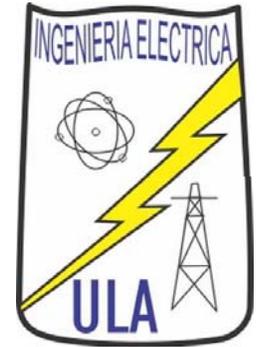


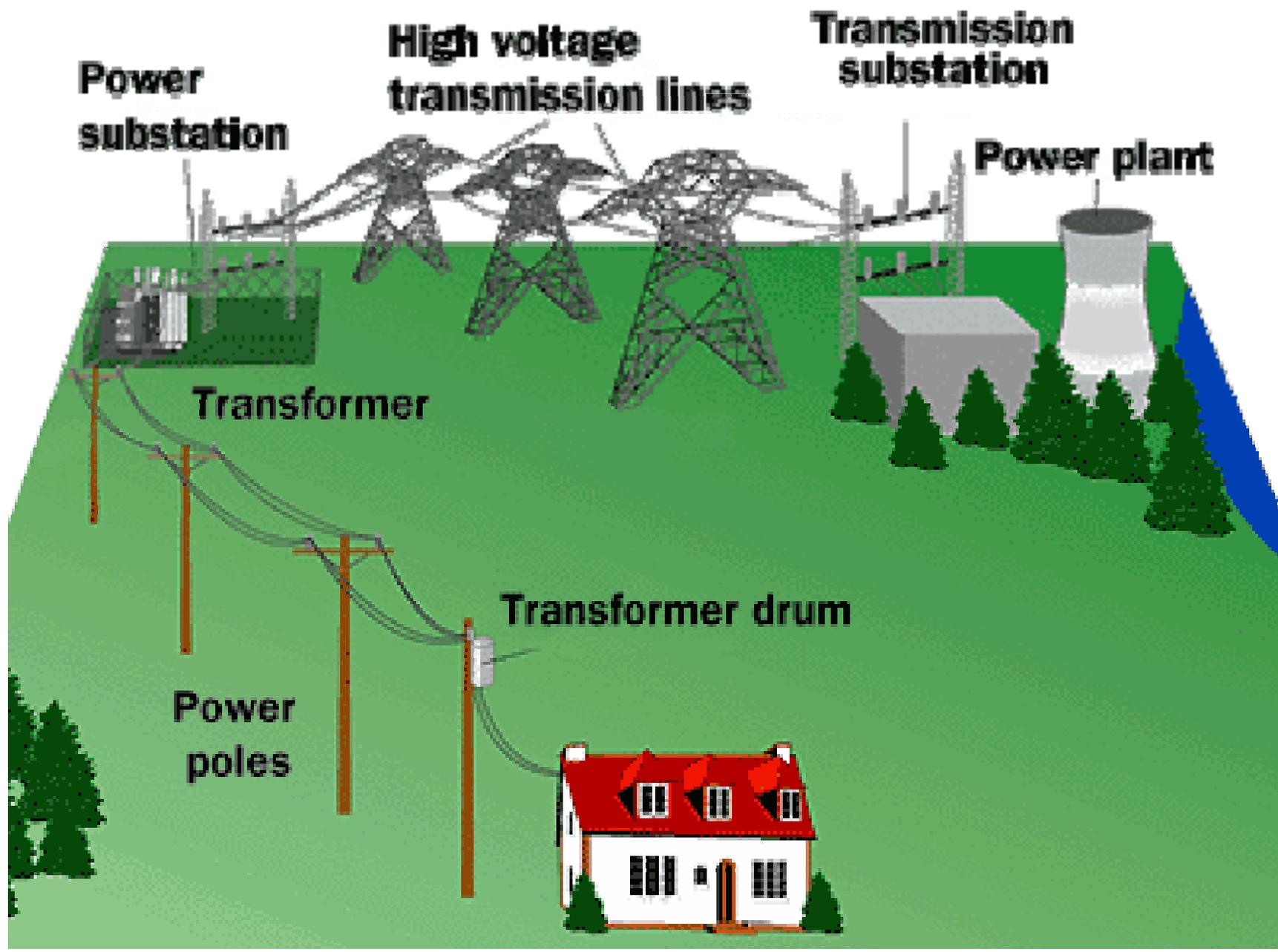


INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA VENEZUELA



Circuitos Trifásicos

Prof. Gerardo Ceballos

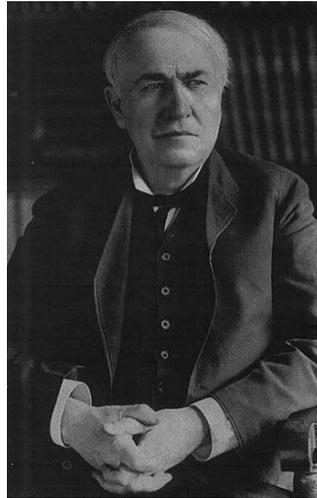


Historia AC vs DC

Thomas Alva Edison
(1847-1931)
Norteamericano

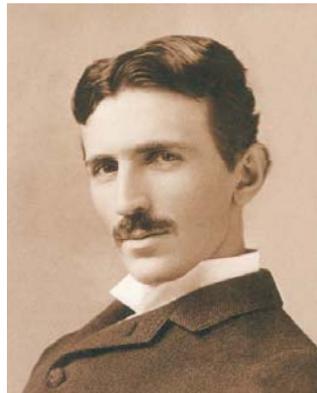
Rectificación (costosa)

Bajo voltaje no llegaba
muy lejos



Nikola Tesla
(1856-1943)
Croata

Generación (natural)
Distribución
(transformadores) elevaba
voltaje para transportar y
luego bajaba → cables
mas finos y menos
pérdidas de línea



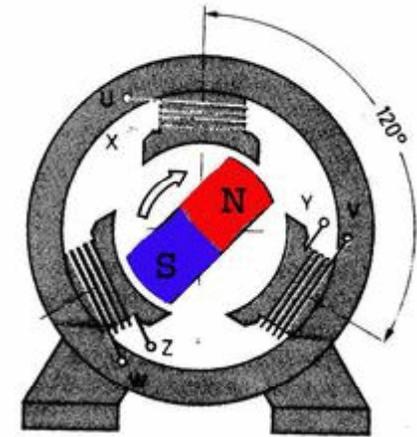
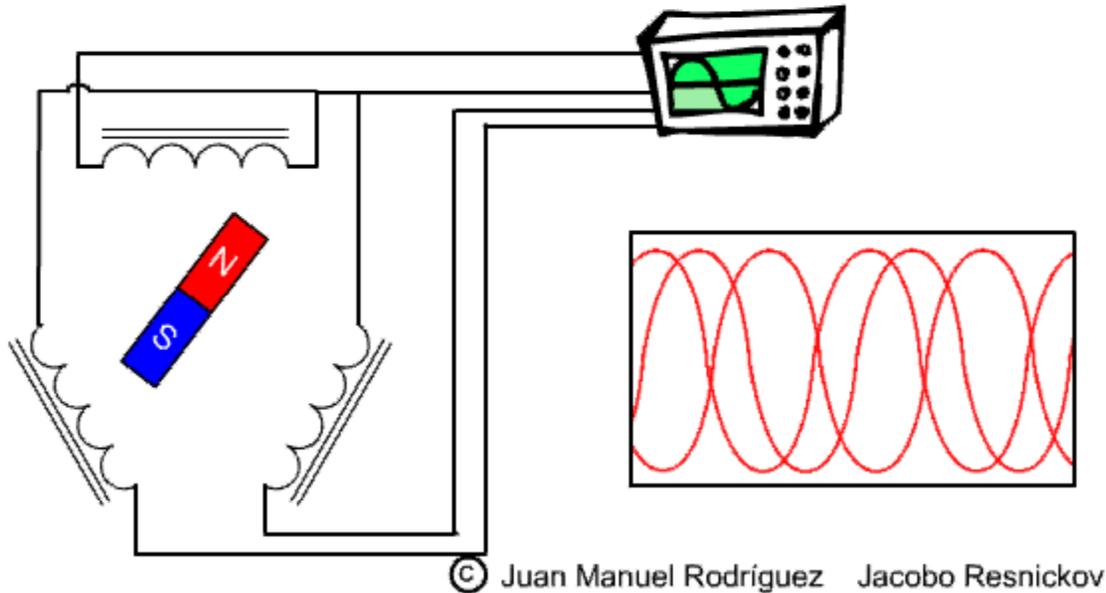
El genio es uno
por ciento de inspiración
y un noventa y nueve
por ciento de
transpiración

La ciencia no es sino una
perversión de sí misma a
menos que tenga como
objetivo final el
mejoramiento de la
humanidad



