



# Memoria de Cálculo de Conductores

---

## Termo-generador Central Mataveri

DOCUMENTO: MD-1158-DOC-M-08-R.0

Santiago de Chile, 30 de Agosto 2013.



## CONTENIDO

1.	INTRODUCCION .....	3
2.	ANTECEDENTES .....	3
3.	CALCULO DE ALIMENTADORES .....	3
4.	RESULTADOS DE CAIDA DE TENSION EN LOS CONDUCTORES .....	7
5.	CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE TRABAJO DE LOS CONDUCTORES.....	8
6.	RESULTADOS DE CÁLCULO DE TEMPERATURA DE LOS CONDUCTORES.....	9



## 1. INTRODUCCION

Este estudio tiene por objeto determinar el calibres (sección transversal) a utilizar para los alimentadores de baja tensión (BT) y de media tensión (MT) en función de la carga a servir y la longitud máxima permisible del circuitos, con el objeto de obtener una calidad de servicio adecuada para las instalaciones del proyecto

## 2. ANTECEDENTES

Para el desarrollo de la memoria de cálculo se ha utilizado el plano Diagrama Unilineal y los planos de canalizaciones en sala eléctrica y en terreno

Para los alimentadores de baja tensión se aplicará en particular la norma chilena Nch. Elect. 4/2003 y el NEC, considerando que la mayor parte de su trazado es tendido al aire libre o en bandejas porta-conductores.

## 3. CALCULO DE ALIMENTADORES

Los alimentadores serán ruteados principalmente a lo largo de las trincheras mediante bandejas porta-conductores, especificados en los planos respectivos de canalizaciones, por lo tanto, se considerará un factor de decremento de acuerdo a lo establecido en la Norma NCH 4/2003 y a lo que señala el art.8.2.5

La longitud máxima que debe tener el circuito de alimentación, debe asegurar que la regulación de tensión (caída de tensión) durante su operación normal no supere el 3% a condiciones de operación de plena carga. Por lo tanto se debe cumplir lo siguiente:

$$\% \Delta V = \frac{\text{Caída de Tension en Conductor}}{\text{Tension No min al}} = \frac{I \times Z}{V} = \frac{I \times (R \cos \phi + X_L \sin \phi)}{V} < 3\% \quad (1)$$

La resistencia R y reactancia X de los cables son función directa de los valores de resistencia unitaria r [ $\Omega/m$ ] y de reactancia unitaria x [ $\Omega/m$ ], y, evidentemente, de la longitud del circuito L [m].

$$R = r \cdot L \quad [\Omega] \quad (2)$$

$$X = x \cdot L \quad [\Omega] \quad (3)$$



En la presente memoria se establece el dimensionamiento de secciones de los conductores, de acuerdo a los parámetros que van a determinar finalmente la sección de estos, conforme a los valores que establece la norma para la caída de tensión máxima en los conductores.

En general, tres son los criterios a tener en cuenta en el cálculo de la sección de los conductores:

1. Sección atendiendo a la elevación de temperatura, o densidad de corriente máxima admitida.
2. Sección atendiendo a la caída de tensión.
3. Sección más económica.

Estos tres criterios son independientes y el más desfavorable de ellos será el que, en definitiva, fije el valor de la sección.

Teniendo en cuenta que el calentamiento es independiente de la longitud, lo que no ocurre con la caída de tensión, el criterio que marcará el valor de la sección en conductores de gran longitud será el criterio (2.-), mientras el criterio (1.-) será el dominante en el cálculo de conductores de reducida longitud.

Los circuitos que se están calculando, en general, tienen las siguientes características:

- Cargas predominantemente resistivas.
- Relación longitud de los conductores y magnitud de las cargas.
- Tipo de canalización a considerar.

