

FACTORES DE CORRECCIÓN DE CAPACIDAD DE CORRIENTE

ANTECEDENTES

Los valores de capacidad de transporte de corriente informados para los distintos tipos de cables están basados en las recomendaciones de los reglamentos o normas aplicables tales como:

- IPCEA P-46-426
- NEC (Código Eléctrico Nacional de EEUU)
- IEEE Std 835
- IEC 60364-5-52
- IEC 60502-2:2014

En todas estas publicaciones técnicas, los datos de capacidad de corriente están basados en cálculos matemáticos usando las formulas de Neher-McGrath^{[1][2][3]} o el método según norma IEC 60287^{[4][5][6]}. Los cuales son los métodos ampliamente aceptados por la industria electrotécnica a nivel mundial.

Independiente de cuál sea el método de cálculo empleado, los datos de capacidad de corriente están basados en una serie de supuestos o condiciones particulares de instalación, como puede ser: La cantidad de conductores y su separación, la temperatura del medio ambiente y del conductor, el tipo de instalación: ya sea al aire libre, enterrado en ducto, enterrado directamente, o en bandejas; las propiedades del suelo, entre otras condiciones.

Ahora bien, debido a que las condiciones reales de instalación generalmente son distintas a las condiciones predefinidas de las normas, las mismas publicaciones técnicas proporcionan una serie de factores de corrección, conocidos también como factores de derrateo, por el término en inglés “derating”.

Es común que los documentos técnicos citados anteriormente presenten factores de corrección cuando hay variaciones en alguno de los siguientes parámetros:

- Temperatura ambiente (Del suelo o del aire)
- Exposición a luz solar
- Resistividad térmica del suelo
- Profundidad de instalación en el suelo
- Cantidad de conductores

FACTORES DE CORRECCIÓN

Todos los factores de corrección descritos en este documento aplican para cables que operan a una temperatura máxima permanente de 90°C en el conductor.

Corrección por temperatura ambiente

Cuando se habla de temperatura ambiente es importante tener claridad que puede tratarse de la temperatura del suelo o la temperatura del aire, dependiendo si la instalación está enterrada o no.

Instalaciones al aire:

Las normas o reglamentos de origen norteamericano tienen como referencia una temperatura ambiente (al aire) de 40°C, mientras que las normas IEC consideran 30°C. Dependiendo de la referencia se aplican distintos factores

Tabla 1. Corrección por temperatura ambiente (Del aire)			
Temperatura ambiente real [°C]	Factor de corrección		
	Referencia 40°C (NEC, IPCEA, IEEE)	Referencia 30°C (IEC) Aislamientos XLPE ó EPR	Referencia 30°C (IEC) Aislamientos PVC
0-10	1.26	1.15	1.22
11-15	1.22	1.12	1.17
16-20	1.18	1.08	1.12
21-25	1.14	1.04	1.06
26-30	1.10	1.00	1.00
31-35	1.05	0.96	0.94
36-40	1.00	0.91	0.87
41-45	0.95	0.87	0.79
46-50	0.89	0.82	0.71
51-55	0.84	0.76	0.61
56-60	0.77	0.71	0.50

Instalaciones enterradas:

Para el caso de instalaciones enterradas en el suelo, la mayoría de las normas y reglamentos parten con una temperatura ambiente de referencia de 20°C

Tabla 2. Corrección por temperatura del suelo

Temperatura ambiente real [°C]	Factor de corrección
0-10	1.07
11-15	1.04
16-20	1.00
21-25	0.96
26-30	0.93
31-35	0.89
36-40	0.85
41-45	0.80
46-50	0.76

Corrección por exposición directa al sol

Si los cables o sus canalizaciones están expuestos directamente al sol, estos adquirirán una temperatura mayor que la del ambiente, y por esta razón su capacidad de transporte de corriente se verá disminuida.

Los valores de capacidad de corriente para instalaciones al aire, en ductos o en bandejas declarados por las distintas normas consideran que los cables o su canalización no están expuestos directamente al sol.

Si bien los reglamentos más utilizados no especifican los factores de corrección por esta situación, se sugiere considerar alguna de estas dos alternativas:

- a. Considerar como temperatura ambiente 20°C más que la temperatura real. Es decir si la temperatura ambiente es de 30°C y la instalación está expuesta al sol, considerar entonces el factor de corrección para 50°C (30°C+20°C) en lugar de usar el factor para 30°C.
- b. Si el color exterior del cable o de la canalización es negro u otro color oscuro aplicar un factor de corrección de 0.8. Si es de un color claro, usar como factor 0.9.

Corrección por resistividad térmica del suelo

A mayor resistividad térmica del suelo es más difícil disipar el calor generado en los cables por la circulación de corriente.

