

Previsión de potencia

Fase R

Intensidades, por línea			
Línea	I (A)	cos φ	Simultaneidad
1 Fuerza	10.97	0.90	---
2 Fase R	8.99	0.80	---

Intensidades, por línea: Otros					
Línea	I (A)	cos φ	I <sub>Total</sub> (A)	Simultaneidad	I <sub>ROtros</sub> (A)
1 Fuerza	10.97	0.90	19.86 A (cos φ = 0.86)	---	19.86 A (cos φ = 0.86)
2 Fase R	8.99	0.80			

$$I_R = I_{NV} = 19.86 \text{ A}$$

$$\cos \varphi = 0.86$$

Fase S

Intensidades, por línea			
Línea	I (A)	cos φ	Simultaneidad
1 Fuerza	10.97	0.90	---
3 Fase S	8.99	0.80	---

Intensidades, por línea: Otros					
Línea	I (A)	cos φ	I <sub>Total</sub> (A)	Simultaneidad	I <sub>SOtros</sub> (A)
1 Fuerza	10.97	0.90	19.86 A (cos φ = 0.86)	---	19.86 A (cos φ = 0.86)
3 Fase S	8.99	0.80			

$$I_S = I_{NV} = 19.86 \text{ A}$$

$$\cos \varphi = 0.86$$

Fase T

Intensidades, por línea			
Línea	I (A)	cos φ	Simultaneidad
1 Fuerza	10.97	0.90	---
4 Fase T	8.99	0.80	---

Intensidades, por línea: Otros					
Línea	I (A)	cos φ	I <sub>Total</sub> (A)	Simultaneidad	I <sub>TOtros</sub> (A)
1 Fuerza	10.97	0.90	19.86 A (cos φ = 0.86)	---	19.86 A (cos φ = 0.86)
4 Fase T	8.99	0.80			

$$I_T = I_{NV} = 19.86 \text{ A}$$

$$\cos \varphi = 0.86$$

Fase neutro

$$\bar{I}_N = \bar{I}_R + \bar{I}_S + \bar{I}_T = 0.00 \text{ A}$$

## Impedancia del cable

### IMPEDANCIA DE SECUENCIA DIRECTA:

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito máximas, la resistencia  $R_L$  de las líneas se calcula a la temperatura de 20°C, según la norma UNE-EN 60909-0, apartado 2.4. La resistencia se puede determinar a partir de la sección nominal y de la resistividad, mediante la expresión:

$$R_{L20^\circ} = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito mínimas, la resistencia  $R_L$  de las líneas se calcula a la temperatura del conductor al final de la duración del cortocircuito, según la norma UNE-EN 60909-0, apartado 2.5, mediante la siguiente expresión:

$$R_L = [1 + \alpha(\theta_e - 20^\circ \text{C})] \cdot R_{L20} \quad (3)$$

Donde:

- $R_L$  es la resistencia a la temperatura  $\theta_e$  (46.46 W);
- $R_{L20^\circ}$  es la resistencia a una temperatura de 20°C (30.00 W);
- $L$  es la longitud de la línea (10.00 m);
- $S$  es la sección transversal nominal del conductor de fase (6.00 mm<sup>2</sup>);
- $\rho$  es la resistividad del conductor a 20°C (0.018  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m, para el cobre);
- $\theta_e$  es la temperatura del conductor en °C al final de la duración del cortocircuito, según la tabla 43A de la norma UNE-HD 60364-4-43 (160.00 °C);
- $\alpha$  es un factor dependiente del material de conductor (0.00392 °C<sup>-1</sup>, para el cobre).

La reactancia del cable se calcula, según el Informe Técnico CEI 60909-2, aplicando la siguiente fórmula:

$$X_L = f \cdot \mu_0 \left( \frac{1}{4} + \ln \frac{d}{r} \right) \cdot L$$

$$d = \sqrt[3]{2} \cdot D_a$$

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

Donde:

- $X_L$  es la reactancia (1.07 mW);
- $f$  es la frecuencia de la red (50 Hz);
- $r$  es el radio de un conductor simple (1.38 mm);
- $\mu_0$  es la constante magnética de valor ( $4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m);
- $d$  es la distancia media geométrica entre conductores (5.95 mm);
- $D_a$  es el diámetro externo del cable unipolar (5.30 mm);

Con lo que:

$$Z_{L20^\circ} = 30.00 + j1.07 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{L250^\circ} = 46.46 + j1.07 \text{ m}\Omega$$

### IMPEDANCIA DE SECUENCIA INVERSA:

Según la norma UNE-EN 60909-0, apartado 3.1, las impedancias de cortocircuito de secuencia directa e inversa son iguales:  $Z_{(1)} = Z_{(2)}$ .

### IMPEDANCIA DE SECUENCIA HOMOPOLAR:

La tabla 7 del informe técnico CEI 60909-2 proporciona las fórmulas necesarias para el cálculo de las impedancias del sistema homopolar para los diferentes tipos de cable. La impedancia de secuencia directa calculada anteriormente para 20°C y por unidad de longitud es:

$$Z'_{(1)} = 3.00 + j0.11 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

La profundidad equivalente de penetración en la tierra, según la norma UNE-EN 60909-3, apartado 6.1.5, es:

$$\delta = \frac{1.85}{\sqrt{\frac{\omega \cdot \mu_0}{\rho}}} \quad (35)$$

Siendo:

- $\delta$  es la profundidad equivalente de penetración en la tierra (931.09 m);
- $\rho$  es la resistividad del terreno (100 W · m);
- $\omega$  es la frecuencia angular de valor  $\omega = 2\pi f$ .

