	Resistencia a los aceites	Excelente	regular	Mala
	Resistencias a los solventes orgánicos	Buena	mala	Mala
	Resistencia al fuego	mala	bueno	Mala

CLASIFICACIÓN DE LOS CABLES AISLADOS

Por su función:

- Cables para el transporte de energía
- Cables de control y para transmisión de señales codificadas

Por su tensión de servicio:

- De muy baja tensión (menos de 50 V.)
- Baja tensión (más de 50 V y hasta 1,1 kV.)
- Media tensión (más de 1,1 kV. y hasta 35 kV.)
- Alta tensión (más de 35 kV y hasta 150 kV.)
- Muy alta tensión (por encima de 150 kV.)

Por la naturaleza de sus componentes:

- Con conductores de cobre o aluminio.
- Aislados con plástico, goma o papel impregnado
- Armados, apantallados, etc.

Por sus aplicaciones específicas:

- Para instalaciones interiores en edificios
- Para redes de distribución de energía, urbanas o rurales
- De señalización, telefonía, radiofrecuencia, etc.
- Para minas, construcción naval, ferrocarriles, etc.

CONDUCTORES (COBRE- ALUMINIO)

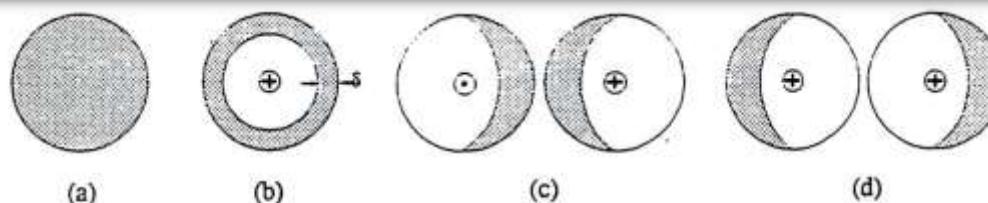
RESISTENCIA EN C. C

$$R_T = R_0 (1 + \alpha_0 T)$$

$$R_{CA} > R_{CC}$$

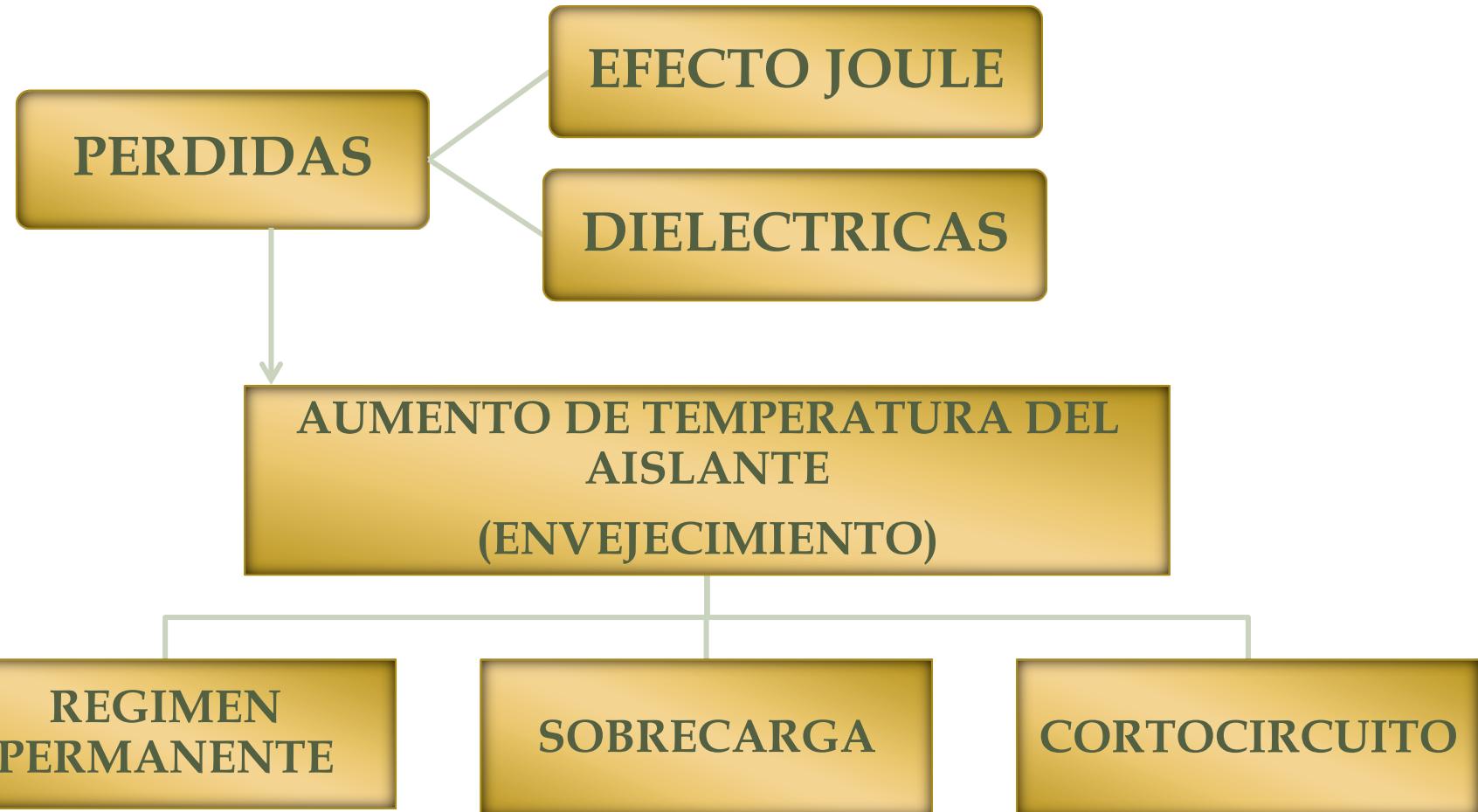
EFFECTO PELICULAR

EFFECTO DE PROXIMIDAD



Distribución de la corriente dentro del conductor para distintos tipos de circulación de corriente.
(a) conductor con I de CC, (b) conductor con $\pm I$, (c) dos conductores con I opuestas y
(d) dos conductores con I en el mismo sentido

