

INDICE

1	INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE M.T. Y C.T.....	2
1.1	Intensidad en Alta Tensión.....	2
1.2	Intensidad de Baja Tensión.	2
1.3	Cortocircuitos.....	3
1.3.1	Observaciones.	3
1.3.2	Formulas empleadas para el cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.	3
1.3.3	Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.	4
1.3.4	Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.	4
1.4	Dimensionado de la ventilación del C.T.	4
1.5	Cálculo de la instalación de puesta a tierra.....	5
1.5.1	Cálculo de la red de puesta a tierra del Centro de Transformación o Protección.	5
1.5.2	Cálculo del electrodo de puesta a tierra de Neutro o de Servicio.....	11
2	INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE B.T.....	12
2.1	Cálculo de la instalación de Baja Tensión por criterios de densidad de corriente y caída de tensión.....	12
2.1.1	Condicionantes previos.	12
2.1.2	Fórmulas empleadas.....	12
2.2	Cálculo la instalación por criterios de corrientes de cortocircuito.....	14
2.2.1	Introducción.	14
2.2.2	Fórmulas a emplear.....	14
2.2.3	Cálculos de la mayor Intensidad de cortocircuito (Poder de Corte).	18
2.2.4	Cálculos de la menor Intensidad de cortocircuito (curvas características de los interruptores)	21
2.3	Cálculo de la instalación según REBT 1973.....	22
2.4	Cálculo de la instalación según REBT 2002.....	25
2.5	Cálculos luminotécnicos.....	26

1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE M.T. Y C.T.

1.1 Intensidad en Alta Tensión.

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I_p viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U = Tensión compuesta primaria en kV = 15 kV.

I_p = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{630}{\sqrt{3} \times 15} = 24,25 A$$

1.2 Intensidad de Baja Tensión.

En un sistema trifásico la intensidad secundaria I_s viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - P_{fe} - P_{cu}}{\sqrt{3} \times U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

P_{fe} = Pérdidas en el hierro.

P_{cu} = Pérdidas en los arrollamientos.

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0.38 kV.

I_s = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos para un transformador de 630 KVA, una intensidad nominal del secundario de 954,34 A.

1.3 Cortocircuitos.

1.3.1 Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

1.3.2 Formulas empleadas para el cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U}$$

Siendo:

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

U = Tensión primaria en kV.

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \frac{U_{cc}}{100} \times U_s}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U_{cc} = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.

U_s = Tensión secundaria en carga en voltios.

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

1.3.3 Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

$$S_{cc} = 500 \text{ MVA.}$$

$$U = 20 \text{ kV.}$$

y sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

$$I_{ccp} = 14.43 \text{ kA.}$$

1.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \frac{U_{cc}}{100} \times U_s} = \frac{630}{\sqrt{3} \times \frac{4}{100} \times 380} = 23,92 \text{ kA.}$$

La aparamenta eléctrica del lado de baja tensión, deberá diseñarse teniendo en cuenta este dato.

1.4 Dimensionado de la ventilación del C.T.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire utilizaremos la siguiente expresión:

Siendo:

$$S_r = \frac{P_{fe} + P_{cu}}{0,24 \times k \times \sqrt{h \times \Delta t^3}}$$

P_{cu} = Pérdidas en cortocircuito del transformador en kW.

P_{fe} = Pérdidas en vacío del transformador en kW.

h = Distancia vertical entre centros de rejillas = 2 m.

Δt = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, considerándose en este caso un valor de 15°C.

K = Coeficiente en función de la reja de entrada de aire, considerándose su valor como 0,6.

S_r = Superficie mínima de la reja de entrada de ventilación del transformador.

Tomando $P_{fe} + P_{cu} = 7,5$ KW y sustituyendo valores tendremos:

$$S_r = \frac{P_{fe} + P_{cu}}{0,24 \times k \times \sqrt{h \times \Delta t^3}} = \frac{7,5}{0,24 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 15^3}} = 0,63 \text{ m}^2$$

Se dispondrá de 2 rejillas de ventilación para la entrada de aire situadas en la parte lateral inferior, de dimensiones 960 x 707 mm. cada una, consiguiendo así una superficie total de ventilación de 1,34 m². Para la evacuación del aire se dispondrá de una rejilla frontal superior, otra posterior superior y 2 rejillas laterales superiores tal y como puede verse en el plano correspondiente. Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia medida verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m., tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

1.5 Cálculo de la instalación de puesta a tierra.

1.5.1 Cálculo de la red de puesta a tierra del Centro de Transformación o Protección.

Se realizan en este apartado los cálculos correspondientes a la red de tierra del centro de transformación, referentes al cumplimiento de los valores de la tensión de contacto y la tensión de paso, establecidos en el “**Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación**”, en su instrucción técnica complementaria **ITC MIE RAT-13**.

Se realiza el cálculo según la recomendación UNESA, sobre métodos de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría, para la situación futura de alimentación a 20.000 V., por ser la condición más desfavorable.

La resistividad del terreno ha sido estimada a la vista de la composición aparente del mismo (arena arcillosa), en un valor de 250 Ω*m.