Siendo la longitud del cable menor a la profundidad equivalente de penetración en la tierra ( $l_c < \delta$ ), y atendiendo a lo indicado en el apartado 2.5 del informe técnico CEI 60909-2, la impedancia homopolar  $Z_{(0)}$  se calcula como:

$$Z_{(0)} = Z'_0 \cdot l_c = R'_{(0)} \cdot l_c + jX'_{(0)} \cdot l_c$$

$$Z'_{(0)} = R'_L + 3 \cdot \left( 0.75 \cdot \omega \frac{\mu_0}{8} \cdot \frac{d_E}{\delta} \right) + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{1}{4} + 3 \cdot \ln \frac{d_E}{\sqrt[3]{r_L \cdot d^2}} \right)$$

$$d_E = \frac{2}{e} \cdot l_c \cdot e^{\frac{-l_c}{\delta}}$$

Donde:

- $r_L$  es el radio de un conductor simple (1.38 mm);
- $d$  es la distancia media geométrica entre conductores (5.95 mm);
- $l_c$  es la longitud de la línea (10.00 m);

Con lo que:

$$d_E = 7.33 \text{ m}$$

$$Z'_{(0)} = 3.00 + j1.45 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

y:

$$Z_{(0)} = 30.01 + j14.49 \text{ m}\Omega$$

Considerando el retorno de corriente por el conductor neutro y la tierra:

$$Z'_{(0)NE} = Z'_0 - 3 \cdot \frac{\left( 0.75 \cdot \omega \frac{\mu_0}{8} \cdot \frac{d_E}{\delta} + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \ln \frac{d_E}{d_{LN}} \right)^2}{R'_N + 0.75 \cdot \omega \frac{\mu_0}{8} \cdot \frac{d_E}{\delta} + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{1}{4} + \ln \frac{d_E}{r_N} \right)}$$

Donde:

- $r_N$  es el radio del conductor del neutro (1.38 mm);
- $d_{LN}$  es la distancia geométrica entre el conductor de neutro y el conductor de fase (5.95 mm).

Con lo que:

$$Z'_{(0)NE20^\circ} = 3.17 + j1.42 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

y:

$$Z_{(0)NE20^\circ} = 31.72 + j14.17 \text{ m}\Omega$$

El mismo cálculo se repite considerando la temperatura que alcanza el conductor al final del cortocircuito, calculada en función de su duración. La impedancia de secuencia directa calculada anteriormente para 250° y por unidad de longitud es:

$$Z'_{(1)250^\circ} = 4.65 + j0.11 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Con lo que:

$$Z'_{(0)NE250^\circ} = 4.76 + j1.44 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

y:

$$Z_{(0)NE250^\circ} = 47.60 + j14.36 \text{ m}\Omega$$

## Cálculo de las corrientes de cortocircuito

El método utilizado para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, según el apartado 2.3 de la norma UNE-EN 60909-0, está basado en la introducción de una fuente de tensión equivalente en el punto de cortocircuito. La fuente de tensión equivalente es la única tensión activa del sistema. Todas las redes de alimentación y máquinas síncronas y asíncronas son reemplazadas por sus impedancias internas.

### CORRIENTES MÁXIMAS DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, el sistema puede ser convertido por reducción de redes en una impedancia de cortocircuito equivalente  $Z_k$  en el punto de defecto.

En los siguientes apartados se calculan los valores de corriente máxima de cortocircuito en los puntos de la instalación en los que se ubican las protecciones eléctricas.

#### CORTOCIRCUITO EN CABECERA DE LÍNEA

##### CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.1)

La corriente de cortocircuito simétrica inicial  $I_k'' = I_{k3}''$  teniendo en cuenta la fuente de tensión equivalente en el punto de defecto, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_k'' = \frac{cU_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k}$$

$$I_k'' = 7.67 \text{ kA}$$

Siendo:

- c el factor c de la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (1.05);
- $U_n$  es la tensión nominal fase-fase (400.00V);
- $Z_k$  la impedancia de cortocircuito equivalente (58.20 mW);

La impedancia equivalente es:

$$Z_k = Z_o + Z_L = 24.06 + j20.48 \text{ m}\Omega$$

El valor  $i_p$  se expresa como:

$$i_p = k\sqrt{2} \cdot I_k''$$

$$k = 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R}{X}}$$

Donde:

- $i_p$  es el valor de cresta de la corriente de cortocircuito (11.38 kA);
- k es una constante (1.05);
- R es la resistencia equivalente de cortocircuito en el punto de defecto considerado (24.06 mW);
- X es la reactancia equivalente de cortocircuito en el punto de defecto considerado (20.48 mW);

##### CORTOCIRCUITO BIFÁSICO (UNE EN 60909-0, APARTADO 4.2.2)

En el caso de un cortocircuito bifásico, la corriente de cortocircuito simétrica inicial es:

$$I_{k2}'' = \frac{cU_n}{|Z_{(1)} + Z_{(2)}|} = \frac{cU_n}{2 \cdot |Z_{(1)}|} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k3}''$$

$$I_{k2}'' = 6.65 \text{ kA}$$

Durante la fase inicial del cortocircuito, la impedancia de secuencia inversa es aproximadamente igual a la impedancia de secuencia directa, independientemente de si el cortocircuito se produce en un punto próximo o alejado de un alternador. Por lo tanto, en la ecuación anterior es posible introducir  $Z_{(2)} = Z_{(1)}$ .

##### CORTOCIRCUITO BIFÁSICO A TIERRA (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.3)

La ecuación que conduce al cálculo de la corriente de cortocircuito simétrica inicial en el caso de un cortocircuito bifásico a tierra es:

$$I_{kE2E}'' = \frac{\sqrt{3} \cdot cU_n}{|Z_{(1)} + 2Z_{(0)}|}$$

$$I_{kE2E}'' = 4.10 \text{ kA}$$

Siendo:

- c factor de tensión, según la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (1.05);

La impedancia de secuencia directa, para un cortocircuito bifásico a tierra en cabecera de línea, es:

$$Z_{(1)} = Z_0 = 24.06 + j20.48 \text{ m}\Omega$$

La impedancia de secuencia homopolar, para un cortocircuito bifásico a tierra en cabecera de línea, es:

$$Z_{(0)} = Z_{(0)0} = 46.37 + j56.58 \text{ m}\Omega$$

#### CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO A TIERRA (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.4)

La corriente inicial del cortocircuito monofásico a tierra  $I''_{k1}$ , para un cortocircuito alejado de un alternador con  $Z_{(2)} = Z_{(1)}$ , se calcula mediante la expresión:

$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot cU_n}{|2Z_{(1)} + Z_{(0)}|}$$
$$I''_{k1} = 5.36 \text{ kA}$$

Siendo:

- c factor de tensión, según la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (1.05);