De acuerdo a lo anterior, el factor predominante para la selección de la sección de los conductores es la magnitud de la caída de tensión:

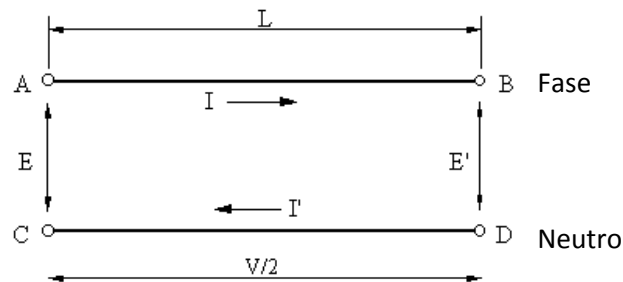


### 3.1.- Determinación de la sección mínima de un conductor atendiendo a la caída de tensión.

La sección  $S$  de los conductores viene impuesta en muchos casos por la máxima caída de tensión admisible.

Como modelo conceptual supongamos una línea monofásica de longitud  $L$  a la que hemos aplicado una tensión inicial  $E$ , obteniéndose en el otro extremo la tensión  $E'$ .

Sabemos que cuando la intensidad  $I$  sea pequeña, la tensión  $E'$  será prácticamente igual a  $E$ , pero por el contrario, cuando tengamos una intensidad máxima, la caída de tensión será también máxima y los receptores o cargas se verán afectados por fluctuaciones de tensión a pesar de ser constante el valor  $E$ .



Es necesario calcular la sección de los conductores con la condición de que al ser recorridos por la corriente máxima, la resistencia de los mismos no dé lugar a una diferencia  $V = E - E'$  mayor del límite asignado a la caída de tensión en % en función de  $E'$  recomendado en la norma.

Para el cálculo de la caída de tensión en los conductores en circuitos monofásicos, usamos la siguiente metodología:

Fijado  $V$ , calculamos la sección de los conductores teniendo en cuenta las pérdidas producidas en los tramos  $AB$  y  $CD$ , para un circuito predominantemente resistivo:

$$V = R \cdot I \quad [V]$$

Caída de tensión debida a la resistencia del conductor

$$R = \frac{L \cdot \rho_{Cu}}{S} \quad [\Omega]$$

Resistencia del conductor de Cu

$$I = \frac{V \cdot S}{L \cdot \rho_{Cu}} \quad [A]$$

Corriente máxima del circuito en Amperes.

Donde:



$S$  = Sección del conductor [ $\text{mm}^2$ ].

$I$  = Intensidad de corriente del circuito [A].

$\Delta V$  = Caída de tensión [V].

$L$  = Largo del conductor.

$\rho_{Cu}$  = Coeficiente de resistividad del cobre normalizado a 20 °C

$\rho_{Cu} = 0.0178571$

Para el caso de Alimentadores de 380V/220 V., el Reglamento establece una caída de tensión máxima del 3%, Para la circuitos de distribución hacia cargas finales, se admite una caída de tensión máxima en el punto más alejado un 5% de la tensión de entrada. Para el alimentador trifásico de 380 [V] es de 11,4 [V]. Para el caso de circuitos de cargas finales se admite como máximo un 5% en el punto más alejado, lo que supone para circuitos monofásicos de 220 [V], una caída de tensión máxima admitida de 11.0 [V].

Si fijamos la caída máxima de tensión permitida según reglamento, podemos establecer la sección mínima permitida por la norma para circuitos monofásicos, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$S_{Min} = \frac{2L \cdot \rho_{Cu} \cdot I_{Máx}}{\Delta V_{Máx}} \quad [\text{mm}^2]$$

El factor 2 surge en circuitos monofásicos al considerar la caída en la fase y también en el neutro.

En un sistema de distribución trifásica, la corriente que circula por el neutro tiende a ser nula (depende del equilibrio de las cargas por fase), por lo tanto, para el cálculo de la caída de tensión es válida la expresión:

$$\Delta V_{TRIF} = \frac{L \cdot \rho_{Cu} \cdot I_{FASE}}{S} \quad [V]$$

$L$  es el largo del conductor de fase.

$I_{FASE}$  es la corriente de fase

Donde:

$S_{Min}$  = Sección mínima permitida del conductor [ $\text{mm}^2$ ].