Los datos de partida para el cálculo son los siguientes:

Resistividad del terreno (ρ)	250 Ω*m.
Intensidad máxima de defecto (I _d).....	300 A.
Tiempo de desconexión (t)	1 s.
Tensión compuesta (U)	20.000 V.

Se selecciona inicialmente un sistema de tierras compuesto por un rectángulo de 8x4 m., con una pica de 4m. de longitud y 14 mm de diámetro en cada uno de sus vértices y otra en el punto medio de sus lados, con su cabeza enterrada a 0,5 m. de profundidad, unidas mediante conductor de cobre desnudo de 50 mm², de sección.

Aplicando el método de Howe al electrodo de tierra descrito, se obtienen los siguientes parámetros, expresados en valores unitarios.

Resistencia puesta a tierra	$K_r = 0,065 (\Omega/\Omega \cdot m)$
Tensión paso máxima	$K_p = 0,0134 (V/(\Omega \cdot m)A)$
Tensión contacto ext. Máxima	$K_c = 0,0284 (V/(\Omega \cdot m)A)$
Tensión de paso en acceso	$K_p(\text{acc}) = 0,0284 (V/(\Omega \cdot m)A)$

A partir de estos valores, la resistencia del electodo es:

$$R_t = \rho * K_r = 250 * 0,065 = 16,25 \Omega.$$

La impedancia del neutro de la red se obtiene a partir de la expresión:

$$Z_n = \frac{U}{\sqrt{3} \times I_d} = \frac{20.000}{\sqrt{3} \times 300} = 38,49 \Omega$$

La intensidad de defecto del electrodo debe ser superior a 100 A. con objeto de que se garantice la actuación de las protecciones. Suponiendo que la impedancia del neutro de la red es puramente resistiva, el valor de la intensidad de defecto del sistema de tierras viene dada por:

$$I_{de} = \frac{U}{\sqrt{3} \times (Z_n + R_t)} = \frac{20.000}{\sqrt{3} \times (38,49 + 16,25)} = 210,9 A.$$

Valores calculados de V_p , V_c y $V_p(acc)$.

Seguidamente se determinan los valores calculados de la tensión de paso y tensión de contacto.

$$V_{pc} = K_p \times \rho \times Ide = 0,0134 \times 250 \times 210,9 = 706,5 \text{ V}$$

$$V_{cc} = K_c \times \rho \times Ide = 0,0284 \times 250 \times 210,9 = 1497,4 \text{ V}$$

$$V_{p(acc)} = K_{p(acc)} \times \rho \times Ide = 0,0284 \times 250 \times 210,9 = 1497,4 \text{ V}$$

Tensión de paso

El valor máximo admisible de la tensión de paso se determina a partir de la expresión:

$$V_{pm\acute{a}x} = \frac{10 \times K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1.000}\right)$$

Al ser $3 \text{ s} \geq t \geq 0,9 \text{ s}$.

$K = 78,5$.

$n = 0,18$.

$$V_{pm\acute{a}x} = \frac{10 \times 78,5}{1} \times \left(1 + \frac{6 \cdot 250}{1.000}\right) = 1.962 \text{ V}$$

Sustituyendo valores se obtiene:

Por tanto se cumple la especificación reglamentaria.

$$V_{pm\acute{a}x} \geq V_{pc} \rightarrow 1.962 \text{ V} \geq 706,5 \text{ V}$$

Tensión de contacto.

El valor máximo admisible de la tensión de contacto se determina a partir de la expresión:

$$V_{cm\acute{a}x} = \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho}{1.000}\right)$$

Al ser $3 \text{ s} \geq t \geq 0,9 \text{ s}$.

$K = 78,5$; $n = 0,18$.

Sustituyendo valores se obtiene, para una resistividad del terreno de $250 \Omega\text{m}$, la condición existente en el contacto con la puerta del centro de transformación, conectada a tierra:

$$V_{\text{cmáx}} = \frac{78,5}{1} \times \left(1 + \frac{1,5 \cdot 250}{1.000}\right) = 107,9 \text{ V}$$

Por tanto no se cumple la especificación reglamentaria, y deberán tomarse las medidas complementarias correspondientes.

$$V_{\text{cmáx}} \geq V_{\text{cc}} \rightarrow 107,9 \text{ V} \leq 1.497,4 \text{ V}$$

En el interior del centro de transformación, con solera de hormigón, cuya resistividad es de $3.000 \Omega\text{m}$, el valor de la tensión de contacto máxima admisible, viene dado por:

$$V_{\text{cmáx}} = \frac{78,5}{1} \times \left(1 + \frac{1,5 \cdot 3000}{1.000}\right) = 431,7 \text{ V}$$

Igualmente en este segundo caso no se cumple la especificación reglamentaria, y deberán tomarse las medidas complementarias correspondientes.

$$V_{\text{cmáx}} \geq V_{\text{cc}} \rightarrow 431,7 \text{ V} \leq 1.497,4 \text{ V}$$

Tensión de paso en acceso al centro de transformación.