La impedancia de secuencia directa, para un cortocircuito monofásico a tierra en cabecera de línea, es:

$$Z_{(1)} = Z_0 = 24.06 + j20.48 \text{ m}\Omega$$

La impedancia de secuencia homopolar, para un cortocircuito monofásico a tierra en cabecera de línea, es:

$$Z_{(0)} = Z_{(0)0} = 46.37 + j56.58 \text{ m}\Omega$$

#### CORTOCIRCUITO EN PIE DE LÍNEA

En el caso de un cortocircuito bifásico, la corriente de cortocircuito simétrica inicial es:

#### CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.1)

La corriente de cortocircuito simétrica inicial  $I''_k = I''_{k3}$  teniendo en cuenta la fuente de tensión equivalente en el punto de defecto, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I''_k = \frac{cU_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k}$$
$$I''_k = 4.17 \text{ kA}$$

Siendo:

- c el factor c de la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (1.05);
- $U_n$  es la tensión nominal fase-fase (400.00V);
- $Z_k$  la impedancia de cortocircuito equivalente (58.20 mW);

La impedancia equivalente es:

$$Z_k = Z_0 + Z_L = 54.06 + j21.55 \text{ m}\Omega$$

El valor  $i_p$  se expresa como:

$$i_p = k\sqrt{2} \cdot I''_k$$
$$k = 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \frac{R}{X}}$$

Donde:

- $i_p$  es el valor de cresta de la corriente de cortocircuito (6.01 kA);
- k es una constante (1.02);
- R es la resistencia equivalente de cortocircuito en el punto de defecto considerado (54.06 mW);
- X es la reactancia equivalente de cortocircuito en el punto de defecto considerado (21.55 mW);

#### CORTOCIRCUITO BIFÁSICO (UNE EN 60909-0, APARTADO 4.2.2)

En el caso de un cortocircuito bifásico, la corriente de cortocircuito simétrica inicial es:

$$I''_{k2} = \frac{cU_n}{|Z_{(1)} + Z_{(2)}|} = \frac{cU_n}{2 \cdot |Z_{(1)}|} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I''_{k3}$$

$$I''_{k2} = 3.61 \text{ kA}$$

Durante la fase inicial del cortocircuito, la impedancia de secuencia inversa es aproximadamente igual a la impedancia de secuencia directa, independientemente de si el cortocircuito se produce en un punto próximo o alejado de un alternador. Por lo tanto, en la ecuación anterior es posible introducir  $Z_{(2)} = Z_{(1)}$ .

#### CORTOCIRCUITO BIFÁSICO A TIERRA (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.3)

La ecuación que conduce al cálculo de la corriente de cortocircuito simétrica inicial en el caso de un cortocircuito bifásico a tierra es:

$$I''_{kE2E} = \frac{\sqrt{3} \cdot c U_n}{|Z_{(1)} + 2Z_{(0)}|}$$

$$I''_{kE2E} = 2.73 \text{ kA}$$

Siendo:

- c factor de tensión, según la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (1.05);

La impedancia de secuencia directa, para un cortocircuito bifásico a tierra en pie de línea, es:

$$Z_{(1)} = Z_0 + Z_L = 54.06 + j21.55 \text{ m}\Omega$$

La impedancia de secuencia homopolar, para un cortocircuito bifásico a tierra en pie de línea, es:

$$Z_{(0)} = Z_{(0)0} + Z_{(0)L} = 78.09 + j70.75 \text{ m}\Omega$$

#### CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO A TIERRA (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.4)

La corriente inicial del cortocircuito monofásico a tierra  $I''_{k1}$ , para un cortocircuito alejado de un alternador con  $Z_{(2)} = Z_{(1)}$ , se calcula mediante la expresión:

$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot c U_n}{|2Z_{(1)} + Z_{(0)}|}$$

$$I''_{k1} = 3.33 \text{ kA}$$

Siendo:

- c factor de tensión, según la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (1.05);

La impedancia de secuencia directa, para un cortocircuito monofásico a tierra en pie de línea, es:

$$Z_{(1)} = Z_0 + Z_L = 54.06 + j21.55 \text{ m}\Omega$$

La impedancia de secuencia homopolar, para un cortocircuito monofásico a tierra en pie de línea, es:

$$Z_{(0)} = Z_{(0)0} + Z_{(0)L} = 78.09 + j70.75 \text{ m}\Omega$$

#### CORRIENTES MÍNIMAS DE CORTOCIRCUITO

De la misma manera que para las corrientes máximas de cortocircuito, en los siguientes apartados se calculan los valores de corriente mínima de cortocircuito en los puntos de la instalación en los que se ubican las protecciones eléctricas.

#### CORTOCIRCUITO EN CABECERA DE LÍNEA

##### CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.1)

La corriente de cortocircuito simétrica inicial  $I''_k = I''_{k3}$  teniendo en cuenta la fuente de tensión equivalente en el punto de defecto, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I''_k = \frac{c U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k}$$

$$I''_k = 4.85 \text{ kA}$$

Siendo:

- c el factor c de la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (0.95);
- $U_n$  es la tensión nominal fase-fase (400.00V);
- $Z_k$  la impedancia de cortocircuito equivalente (58.20 mW);

##### CORTOCIRCUITO BIFÁSICO (UNE EN 60909-0, APARTADO 4.2.2)

En el caso de un cortocircuito bifásico, la corriente de cortocircuito simétrica inicial es:

$$I_{k2}'' = \frac{cU_n}{|Z_{(1)} + Z_{(2)}|} = \frac{cU_n}{2 \cdot |Z_{(1)}|} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k3}''$$

$$I_{k2}'' = 4.20\text{kA}$$

Durante la fase inicial del cortocircuito, la impedancia de secuencia inversa es aproximadamente igual a la impedancia de secuencia directa, independientemente de si el cortocircuito se produce en un punto próximo o alejado de un alternador. Por lo tanto, en la ecuación anterior es posible introducir  $Z_{(2)} = Z_{(1)}$ .