George
Westinghouse
(1846-1914)
Norteamericano

Trifásico vs Monofásico

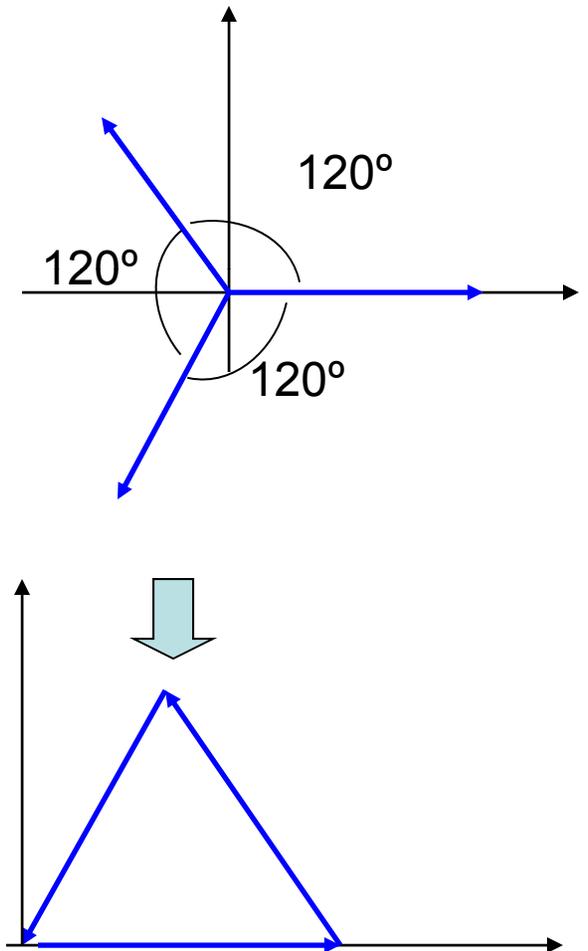
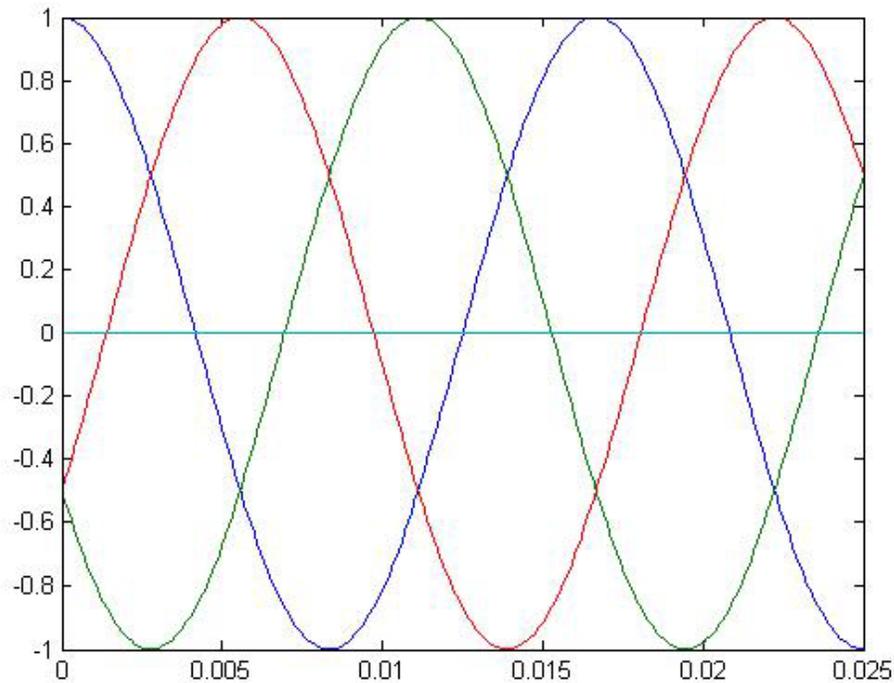


3Φ:

Potencia constante (evita vibración de motores)

Menores Pérdidas de Línea

3 vectores de igual magnitud desfasados 120°



Potencia Instantánea en el circuito trifásico balanceado:

Potencia en 1Φ:

$$P(t) = V_m \text{Im} \cos(\omega t) \cos(\omega t - \theta)$$

$$P(t) = V_m \text{Im} \frac{1}{2} [\cos(\omega t - \omega t + \theta) + \cos(\omega t + \omega t - \theta)]$$

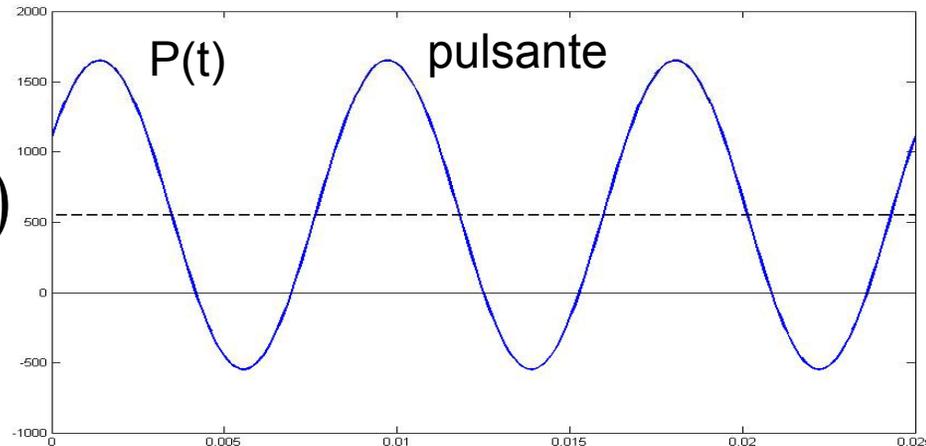
$$= \frac{V_m \text{Im}}{2} [\cos(2\omega t - \theta) + \cos(\theta)]$$

$$P(t) = V_{ef} I_{ef} [\cos(2\omega t - \theta) + \cos(\theta)]$$

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta =$$

$$\frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]$$

$$P_{med} = V_{ef} I_{ef} \cos(\theta)$$



Potencia en 3Φ: $P(t) = P_{AN}(t) + P_{BN}(t) + P_{CN}(t)$

$$P(t) = V_f \cos(\omega t) I_f \cos(\omega t - \theta) +$$

$$V_f \cos(\omega t - 120^\circ) I_f \cos(\omega t - 120^\circ - \theta) +$$

$$V_f \cos(\omega t + 120^\circ) I_f \cos(\omega t + 120^\circ - \theta)$$

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta =$$

$$\frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]$$

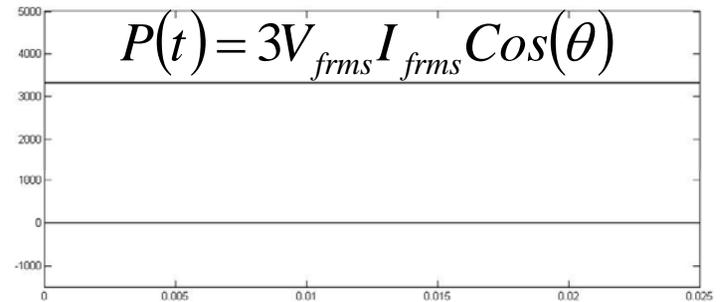
$$P(t) = V_f I_f \frac{1}{2} \left[\cos \left(\overbrace{\omega t - \omega t}^0 + \theta \right) + \cos(2\omega t - \theta) \right] +$$

$$V_f I_f \frac{1}{2} \left[\cos \left(\overbrace{\omega t - 120^\circ - \omega t + 120^\circ}^0 + \theta \right) + \cos(2\omega t - 240^\circ - \theta) \right] +$$

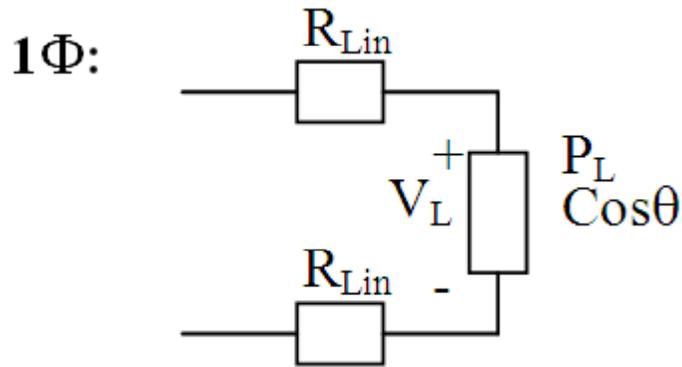
$$V_f I_f \frac{1}{2} \left[\cos \left(\overbrace{\omega t + 120^\circ - \omega t - 120^\circ}^0 + \theta \right) + \cos(2\omega t + 240^\circ - \theta) \right]$$

$$P(t) = V_{frms} I_{frms} \left[3\cos(\theta) + \overbrace{\cos(2\omega t - \theta) + \cos(2\omega t - \theta + 120^\circ) + \cos(2\omega t - \theta - 120^\circ)}^0 \right]$$

constante

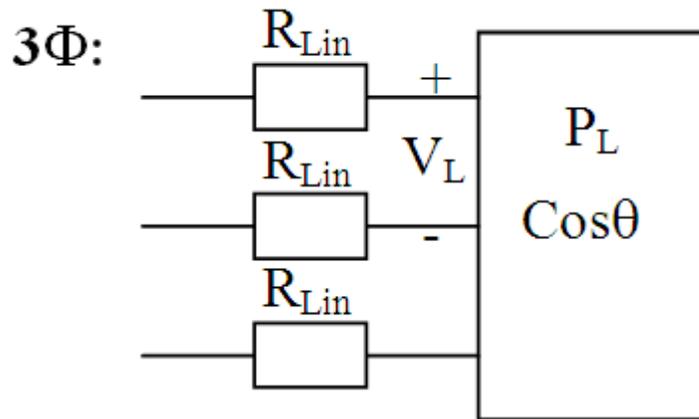


Pérdidas de línea en el sistema trifásico balanceado:



$$\text{Pérdidas } 1\Phi = 2R_{Lin}|I_L|^2, \quad I_L = \frac{P_L}{V_L \text{Cos}(\theta)}$$

$$\text{Pérdidas } 1\Phi = \frac{2P_L^2 R_{Lin}}{V_L^2 \text{Cos}^2(\theta)}$$



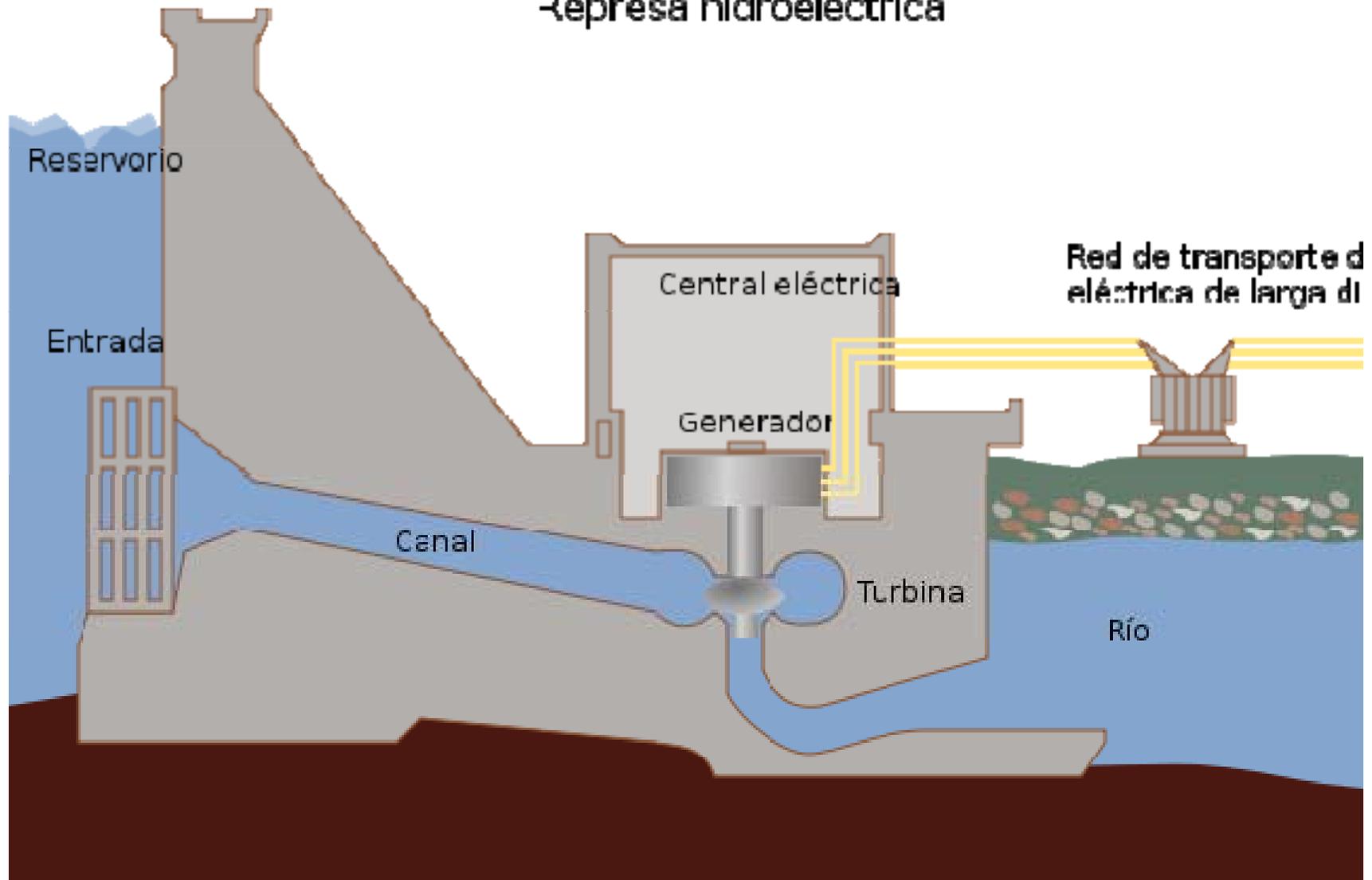
$$\text{Pérdidas } 3\Phi = 3R_{Lin}|I_L|^2, \quad I_L = \frac{P_L}{\sqrt{3}V_L \text{Cos}(\theta)}$$