El valor máximo admisible de la tensión de paso en el acceso al centro de transformación se determina a partir de la expresión siguiente, siendo ρ_s la resistividad superficial del pavimento:

$$V_{\text{p(acc)máx}} = \frac{10 \times K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_s}{1.000}\right)$$

Al ser $3 \text{ s} \geq t \geq 0,9 \text{ s}$.

$K = 78,5$; $n = 0,18$.

Se supone una resistividad superficial del pavimento de $\rho_s = 3.000 \Omega m$.

Sustituyendo valores se obtiene:

$$V_{p(acc)m\acute{a}x} = \frac{785}{1} \times \left(1 + \frac{3 \cdot 250 + 3 \cdot 3000}{1.000}\right) = 8.438,7 V$$

Por tanto se cumple la especificación reglamentaria.

$$V_{p(acc)m\acute{a}x} \geq V_{p(acc)} \rightarrow 8.438,7 V \geq 1.497,4 V$$

Tensión máxima en caso de defecto.

El valor de la tensión de defecto, en el electrodo de tierra viene dad por:

$$V_d = R_t \times I_{de} = 16,2 \times 210,9 = 3.416 V$$

Por tanto el material de baja tensión a instalar en el centro de transformación, se considera que deberá tener un nivel de aislamiento mínimo de 5.000 V.

Medidas complementarias.

Se adoptarán medidas complementarias tendentes al cumplimiento de las tensiones de contacto admisibles.

En el interior del centro de transformación, al ser prefabricado se considera que la base de hormigón armado, cuenta con una armadura de mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm., formando una retícula no superior a 30x30 cm. Este mallazo se conectará, como mínimo en dos puntos, preferentemente opuestos al electrodo de puesta a tierra. Se construirá en todo el perímetro del centro de transformación un acerado con anchura mínima de 1,3 m. con armadura formada por mallazo electrosoldado de redondos con diámetro no inferior a 4 mm y formando una retícula no superior a 30 x30 cm., quedando esta cubierta por hormigón en un espesor no inferior a 10 cm. Este mallazo también deberá ser conectado al menos por dos puntos preferentemente opuestos al

electrodo de puesta a tierra. De esta forma se establece una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto tanto dentro del centro de transformación, como en lo referente a sus partes metálicas con acceso desde el exterior (puertas de acceso de personas y de maquinaria, rejillas de ventilación, etc) cumpliéndose además los requisitos referentes a la tensión de acceso.

$$V_{p(acc)max} \geq V_d \geq V_{pc} \rightarrow 8.438,7 V \geq 3.416 V \geq 706,5 V$$

Separación de tierras.

Para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones de los usuarios, en el momento en que se esté disipando un defecto por el sistema de tierra de protección, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, que será función de la resistividad del terreno y de la intensidad de defecto.

La máxima diferencia de potencial que puede aparecer entre el neutro de baja tensión y una tierra lejana no afectada, no debe ser superior a 1.000 V., con objeto de cumplir lo indicado en la MI 017 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, con un margen de garantía suficiente.

Para determinar la tensión inducida sobre el electrodo de puesta a tierra de baja tensión, el comportamiento del electrodo de tierra de protección, puede asimilarse al de una semiesfera.

Imponiendo la condición de que la tensión inducida, no sea superior a 1.000 V., el valor de la separación mínima viene dado por la expresión:

$$D = \frac{\rho \cdot Id}{2.000 \cdot \pi}$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior, se obtiene:

$$D = \frac{250 \cdot 210,9}{2.000 \cdot \pi} = 8,39 m$$

Se toma una distancia mínima $D = 9 \text{ m.}$. La conexión desde el cuadro de baja tensión al sistema de tierras de neutro, se realizará mediante conductor de cobre con un nivel de aislamiento de 0,6/1 KV, de 50 mm² de sección, protegido bajo tubo rígido de PVC.

1.5.2 Cálculo del electrodo de puesta a tierra de Neutro o de Servicio

Se realizan en este apartado los cálculos correspondientes al electrodo de tierra de la red de baja tensión, referentes al cumplimiento de los valores mínimos de resistencia establecidos en el ***“Reglamento Electrotécnico de baja tensión”***, en su instrucción técnica complementaria ***ITC MIE BT-39***.

Se realiza el cálculo según la recomendación UNESA, sobre métodos de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría, en lo referente a tipificación de configuraciones básicas de electrodos de puesta a tierra.

La resistividad del terreno ha sido estimada a la vista de la composición aparentes del mismo, en un valor de 250 Ωm .

Se elige una configuración de electrodo compuesta por 4 picas de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud alineadas, separadas 3 m. y con su extremo superior enterrado a 0,5 m. de profundidad. Las picas se unirán mediante conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Para esta configuración el valor del coeficiente unitario de resistencia de puesta a tierra es de $K_r = 0,108 (\Omega/(\Omega\text{m}))$.

Resultando un valor de la resistencia de puesta a tierra del electrodo dada por la ecuación:

$$R_t = K_r \times \rho$$

Sustituyendo valores resulta una valor de resistencia a tierra de :

$$R_t = K_r \times \rho = 0,108 \times 250 = 27 \Omega$$

Este valor de resistencia determinado de forma teórica, deberá comprobarse una vez construido el electrodo.