#### CORTOCIRCUITO BIFÁSICO A TIERRA (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.3)

La ecuación que conduce al cálculo de la corriente de cortocircuito simétrica inicial en el caso de un cortocircuito bifásico a tierra es:

$$I_{kE2E}'' = \frac{\sqrt{3} \cdot cU_n}{|Z_{(1)} + 2Z_{(0)}|}$$

$$I_{kE2E}'' = 3.11\text{kA}$$

Siendo:

- c factor de tensión, según la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (0.95);

La impedancia de secuencia directa, para un cortocircuito bifásico a tierra en cabecera de línea, es:

$$Z_{(1)} = Z_0 = 24.06 + j20.48 \text{ m}\Omega$$

La impedancia de secuencia homopolar, para un cortocircuito bifásico a tierra en cabecera de línea, es:

$$Z_{(0)} = Z_{(0)0} = 46.37 + j56.58 \text{ m}\Omega$$

#### CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO A TIERRA (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.4)

La corriente inicial del cortocircuito monofásico a tierra  $I_{k1}''$ , para un cortocircuito alejado de un alternador con  $Z_{(2)} = Z_{(1)}$ , se calcula mediante la expresión:

$$I_{k1}'' = \frac{\sqrt{3} \cdot cU_n}{|2Z_{(1)} + Z_{(0)}|}$$

$$I_{k1}'' = 3.82\text{kA}$$

Siendo:

- c factor de tensión, según la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (0.95);

La impedancia de secuencia directa, para un cortocircuito monofásico a tierra en cabecera de línea, es:

$$Z_{(1)} = Z_0 = 24.06 + j20.48 \text{ m}\Omega$$

La impedancia de secuencia homopolar, para un cortocircuito monofásico a tierra en cabecera de línea, es:

$$Z_{(0)} = Z_{(0)0} = 46.37 + j56.58 \text{ m}\Omega$$

#### CORTOCIRCUITO EN PIE DE LÍNEA

En el caso de un cortocircuito bifásico, la corriente de cortocircuito simétrica inicial es:

#### CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.1)

La corriente de cortocircuito simétrica inicial  $I_k'' = I_{k3}''$  teniendo en cuenta la fuente de tensión equivalente en el punto de defecto, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_k'' = \frac{cU_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k}$$

$$I_k'' = 2.45\text{kA}$$

Siendo:

- c el factor c de la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (0.95);
- $U_n$  es la tensión nominal fase-fase (400.00V);
- $Z_k$  la impedancia de cortocircuito equivalente (58.20 mW);

La impedancia equivalente es:

$$Z_k = Z_0 + Z_L = 86.75 + j21.55 \text{ m}\Omega$$

El valor  $i_p$  se expresa como:

$$i_p = k\sqrt{2} \cdot I_k''$$

$$k = 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R}{X}}$$

Donde:

$i_p$  es el valor de cresta de la corriente de cortocircuito (3.54 kA);

$k$  es una constante (1.02);

$R$  es la resistencia equivalente de cortocircuito en el punto de defecto considerado (86.75 mΩ);

$X$  es la reactancia equivalente de cortocircuito en el punto de defecto considerado (21.55 mΩ);

#### CORTOCIRCUITO BIFÁSICO (UNE EN 60909-0, APARTADO 4.2.2)

En el caso de un cortocircuito bifásico, la corriente de cortocircuito simétrica inicial es:

$$I_{k2}'' = \frac{cU_n}{|Z_{(1)} + Z_{(2)}|} = \frac{cU_n}{2 \cdot |Z_{(1)}|} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k3}''$$

$$I_{k2}'' = 2.13 \text{ kA}$$

Durante la fase inicial del cortocircuito, la impedancia de secuencia inversa es aproximadamente igual a la impedancia de secuencia directa, independientemente de si el cortocircuito se produce en un punto próximo o alejado de un alternador. Por lo tanto, en la ecuación anterior es posible introducir  $Z_{(2)} = Z_{(1)}$ .

#### CORTOCIRCUITO BIFÁSICO A TIERRA (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.3)

La ecuación que conduce al cálculo de la corriente de cortocircuito simétrica inicial en el caso de un cortocircuito bifásico a tierra es:

$$I_{kE2E}'' = \frac{\sqrt{3} \cdot cU_n}{|Z_{(1)} + 2Z_{(0)}|}$$

$$I_{kE2E}'' = 1.90 \text{ kA}$$

Siendo:

$c$  factor de tensión, según la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (0.95);

La impedancia de secuencia directa, para un cortocircuito bifásico a tierra en pie de línea, es:

$$Z_{(1)} = Z_0 + Z_L = 86.75 + j21.55 \text{ m}\Omega$$

La impedancia de secuencia homopolar, para un cortocircuito bifásico a tierra en pie de línea, es:

$$Z_{(0)} = Z_{(0)0} + Z_{(0)L} = 108.83 + j71.58 \text{ m}\Omega$$

#### CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO A TIERRA (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.4)

La corriente inicial del cortocircuito monofásico a tierra  $I_{k1}''$ , para un cortocircuito alejado de un alternador con  $Z_{(2)} = Z_{(1)}$ , se calcula mediante la expresión:

$$I_{k1}'' = \frac{\sqrt{3} \cdot cU_n}{|2Z_{(1)} + Z_{(0)}|}$$

$$I_{k1}'' = 2.16 \text{ kA}$$

Siendo:

$c$  factor de tensión, según la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0 (0.95);

La impedancia de secuencia directa, para un cortocircuito monofásico a tierra en pie de línea, es:

$$Z_{(1)} = Z_0 + Z_L = 86.75 + j21.55 \text{ m}\Omega$$

La impedancia de secuencia homopolar, para un cortocircuito monofásico a tierra en pie de línea, es:

$$Z_{(0)} = Z_{(0)0} + Z_{(0)L} = 108.83 + j71.58 \text{ m}\Omega$$

Instalación de enlace. Derivaciones individuales. Aparataje y conjunto de medida (ITC-BT-15, apartado 1)

La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. 

### Derivación individual. Cables (ITC-BT-15, apartado 3)

Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 kV.

Tanto para cables multiconductores como para derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0,6/1 kV.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

La sección mínima será de 6 mm<sup>2</sup> para los cables polares, neutro y de protección.

Referencia:	H07Z1-K (AS), 5G6	
Polaridad:	3F+N+G, Unipolar	✓
Tensión asignada:	450/750 V	✓
Aislamiento:	Poliiolefina termoplástica (Z1)	✓
Sección:	6 mm <sup>2</sup> (Cobre)	✓

### Derivación individual. Conductor neutro (ITC-BT-15, apartado 3)

El conductor neutro tendrá una sección de, aproximadamente, el 50 por 100 de la correspondiente al conductor de fase, no siendo inferior a los valores especificados en la tabla 1 de la ITC-BT-14, apartado 3.