$$\text{Pérdidas } 3\Phi = \frac{3P_L^2 R_{Lin}}{3V_L^2 \text{Cos}^2(\theta)} = \frac{1}{2} \text{Pérdidas } 1\Phi$$

En 3Φ también las corrientes son menores, se necesitan cables menos gruesos

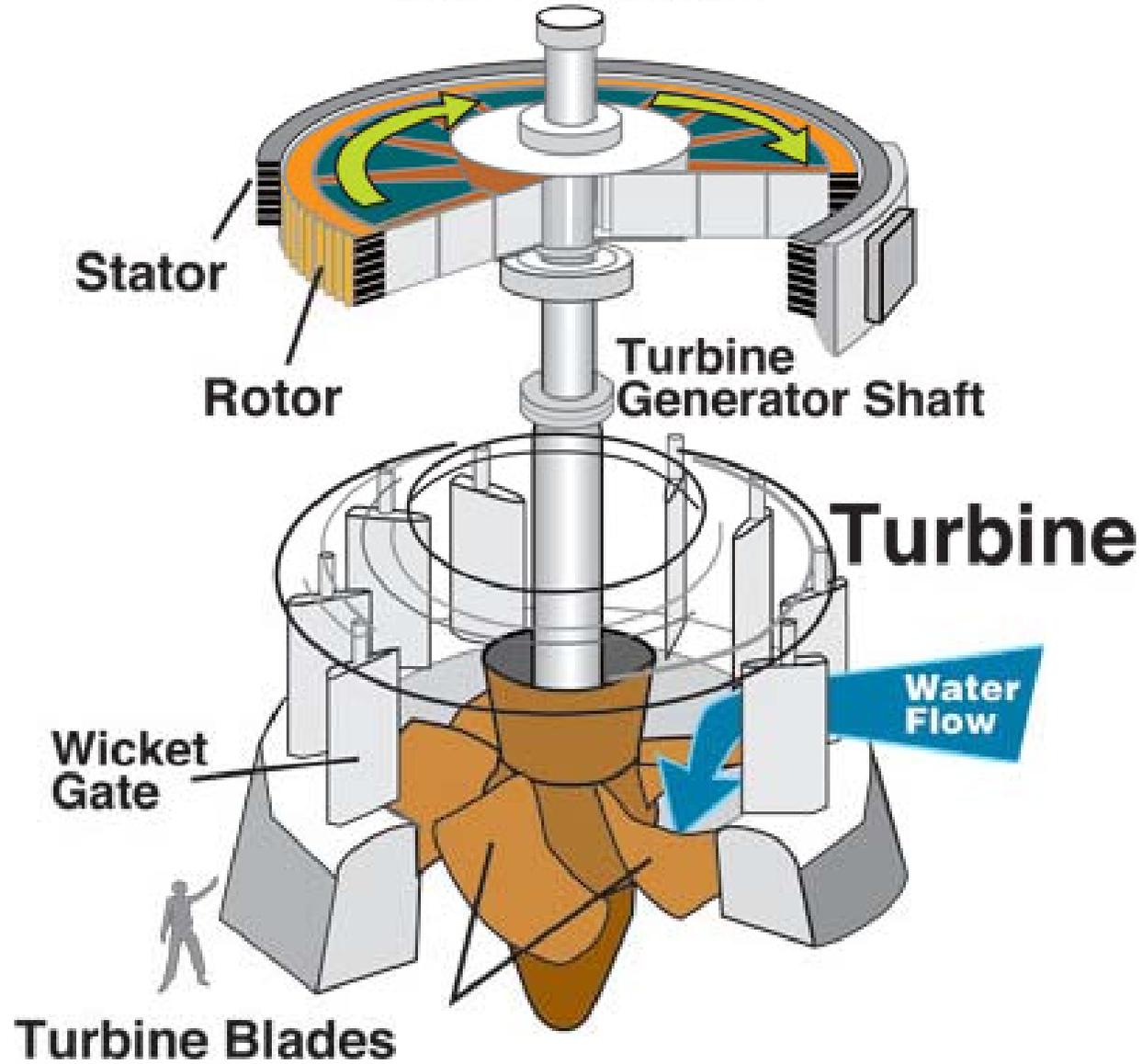
$$\text{Pérdidas } 3\Phi = \frac{3P_L^2 R_{Lin}}{3V_L^2 \text{Cos}^2(\theta)} = \frac{1}{2} \text{Pérdidas } 1\Phi$$

Represa hidroeléctrica





Generator



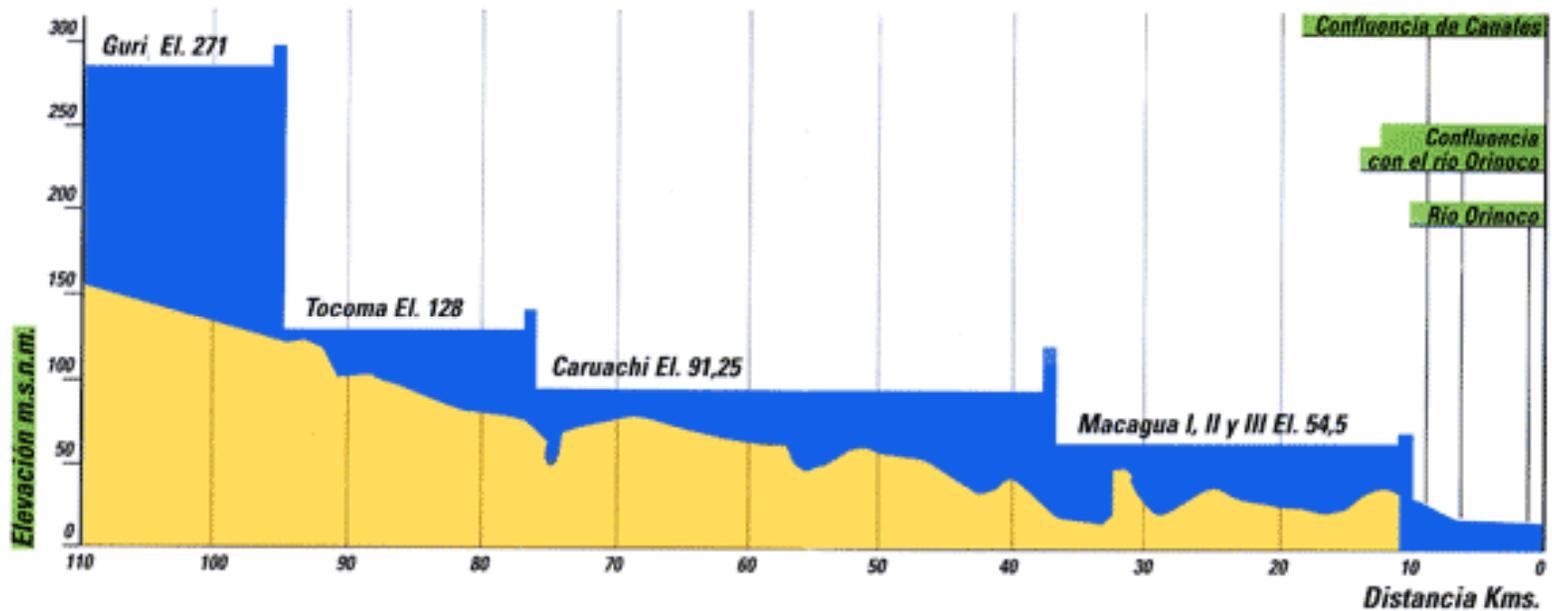
Represa de Caruachi, Río Caroní, Edo Bolívar