CAPACIDAD DE CABLE AISLADO DE TRANSPORTAR CORRIENTE



$$I^2 * R * dt = M * c * d(\Delta T) + k * S * \Delta T * dt$$

EN REGIMEN PERMANENTE

$$I^2 * R * dt = M * c * d(\Delta T) + k * S * \Delta T * dt$$

c = calor específico

K = coeficiente transmisión de calor

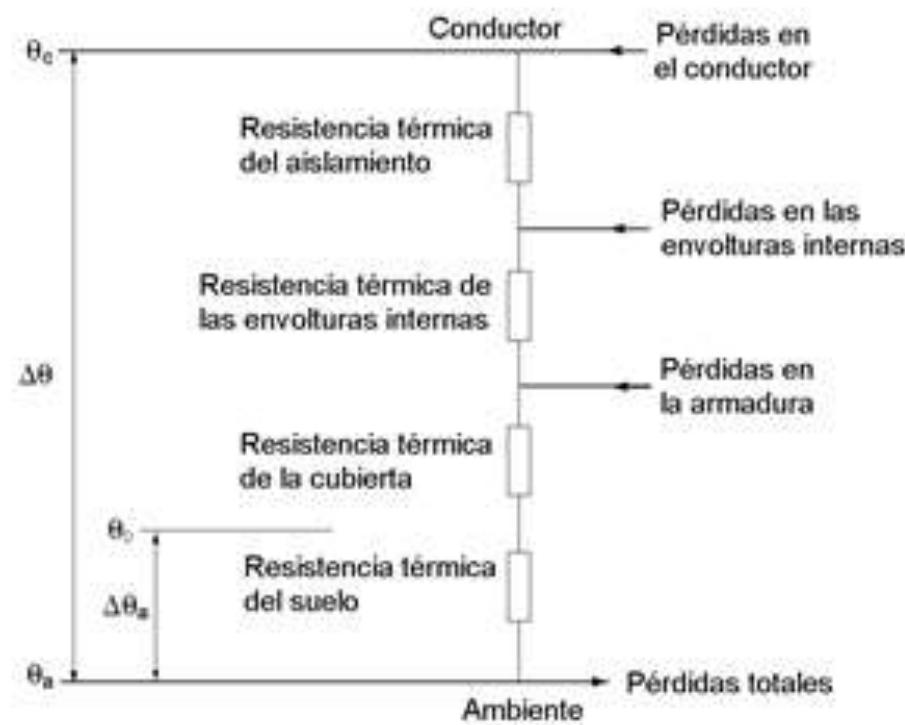
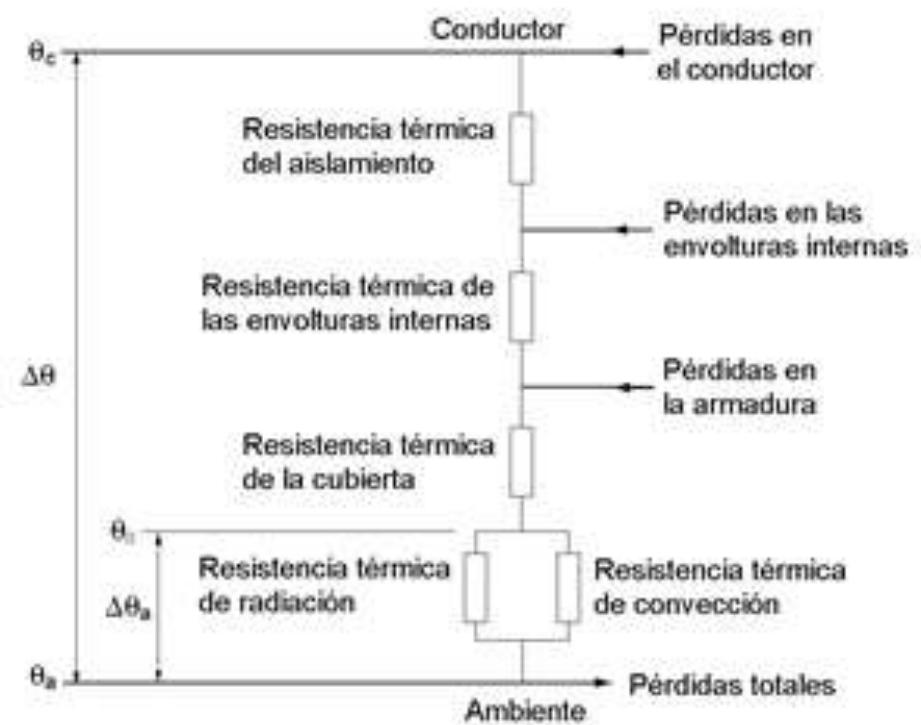
$$\Delta T = \Delta T_{max}$$

$$I^2 * R = K * S * \Delta T_{max}$$

$$I^2 = K' \Delta T_{max}$$

$$K' = f(S_{lateral}, n_{conduct}, \rho, K_{materiales}, K_{medio externo}, S_{transv})$$

CAPACIDAD DE UN CABLE DE TRANSPORTAR CORRIENTE



CABLES SI NTENAX**Intensidad de corriente admisible en servicio continuo****Tensión nominal de servicio: 1,1 kV****Conductores de Cu**

Sección Nominal m ²	En aire Temperatura ambiente 40			Directamente enterrado Temperatura del terreno	
	3 Cables Unpolares A	1 Cable Bipolar A	1 Cable Trio tetra A	3 Cables Unpolares A	1 Cable Trio tetra A
1	20	16	14	25	21
1,5	25	22	17	32	27
2,5	35	32	24	45	38
4	47	40	32	58	48
6	61	52	43	73	62
10	79	65	56	96	79
16	112	85	74	124	103
25	139	109	97	158	132
35	171	134	117	189	158
50	208	166	147	230	193
70	252	204	185	276	235
95	308	248	223	329	279
120	357	289	259	373	316
150	410	330	294	421	355
185	466	376	335	474	396
240	551	434	391	546	451
300	627	489	445	612	504
400	747	572	545	710	608
500	832	803
630	944			906	

NOTA: Los valores corresponden a una temperatura de servicio de 80°C
y las admisibles deberán reducirse en un 13% en aire y en un 9% directamente enterrados.