Conductor de fase: 6 mm<sup>2</sup>

Conductor neutro (tabla 1): 6 mm<sup>2</sup>

Conductor neutro: 6 mm<sup>2</sup> ✓

### Derivación individual. Conductor de protección (ITC-BT-18, apartado 3.4)

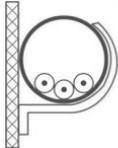
La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 2.

Conductor de fase: 6 mm<sup>2</sup>

Conductor de protección (tabla 2): 6 mm<sup>2</sup>

Conductor de protección: 6 mm<sup>2</sup> ✓

### Intensidad admisible (UNE 20460-5-523, Anexo B)

Método de instalación de referencia (tabla 52-B1)	
	B1: Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera Aislamiento Z1.

Los valores indicados en las tablas 52-C1 a 52-C12 están ligados por las curvas continuas que expresan la intensidad admisible en función de la sección de los conductores.

Estas curvas corresponden a la fórmula general siguiente:

$$I = A \times S^m - B \times S^n$$

Donde:

- I es la intensidad admisible, en amperios (36.00 A);
- S es la sección nominal de los conductores, en milímetros cuadrados (6.00 mm<sup>2</sup>, Cobre);
- A y B son coeficientes (11.84 y 0.00);
- m y n son los exponentes de acuerdo con cada tipo de cable y cada método de instalación (0.63 y 0.00).

Los valores de los coeficientes y los exponentes se recogen en la tabla B.52-1. Los valores de las intensidades admisibles deberían ser redondeados al 0,5 amperio más próximo para los valores inferiores o iguales a 20 A y al amperio más próximo para los valores superiores a 20 A.

No es deseable utilizar estos coeficientes y exponentes para las secciones exteriores a la gama de secciones apropiadas de las tablas 52-C1 a 52-C12 (tabla 52-C3, 1.50 a 120.00 mm<sup>2</sup>). ✓

#### FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

Cuando la temperatura ambiente del emplazamiento de los conductores aislados o de los cables es diferente de la temperatura ambiente de referencia, deben aplicarse los factores de corrección apropiados de las tablas 52-D1 y 52-D2 a los valores de las intensidades admisibles.

Temperatura ambiente del emplazamiento: 40.00 °C

Temperatura ambiente de referencia: 30.00 °C

Rango admisible: 10.00 a 60.00 °C

Factor de corrección por temperatura (tabla 52-D1): 0.87

#### FACTOR DE REDUCCIÓN DE AGRUPAMIENTO

Tabla 52-E1: Factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos o de varios cables multiconductores a aplicar a los valores de las intensidades admisibles de las tablas 52-C1 a 52-C12.

Disposición de los cables (en contacto): Agrupados en el aire sobre una superficie, embutidos o empotrados (punto 1).

Número de circuitos o de cables multiconductores: 1

Factor de agrupamiento: 1.00

$$I = \text{MÁXIMO}(I_R, I_S, I_T) = 19.86 \text{ A } \text{E} \text{ } 36.00 \text{ A} \times 0.87 \times 1.00 = 31.32 \text{ A} \quad \checkmark$$

#### Caída de tensión máxima admisible, derivaciones individuales (ITC-BT-19, 2.2.2)

La caída de tensión admisible será:

Derivación individual (suministros de un único usuario sin concentración de contadores)	1.50 %
 <u>Valor de la caída de tensión:</u>	
Derivación individual	0.30 % E 1.50 % <span style="float: right;">✓</span>

Para cumplir con el criterio de caída de tensión de las líneas hay que considerar las tres caídas de tensión simples y las tres caídas de tensión compuestas, de manera que ninguna de ellas supere la caída de tensión máxima reglamentaria.

Las tensiones simples por fase en el tramo se calculan como:

#### FASE R

$$\bar{V}_{R_{nudo}} = \bar{V}_R - \bar{Z}_R \cdot \bar{I}_R - \bar{Z}_N \cdot \bar{I}_N$$

$$V_{R_{nudo}} = 230.35 + j0.35 \text{ V}$$

Donde:

- $V_R$  es la tensión nominal en la fase (230.94 + j0.00 V);
- $Z_R$  es la impedancia del conductor de fase (0.03 + j0.00 W);
- $I_R$  es la intensidad de cálculo de la fase (17.06 - j10.17 A);
- $Z_N$  es la impedancia del neutro (0.03 + j0.00 W);
- $I_N$  es la impedancia del neutro (0.00 + j0.00 A);

siendo la caída de tensión:

$$\Delta \bar{V}_R = \bar{V}_R - \bar{V}_{R_{mido}}$$

$$\% \Delta V_R = \frac{|\Delta V_R|}{|V_R|} \cdot 100$$

$$\Delta V_R = 0.59 - j0.35 \text{ m}\Omega$$

$$\% \Delta V_R = 0.30\%$$

#### A) RESISTENCIA DEL CONDUCTOR EN CORRIENTE ALTERNA

Si tenemos en cuenta que el valor de la resistencia de un cable se calcula como:

$$R = R_{tca} = R_{tcc} (1 + Ys + Yp) = c R_{tcc} \quad [8]$$

$$R_{tcc} = R_{20cc} [1 + \alpha (\theta - 20)] \quad [9]$$

$$R_{20cc} = \rho_{20} L / S \quad [10]$$

Donde:

- $t_{cc}$  resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura  $\theta$  (0.034 W);
- $20_{cc}$  resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20°C (0.030 W);
- $Ys$  incremento de la resistencia debido al efecto piel;
- $Yp$  incremento de la resistencia debido al efecto proximidad;
- $\alpha$  coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C<sup>-1</sup> para cables de cobre (0.00);
- $\theta$  temperatura máxima en servicio prevista en el cable (52.07 °C), ver apartado (B);
- $\rho_{20}$  resistividad del conductor a 20°C para cables de cobre (0.018 W mm<sup>2</sup> / m);
- $S$  sección del conductor (6.00 mm<sup>2</sup>);
- $L$  longitud de la línea (10.00 m);

El efecto piel y el efecto proximidad son mucho más pronunciados en los conductores de gran sección. Su cálculo riguroso se detalla en la norma UNE 21144. No obstante y de forma aproximada para instalaciones de enlace e instalaciones interiores en baja tensión es factible suponer un incremento de resistencia inferior al 2% en alterna respecto del valor en continua.

$$c = (1 + Ys + Yp) \cong 1,02$$

## B) TEMPERATURA ESTIMADA EN EL CONDUCTOR

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente  $T_0$  (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad. Por tanto:

$$T = T_0 + (T_{\text{máx}} - T_0) * (I/I_{\text{máx}})^2 \quad [17]$$

Donde:

- T temperatura real estimada en el conductor (52.07 °C);
- $T_{\text{máx}}$  temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento (70.00 °C);
- $T_0$  temperatura ambiente del conductor (40.00 °C);
- I intensidad prevista para el conductor (19.86 A);
- $I_{\text{máx}}$  intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación (31.32 A).