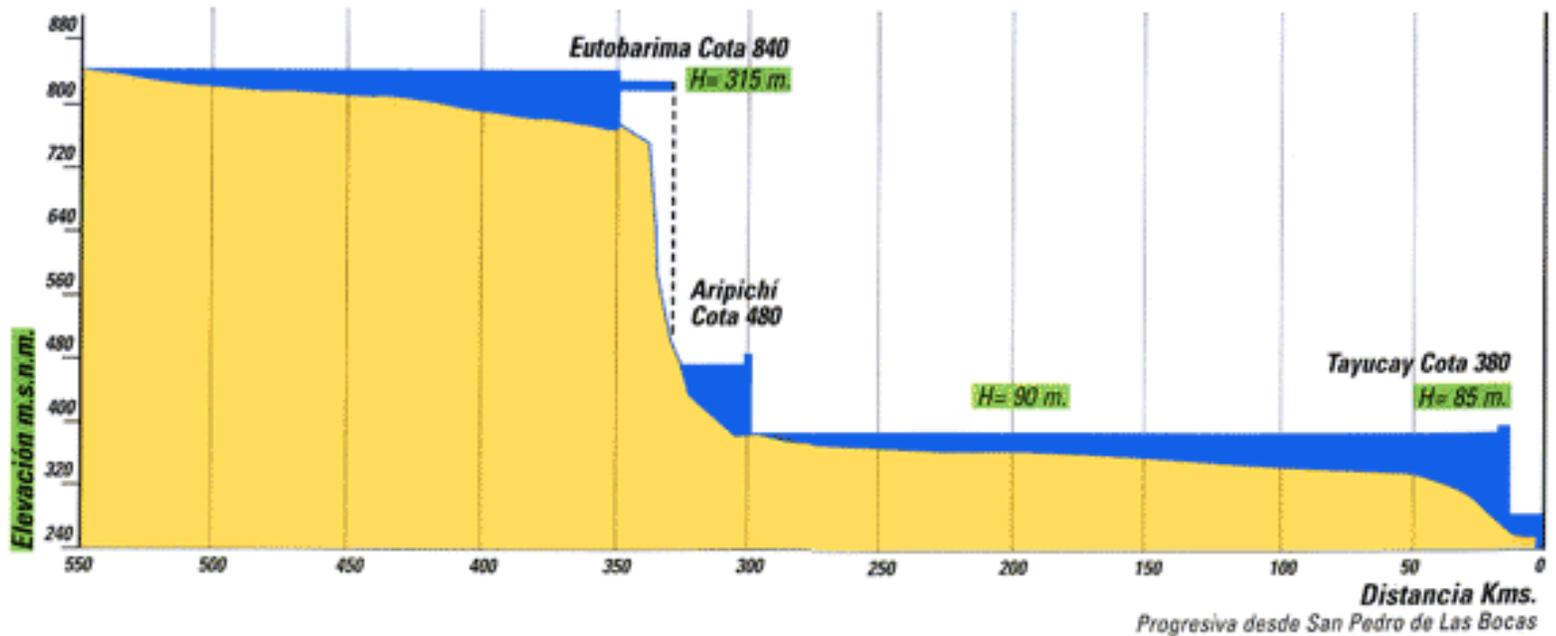
Central Hidroeléctrica Simón Bolívar

- 10,2GW
- 3era Central hidroeléctrica mas grande del mundo
- 100Km aguas arriba de la desembocadura del río Caroní en el Orinoco
- Embalse del Guri, 9º de mayor volumen en el mundo

Bajo Caroní



Alto Caroní





Planta nuclear en Cattenom, Francia





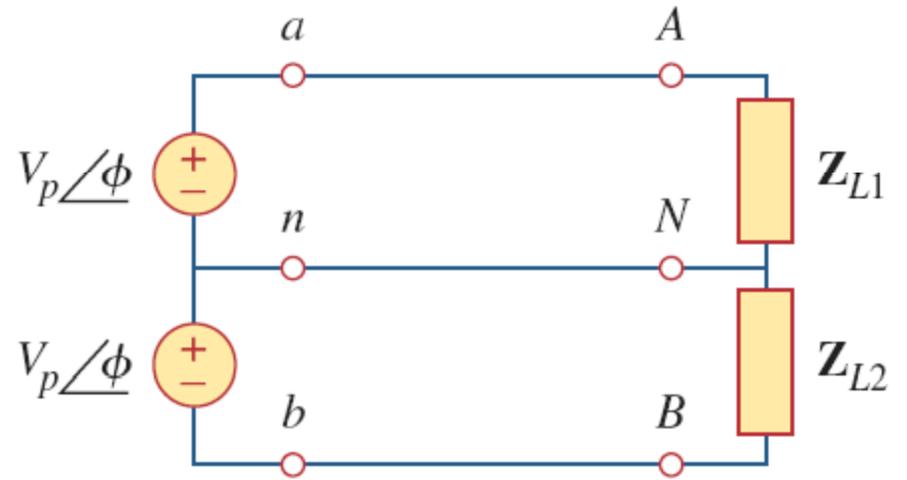
Central termosolar funcionando en Sevilla, España



Sistemas monofásicos



Sistema mono-fásico de 2 conductores



Sistema mono-fásico de 3 conductores

Conexión residencial

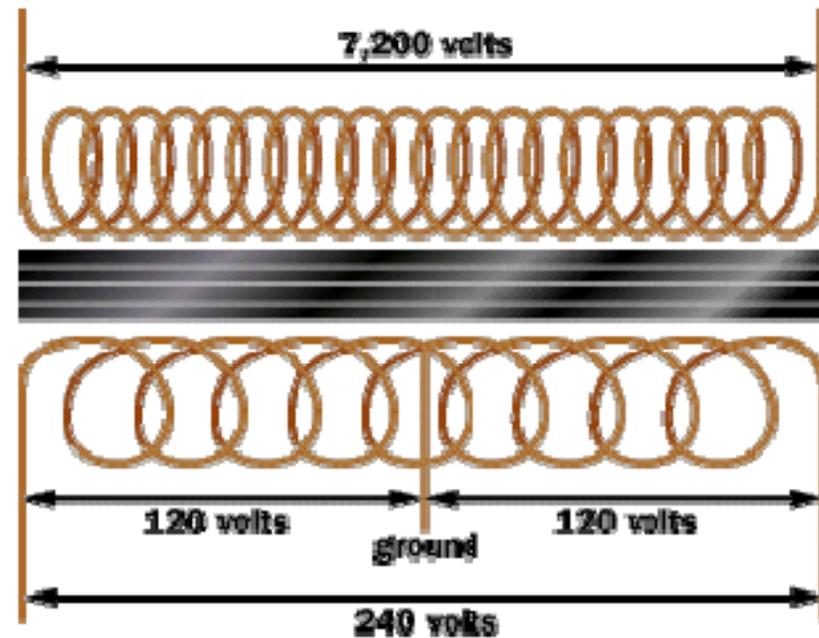
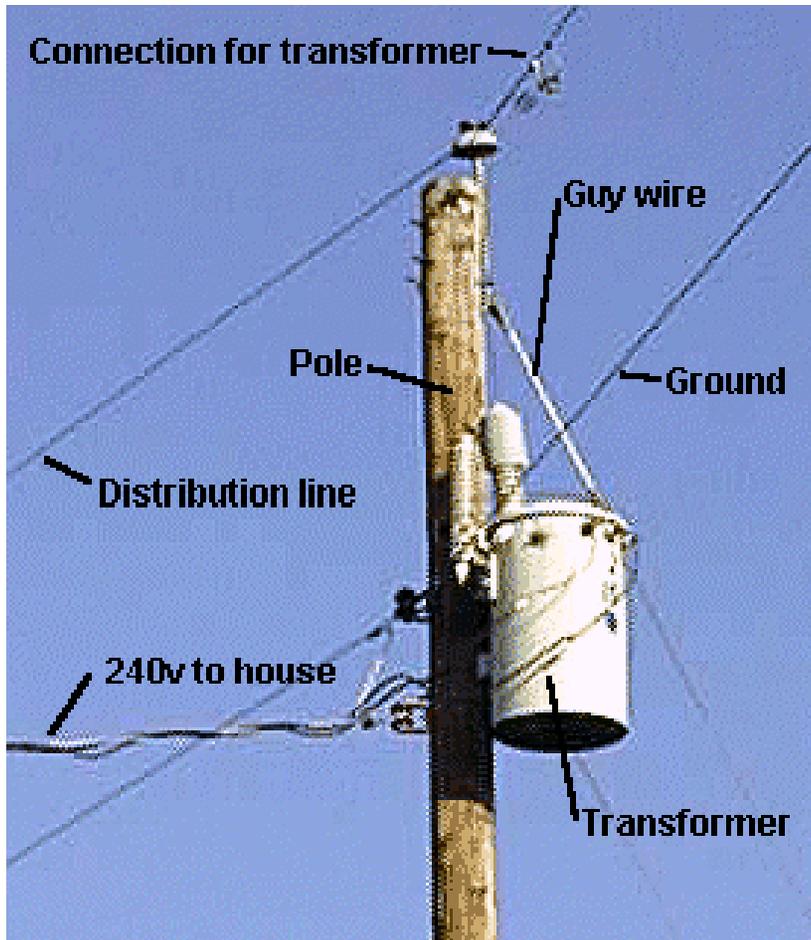
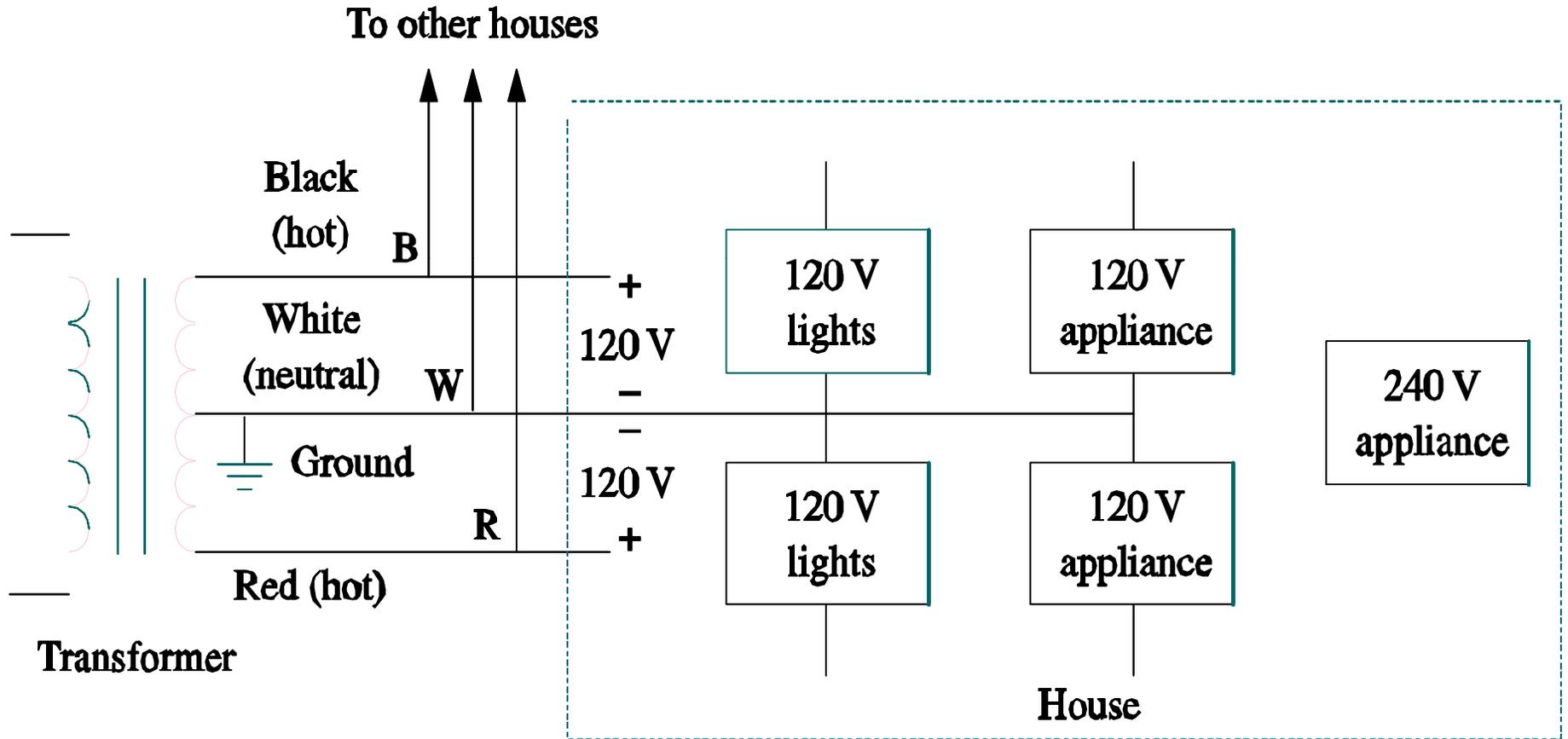