CABLES SINTENAX
RESISTENCIA Y REACTANCIA POR km

Tensión nominal de servicio: 1,1 kV

Conductores de Cu

Sección Nominal mm ²	R Ohm / km		X Ohm / km	
	3 Cables Unipolares	Multipolares	3 Cables Unipolares	Un cable Multipolar
1	21,9000	22,4000	0,345	0,1160
1,5	15,3000	15,7000	0,329	0,1070
2,5	8,8300	9,0000	0,314	0,1030
4	5,5200	5,6400	0,299	0,0984
6	3,7000	3,7700	0,279	0,0896
10	2,1900	2,2400	0,264	0,0841
16	1,4000	1,4200	0,255	0,0810
25	0,8800	0,9000	0,242	0,0792
35	0,6350	0,6480	0,232	0,0761
50	0,4680	0,4790	0,224	0,0758
70	0,3240	0,3320	0,213	0,0735
95	0,2340	0,2400	0,204	0,0876
120	0,1860	0,1900	0,198	0,0866
150	0,1510	0,1550	0,193	0,0867
185	0,1210	0,1240	0,187	0,0870
240	0,0924	0,0957	0,180	0,0869
300	0,0742	0,0774	0,173	0,0863
400	0,0586	0,0620	0,167	0,0858
500	0,0473	0,162
630	0,0375	0,159

NOTA: Los valores corresponden a una temperatura de servicio de 80°. Para limitarla a 70° (IEC) , los valores de resistencia deberán reducirse en un 3%.

CATALOGO INDELQUI - INDELPEX - Cables de Potencia aislados con XLPE

Secc [mm ²]	I Adm [A] - 1.1 KV				Resistencia(R) y reactancia (X) a 90ºC y 50 Hz			
	En Aire		Enterrado		R [Ohm/Km]		X [Ohm/Km]	
	Unip.	Multip.	Unip.	Multip.	Cu	Al	Unip.	Multip.
4	50	35	60	50	5,87	-	0,299	0,089
6	65	45	80	60	3,92	-	0,279	0,0822
10	90	60	100	80	2,34	3,94	0,268	0,0787
16	115	80	130	105	1,468	2,44	0,255	0,075
25	160	120	170	145	0,926	1,53	0,241	0,0753
35	195	140	200	175	0,668	1,112	0,232	0,0732
50	235	175	235	210	0,493	0,821	0,223	0,0726
70	300	215	285	260	0,341	0,567	0,214	0,0707
95	365	265	340	310	0,246	0,41	0,205	0,0685
120	420	310	390	350	0,195	0,324	0,199	0,0689
150	480	350	435	395	0,158	0,264	0,193	0,0693
185	550	440	495	450	0,126	0,21	0,188	0,0696
240	660	480	580	520	0,0961	0,16	0,18	0,0689
300	760	550	650	590	0,766	0,128	0,174	0,0685
400	880	-	745	-	0,0599	0,0997	0,168	-
500	1020	-	845	-	0,0466	0,0755	0,163	-
630	1180	-	960	-	0,036	0,0601	0,157	-

COEFICIENTES DE TENDIDO CABLES BT - AISLACION PVC

Para instalaciones al aire libre – Corrección por temperatura

T °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Factor	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,81	0,71	0,58

Para cables trifásicos o ternas de cables unipolares instalados al aire en canales o galerías

En ciertas condiciones de instalación, tales como las que corresponden al tendido en túneles y galerías, en los que el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente al ambiente, deben adoptarse precauciones especiales con el propósito de contemplar el aumento adicional de temperatura.

Su valor depende de factores diversos y debe estudiarse cada caso en particular.

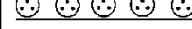
Conservadoramente puede suponerse un incremento de 15 °C y corregir en consecuencia de acuerdo a los coeficientes de la tabla anterior.

COEFICIENTES DE TENDIDO CABLES BT - AISLACION PVC

Cables trifásicos o terna de cables unipolares instalados al aire y agrupados

Separación entre bandejas: 30 cm

Tendidos en bandejas continuas y en contacto entre si					
	Nº de bandejas	Nº de cables por bandeja			
		2	3	6	9
	1	0,84	0,80	0,75	0,73
	2	0,80	0,76	0,71	0,69
	3	0,78	0,74	0,70	0,68
	6	0,76	0,72	0,68	0,66

Tendidos en bandejas continuas y separados un diámetro						
	Nº de bandejas	Nº de cables por bandeja				
		1	2	3	6	9
	1	0,95	0,90	0,88	0,85	0,84
	2	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80
	3	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78
	6	0,86	0,81	0,79	0,77	0,76



COEFICIENTES DE TENDIDO CABLES BT - AISLACION PVC

Cables trifásicos o terna de cables unipolares instalados al aire y agrupados

Separación entre bandejas: 30 cm

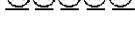
Tendidos en bandejas perforadas y separados menos de un diámetro					
	Nº de bandejas	Nº de cables por bandeja			
		1	2	3	Más de 3
	1	1,00	0,93	0,87	0,83
	2	0,89	0,83	0,79	0,75
	3	0,80	0,76	0,72	0,69
	Más de 3	0,75	0,70	0,66	0,64