$I_{Máx}$  = Intensidad de corriente máxima del circuito [A].

$\Delta V_{Máx}$  = Caída máxima de tensión permitida por el Reglamento [V].

$L$  = Largo del conductor.

$\rho_{Cu}$  = Coeficiente de resistividad del cobre normalizado a 20 °C

$\rho_{Cu} = 0.0178571$



#### 4. RESULTADOS DE CAIDA DE TENSIÓN EN LOS CONDUCTORES

Aplicando la metodología anterior, y teniendo presente las características de los conductores en BT Clase 1KV y los de MT Clase 15 KV, se comprueba lo siguiente:

TAG	DESCRIPCIÓN	ORIGEN	DESTINO	COND.	SECCIÓN	mt.	%ΔV
BT1 1KV	Alimentador 400V	GE-6L250	SWICHTGEAR	XLPE 3x(6X500 MCM)	(6X240 mm <sup>2</sup> )	15m	0,17%
BT2 1KV	Alimentador 400V	SWICHTGEAR	TR-714 2300 KVA	XLPE 3x(6X500 MCM)	(6X240 mm <sup>2</sup> )	22m	0,26%
MT1 15KV	Alimentador 6,6KV	TR-714 2300KVA	S1.1 Seccionador	XAT 3x(1 AWG)	42,4 mm <sup>2</sup>	10m	0,02%
MT2 15KV	Alimentador 6,6KV	S1.1 Seccionador	Parrilla Despacho	Cu desnudo 3x(1/0 AWG)	53,5 mm <sup>2</sup>	7m.	0,01%
BT3 1KV	Alimentador 400V	SS.AA.	Alumbrado Interior N°1	THHN 3x12AWG	3,31 mm <sup>2</sup>	40m.	0,32%
BT4 1KV	Alimentador 400V	SS.AA.	Alumbrado Interior N°2	THHN 3x12AWG	3,31 mm <sup>2</sup>	25m.	0,81%
BT5 1KV	Alimentador 400V	SS.AA.	Alumbrado Interior N°3	THHN 3x14AWG	2,08 mm <sup>2</sup>	25m.	0,75%
BT6 1KV	Alimentador 400V	SS.AA.	Alumbrado Exterior N°1	THHN 3x14AWG	2,08 mm <sup>2</sup>	20m.	0,69%
BT7 1KV	Alimentador 400V	SS.AA.	Alumbrado Exterior N°2	THHN 3x14AWG	2,08 mm <sup>2</sup>	25m.	0,26%
BT8 1KV	Alimentador 400V	SS AA	Caja de Enchufes "A"	THNN 5x8AWG	8,37 mm <sup>2</sup>	30m.	0,46%
BT9 1KV	Alimentador 400V	SS AA	Caja de Enchufes "B"	THNN 5x8AWG	8,37 mm <sup>2</sup>	30m.	0,46%
BT10 1KV	Alimentador 400V	SS AA	Panel de Incendio	THHN 3x14AWG	2,08 mm <sup>2</sup>	20m.	0,07%
BT11 1KV	Alimentador 400V	SS AA	Compresor de Aire	THNN 5x10WG	5,25 mm <sup>2</sup>	20m.	0,49%
BT12 1KV	Alimentador 400V	SS AA	Bomba Pre-Lube	THNN 5x12AWG	3,31 mm <sup>2</sup>	25m.	0,33%
BT13 1KV	Alimentador 400V	SS AA	Bomba Fuel	THNN 5x12AWG	3,31 mm <sup>2</sup>	40m.	0,31%
BT14 1KV	Alimentador 400V	SS AA	T.G.F y Control Radiadores	THNN 5x6AWG	13,3 mm <sup>2</sup>	50m.	0,37%
BT15 1KV	Alimentador 400V	SS AA	Ventilador de Flujo Axial N°1	THNN 5x14AWG	2,08 mm <sup>2</sup>	30m.	0,42%
BT16 1KV	Alimentador 400V	SS AA	Ventilador de Flujo Axial N°2	THNN 5x14AWG	2,08 mm <sup>2</sup>	30m.	0,42%



Del contenido de la tabla, podemos concluir que los conductores se han seleccionado considerando un amplio margen de tolerancia para minimizar las caídas de tensión en los conductores. En todos los casos se está muy lejos del 3% permitido por la norma como valor máximo de las caídas de tensión.