Fig. 12.38 Single phase three-wire residential wiring



CAPÍTULO 7 • Potencia alterna y circuitos trifásicos

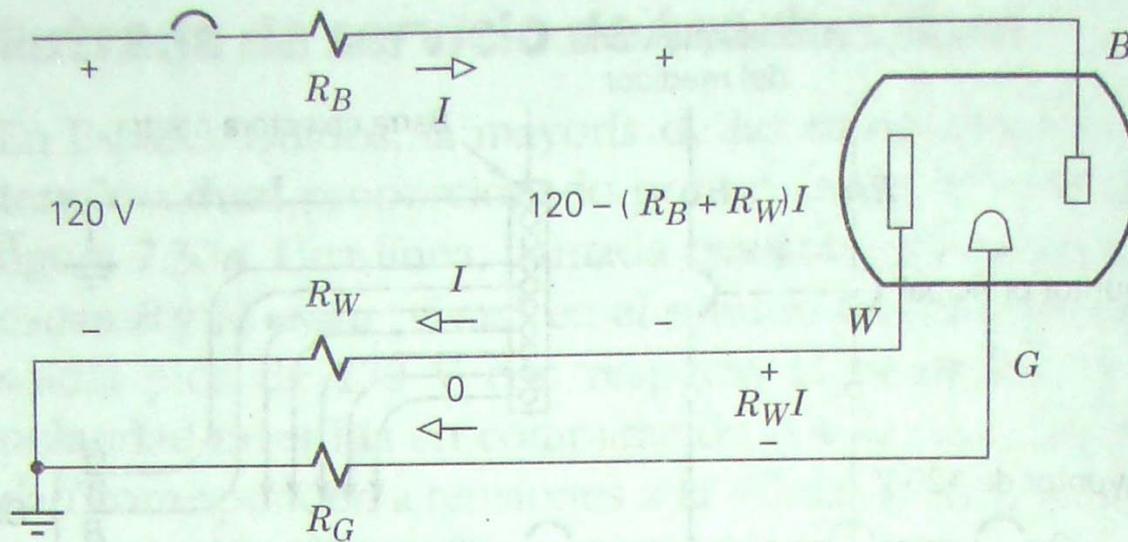


Figura 7.32 Resistencia del cableado entre el tablero y el contacto o toma de corriente.

Desde el punto de vista de un ingeniero en electrónica, el conductor o hilo a tierra proporciona un valioso potencial de referencia para las medidas de tensión, independientemente del neutro y de su desequilibrio de tensión. Además, los problemas de interferencia eléctrica y de circuito a tierra se reducen al mínimo al conectar todos los instrumentos a un punto de tierra. Pero mucho más importante es la función de la toma de tierra como protector de la vida humana en función de choques eléctricos.

En la tabla 7.4 se mencionan los efectos de varios niveles de corriente de 60 Hz de alterna en el cuerpo humano. El rango que va de 100 a 300 mA es el que presupone el mayor riesgo de electrocución. Las corrientes más elevadas pueden provocar quemaduras serias o quemaduras que ponen en peligro la vida, aunque inducen una contracción temporal del corazón que lo protege contra daños fatales. Tal como se ve en la tabla 7.4, la cantidad de corriente y no la tensión es el factor fundamental en un choque eléctrico. La tensión entra en escena cuando se considera la resistencia del cuerpo, la cual oscila desde alrededor de 500 k Ω con la piel seca hasta 1 k Ω con la piel húmeda. Por lo tanto, una persona con la piel húmeda corre el riesgo de electrocutarse con tensiones alternas tan bajos como de 100 V.

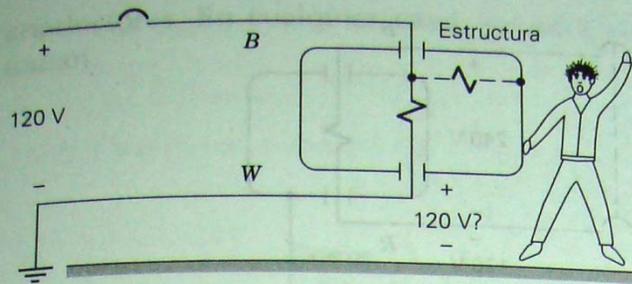
TABLA 7.4 Efectos de choques eléctricos de alterna

Corriente rms	Efectos
1-5 mA	Umbral de sensación
10-20 mA	Contracciones musculares involuntarias ("no se pueden evitar")
20-100 mA	Dolor, dificultad para respirar
100-300 mA	Fibrilación ventricular, posible muerte
>300 mA	Parálisis respiratoria, quemaduras, inconsciencia

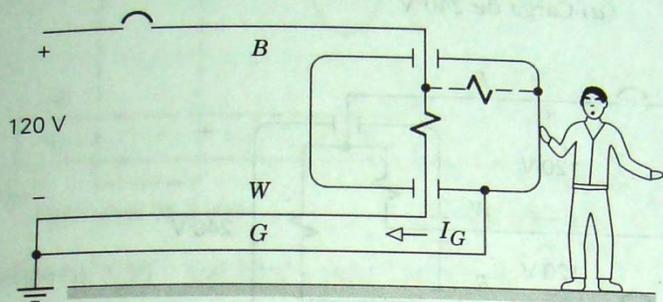


[video](#)

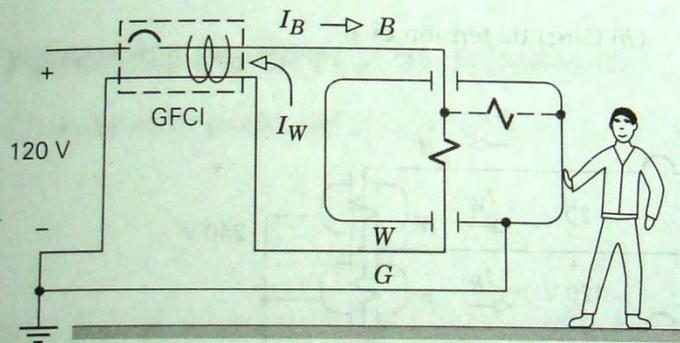
SECCIÓN 7.5 • Circuitos residenciales e instalaciones eléctricas