Tendidos en bandejas perforadas y separados un diámetro						
	Nº de bandejas	Nº de cables por bandeja				
		1	2	3	6	9
	1	1,00	0,98	0,96	0,93	0,92
	2	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89
	3	1,00	0,94	0,92	0,89	0,88
	6	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86

COEFICIENTES DE TENDIDO CABLES BT - AISLACION PVC

Cables trifásicos o terna de cables unipolares instalados al aire y agrupados

Separación entre bandejas: 30 cm

Tendidos en bandejas perforadas y en contacto entre si					
	Nº de bandejas	Nº de cables por bandeja			
		1	2	3	6
	1	0,84	0,80	0,75	0,73
	2	0,80	0,76	0,71	0,69
	3	0,78	0,74	0,70	0,68
	6	0,76	0,72	0,68	0,66

Disposición sobre pared					
	Nº de cables por bandeja				
	1	2	3	6	9
En contacto entre si y tocando la pared	0,85	0,78	0,73	0,68	0,66
Separados un Φ , entre si y con respecto a la pared	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86
Cuando la separación entre cables es mayor que dos diámetros ,no se necesita corrección					

COEFICIENTES DE TENDIDO CABLES BT - AISLACION PVC

Cuando los cables estén **directamente expuestos al sol** los coeficientes son muy variables.
Se aconseja 0,90.

Cuando resulte necesario realizar las canalizaciones, o parte de ellas, **mediante el uso de cañerías, ya sea que el tendido se efectúe al aire como empotrado**, se recomienda la utilización de un **coeficiente de 0,80**. Si la cañería está rodeada de materiales con marcadas características de aislamiento térmico, el valor mencionado anteriormente no será válido.

COEFICIENTES DE TENDIDO CABLES BT - AISLACION PVC

Para instalaciones enterradas – Corrección por temperatura

T °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Factor	1,15	1,10	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,66

Corrección por resistividad térmica del terreno

Resistividad térmica del terreno [°C. cm/W]	80	100	120	150	200	250
Unipolares	1,09	1,00	0,93	0,85	0,75	0,68
Tripolares	1,07	1,00	0,94	0,87	0,78	0,71

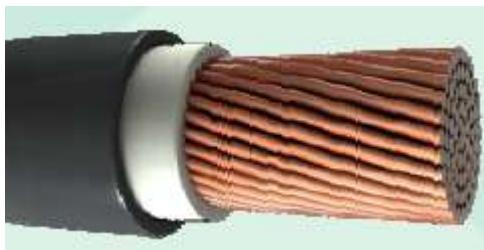
Resistencia térmica del terreno en °C.cm/W	Estado del suelo	Condiciones atmosféricas
70	Muy húmedo	Muy lluvioso
100	Húmedo	Lluvia frecuente
200	Seco	Lluvia escas
300	Muy seco	Muy poca lluvia

COEFICIENTES DE TENDIDO CABLES BT - AISLACION PVC

Para instalaciones enterradas

Coeficiente de agrupamiento para cables trifásicos o ternas de cables unipolares

Nº de cables	2	3	4	5	6	8	10	12
Separados 7 cm	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
En contacto	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47



Características técnicas

Sección nominal mm²	Diámetro máx. de alambres del conductor mm	Espesor de aislación nominal mm	Diámetro exterior aprox. mm	Masa aprox. kg/km	Intensidad de corriente admisible en cañerías (3)		Caída de tensión (4) V/A km	Resistencia Eléctrica máxima a 20°C y c.c. ohm/km
					(1) A	(2) A		
0,75	0,21	0,6	2,3	11	9	8	50	26
1,0	0,21	0,6	2,5	15	11,5	10,5	37	19,5
1,5	0,26	0,7	3,0	20	15	13	26	13,3
2,5	0,26	0,8	3,6	31	21	18	15	7,98
4	0,31	0,8	4,1	45	28	25	10	4,95
6	0,31	0,8	4,7	63	36	32	6,5	3,30
10	0,41	1,0	6,0	107	50	44	3,8	1,91
16	0,41	1,0	7,0	167	66	59	2,4	1,21
25	0,41	1,2	9,6	268	88	77	1,54	0,78
35	0,41	1,2	10,8	361	109	96	1,20	0,554
50	0,41	1,4	12,8	511	131	117	0,83	0,386
70	0,51	1,4	14,6	698	167	149	0,61	0,272
95	0,51	1,6	16,8	899	202	180	0,48	0,206
120	0,51	1,6	19,7	1175	234	208	0,39	0,161



Características técnicas- Cables con conductores de cobre

Sección nominal mm ²	Diámetro del conductor mm	Espesor nominal de aislación mm	Espesor nominal de envoltura mm	Diámetro exterior aprox. mm	Masa aprox. kg/km	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz. ohm/km	Reactancia a 50 Hz. ohm/km
------------------------------------	---------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	-------------------	---	----------------------------