## C) REACTANCIA DEL CABLE (Según el criterio de la Guía-BT-Anexo 2)

La reactancia de los conductores varía con el diámetro y la separación entre conductores. En ausencia de datos se puede estimar la reactancia como un incremento adicional de la resistencia de acuerdo a la siguiente tabla:

Sección	Reactancia inductiva (X)
$S \leq 120 \text{ mm}^2$	$X \approx 0$
$S = 150 \text{ mm}^2$	$X \approx 0.15 \text{ R}$
$S = 185 \text{ mm}^2$	$X \approx 0.20 \text{ R}$
$S = 240 \text{ mm}^2$	$X \approx 0.25 \text{ R}$

Para secciones menores de o iguales a 120 mm<sup>2</sup>, la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia.

## FASE S

$$\begin{aligned} \overline{V}_{S_{\text{nudo}}} &= \overline{V}_S - \overline{Z}_S \cdot \overline{I}_S - \overline{Z}_N \cdot \overline{I}_N \\ V_{S_{\text{nudo}}} &= -114.87 - j199.67 \text{ V} \end{aligned}$$

Donde:

- $V_S$  es la tensión nominal en la fase (-115.47 - j200.00 V);
- $Z_S$  es la impedancia del conductor de fase (0.03 + j0.00 W);
- $I_S$  es la intensidad de cálculo de la fase (-17.34 - j9.69 A);
- $Z_N$  es la impedancia del neutro (0.03 + j0.00 W);
- $I_N$  es la impedancia del neutro (0.00 + j0.00 A);

siendo la caída de tensión:

$$\begin{aligned} \Delta \overline{V}_S &= \overline{V}_S - \overline{V}_{S_{\text{nudo}}} \\ \% \Delta V_S &= \frac{|\Delta V_S|}{|V_S|} \cdot 100 \\ \Delta V_S &= -0.60 - j0.33 \text{ m}\Omega \\ \% \Delta V_S &= 0.30\% \end{aligned}$$

## A) RESISTENCIA DEL CONDUCTOR EN CORRIENTE ALTERNA

Si tenemos en cuenta que el valor de la resistencia de un cable se calcula como:

$$R = R_{tca} = R_{tcc} (1 + Y_s + Y_p) = c R_{tcc} \quad [8]$$

$$R_{tcc} = R_{20cc} [1 + \alpha (\theta - 20)] \quad [9]$$

$$R_{20cc} = \rho_{20} L / S \quad [10]$$

Donde:

- $R_{tcc}$  resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura  $\theta$  (0.034 W);
- $R_{20cc}$  resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20°C (0.030 W);
- $Y_s$  incremento de la resistencia debido al efecto piel;
- $Y_p$  incremento de la resistencia debido al efecto proximidad;
- $\alpha$  coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C<sup>-1</sup> para cables de cobre (0.00);
- $\theta$  temperatura máxima en servicio prevista en el cable (52.07 °C), ver apartado (B);
- $\rho_{20}$  resistividad del conductor a 20°C para cables de cobre (0.018 W mm<sup>2</sup> / m);  
sección del conductor (6.00 mm<sup>2</sup>);
- $L$  longitud de la línea (10.00 m);

El efecto piel y el efecto proximidad son mucho más pronunciados en los conductores de gran sección. Su cálculo riguroso se detalla en la norma UNE 21144. No obstante y de forma aproximada para instalaciones de enlace e instalaciones interiores en baja tensión es factible suponer un incremento de resistencia inferior al 2% en alterna respecto del valor en continua.

$$c = (1 + Y_s + Y_p) \cong 1,02$$

## B) TEMPERATURA ESTIMADA EN EL CONDUCTOR

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente  $T_0$  (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad. Por tanto:

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) * (I / I_{m\acute{a}x})^2 \quad [17]$$

Donde:

- $T$  temperatura real estimada en el conductor (52.07 °C);
- $T_{m\acute{a}x}$  temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento (70.00 °C);
- $T_0$  temperatura ambiente del conductor (40.00 °C);
- $I$  intensidad prevista para el conductor (19.86 A);
- $I_{m\acute{a}x}$  intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación (31.32 A).

### C) REACTANCIA DEL CABLE (Según el criterio de la Guía-BT-Anexo 2)

La reactancia de los conductores varía con el diámetro y la separación entre conductores. En ausencia de datos se puede estimar la reactancia como un incremento adicional de la resistencia de acuerdo a la siguiente tabla:

Sección	Reactancia inductiva (X)
$S \leq 120 \text{ mm}^2$	$X \approx 0$
$S = 150 \text{ mm}^2$	$X \approx 0.15 R$
$S = 185 \text{ mm}^2$	$X \approx 0.20 R$
$S = 240 \text{ mm}^2$	$X \approx 0.25 R$

Para secciones menores de o iguales a  $120 \text{ mm}^2$ , la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia.