(a) Caso no conectado a tierra



(b) Caso conectado a tierra

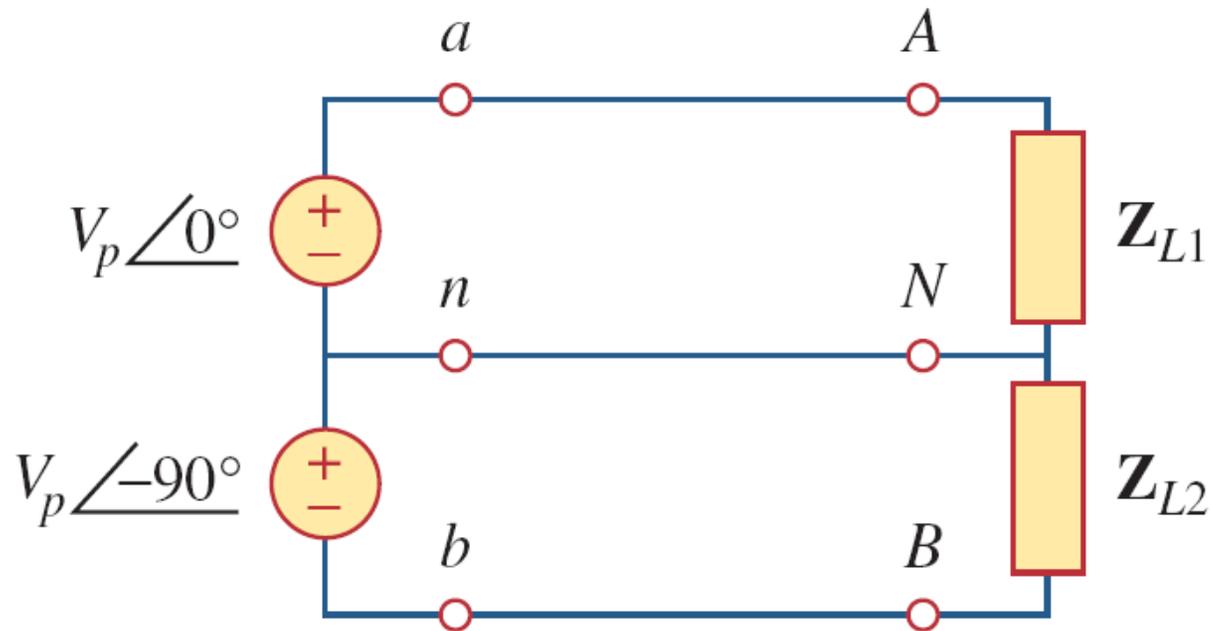


(c) Con interruptor de circuito con un defecto de aislamiento

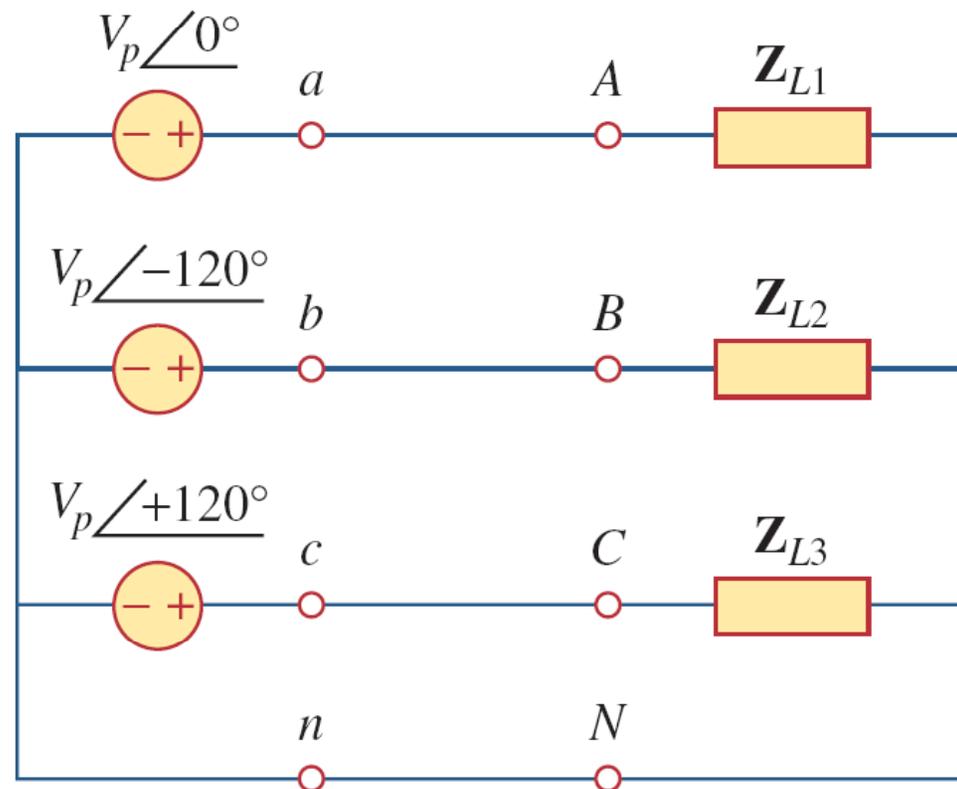
Figura 7.33 Aparato con defecto de cableado.

figura 7.33b. Esta disposición mantiene a la estructura al potencial de tierra si no hay errores en el cableado interno o, en el peor de los casos, a unos cuantos voltios del potencial de tierra si un fallo provoca que circule corriente por el conductor a tierra. Pero la mejor protección posible contra descargas eléctricas se consigue con el **interruptor diferencial** (GFCI) ilustrado en la figura 7.33c. El GFCI cuenta con una bobina sensora alrededor de los conductores o hilos de fase y neutro y cualquier corriente inducida por un defecto de aislamiento — que pase por un tado o del conductor a tierra — que produzca un desequilibrio de $|I_B - I_W| > 5 \text{ mA}$ induce una corriente en la bobina sensora y abre el circuito. El GFCI puede estar localizado en un contacto, o puede formar parte de un disyuntor de circuito en

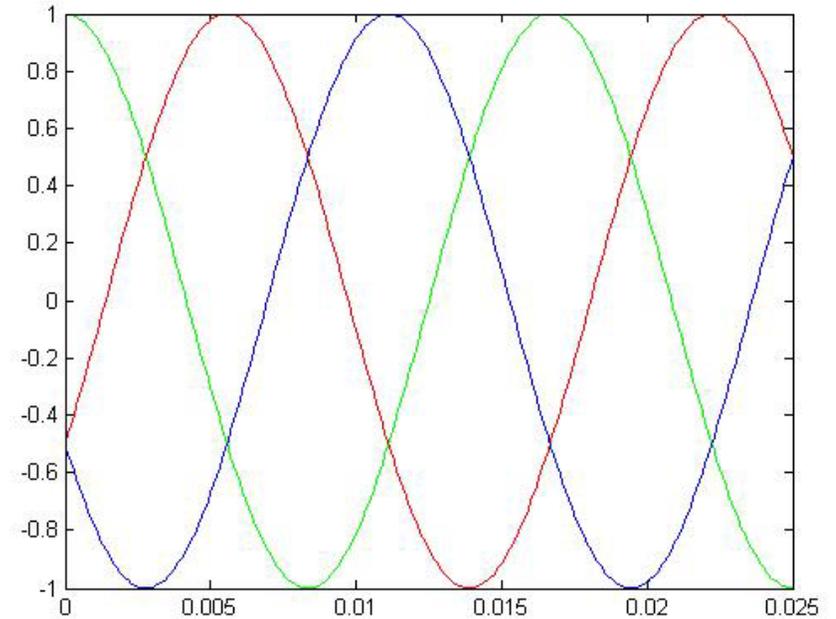
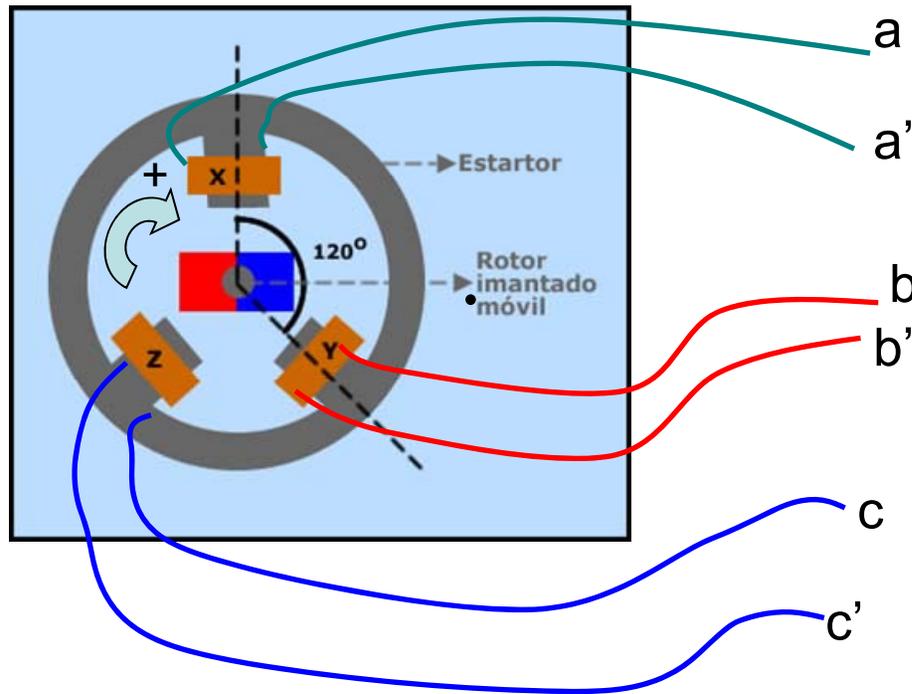
Sistema bi-fásico de 3 conductores



Sistema tri-fásico de 4 conductores



Generador Trifásico Balanceado en Y



Secuencia “+” ó ABC

$$V_{aa'} = |V_{aa'}| \underline{0^\circ}$$

$$V_{bb'} = |V_{aa'}| \underline{-120^\circ}$$

$$V_{cc'} = |V_{aa'}| \underline{+120^\circ}$$

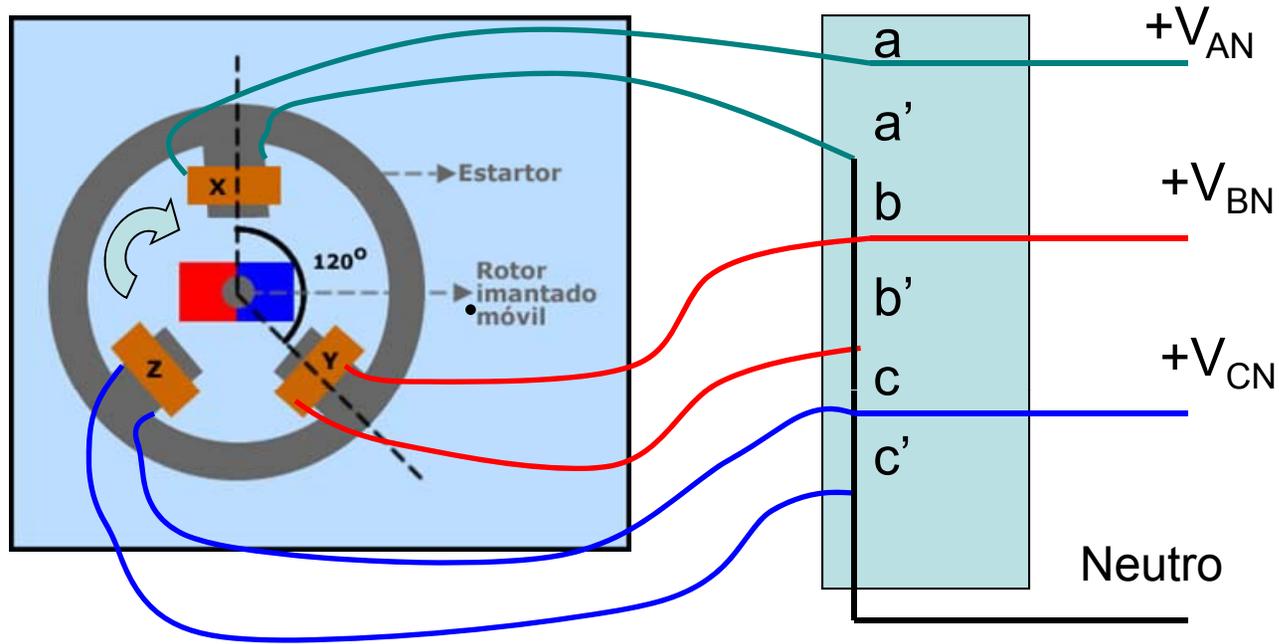
Secuencia “-” ó ACB

$$V_{aa'} = |V_{aa'}| \underline{0^\circ}$$

$$V_{bb'} = |V_{aa'}| \underline{+120^\circ}$$

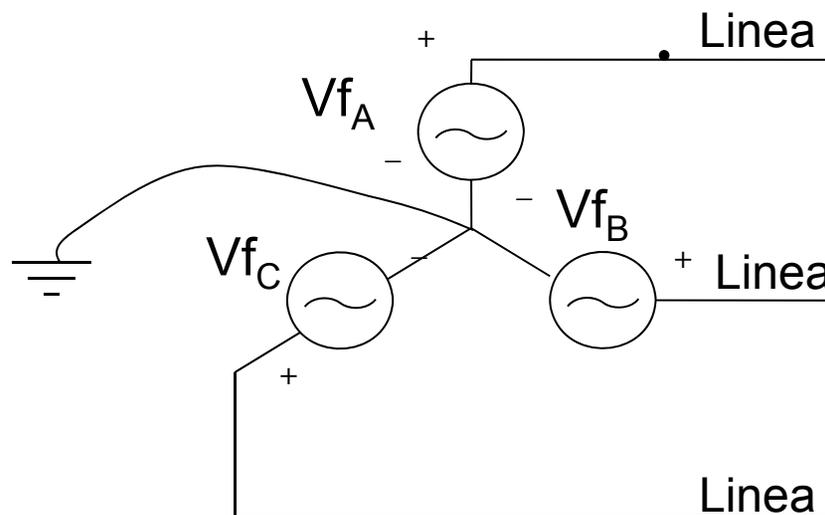
$$V_{cc'} = |V_{aa'}| \underline{-120^\circ}$$