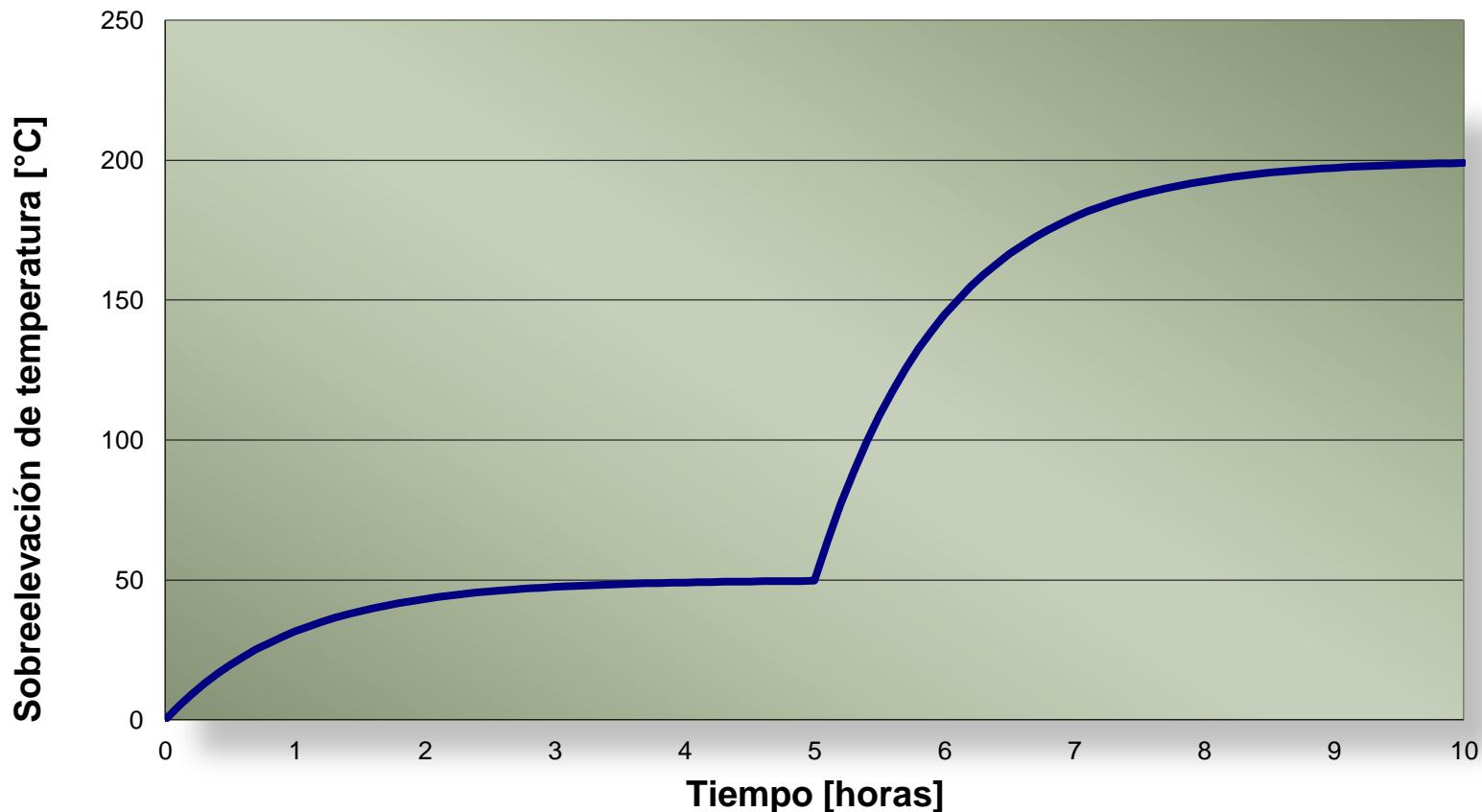
Tripolares (almas de color marrón, negro y rojo)

1,5	1,5	0,8	1,8	10	152	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	11	195	9,55	0,09995
4	2,5	1,0	1,8	13	280	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	15	356	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	17	509	2,29	0,0860
16	5,0	1,0	1,8	20	786	1,45	0,0813
25	7,1	1,2	1,8	26	1270	0,933	0,0780
35	8,3	1,2	1,8	28,5	1630	0,663	0,0760
50	8,1	1,4	1,8	30	2075	0,464	0,0777
70	10,9	1,4	2,0	30	2365	0,321	0,0736
95	12,7	1,6	2,1	33	3208	0,232	0,0733
120	14,2	1,6	2,2	36	3910	0,184	0,0729
150	15,9	1,8	2,4	40	4806	0,150	0,0720
185	17,7	2,0	2,5	44	5956	0,121	0,0720
240	20,1	2,2	2,7	49	7729	0,0911	0,0716
300	22,5	2,4	2,9	54	9636	0,0730	0,0714

EN REGIMEN TRANSITORIO

$$\Delta T = \Delta T_{reg} + (\Delta T_{max} - \Delta T_{reg}) * (1 - e^{-t/\tau})$$

τ = Cte. térmica del dispositivo



REGIMEN DE CORTOCIRCUITO

$$I^2 * R * dt = M * c * d(\Delta T) + k * S * \Delta T * dt$$

$$I^2 * R * dt = M * c * d(\Delta T)$$

Integrando y reemplazando $R = \rho L/S$ y $M = SL\gamma$

$$\Delta T = \frac{I^2}{S^2} * t * K'$$

con

$$K' \cong 6,7 * 10^{-3} * \left[\frac{\text{°C} \cdot \text{mm}^2}{\text{A}^2} \right]$$

REGIMEN DE CORTOCIRCUITO

Sección admisible en cortocircuito en función de la corriente de cortocircuito, el material conductor y tiempo de duración del cortocircuito.

Considerando el $\Delta T = \Delta T_{\text{máx}}$ de la aislación, incorporado en k

$$s = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

Corriente admisible de cortocircuito en función de la sección, el material conductor y tiempo de duración del cortocircuito

$$I = \frac{k s}{\sqrt{t}}$$

K cu = 105

K al = 69

CORTOCIRCUITO

Corrientes de cortocircuito máximas en [kA]

Duración del CC [s]	Sección [mm ²] Cu, Tcc 250 °C					
	16	25	50	95	150	240
0,1	7,2	11,2	22,4	42,6	67,3	108
0,2	5	7,9	15,9	30,2	47,7	76,3
0,3	4,1	6,4	12,9	24,6	38,8	62,1
0,5	3,2	5	10	19	30,1	48,2
1	2,2	3,5	7,1	13,4	21,3	34
1,5	1,8	2,9	5,8	11	17,4	27,8
2	1,6	2,5	5	9,5	15	24
2,5	1,4	2,2	4,5	8,5	13,5	21,6
3	1,3	2	4,1	7,8	12,3	19,6

$$I = \frac{k s}{\sqrt{t}}$$

$$I^2 * R * dt = M * c * d(\Delta T) + k * S * \Delta T * dt$$

REGIMEN PERMANENTE

$$I^2 = K' \Delta T_{max}$$

$$\Delta T = \Delta T_{max}$$

$$K' = f(S_{lat}, n_{cond}, \rho, K_{mat}, K_{medio\ ext}, S_{trans})$$

REGIMEN TRANSITORIO

$$\Delta T = \Delta T_{reg} + (\Delta T_{max} - \Delta T_{reg}) * (1 - e^{-t/\tau})$$

