

## PARÁMETROS DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS

### Nomenclatura

$$\mu_0 = \text{permeabilidad del vacío } (\approx \text{aire}) = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\varepsilon_0 = \text{permitividad del vacío } (\approx \text{aire}) = \frac{1}{\mu_0 c^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 299\,792\,458^2} \\ \approx 8,854\,2 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$$

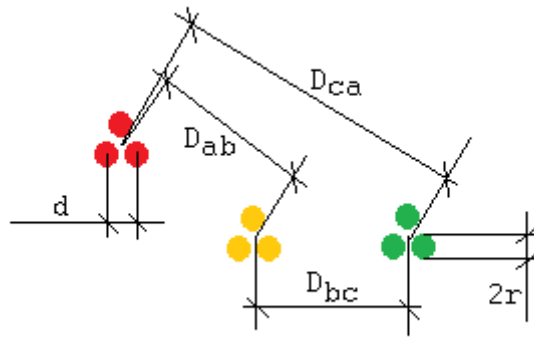
$$R_c = \text{resistencia por conductor y unidad de longitud } [\Omega \cdot \text{m}^{-1}]$$

$$R = \text{resistencia por fase de la línea por unidad de longitud } [\Omega \cdot \text{m}^{-1}]$$

$$D_{xy} = \text{distancia entre conductores [m]}$$

$$r = \text{radio del conductor [m]}$$

$$d = \text{distancia entre conductores de un mismo haz [m]}$$



### Línea aérea trifásica simétrica



$$R = R_c [\Omega \cdot \text{m}^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D}{r \cdot e^{-\frac{1}{4}}} [\text{H} \cdot \text{m}^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln \frac{D}{r}} [\text{F} \cdot \text{m}^{-1}]$$

### Línea aérea trifásica asimétrica



$$R = R_c [\Omega \cdot \text{m}^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}}{r \cdot e^{-\frac{1}{4}}} [H \cdot m^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}}{r}} [F \cdot m^{-1}]$$

#### Línea aérea trifásica asimétrica dúplex



$$R = \frac{R_c}{2} [\Omega \cdot m^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}}{\sqrt{r \cdot e^{-\frac{1}{4}} \cdot d}} [H \cdot m^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}}{\sqrt{r \cdot d}}} [F \cdot m^{-1}]$$

#### Línea aérea trifásica asimétrica tríplex



$$R = \frac{R_c}{3} [\Omega \cdot m^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}}{\sqrt[3]{r \cdot e^{-\frac{1}{4}} \cdot d^2}} [H \cdot m^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}}{\sqrt[3]{r \cdot d^2}}} [F \cdot m^{-1}]$$

#### Línea aérea trifásica asimétrica cuádruplex



$$R = \frac{R_c}{4} [\Omega \cdot m^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}}{\sqrt[4]{\sqrt{2} \cdot r \cdot e^{-\frac{1}{4}} \cdot d^3}} [H \cdot m^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}}{\sqrt[4]{\sqrt{2} \cdot r \cdot d^3}}} [F \cdot m^{-1}]$$

**Línea aérea trifásica asimétrica múltiplex de grado n:**

$$R = \frac{R_c}{n} [\Omega \cdot m^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[n]{\frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}}{n \cdot r \cdot e^{-\frac{1}{4}} \cdot \left(\frac{d}{2 \sin \frac{\pi}{n}}\right)^{n-1}}}}{1} [H \cdot m^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt[n]{\frac{\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}}{n \cdot r \cdot \left(\frac{d}{2 \sin \frac{\pi}{n}}\right)^{n-1}}}}{1}} [F \cdot m^{-1}]$$

**Línea aérea trifásica asimétrica de doble circuito**

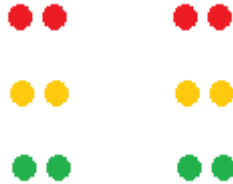


$$R = \frac{R_c}{2} [\Omega \cdot m^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{\sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}}D_{a'b}D_{a'b'}}\sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}}D_{b'c}D_{b'c'}}{\sqrt{r \cdot e^{-\frac{1}{4}} \cdot \sqrt[6]{D_{aa'}D_{bb'}D_{cc'}}}} [H \cdot m^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt[3]{\sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}}D_{a'b}D_{a'b'}}\sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}}D_{b'c}D_{b'c'}}{\sqrt{r} \cdot \sqrt[6]{D_{aa'}D_{bb'}D_{cc'}}}} [F \cdot m^{-1}]$$