Generador Trifásico Balanceado en Y

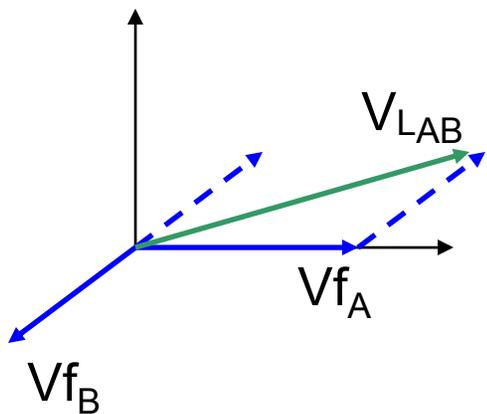
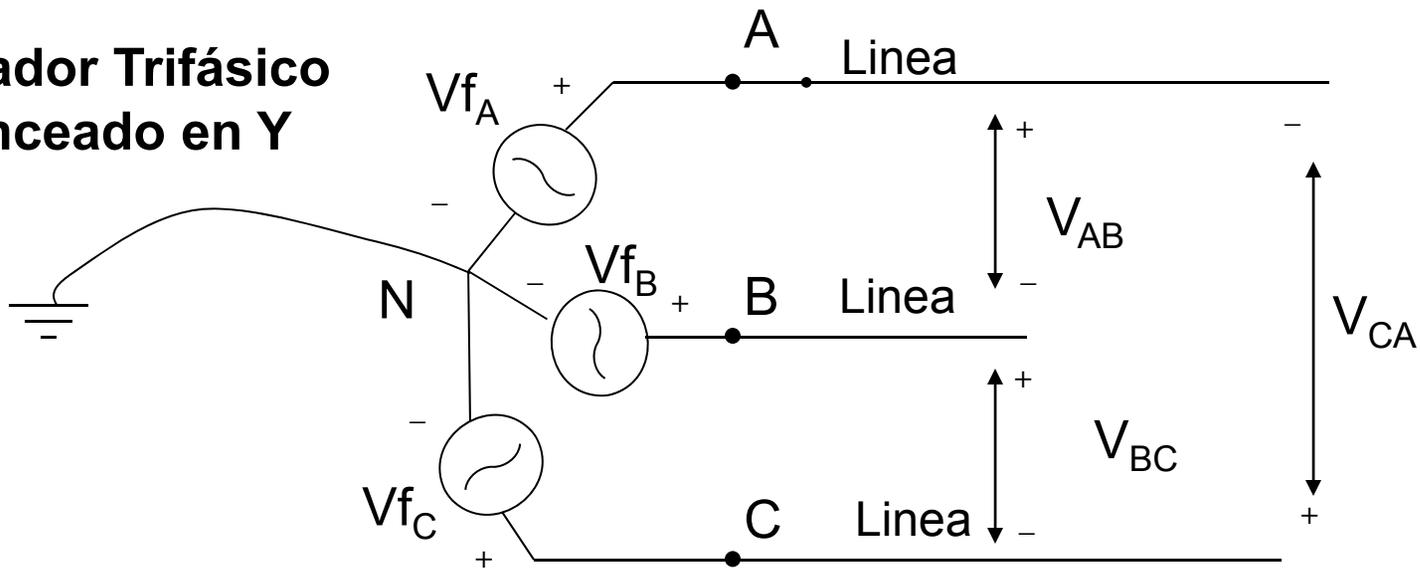


Neutro

(retorno de corriente monofásicos, estabilización)



Generador Trifásico Balanceado en Y

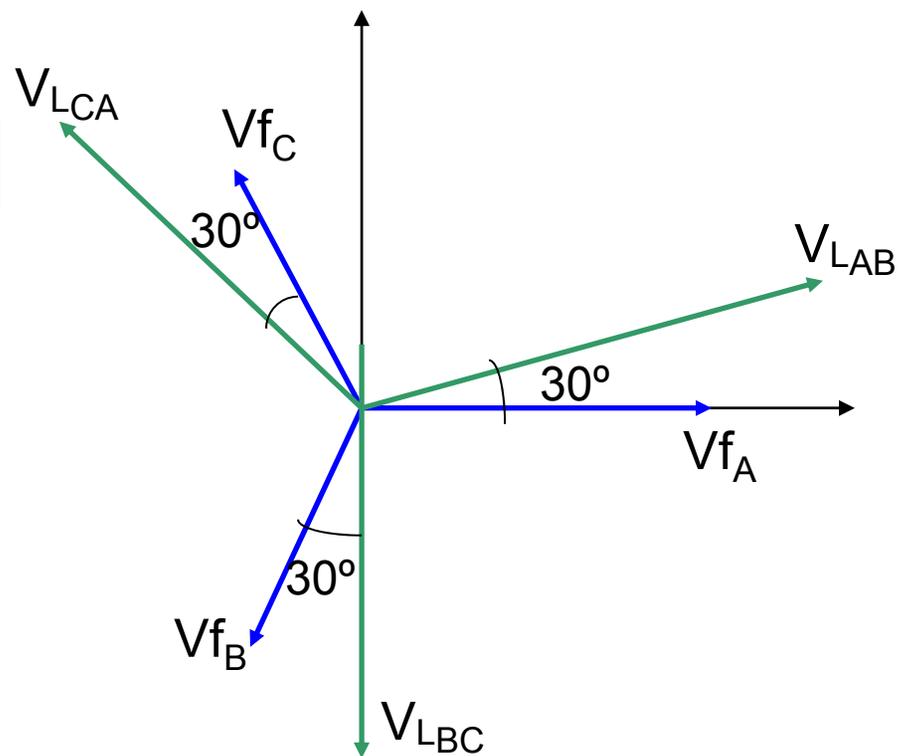


Secuencia “+”

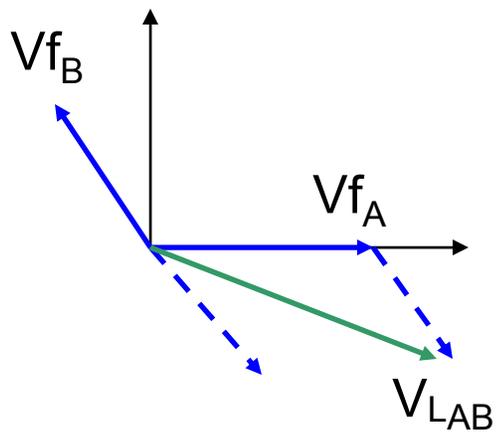
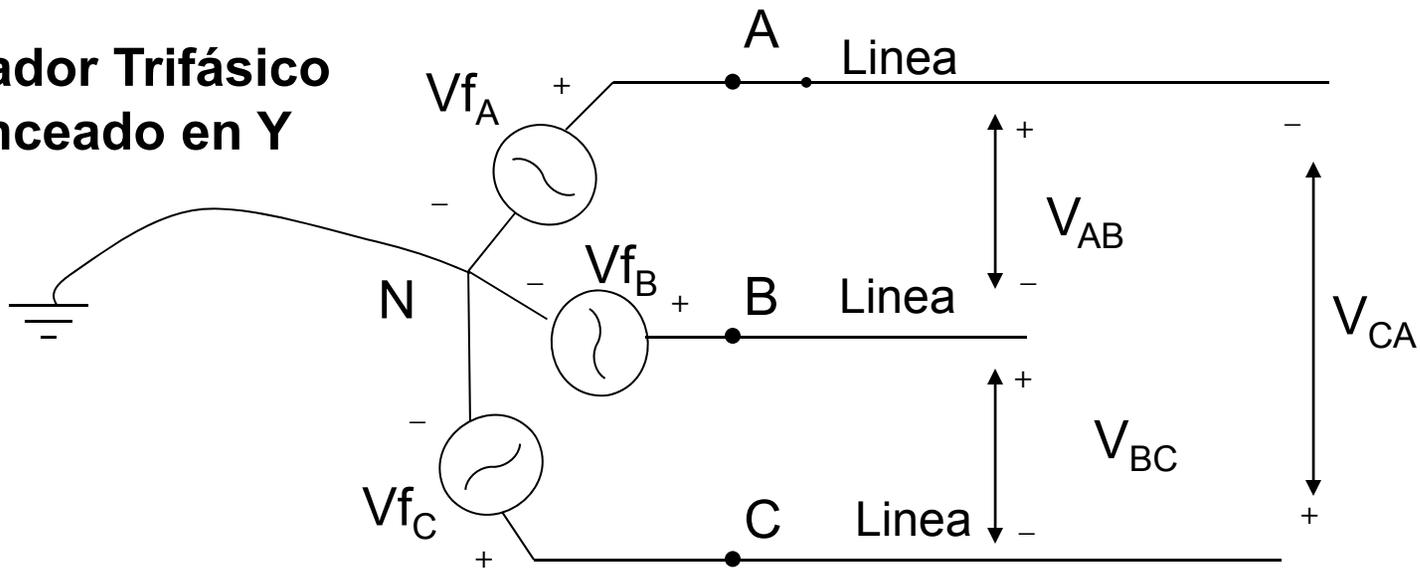
$$V_{L_{AB}} = \sqrt{3} \angle 30^\circ V_{f_A}$$