2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE B.T.

2.1 Cálculo de la instalación de Baja Tensión por criterios de densidad de corriente y caída de tensión.

2.1.1 Condicionantes previos.

Los condicionantes que enmarcarán el cálculo de la instalación eléctrica son los establecidos por el REBT y las Instrucciones Técnicas Complementarias:

- Las secciones de cables se calcularán de forma que:
 - o En ningún caso se sobrepasen las intensidades máximas admisibles determinadas por dicho reglamento en función del tipo de línea y del cable escogido.
 - o No se supere en ningún caso la máxima caída de tensión permitida.
- Todos los circuitos se protegerán con los adecuados elementos de protección contra las sobreintensidades y cortocircuitos.
- Todos los circuitos a receptores de la instalación se protegerán contra los contactos indirectos mediante el empleo de interruptores diferenciales.

2.1.2 Fórmulas empleadas.

Para efectuar los distintos cálculos se emplearán las siguientes fórmulas:

- ***Circuitos Trifásicos.***

$$\text{Intensidad.} \quad I = \frac{P}{U_c \times \sqrt{3} \times \cos\varphi}$$

Siendo:

- I: Intensidad de circulación en A.
P: Potencia de la instalación en w.
U_c: Tensión entre fases en v.
Cosφ: Factor de potencia.

Caída de tensión:

$$\Delta U = \frac{100 \times P \times L}{c \times U_c^2 \times s}$$

Siendo:

- ΔU : Caída de tensión de la instalación en %.
 P: Potencia de la instalación en w.
 c: Conductividad del metal del conductor (56 para Cu y 35 para Al).
 U_c : Tensión entre fases en v.
 L: Longitud del circuito en m.
 S: Sección del conductor en mm².

- ***Circuitos Monofásicos.***

Intensidad.

$$I = \frac{P}{U_f \times \cos\phi}$$

Siendo:

- I: Intensidad de circulación en A.
 P: Potencia de la instalación en w.
 U: Tensión entre fase y neutro en v.
 $\cos\phi$: Factor de potencia .

Caída de tensión:

$$\Delta U = \frac{100 \times 2 \times P \times L}{c \times U_f^2 \times s}$$

Siendo:

- ΔU : Caída de tensión de la instalación en %.
 P: Potencia de la instalación en w.
 c: Conductividad del metal del conductor (56 para Cu y 35 para Al).
 U_f : Tensión entre fase y neutro en v.
 L: Longitud del circuito en m.
 S: Sección del conductor en mm².

2.2 Cálculo la instalación por criterios de corrientes de cortocircuito.

2.2.1 Introducción.

El cortocircuito es un defecto franco (impedancia de defecto nula) entre dos partes de la instalación a distinto potencial, y con una duración inferior a 5 seg. Es, por tanto, una sobreintensidad con valores muy por encima de la intensidad nominal que se establece en un circuito o línea que sólo quedan limitados por la impedancia de las líneas aguas arriba del defecto.

La MIE BT 020 nos dice que en el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos, cuya capacidad de corte (poder de corte) estará de acuerdo con la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de instalación.

La norma UNE 20460 señala que en caso de cortocircuitos, los dispositivos de corte o protección de los conductores deben tener un poder de corte (máxima intensidad de c.c. a soportar sin deterioro) mayor o igual que la corriente permanente de c.c. prevista en el punto de su instalación y deben intervenir con una rapidez tal que los cables a proteger no superen la temperatura de c.c., que será la máxima temperatura admisible por un cable o conductor.

Así pues, para comprobar las secciones de los conductores de la instalación a cortocircuito y para la elección del dispositivo de protección contra cortocircuitos en una línea eléctrica, debemos relacionar la intensidad de cortocircuito con la duración del mismo, para que los conductores no alcancen las temperaturas máximas de cortocircuito señaladas.

2.2.2 Fórmulas a emplear.

Para simplificar los cálculos vamos a suponer el cortocircuito como un defecto franco (impedancia de defecto nula o despreciable), potencia de c.c. infinita en el lado de alta tensión y calcularemos la instalación en vacío.

Con estas hipótesis el tipo de cortocircuito más desfavorable desde el punto de vista de mayor intensidad son el *tripolar* y el *fase-tierra* (admitiendo que en los sistemas estáticos (conductores) $Z_d = Z_i = Z_h$).. El que menor intensidad supone es el cortocircuito fase-neutro.

Para cualquier línea o circuito de la instalación se tendrán las siguientes intensidades de c.c. permanente:

1º) Intensidad de cortocircuito trifásico en origen de circuito o línea.

$$I_{pccI} = \frac{C_t * U}{\sqrt{3} * Z_t}$$

Siendo,

I_{pccI} : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en A.

C_t : Coeficiente de tensión. obtenido de condiciones generales de c.c.

U : Tensión trifásica en V.

Z_t : Impedancia total en Ω , aguas arriba del punto de c.c.(sin incluir la línea o circuito en estudio).

Este valor (I_{pccI})se necesita para la determinación del *poder de corte* del elemento de protección a sobreintensidades situado en el origen de todo circuito o línea eléctrica.