**Línea aérea trifásica asimétrica dúplex de doble circuito**

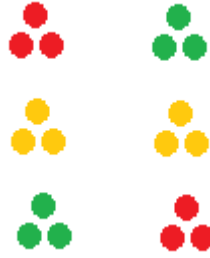


$$R = \frac{R_c}{4} [\Omega \cdot m^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{\sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}}D_{a'b}D_{a'b'}}\sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}}D_{b'c}D_{b'c'}}{\sqrt[4]{r \cdot e^{-\frac{1}{4}} \cdot d} \cdot \sqrt[6]{D_{aa'}D_{bb'}D_{cc'}}} [H \cdot m^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt[3]{\sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}}D_{a'b}D_{a'b'}}\sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}}D_{b'c}D_{b'c'}}\sqrt[4]{D_{ca}D_{ca'}}D_{c'a}D_{c'a'}}{\sqrt[4]{r \cdot d} \cdot \sqrt[6]{D_{aa'}D_{bb'}D_{cc'}}}} [F \cdot m^{-1}]$$

**Línea aérea trifásica asimétrica tríplex de doble circuito**



$$R = \frac{R_c}{6} [\Omega \cdot m^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{\sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}}D_{a'b}D_{a'b'}}\sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}}D_{b'c}D_{b'c'}}{\sqrt[6]{r \cdot e^{-\frac{1}{4}} \cdot d^2} \cdot \sqrt[6]{D_{aa'}D_{bb'}D_{cc'}}} [H \cdot m^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt[3]{\sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}}D_{a'b}D_{a'b'}}\sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}}D_{b'c}D_{b'c'}}\sqrt[4]{D_{ca}D_{ca'}}D_{c'a}D_{c'a'}}{\sqrt[6]{r \cdot d^2} \cdot \sqrt[6]{D_{aa'}D_{bb'}D_{cc'}}}} [F \cdot m^{-1}]$$

**Línea aérea trifásica asimétrica cuádruplex de doble circuito**



$$R = \frac{R_c}{8} [\Omega \cdot m^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{\sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}}D_{a'b}D_{a'b'}}\sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}}D_{b'c}D_{b'c'}}{\sqrt[8]{\sqrt{2} \cdot r \cdot e^{-\frac{1}{4}} \cdot d^3} \cdot \sqrt[6]{D_{aa'}D_{bb'}D_{cc'}}} [H \cdot m^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \sqrt[3]{\frac{\sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}}D_{a'b}D_{a'b'}}{\sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}}D_{b'c}D_{b'c'}}\sqrt[4]{D_{ca}D_{ca'}}D_{c'a}D_{c'a'}}}} [F \cdot m^{-1}]$$

#### Línea aérea monofásica



$$R = R_c [\Omega \cdot m^{-1}]$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D}{r \cdot e^{-\frac{1}{4}}} [H \cdot m^{-1}]$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{D}{r}} [F \cdot m^{-1}]$$

#### Corrección en la capacidad de una línea aérea trifásica por efecto del terreno

Añadir al denominador de las fórmulas anteriores (líneas de un circuito):

$$- \ln \frac{\sqrt[3]{h_{12}h_{23}h_{31}}}{\sqrt[3]{h_1h_2h_3}}$$

#### Corrección de la resistencia del conductor teniendo en cuenta efecto pelicular y temperatura

$$R_T = R_{20^\circ\text{C}}[1 + \alpha(T - 20)]$$

Para cables de aluminio puede considerarse  $\alpha = 4,03 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ . La temperatura máxima de funcionamiento suele ser  $85^\circ\text{C}$ .

$$x_s^2 = \frac{8\pi f \cdot 10^{-7}}{R_T} k_s$$

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 \cdot x_s^4}$$

$$R_{ca} = R_T(1 + y_s)$$

Para conductores cableados,  $k_s=1$ .