#### FASE T

$$\bar{V}_{T_{mudo}} = \bar{V}_T - \bar{Z}_T \cdot \bar{I}_T - \bar{Z}_N \cdot \bar{I}_N$$
$$V_{T_{mudo}} = -115.48 + j199.32 \text{ V}$$

Donde:

- $V_T$  es la tensión nominal en la fase ( $-115.47 + j200.00 \text{ V}$ );
- $Z_T$  es la impedancia del conductor de fase ( $0.03 + j0.00 \text{ W}$ );
- $I_T$  es la intensidad de cálculo de la fase ( $0.28 + j19.86 \text{ A}$ );
- $Z_N$  es la impedancia del neutro ( $0.03 + j0.00 \text{ W}$ );
- $I_N$  es la impedancia del neutro ( $0.00 + j0.00 \text{ A}$ );

siendo la caída de tensión:

$$\Delta \bar{V}_T = \bar{V}_T - \bar{V}_{T_{mudo}}$$
$$\% \Delta V_T = \frac{|\Delta V_T|}{|V_T|} \cdot 100$$
$$\Delta V_T = 0.01 + j0.68 \text{ m}\Omega$$
$$\% \Delta V_T = 0.30\%$$

## A) RESISTENCIA DEL CONDUCTOR EN CORRIENTE ALTERNA

Si tenemos en cuenta que el valor de la resistencia de un cable se calcula como:

$$R = R_{tca} = R_{tcc} (1 + Y_s + Y_p) = c R_{tcc} \quad [8]$$

$$R_{tcc} = R_{20cc} [1 + \alpha (\theta - 20)] \quad [9]$$

$$R_{20cc} = \rho_{20} L / S \quad [10]$$

Donde:

- $R_{tcc}$  resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura  $\theta$  (0.034 W);
- $R_{20cc}$  resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20°C (0.030 W);
- $Y_s$  incremento de la resistencia debido al efecto piel;
- $Y_p$  incremento de la resistencia debido al efecto proximidad;
- $\alpha$  coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C<sup>-1</sup> para cables de cobre (0.00);
- $\theta$  temperatura máxima en servicio prevista en el cable (52.07 °C), ver apartado (B);
- $\rho_{20}$  resistividad del conductor a 20°C para cables de cobre (0.018 W mm<sup>2</sup> / m);  
sección del conductor (6.00 mm<sup>2</sup>);
- $L$  longitud de la línea (10.00 m);

El efecto piel y el efecto proximidad son mucho más pronunciados en los conductores de gran sección. Su cálculo riguroso se detalla en la norma UNE 21144. No obstante y de forma aproximada para instalaciones de enlace e instalaciones interiores en baja tensión es factible suponer un incremento de resistencia inferior al 2% en alterna respecto del valor en continua.

$$c = (1 + Y_s + Y_p) \cong 1,02$$

## B) TEMPERATURA ESTIMADA EN EL CONDUCTOR

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente  $\theta_0$  (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad. Por tanto:

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) * (I / I_{m\acute{a}x})^2 \quad [17]$$

Donde:

- temperatura real estimada en el conductor (52.07 °C);
- $T_{m\acute{a}x}$  temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento (70.00 °C);
- $T_0$  temperatura ambiente del conductor (40.00 °C);
- $I$  intensidad prevista para el conductor (19.86 A);
- $I_{m\acute{a}x}$  intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación (31.32 A).

### C) REACTANCIA DEL CABLE (Según el criterio de la Guía-BT-Anexo 2)

La reactancia de los conductores varía con el diámetro y la separación entre conductores. En ausencia de datos se puede estimar la reactancia como un incremento adicional de la resistencia de acuerdo a la siguiente tabla:

Sección	Reactancia inductiva (X)
$S \leq 120 \text{ mm}^2$	$X \approx 0$
$S = 150 \text{ mm}^2$	$X \approx 0.15 R$
$S = 185 \text{ mm}^2$	$X \approx 0.20 R$
$S = 240 \text{ mm}^2$	$X \approx 0.25 R$

Para secciones menores de o iguales a  $120 \text{ mm}^2$ , la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia.

Las tensiones compuestas en el tramo se calculan como:

#### FASE RS

$$\bar{U}_{RS_{nudo}} = \bar{V}_{R_{nudo}} - \bar{V}_{S_{nudo}}$$

$$\Delta \bar{U}_{RS} = \bar{U}_{RS} - \bar{U}_{RS_{nudo}}$$

$$\% \Delta U_{RS} = \frac{|\Delta U_{RS}|}{|U_{RS}|} \cdot 100$$

$$U_{RS_{nudo}} = 345.23 + j200.02 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U_{RS} = 1.18 - j0.02 \text{ m}\Omega$$

$$\% \Delta U_{RS} = 0.30\%$$

Donde:

$U_{RS}$  es la tensión nominal fase-fase ( $346.41 + j200.00 \text{ V}$ );

#### FASE ST

$$\bar{U}_{ST_{nudo}} = \bar{V}_{S_{nudo}} - \bar{V}_{T_{nudo}}$$

$$\Delta \bar{U}_{ST} = \bar{U}_{ST} - \bar{U}_{ST_{nudo}}$$

$$\% \Delta U_{ST} = \frac{|\Delta U_{ST}|}{|U_{ST}|} \cdot 100$$

$$U_{ST_{nudo}} = 0.61 - j398.98 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U_{ST} = -0.61 - j1.02 \text{ m}\Omega$$

$$\% \Delta U_{ST} = 0.30\%$$

Donde:

$U_{ST}$  es la tensión nominal fase-fase ( $0.00 - j400.00 \text{ V}$ );

#### FASE TR

$$\bar{U}_{TR_{nudo}} = \bar{V}_{T_{nudo}} - \bar{V}_{R_{nudo}}$$

$$\Delta \bar{U}_{TR} = \bar{U}_{TR} - \bar{U}_{TR_{nudo}}$$

$$\% \Delta U_{TR} = \frac{|\Delta U_{TR}|}{|U_{TR}|} \cdot 100$$

$$U_{TR_{nudo}} = -345.83 + j198.97 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U_{TR} = -0.58 + j1.03 \text{ m}\Omega$$

$$\% \Delta U_{TR} = 0.30\%$$

Donde:

$U_{TR}$  es la tensión nominal fase-fase (-346.41 + j200.00 V);

### Porcentaje de desequilibrio

Porcentaje de desequilibrio

$$\%_{desequilibrio} = \left( \frac{I_{Fmax}}{I_{Fmin}} - 1 \right) \cdot 100$$

Siendo:

$I_{Fmax}$  Intensidad de fase máxima, correspondiente a la fase R (19.86 A);

$I_{Fmin}$  Intensidad de fase mínima, correspondiente a la fase S (19.86 A);

$\%_{desequilibrio}$  Porcentaje de desequilibrio (0.00 %).

0.00% £ 50.00% ✓

### Coordinación entre conductores y dispositivos de protección contra sobrecargas (UNE-HD 60364-4-43, apartado 433.1)

Las características de funcionamiento de un dispositivo que protege un cable contra sobrecargas deben satisfacer las siguientes dos condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z = 45.41 \text{ A}$$



Donde:

$I_B$  es la intensidad de diseño del circuito (19.86 A);

$I_n$  es la intensidad asignada del dispositivo de protección (Fusible, 20.00 A);  
Para dispositivos de protección ajustables, la intensidad asignada  $I_n$  es la corriente seleccionada.