2º)Intensidad de cortocircuito fase-neutro al Final de circuito o línea.

$$I_{pccF} = \frac{C_t * U_f}{2 * Z_t}$$

Siendo,

I_{pccF} : intensidad permanente de c.c. en final de línea en A.

C_t : Coeficiente de tensión.

U_f : Tensión monofásica en V.

Z_t : Impedancia total en Ω , incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen más la propia del conductor o línea).

De esta forma se obtendrá la *mínima intensidad de c.c.* para una línea, determinada por un cortocircuito fase-neutro y al final de línea o circuito en estudio. Se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a c.c., ya que es condición imprescindible que la I_{pccF} sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético, para una curva determinada en interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético, o que sea mayor o igual que la intensidad de fusión de los fusibles en 5 s.

3º) Tiempo máximo que un conductor soporta una I_{pcc} (t_{mcicc}).

Por el principio de conservación de la energía, la energía liberada durante el c.c. es igual a la energía absorbida por el conductor.

Esta igualdad se suele presentar:

$$I^2.t \text{ (esfuerzo térmico)} = Cc.S^2.$$

Cc es una cte que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento. La norma UNE muestra el valor de esta constante en la siguiente tabla.

AISLAMIENTO			
METAL	PVC	XLPE,EPR	GOMA BUTÍLICA
CU	13225	20449	18225
AL	5476	8836	7569

De la expresión anterior obtenemos, por lo tanto, el tiempo máximo que un conductor de características dadas soporta una I_{pcc} .

$$t_{mcicc} = \frac{Cc * S^2}{I_{pcc}^2 F^2}$$

Tendremos pues que asegurar que el tiempo en el que un interruptor automático abre el circuito es inferior a este t_{mcicc} .

Teniendo en cuenta que el disparador electromagnético del interruptor automático actúa en un tiempo inferior a 0,1 s para intensidades

Curva B $I \geq 5 I_n$.
 Curva C $I \geq 10 I_n$.
 Curva D y MA. $I \geq 20 I_n$.

se tienen las dos condiciones exigibles a todo interruptor automático dada una línea o circuito al que protege, con una sección determinada y de unas características dadas.

- 1) La I_{pccf} (A) al final del conductor debe ser mayor o igual que la IMAG para alguna de las curvas y para un interruptor de intensidad nominal I_n

CURVA	CONDICIÓN
B	$I_{pccf}(A) \geq 5 I_n$
C	$I_{pccf}(A) \geq 10 I_n$
D y MA	$I_{pccf}(A) \geq 20 I_n$

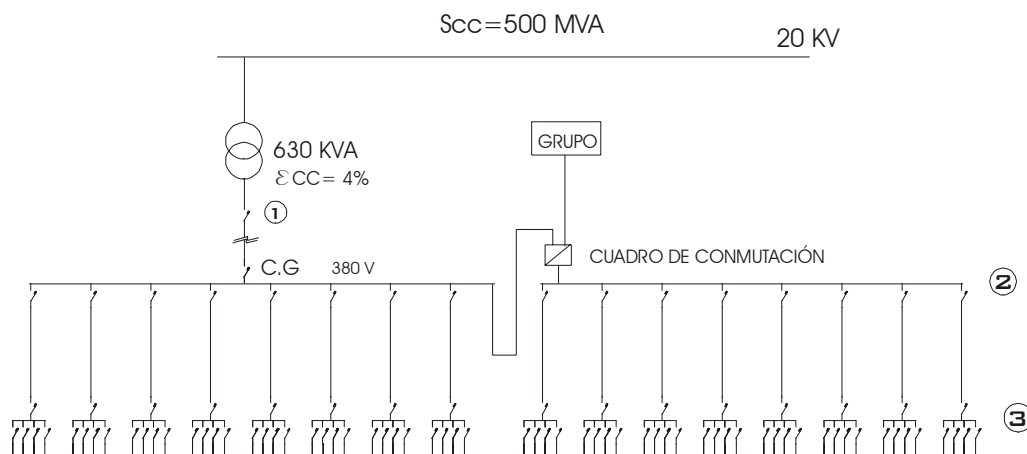
Cumpliendo esta condición tendremos la seguridad de que dicho interruptor (I_n) abrirá en un tiempo inferior a $0,1 \text{ s} = 100\text{ms}$. (Disparo electromagnético).

- 2) Que t_{mcicc} sea mayor o igual a $0,1 \text{ s}$. En dicho caso el conductor soporta dicha I_{pccf} un tiempo superior al que estará expuesto a la intensidad de cortocircuito.

2.2.3

Cálculos de la mayor Intensidad de cortocircuito (Poder de Corte).