## 5. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE TRABAJO DE LOS CONDUCTORES.

Es sabido que el efecto Joule (entre otros) produce en los conductores un aumento de temperatura en ellos. El valor final de la temperatura en los conductores va a depender del balance térmico entre el calor producido por la corriente que circula por el conductor y el valor de resistencia de éste (efecto Joule) y la transferencia de calor hacia el medio ambiente.

La siguiente expresión nos permite un cálculo estimado de la temperatura ( $T$ ) que alcanza el conductor al circular por él una  $I_{Máx}$  en presencia de una temperatura ambiente  $T_0$ .

$$T = T_0 + (T_{Máx} - T_0) \cdot \left( \frac{I}{I_{Máx}} \right)^2$$

donde:

$T$  : Temperatura de trabajo que alcanza el conductor.

$T_0$  : Temperatura ambiente.

$T_{Máx}$  : Temperatura máxima del conductor indicada por el fabricante.

$I$  : Intensidad de corriente nominal del circuito.

$I_{Máx}$  : Intensidad de corriente máxima que soporta el conductor, indicada por el fabricante.

En los cálculos se ha usado un valor de  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  que corresponde a la temperatura máxima promedio de la zona.

La  $T_{Máx}$  de los conductores es  $95^\circ\text{C}$  en conductores con 133% de tolerancia

La  $I_{Máx}$  es la indicada por el fabricante de acuerdo a la sección del conductor.





## 6. RESULTADOS DE CÁLCULO DE TEMPERATURA DE LOS CONDUCTORES.

TAG	CIRCUITO	ORIGEN	DESTINO	COND.	SECCIÓN	TEMP.DE TRABAJO [°C]
BT1 1KV	Alimentador 400V	GE-6L250	TTA(01)	XLPE 3x(6X500 MCM)	(6X240 mm <sup>2</sup> )	78°C
BT2 1KV	Alimentador 400V	TTA(01)	TR-714 2300KVA	XLPE 3x(6X500 MCM)	(6X240 mm <sup>2</sup> )	78°C
MT1 15KV	Alimentador 6,6KV	TR-714 2300KVA	S1.1 Seccionador	XAT 3x(1 AWG)	42,4 mm <sup>2</sup>	85°C
MT2 15KV	Alimentador 6,6KV	S1.1 Seccionador	Parrilla Despacho	Cu desnudo 3x(1/0 AWG)	53,5 mm <sup>2</sup>	85°C.
BT3 1KV	Alimentador 400V	SS AA	Enchufes 1 Industriales	THNN 4x8AWG	8,37 mm <sup>2</sup>	34°C.
BT4 1KV	Alimentador 400V	SS AA	Enchufes 2 Industriales	THNN 4x8AWG	8,37 mm <sup>2</sup>	34°C
BT5 1KV	Alimentador 400V	SS AA	TGFyCtrl Ventiladores	THNN 4x8AWG	8,37 mm <sup>2</sup>	63°C
BT6 1KV	Alimentador 400V	SS AA	TGFyCtrl Radiadores	THNN 4x8AWG	8,37 mm <sup>2</sup>	65°C.
BT7 1KV	Alimentador 400V	SS AA	TGFyCtrl Compresor	THNN 4x8AWG	8,37 mm <sup>2</sup>	24°C

Del contenido de ambas tablas, podemos concluir que los conductores seleccionados están dentro del rango de temperaturas de acuerdo a las especificaciones del fabricante cumpliendo simultáneamente lo exigido por la norma en cuanto a las corrientes máximas y caída de tensión en las líneas.