Las normas norteamericanas consideran como valor de referencia para los cálculos de capacidad de corriente un valor de resistividad térmica del suelo, o valor RHO de 90°C.cm/W, lo que es equivalente a 0,9 K.m/W. Estas normas no presentan factores de corrección en función de la resistividad del suelo.

Las normas IEC tienen como referencia 1.5 K.m/W ó 2.5 K.m/W para la resistividad del suelo. Los factores de corrección dependen de la sección de los conductores y del tipo de instalación: si es de cables directamente enterrados o son cables enterrados en ductos.

Tabla 3. Corrección por resistividad térmica del suelo (Cables monopolares directamente enterrados)

Resistividad térmica del suelo [K.m/W]	Factor de corrección		
	Sección 0-50mm²	Sección 51-150mm²	Sección >150mm²
0.7	1.29	1.33	1.35
0.8	1.24	1.27	1.29
0.9	1.19	1.22	1.23
1	1.15	1.17	1.18
1.5	1.0	1.0	1.0
2	0.89	0.88	0.88
2.5	0.81	0.80	0.79
3	0.74	0.74	0.73

Tabla 4. Corrección por resistividad térmica del suelo (Cables monopolares en ductos enterrados)

Resistividad térmica del suelo [K.m/W]	Factor de corrección		
	Sección 0-50mm²	Sección 51-150mm²	Sección >150mm²
0.7	1.20	1.22	1.24
0.8	1.17	1.19	1.20
0.9	1.14	1.15	1.17
1	1.11	1.12	1.13
1.5	1	1	1
2	0.91	0.91	0.90
2.5	0.84	0.83	0.83

3	0.78	0.78	0.77
Tabla 5. Corrección por resistividad térmica del suelo (Cables tripolares directamente enterrados)			
Resistividad térmica del suelo [K.m/W]	Factor de corrección		
	Sección 0-50mm ²	Sección 51-150mm ²	Sección >150mm ²
0.7	1.23	1.26	1.27
0.8	1.19	1.21	1.23
0.9	1.16	1.18	1.19
1	1.13	1.14	1.15
1.5	1.0	1.0	1.0
2	0.91	0.90	0.90
2.5	0.83	0.83	0.82
3	0.77	0.77	0.76

Tabla 6. Corrección por resistividad térmica del suelo (Cables tripolares en ductos enterrados)			
Resistividad térmica del suelo [K.m/W]	Factor de corrección		
	Sección 0-50mm ²	Sección 51-150mm ²	Sección >150mm ²
0.7	1.12	1.15	1.16
0.8	1.11	1.13	1.14
0.9	1.09	1.11	1.11
1	1.08	1.09	1.09
1.5	1.0	1.0	1.0
2	0.94	0.93	0.92
2.5	0.88	0.88	0.86
3	0.84	0.83	0.81

Si bien, las normas norteamericanas no tienen factores de corrección por concepto de una resistividad del suelo distinta a 0,9 K.m/W, se puede considerar como un factor aproximado el cociente entre el factor de la resistividad real de instalación y el correspondiente a 0.9 K.m/W según las tablas 3 a 6.

Ejemplo :

Según NEC 2011, Tabla 310.60(C)(81) la capacidad de transporte de corriente para un cable de cobre monopolar calibre 4/0AWG 5kV es de 435A, con temperatura en el conductor de 90°C e instalado directamente enterrado a una temperatura del suelo de 20°C, y con una resistividad térmica del suelo de 0.9 K.m/W

El factor de corrección para la capacidad de corriente en un suelo con resistividad térmica de 2 K.m/W sería 0.72, el cual resulta de dividir 0.88

(factor para resistividad térmica=2) entre 1.22 (factor para resistividad térmica=0.9) según tabla 3 para el calibre 4/0AWG ó 107mm².

Corrección por profundidad de instalación

Según el NEC, las instalaciones directamente enterradas se consideran a una profundidad de 0,9m desde la superficie del suelo y las enterradas en ducto consideran 0,75m desde la parte superior del banco de ductos. Si la profundidad real es distinta de ésta, se deben aplicar factores de corrección de acuerdo a lo indicado a continuación :

-Cuando la profundidad de instalación es mayor a las indicadas anteriormente, se debe aplicar un factor de reducción de 6% por cada 0.30m que aumente la profundidad. (Ver tabla 7)

-Si la profundidad de instalación aumenta para solo una parte de la instalación (menos del 25% del total de la longitud instalada) no es necesario aplicar factor de corrección.