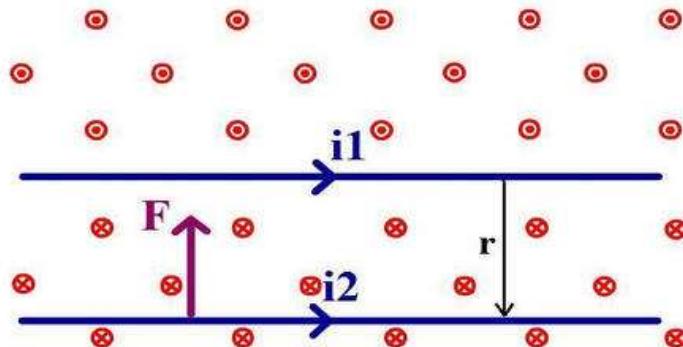
$$\tau = Cte. \text{ térmica dispositivo}$$

REGIMEN DE CORTOCIRCUITO

$$\Delta T = \frac{I^2}{S^2} * t * K'$$

$$K' \cong 6,7 * 10^{-3} * \left[\frac{\text{Cmm}^2}{A^2} \right]$$

CORTOCIRCUITO: esfuerzos dinámicos

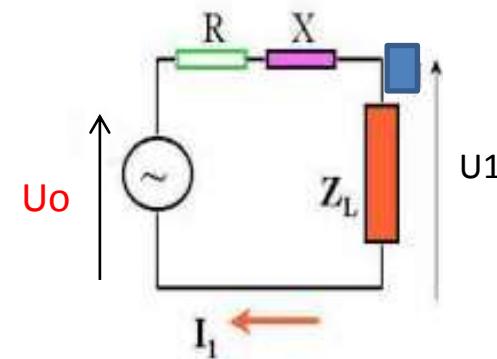
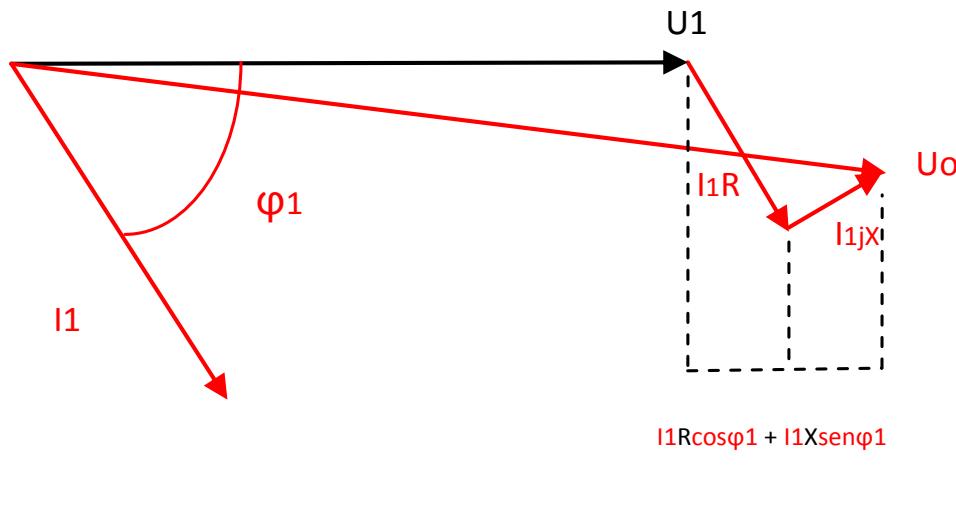


$$F = \frac{0,2 \cdot i_1 \cdot i_2}{r} \quad \left[\frac{N}{m} \right]$$

$$F = \frac{0,2 \cdot \hat{I}_{cc}^2}{r} \quad \left[\frac{N}{m} \right]$$

Con: $\hat{I} = 2,5 \cdot I_{cc}$ [kA]

Caída de tensión en un conductor



$$U_o - U_1 \approx \Delta U = I_1 R \cos \varphi_1 + I_1 X \sin \varphi_1$$

$$\Delta u [\%] = (U_o - U_1) / U_o = (I_1 R \cos \varphi_1 + I_1 X \sin \varphi_1) . 100 / U_o$$

Caída de tensión

$$\Delta U [pu] = \frac{I \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)}{U_n}$$

Casos posibles:

a) Circuito monofásico

$$\Delta U [pu] = \frac{2 \cdot I \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)}{U_{fn}}$$