A continuación se calculan la intensidad de cortocircuito trifásico simétrico en cada uno de los puntos de la instalación donde se encuentra los cuadros de distribución, según el siguiente esquema:



Para calcular la intensidad de cortocircuito primero hemos de calcular la impedancia total de la red y sus elementos hasta el punto de la instalación en cuestión. Tomando los siguientes datos de partida:

Potencia de cortocircuito en el primario (Pcc)	500 MVA
Potencia nominal Trafo (Pnom)	630 kVA
Tensión cc trafo (Ucc)	4 %
Tensión primaria nominal (Upn)	20 kV
Tensión secundaria nominal (Usn)	380 V

1. Cálculo de Impedancia de la red del lado del primario, conocida la potencia de cortocircuito.

$$Z_{red,prim} = \frac{Up^2}{P_{cc}} = \frac{20^2}{500} = 0,8 \, \Omega$$

2. La impedancia de la red del lado de baja se obtiene aplicando la relación de transformación.

$$Z_{red,sec} = \frac{1}{t_r^2} * Z_{red,prim} = \frac{380^2}{(20 \times 10^3)^2} * 0,8 = 0,00028 \, \Omega$$

3. Cálculo de la impedancia del trafo.

$$Z_{trafo} = \frac{U_{cc}(\%)}{100} \times \frac{U_s^2}{S_T} = \frac{4}{100} \times \frac{380^2}{630000} = 0,009168 \, \Omega$$

4. Cálculo de Impedancia de la línea hasta el CGBT para una temperatura de 20 °C.

$$Z_{linea} \cong R_{linea} = \frac{L}{56 \times S \times n} = \frac{15}{56 \times 240 \times 3} = 0,000372 \, \Omega$$

Punto de red 1.

Impedancia total del circuito hasta punto 1

$$Z_{total,pto1} = Z_{red} + Z_{trafo} = 0,00028 + 0,009168 = 0,009448 \, \Omega$$

Intensidad de cortocircuito trifásico simétrico en el secundario del trafo

$$I_{ccs} = \frac{c U_L}{\sqrt{3} Z_{total,pto1}} = \frac{1 \times 380}{\sqrt{3} \times 0,009448} = 23,22 \, kA$$

El poderde corte (PdC) del interruptor general de BT instalado a la salida del trafo será de 25 kA.

Punto de red 2.

Impedancia total del circuito hasta punto 2 (CGBT)

$$Z_{total,pto2} = Z_{red} + Z_{trafo} + Z_{linea} = 0,00028 + 0,009168 + 0,000372 = 0,00982 \, \Omega$$

Intensidad de cortocircuito trifásico simétrico en CGBT

$$I_{ccs} = \frac{c U_L}{\sqrt{3} Z_{total,pto1}} = \frac{1 \times 380}{\sqrt{3} \times 0,00982} = 22,34 \, kA$$

Los interruptores del cuadro general deberán tener un poder de corte superior a dicha intensidad (25 kA). (o aplicar alguna técnica de filiación o coordinación ensayada por el fabricante)

Punto de red 3.(cuadros secundarios)

La impedancia total hasta el cuadro general es

$$Z_{total, pto 2} = Z_{red} + Z_{trafo} + Z_{linea} = 0,00028 + 0,009168 + 0,000372 = 0,00982 \Omega$$

Sumándole a ésta cada una de las impedancias de las líneas a cuadros parciales tendremos la impedancia total hasta ese cuadro y por tanto tendremos la I_{pcc} I y el PdC mínimo exigibles a los interruptores del cuadro (o seguridad equivalente).

Para simplificar cálculos vamos a aproximar la impedancia de la línea por su resistencia. Esta aproximación por debajo nos dará intensidades de cortocircuito mayores que las reales por lo que tendremos resultados del lado de la seguridad.

Estos cálculos se expresan en la siguiente tabla:

Cuadro	Sección	Long (m)	Zunit (Ω/m)	Zlin (Ω)	Zant (Ω)	Ztot (Ω)	I_{pcc} (A)	$PdC(kA)$
EMBARRADO NORMAL								
C1N	185	10	0,0001	0,0010	0,00982	0,0108	20.366	25
C2N	4	25	0,0045	0,1116	0,00982	0,1214	1.809	4,5
C3N	4	70	0,0045	0,3125	0,00982	0,3223	681	4,5
C.M	25	80	0,0007	0,0571	0,00982	0,0670	3.280	4,5
C6N	35	15	0,0005	0,0077	0,00982	0,0175	12.571	4,5
C7N	6	35	0,0030	0,1042	0,00982	0,1140	1.927	16
C8N	4	60	0,0045	0,2679	0,00982	0,2777	791	4,5
C9N	4	65	0,0045	0,2902	0,00982	0,3000	732	4,5
C10N	4	65	0,0045	0,2902	0,00982	0,3000	732	4,5
C11N	6	65	0,0030	0,1935	0,00982	0,2033	1.081	4,5
C12N	16	35	0,0011	0,0391	0,00982	0,0489	4.493	6
C13N	4	35	0,0045	0,1563	0,00982	0,1661	1.323	4,5