-Cuando la profundidad de instalación es menor a la referencia no es necesario aplicar factores

Tabla 7. Corrección por profundidad de instalación			
Directamente enterrado		Enterrado en ductos	
Profund. [m]	Factor de corrección	Profund. [m]	Factor de corrección
-	-	0-0.75	1.0
0-0.90	1.0	0.76-1.05	0.94
0.91-1.20	0.94	1.06-1.35	0.88
1.21-1.50	0.88	1.36-1.65	0.82
1.51-1.80	0.82	1.66-1.95	0.76
1.81-2.10	0.76	1.26-2.25	0.70
2.11-2.40	0.70	2.26-2.55	0.64
2.41-2.70	0.64	2.56-2.85	0.58
2.71-3.0	0.58	2.86-3.15	0.52

En el caso de capacidades de corriente definidas según normas IEC, los factores de corrección dependen si se trata de cables directamente enterrados o enterrados dentro de ductos, si son cables monopolares o tripolares, y dependen también de la sección del conductor. Los factores están en las siguientes tablas:

Tabla 8. Corrección por profundidad de instalación

Profundidad [m]	Factores de corrección para cables directamente enterrados		
	Cables monopolares		Cables tripolares
	Sección $\leq 185\text{mm}^2$	Sección $> 185\text{mm}^2$	Todas las secciones
0-0.5	1.04	1.06	1.04
0.51 - 0.6	1.02	1.04	1.03
0.61 - 0.8	1.00	1.00	1.00
0.81 - 1.0	0.98	0.97	0.98
1.01 - 1.25	0.96	0.95	0.96
1.26 - 1.50	0.95	0.93	0.95
1.51 - 1.75	0.94	0.91	0.94
1.76 - 2.0	0.93	0.90	0.93
2.01 - 2.5	0.91	0.88	0.91
2.51 - 3.0	0.90	0.86	0.90

Tabla 9. Corrección por profundidad de instalación

Profundidad [m]	Factores de corrección para cables enterrados en ductos		
	Cables monopolares		Cables tripolares
	Sección $\leq 185\text{mm}^2$	Sección $> 185\text{mm}^2$	Todas las secciones
0-0.5	1.04	1.05	1.03
0.51 - 0.6	1.02	1.03	1.02
0.61 - 0.8	1.00	1.00	1.00
0.81 - 1.0	0.98	0.97	0.99
1.01 - 1.25	0.96	0.95	0.97
1.26 - 1.50	0.95	0.93	0.96
1.51 - 1.75	0.94	0.92	0.95
1.76 - 2.0	0.93	0.91	0.94
2.01 - 2.5	0.91	0.89	0.93
2.51 - 3.0	0.90	0.88	0.92

Corrección por cantidad de conductores

Los valores tabulados de capacidad de corriente consideran los conductores de un único circuito y un solo conductor por fase. Para el caso en que se usan varios conductores por fase o hay varios cables en la misma canalización se deben aplicar

los siguientes factores en función de la cantidad de conductores.

Según NEC, los factores son los siguientes:

Tabla 10. Factores de corrección por cantidad de conductores en una misma canalización

Cantidad de conductores	Factor de corrección
4 a 6	0.8
7 a 24	0.7
25 a 42	0.6
Más de 42	0.5

Según IEC, los factores son los indicados en las tablas 11 a 16 :

Tabla 11. Factores de corrección para grupos de cables tripolares enterrados direct.en el suelo en disposición plana

Cantidad de cables	Espacio entre centro de los cables				
	En contacto	200mm	400mm	600mm	800mm
2	0.80	0.86	0.90	0.92	0.94
3	0.69	0.77	0.82	0.86	0.89
4	0.62	0.72	0.79	0.83	0.87
5	0.57	0.68	0.76	0.81	0.85
6	0.54	0.65	0.74	0.80	0.84
7	0.51	0.63	0.72	0.78	0.83
8	0.49	0.61	0.71	0.78	-
9	0.47	0.60	0.70	0.77	-
10	0.46	0.59	0.69	-	-
11	0.45	0.57	0.69	-	-
12	0.43	0.56	0.68	-	-

Tabla 12. Factores de corrección para grupos de cables monopolares en circuitos trifásicos enterrados direct. en el suelo en disposición plana

Cantidad de grupos	Espacio entre centro de cada grupo de cables				
	En contacto	200mm	400mm	600mm	800mm
2	0.73	0.83	0.88	0.90	0.92
3	0.60	0.73	0.79	0.83	0.86
4	0.54	0.68	0.75	0.80	0.84
5	0.49	0.63	0.72	0.78	0.82
6	0.46	0.61	0.70	0.76	0.81
7	0.43	0.58	0.68	0.75	0.80
8	0.41	0.57	0.67	0.74	-
9	0.39	0.55	0.66	0.73	-
10	0.37	0.54	0.65	-	-

11	0.36	0.53	0.64	-	-
12	0.35	0.52	0.64	-	-

Tabla 13. Factores de corrección para grupos de cables monopolares instalados en disposición plana en bandejas perforadas y en escalerillas portacables.