$I_z$  es la intensidad permanente admisible del cable (31.32 A);

$I_2$  es la intensidad efectiva asegurada en funcionamiento en el tiempo convencional del dispositivo de protección (32.00 A).

### Características de los dispositivos de protección contra cortocircuitos (UNE-HD 60364-4-43, apartado 434.5.1)

El poder de corte no debe ser inferior a la máxima intensidad de cortocircuito prevista.

Para el caso de los fusibles:

$I_{cn} > I_{ccmax}$  máxima prevista en el punto de instalación del dispositivo de protección contra cortocircuitos. ✓

Donde:

$I_{ccmax}$  Máxima intensidad de cortocircuito prevista: 7.67 kA ( $I_{k3max}$  cabecera)

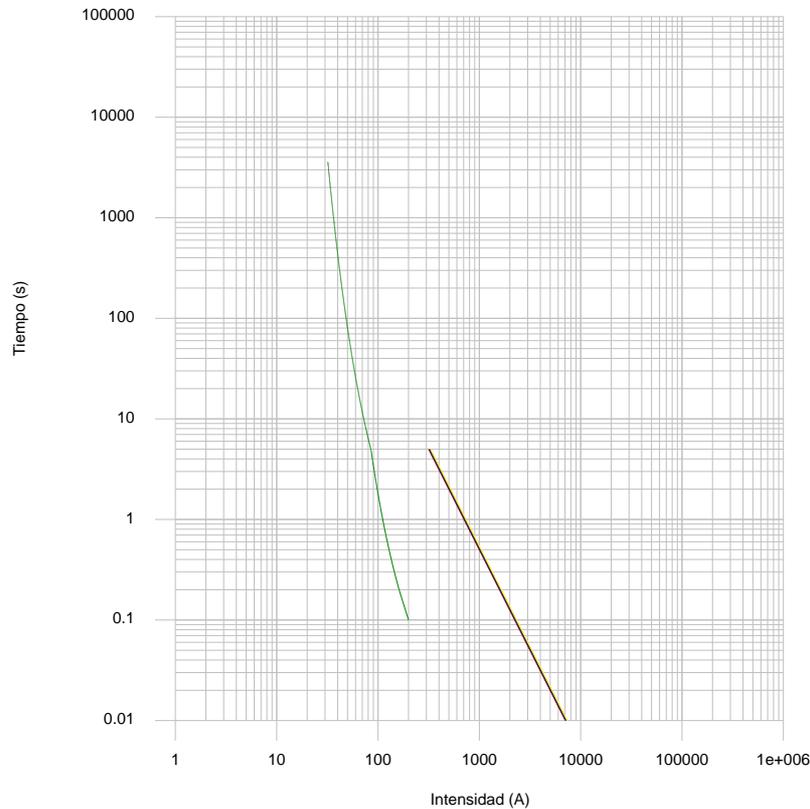
$I_{cn}$  Poder de corte asignado: 20.00 kA

### Características de los dispositivos de protección contra cortocircuitos (UNE-HD 60364-4-43, apartado 434.5.2)

Para cables y para conductores aislados, se debe interrumpir toda corriente causada por un cortocircuito en cualquier lugar del circuito en un tiempo que no exceda de lo necesario para llevar al aislamiento de los conductores a su temperatura límite permitida.

Para cortocircuitos de duración hasta 5 s, el tiempo  $t$ , en el cual una determinada intensidad de cortocircuito incrementará la temperatura del aislamiento de los conductores desde la máxima temperatura permisible en funcionamiento normal hasta la temperatura límite puede, como aproximación, calcularse desde la fórmula:

$$t = \left( k \cdot \frac{S}{I_{cc}} \right)^2 \quad [3]$$



$I_{cc}$ (kA)	Tipo de cortocircuito	$t_{cc}$ (s)	$S_{cable}$ (mm <sup>2</sup> )	k	$t_{cable}$ (s)	Estado
7.67	Ik3 máx cabecera	< 0.10	6 (F)	115	0.0081*	⚠
2.45	Ik3 mín pie	< 0.10	6 (F)	115	0.0790*	⚠
4.10	IkE2E máx cabecera	< 0.10	6 (F)	115	0.0283*	⚠
1.90	IkE2E mín pie	< 0.10	6 (F)	115	0.1317	✓
6.65	Ik2 máx cabecera	< 0.10	6 (F)	115	0.0108*	⚠
2.13	Ik2 mín pie	< 0.10	6 (F)	115	0.1054	✓
5.36	Ik1 máx cabecera	< 0.10	6 (F)	115	0.0166*	⚠
2.16	Ik1 mín pie	< 0.10	6 (F)	115	0.1021	✓

\* Para tiempos de trabajo de los dispositivos de protección < 0.10 s donde la asimetría de la intensidad es importante y para dispositivos limitadores de intensidad  $k^{22}$  debe ser más grande que el valor de la energía que se deja pasar ( $I^2t$ ) indicado por el fabricante del dispositivo de protección. ⚠

$$I^2t < k^{22} = 1800 < 476100.00 \quad ✓$$

Siendo:

- $I_{cc}$  es la intensidad de cortocircuito;
- $t_{cc}$  es el tiempo de duración del cortocircuito;
- $S_{cable}$  es la sección del cable;

- k es un factor que tiene en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad calorífica del material del conductor, y las oportunas temperaturas iniciales y finales. Para aislamientos de conductor de uso corriente, los valores de k para conductores de línea se muestran en la tabla 43A;
- $t_{\text{cable}}$  es el tiempo que tarda el conductor en alcanzar su temperatura límite admisible;
- $I^2t$  es la energía específica pasante del fusible (valor máximo de  $I^2t$  según la norma IEC 60269);
- es la sección del cable.

#### Características principales de los dispositivos de protección (ITC-BT-17, apartado 1.3)

El interruptor general automático (IGA) de corte omnipolar tendrá un poder de corte de 4500 A como mínimo (ITC-BT-17, apartado 1.3).

Poder de corte mínimo del Interruptor General Automático (IGA):  $I_{cn} \geq 4500.00 \text{ A}$