Cuadro	Sección	Long (m)	Zunit (Ω/m)	Zlin (Ω)	Zant (Ω)	Ztot (Ω)	Ipccl (A)	PdC(kA)
EMBARRADO GRUPO								
CGCI	10	20	0,0018	0,0357	0,00982	0,0455	4.824	6
CAAE	4	20	0,0045	0,0893	0,00982	0,0991	2.216	6
C.EXT	6	10	0,0030	0,0298	0,00982	0,0396	5.549	6
C2E	25	25	0,0007	0,0179	0,00982	0,0277	7.936	10
C3E	6	70	0,0030	0,2083	0,00982	0,2182	1.007	4,5
C4	10	75	0,0018	0,1339	0,00982	0,1437	1.528	4,5
C.5	10	75	0,0018	0,1339	0,00982	0,1437	1.528	4,5
C6E	10	15	0,0018	0,0268	0,00982	0,0366	6.001	10
C7E	4	35	0,0045	0,1563	0,00982	0,1661	1.323	4,5
C8E	25	60	0,0007	0,0429	0,00982	0,0527	4.170	4,5
C9E	25	65	0,0007	0,0464	0,00982	0,0562	3.905	4,5
C10E	10	65	0,0018	0,1161	0,00982	0,1259	1.745	4,5
C11E	16	65	0,0011	0,0725	0,00982	0,0824	2.667	4,5
C12E	10	35	0,0018	0,0625	0,00982	0,0723	3.037	4,5
C13E	6	35	0,0030	0,1042	0,00982	0,1140	1.927	4,5
C14E	4	75	0,0045	0,3348	0,00982	0,3446	637	4,5

Donde

Cuadro: Indica el cuadro secundario en estudio.

Sección: Es la sección de la línea desde el CGBT y el cuadro en estudio.

Long: Longitud en metros de la línea.

Zunit: Impedancia por unidad de longitud de la línea. Se aproxima por su resistencia por unidad de longitud.

Para el cálculo de la mayor corriente de cortocircuito (Cortocircuito trifásico) se toma la resistencia a 20 °C dada por la expresión

$$R(20^{\circ}C) = \frac{1}{56 \times S \times n}$$

Zlin: Impedancia en ohmios de la línea (Zunit x Long).

Ztot: Impedancia acumulada hasta el CGBT más la de la línea.

Ipccl(A): Intensidad de cortocircuito trifásico simétrico dado por la expresión $I_{pccl} = \frac{C_t * U}{\sqrt{3} * Z_t}$ con $C_t = 1$.

PdC. Poder de corte exigible a los interruptores del cuadro (o seguridad equivalente por filiación)

2.2.4 Cálculos de la menor Intensidad de cortocircuito (curvas características de los interruptores).

Estos cálculos se reflejan en una tabla para cada cuadro secundario. Para estos cálculos se va a aproximar la impedancia de cada circuito por su resistencia supuesta el conductor sometido a una temperatura de 145 °C. (La resistencia será 1,5 veces mayor que la resistencia a 20°C). Además se supone que por efecto del cortocircuito la tensión baja

hasta el 80% de la nominal ($C_t=0,8$). Con estas suposiciones se va a obtener la intensidad de cortocircuito menor (defecto fase-neutro) al final de la línea.

2.3 Cálculo de la instalación según REBT 1973.

En este apartado se efectúa el cálculo de los diferentes circuitos del proyecto aplicando las fórmulas relacionadas en los apartados anteriores.

Dichos cálculos se han efectuado teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- La caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización será menor del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos
- Como la instalación cuenta con baterías de condensadores, para compensar la energía reactiva, se supone un $\cos\phi=0,9$ en todos los cálculos.
- Los circuitos de alimentación de lámparas o tubos de descarga se calcularán para una carga mínima prevista en voltiamperios de 1,8 veces la potencia en vatios de los receptores. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. (MIE-BT 032).
- A cada cuadro parcial se le aplicará un coeficiente en función de la probabilidad de uso simultáneo de las cargas a las que alimenta.
- Los circuitos que alimenten motores se dimensionarán para una intensidad no inferior al 125 % de la intensidad a plena carga del motor o si el circuito alimenta a varios motores se dimensionará para una intensidad suma del 125 % de la intensidad nominal a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.
- En los motores de ascensores y aparatos de elevación en general, se computará como intensidad normal a plena carga la necesaria para elevar las cargas fijadas como normales a la velocidad de régimen una vez pasado el período de arranque, multiplicada por 1,3 y por la constante en función de la potencia nominal que se indica en la tabla del aptdo. 1.5. de la MIE-BT 034.
- Para el dimensionado de la línea de alimentación y de la protección de la batería de condensadores automática según recomendaciones del fabricante se supone una intensidad igual a dos veces la potencia de la batería en Kvar. $I_n(A)=2 \times Q_n$ (Kvar.)

- La línea de alimentación del grupo electrógeno se dimensiona para una intensidad igual al 125% de la intensidad nominal del grupo.
- La máxima intensidad soportada por el cable se obtiene a partir de la tablas:

Tabla V de la Instr. MIE BT 004 para cables de cobre instalados al aire con aislamiento 0,6/1 KV.

Tabla I de la Instr. MIE BT 007 para cables de cobre en instalación enterrada con aislamiento 0,6/1 KV.

Tabla I de la Instr. MIE BT 017 para cables de cobre con tensión de aislamiento de 750 V.

En todo caso se aplicarán los coeficientes de corrección en función del tipo de instalación que se especifican en cada una de las Instr. Técnicas detalladas y que se resumen en el apartado 7.6.3. de la memoria descriptiva.