Método de instalación	Number of trays or ladders	Number of three-phase circuits per tray or ladder			Use as a multiplier to current-carrying capacity for
		1	2	3	
Perforated cable tray systems	Touching				
	1	0.98	0.91	0.87	Three cables in horizontal formation
	2	0.96	0.87	0.81	
3	0.95	0.85	0.78		
Vertical perforated cable tray systems	Touching				
	1	0.96	0.86	-	Three cables in vertical formation
2	0.95	0.84	-		
Cable ladder systems, cleats, etc.	Touching				
	1	1.00	0.97	0.96	Three cables in horizontal formation
	2	0.98	0.93	0.89	
3	0.97	0.90	0.86		

Tabla 14. Factores de corrección para grupos de cables monopolares instalados en ternas en bandejas perforadas y en escalerillas portacables.

Método de instalación	Number of trays or ladders	Number of three-phase circuits per tray or ladder			Use as a multiplier to current-carrying capacity for
		1	2	3	
Perforated cable tray systems	Touching				
	1	1.00	0.98	0.96	Three cables in horizontal formation
	2	0.97	0.93	0.89	
3	0.96	0.92	0.86		
Vertical perforated cable tray systems	Spaced				
	1	1.00	0.91	0.89	Three cables in trefoil formation
2	1.00	0.90	0.86		
Cable ladder systems, cleats, etc.	Touching				
	1	1.00	1.00	1.00	Three cables in horizontal formation
	2	0.97	0.95	0.93	
3	0.96	0.94	0.90		

Tabla 15. Factores de corrección para grupos de cables multipolares instalados en bandejas no perforadas y en escalerillas portacables.

Método de instalación	Number of trays or ladders	Number of cables per tray or ladder					
		1	2	3	4	6	9
Unperforated cable tray systems	Touching						
	1	0.97	0.84	0.78	0.75	0.71	0.68
	2	0.97	0.83	0.76	0.72	0.68	0.63
	3	0.97	0.82	0.75	0.71	0.66	0.61
Cable ladder systems, cleats, etc.	Touching						
	1	1.00	0.87	0.82	0.80	0.79	0.78
	2	1.00	0.86	0.80	0.78	0.76	0.73
	3	1.00	0.85	0.79	0.76	0.73	0.70
	Spaced						
	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
	2	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	-
3	1.00	0.98	0.97	0.96	0.93	-	

Tabla 16. Factores de corrección para grupos de cables multipolares instalados en bandejas perforadas

Método de instalación	Number of trays or ladders	Number of cables per tray or ladder					
		1	2	3	4	6	9
Perforated cable tray systems	Touching						
	1	1.00	0.88	0.82	0.79	0.76	0.73
	2	1.00	0.87	0.80	0.77	0.73	0.68
	3	1.00	0.86	0.79	0.76	0.71	0.66
	6	1.00	0.84	0.77	0.73	0.68	0.64
	Spaced						
1	1.00	1.00	0.98	0.95	0.91	-	
2	1.00	0.99	0.96	0.92	0.87	-	
3	1.00	0.98	0.95	0.91	0.85	-	
Vertical perforated cable tray systems	Touching						
	1	1.00	0.88	0.82	0.78	0.73	0.72
	2	1.00	0.88	0.81	0.76	0.71	0.70
	Spaced						
1	1.00	0.91	0.89	0.88	0.87	-	
2	1.00	0.91	0.88	0.87	0.85	-	

CONSIDERACIONES ADICIONALES

Es responsabilidad del usuario velar por el cumplimiento de los requisitos normativos o legales propios del país donde se realice la instalación, además de los posibles requerimientos aplicables a la locación particular de la instalación ya sea residencial, industrial, hospitalario, entre otros.

REFERENCIAS

- [1] IPCEA P-46-426. Power Cable Ampacities.
- [2] IEEE Std 835. IEEE Standard Power Cable Ampacity Tables
- [3] NEC 2011. Anexo B. Application Information for Ampacity Calculation
- [4] IEC 60287-2-1:2006. Electric cables - Calculation of the current rating - Part 2-1: Thermal resistance - Calculation of the thermal resistance

[5] IEC 60502-2:2014. Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) - Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)

[6] IEC 60364-5-52. Low-voltage electrical installations: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems.

[7]AS/NZS 3008.1.1:1998 Australian/NZ Standard. Electrical installations - Selection of cables. Part 1.1: Cables for alternating voltages up to and including 0.6/1 kV—Typical Australian installation conditions