b) Circuito trifásico balanceado

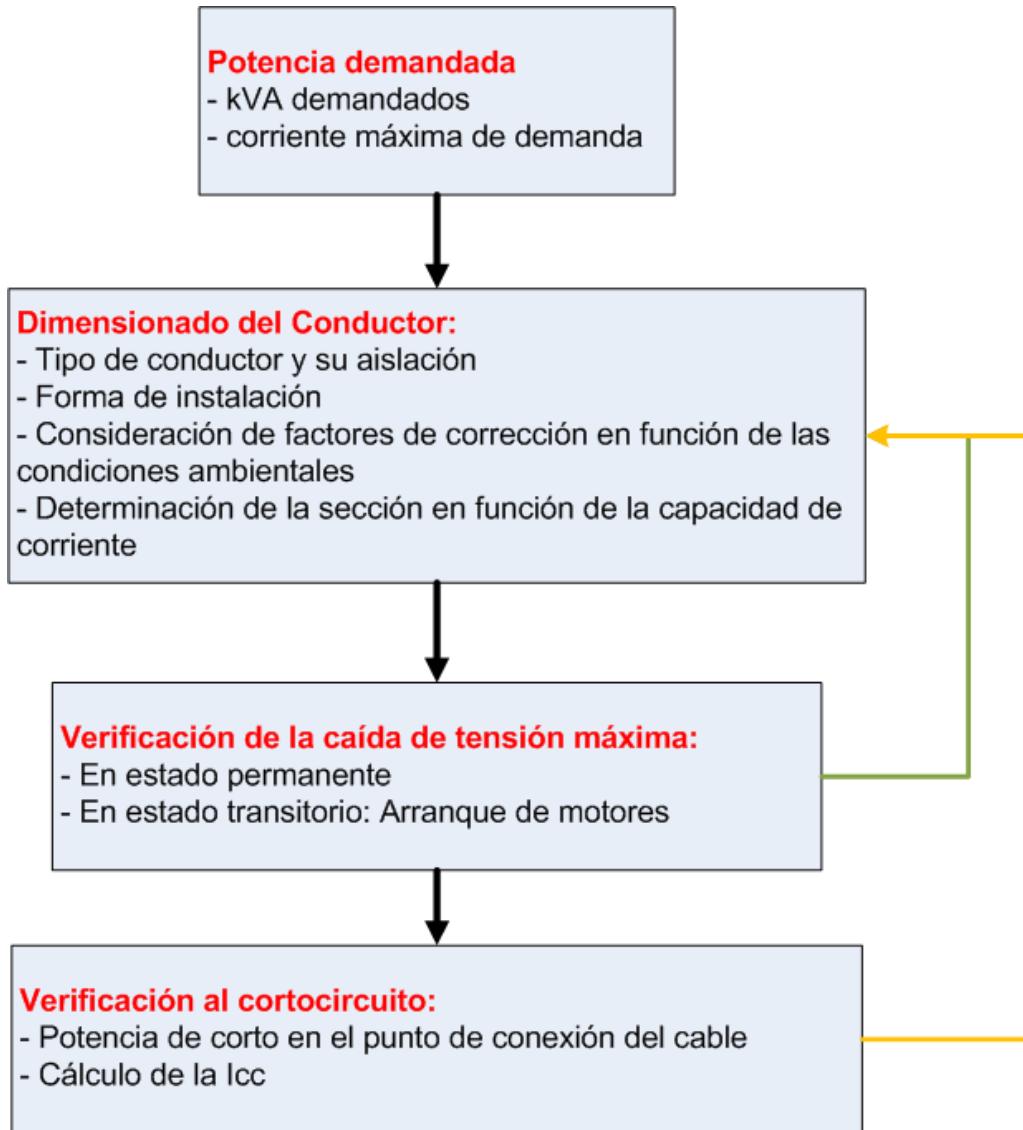
$$\Delta U [pu] = \frac{I \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)}{U_{fn}}$$

$$\Delta U [pu] = \frac{\sqrt{3} I \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)}{U_{Ln}}$$

b) Circuito trifásico no balanceado

$$\Delta U [pu] = \frac{I_f (R_f \cdot \cos \phi + X_f \cdot \sin \phi) + I_n (R_n \cdot \cos \phi + X_n \cdot \sin \phi)}{U_{fn}}$$

Selección de un conductor



CABLES – Selección de sección

En una instalacion industrial se instalara un Tablero para iluminacion perimetral y de planta ,se lo alimentara con 380 V y la Potencia Aparente simultanea sera de 50 KVA. Se quiere energizar un cable existente en la traza prevista de 3x25/16 CU aislación XLPE (cuyas caracteristicas son las de la Tabla adjunta). Verificar si este cable puede alimentar la futura carga y cumplir con la calidad de servicio para iluminacion. De no cumplirse la condicion anterior, seleccionar un nuevo conductor multipolar.

Caracteristica de la Carga:

Potencia Aparente 50 KVA

Tensión Nominal 380 V

Coeficiente de simultaneidad 1

Longitud de la Traza 180 M

Caída de Tensión admisible 3 %

$\cos \phi = 0,85$

$$I_{carga} = 50000 / (1,73 \cdot 380) = 76 \text{ A}$$

Condiciones de Tendido

Tramo	Tipo tendido	Condiciones
1	Tunel circ. aire	Cable con mas de 3 cables separ. menos de 1 diam.,band. perforada (cant. 3),temp. 35C
2	Sala de Tableros	Cable con otros 8 cables separ. en 1 diam.,band. perforada (cant. 6),temp. 40°C

CABLES – Selección de sección

Determinacion de Factores (según apunte de catedra)

T °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Factor	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,81	0,71	0,58

Tendidos en bandejas perforadas y separados menos de un diámetro				
Nº de bandejas	Nº de cables por bandeja			
	1	2	3	Más de 3
1	1,00	0,93	0,87	0,83
2	0,89	0,83	0,79	0,75
3	0,80	0,76	0,72	0,69
Más de 3	0,75	0,70	0,66	0,64

Tendidos en bandejas perforadas y separados un diámetro					
Nº de bandejas	Nº de cables por bandeja				
	1	2	3	6	9
1	1,00	0,98	0,96	0,93	0,92
2	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89
3	1,00	0,94	0,92	0,89	0,88
6	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86

CABLES – Selección de sección

Determinacion de Factores (según apunte de catedra)

Tramo	Factor Temp.	Factor Terreno	Factor enterrado	Factor Agrup.	Factor Tendido
1	1,08	No	No	0,69	0,75
2	1,00	No	No	0,86	0,86

Calculo de corriente ficticia para ingresar a Tabla por tramo (para ingresar a Tabla de cables)

$$I_{ficticia} = I_n / \text{Factor tendido}$$

Tramo	I tabla [A]
1	102
2	88

Corriente transportable en Cables (Catalogo Indelqui - Inelpex XLP 1.1 KV) Temp. 90 °C