A continuación se detalla el significado de cada una de las columnas de las tablas en las que se presentan los cálculos.

CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CRITERIOS DE DENSIDAD DE CORRIENTE Y CAÍDA DE TENSIÓN.

Emb	Identifica si el circuito está conectado al embarrado de Emergencia o al embarrado Normal.
Cir:	Identificación de circuito.
Descripción:	Breve descripción de los receptores a los que alimenta.
V:	Tensión nominal del circuito. (380 si es trifásico y 220 si es monofásico)
Pot (W):	Potencia unitaria de cada una de las cargas a las que alimenta el circuito.
Nº:	Número de cargas a las que alimenta el circuito.
P.Nom (W):	Carga total nominal del circuito.
Ks:	Coeficiente en función de la naturaleza de la carga. (1.8 para lámparas, 1.25 motores, etc)
P.Calc (W)	Resultado de afectar a la potencia nominal por el coeficiente Ks
I. Circ (A)	Intensidad nominal del circuito aplicando las fórmulas del aptdo. 2.6.2. con $\cos\varphi=0,9$
L (m):	Longitud equivalente en metros del circuito.
S(mm²):	Sección en mm² del conductor de fase que compone el circuito.
C.T (%)	Caída de tensión en % del circuito calculado aplicando las fórmulas del aptdo. 2.6.2.
C.T.ac(%)	Caída de tensión en % acumulada desde el origen de la instalación.
Tipo inst:	Breve descripción del tipo de instalación.
Tipo cable:	Aislamiento y denominación del tipo cable empleado.
I.Máx (A).	Intensidad máxima admisible por el cable en función de las tablas detalladas anteriormente.
Ki:	Coeficiente de corrección de la I. máxima admisible en función del tipo de instalación.
I.Per (A).	Intensidad máxima admisible real, en función del tipo de conductor y de instalación.

CÁLCULO DE PROTECCIONES POR SOBRECARGAS Y SOBREINTENSIDADES

Cir:	Identificación de circuito.
Descripción:	Breve descripción de los receptores a los que alimenta.
V:	Tensión nominal del circuito. (380 si es trifásico y 220 si es monofásico)
S(mm²):	Sección en mm ² del conductor de fase que compone el circuito.
I. Circ (A)	Intensidad nominal del circuito aplicando las fórmulas del aptdo. 2.6.2. con $\cos\phi=0,9$
I.Per (A).	Intensidad máxima admisible real, en función del tipo de conductor y de instalación.
I.Nom. Interr (A).	Intensidad nominal del interruptor de protección frente a sobreintensidades.
Pdc (kA).	Poder de corte en kA del interruptor de protección (o seguridad equivalente por filiación)
Xc (Ω).	Impedancia del circuito en cuestión aplicando lo expuesto en el aptdo. 2.2.4.
Xt (Ω).	Impedancia total desde el origen de la instalación hasta el punto final del circuito.
IpccF (A).	Mínima impedancia de cortocircuito (fase-neutro) considerando $C_t=0,8$ en fórmula de aptdo. 2.2.2.
CcTipoConductor	Constante Cc, en función del conductor para aplicar en la fórmula del tiempo máximo que un conductor soporta una corriente de cortocircuito.
tmcicc(s).	Tiempo máximo que un conductor soporta una corriente de cortocircuito aplicando la fórmula del aptdo 2.2.2.
Curvas Interr	Curvas de disparo admisibles según se detalla en aptdo. 2.2.2.

Los resultados se adjuntan en el ANEXO I.

2.4 Cálculo de la instalación según REBT 2002.

A efectos de cálculo las diferencias respecto al REBT 1973 son:

- La caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización será menor del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos.
- Los valores de tensión nominal serán 230 V para la tensión de fase y 400 V para la tensión de línea.
- La máxima intensidad soportada por el cable se obtiene a partir de la tabla I de la ITC-BT-19. y de la tabla 5 de la ITC-BT-07, aplicándole los coeficientes de corrección detallados en el apartado 10.2.1 de la memoria descriptiva.

Respecto a la tabla en la que se presentan los resultados obtenidos, las únicas variaciones respecto a la de los cálculos según REBT 1973 son:

Pol	Hace referencia al tipo de circuito: II-monofásico; III- Trifásico.
Tinst.	Letra que hace referencia al tipo de instalación. Se obtiene de la 1ª columna de la tabla 1 de la ITC-BT-19
Tcable.	Naturaleza del aislamiento del cable. PVC/XLPE
Denom.	Denominación técnica del cable

Los resultados se adjuntan en el ANEXO II.

2.5 Cálculos luminotécnicos.

Para realizar los cálculos luminotécnicos de las zonas o locales más singulares se ha empleado el software calculux de Philips.

Para los cálculos se ha tomado un factor de mantenimiento general del local del 0,8, una rejilla asociada al plano de trabajo ($h=0,8$ mts) y como factores de reflexión 0.5 para el techo, 0.3 para paredes y 0.1 para el suelo.

Los resultados se adjunta en el ANEXO III.