Conductor aire	I Nominal [A]	R [Ohm/Km]	X [Ohm/Km]	Caida Tension	
				cos Fi = 0.85 [V/A-Km]	cos Fi = 0.35 [V/A-Km]
1x(4x10) Cu	60	2,340	0,0787	2,03	0,89
1x(4x16) Cu	80	1,468	0,0750	1,29	0,58
1x(3x25/16) Cu	120	0,926	0,0753	0,83	0,39
1x(3x35/16) Cu	140	0,668	0,0732	0,61	0,30
1x(3x50/25) Cu	175	0,493	0,0726	0,46	0,24

CABLES – Selección de sección

Cálculo de la caída de tensión debida a la carga

$$\Delta U [\%] = V \sqrt{3} (R \cos \theta + X \sin \theta) [\Omega/km] L [m] I [A] / U [V] 10$$

Sección Conductor	Delta U [%]
1x(4x10) Cu	13,0
1x(4x16) Cu	8,2
1x(3x25/16) Cu	5,3
1x(3x35/16) Cu	3,9
1x(3x50/25) Cu	2,9

Selección de la sección según la caída de tensión

Se consideran 3 m en la bajada del CCM y 2 m en la acometida al motor, entonces se consideraron 185 m de longitud de cable

La caída de tensión en servicio resulta $2,9\% < 3\%$ admisible

Tablero Iluminación	Max.Long. [m]	Sección
TBTI	185	1x(3x50/25) Cu

Por lo tanto la sección seleccionada es **1x(3x50/25) Cu**

CABLES – Selección de sección

En una instalacion industrial se instalara un Tablero para iluminación perimetral y de planta ,se lo alimentara con Ulínea = 380 V y la Potencia Aparente simultánea será de 50 KVA. Se quiere energizar un cable existente en la traza prevista de 3x25/16 CU (cuyas características son las de la Tabla adjunta). Verificar si este cable puede alimentar la futura carga y cumplir con la calidad de servicio para iluminación. De no cumplirse la condición anterior, seleccionar un nuevo conductor multipolar.

Caracteristica de la Carga:

Potencia Aparente 50 KVA

Tensión Nominal 380 V

Coeficiente de simultaneidad 1

Longitud de la Traza 180 M

Caída de Tensión admisible 3 %

$$I_{carga} = 50000 / (1,73 \cdot 380) = 76 \text{ A}$$

Condiciones de Tendido

Tramo	Tipo tendido	Condiciones
1	Tunel circ. aire	Cable con mas de 3 cables separ. menos de 1 diam.,band. perforada (cant. 3),temp. 35°C
2	Sala de Tableros	Cable con otros 9 cables separ. en 1 diam.,band. perforada (cant. 6),temp. 40°C

CABLES – Selección de sección

Determinacion de Factores (según apunte de catedra)

T °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Factor	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,81	0,71	0,58

Tendidos en bandejas perforadas y separados menos de un diámetro					
	Nº de bandejas	Nº de cables por bandeja			
		1	2	3	Más de 3
	1	1,00	0,93	0,87	0,83
	2	0,89	0,83	0,79	0,75
	3	0,80	0,76	0,72	0,69
	Más de 3	0,75	0,70	0,66	0,64

Tendidos en bandejas perforadas y separados un diámetro					
	Nº de bandejas	Nº de cables por bandeja			
		1	2	3	6
	1	1,00	0,98	0,96	0,93
	2	1,00	0,95	0,93	0,90
	3	1,00	0,94	0,92	0,89
	6	1,00	0,93	0,90	0,87
					0,86

CABLES – Selección de sección

Determinacion de Factores (según apunte de catedra)

Tramo	Factor Temp.	Factor Terreno	Factor enterrado	Factor Agrup.	Factor Tendido
1	1,08	No	No	0,69	0,75
2	1,00	No	No	0,86	0,86

Calculo de corriente de corriente de Tabla por tramo (para ingresar a Tabla de cables)

$$I_{\text{tabla}} = I_n / \text{Factor tendido}$$

Tramo	I tabla [A]
1	102
2	88

Corriente transportable en Cables (Catalogo Indelqui - Inelpex XLP 1.1 KV) Temp. 90 °C

Conductor aire	I Nominal [A]	R [Ohm/Km]	X [Ohm/Km]	Caida Tension	
				cos Fi = 0.85 [V/A-Km]	cos Fi = 0.35 [V/A-Km]
1x(4x10) Cu	60	2,340	0,0787	2,03	0,89
1x(4x16) Cu	80	1,468	0,0750	1,29	0,58
1x(3x25/16) Cu	120	0,926	0,0753	0,83	0,39
1x(3x35/16) Cu	140	0,668	0,0732	0,61	0,30
1x(3x50/25) Cu	175	0,493	0,0726	0,46	0,24

CABLES – Selección de sección

Calculo de longitudes máximas para una caída de tensión determinada

$$\Delta U [\%] = V \cdot 3 \cdot (R \cos \theta + X \sin \theta) [\text{Ohm/Km}] \cdot L[m] \cdot I[A] / U[V] \cdot 10$$

Sección	L Máxima [m]			
	Delta U [%] 3	Delta U [%] 4	Delta U [%] 5	Delta U [%]
Conductor	3	4	5	
1x(4x16) Cu			112	0
1x(3x25/16) Cu	105		175	0
1x(3x35/16) Cu	143		238	0
1x(3x50/25) Cu	189		316	0

Selección de la Sección según la caída de tensión

Se consideran 3 m en la bajada del CCM y 2 m en la acometida al motor

La caída de tensión en servicio se fija en 3 %

Tablero	Max.Long.	Sección
Iluminación	[m]	
TBTI	180	1x(3x50/25) Cu

Por lo tanto la sección seleccionada es 1x(3x50/25) Cu