$$V_{L_{BC}} = \sqrt{3} \angle 30^\circ V_{f_B}$$

$$V_{L_{CA}} = \sqrt{3} \angle 30^\circ V_{f_C}$$



Generador Trifásico Balanceado en Y

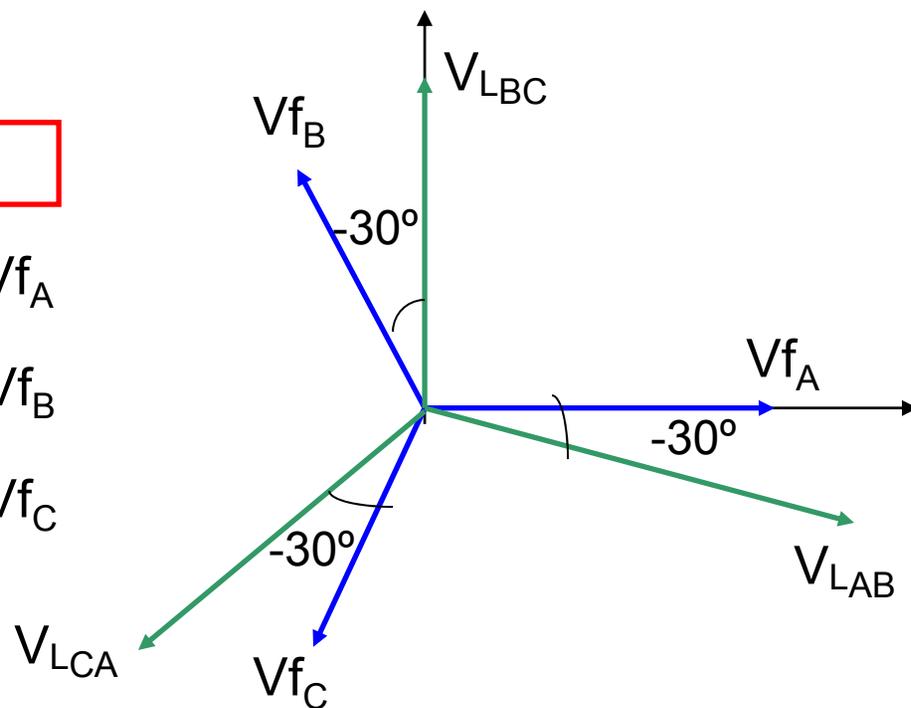


Secuencia "-"

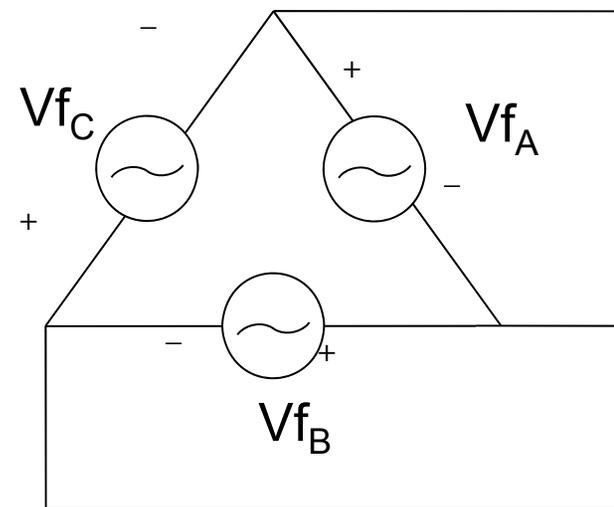
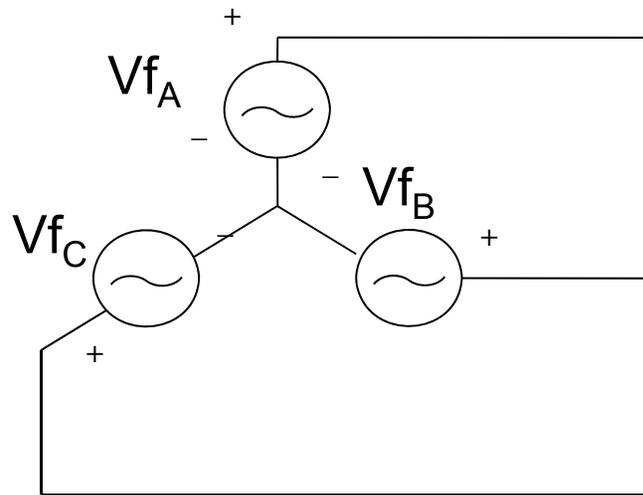
$$V_{LAB} = \sqrt{3} \angle -30^\circ V_{f_A}$$

$$V_{LBC} = \sqrt{3} \angle -30^\circ V_{f_B}$$

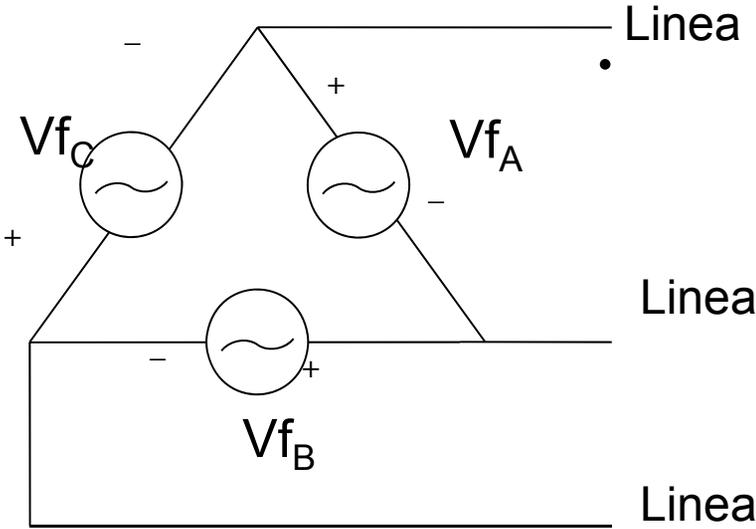
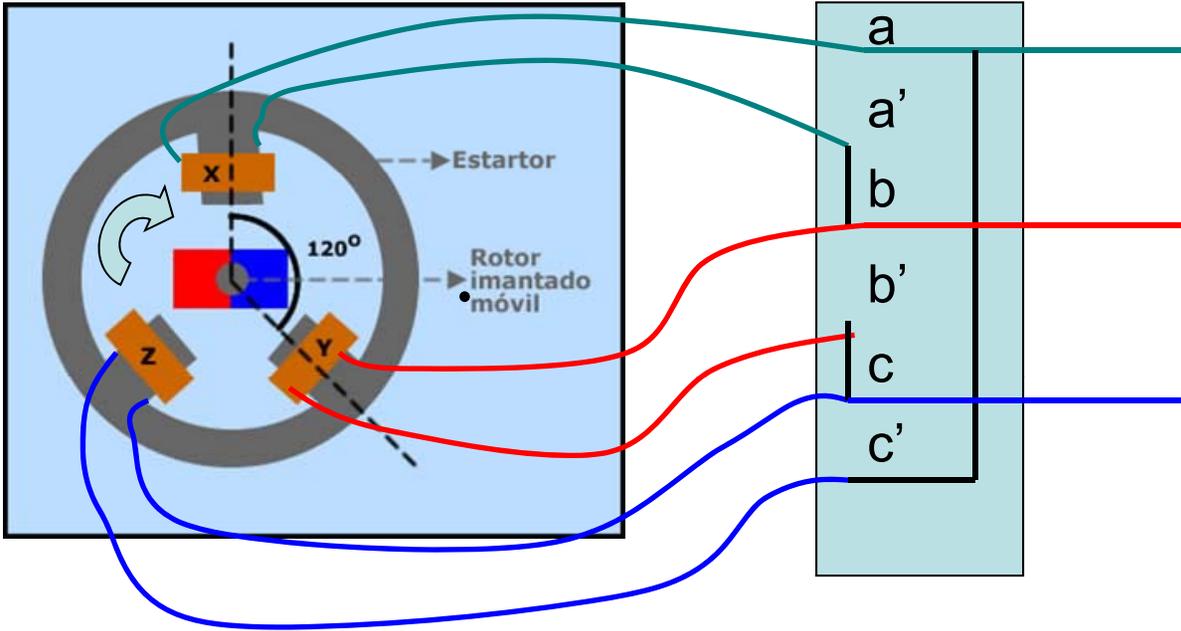
$$V_{LCA} = \sqrt{3} \angle -30^\circ V_{f_C}$$



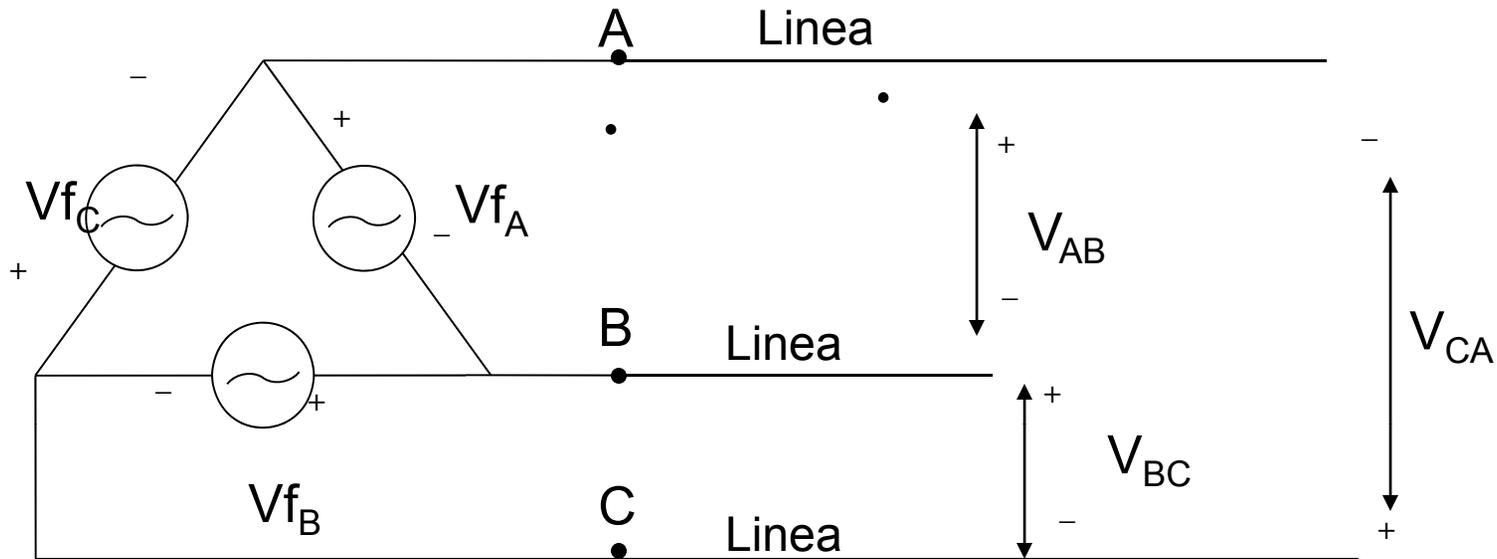
Generador Trifásico Balanceado



Generador Trifásico Balanceado en Δ



Generador Trifásico Balanceado en Δ



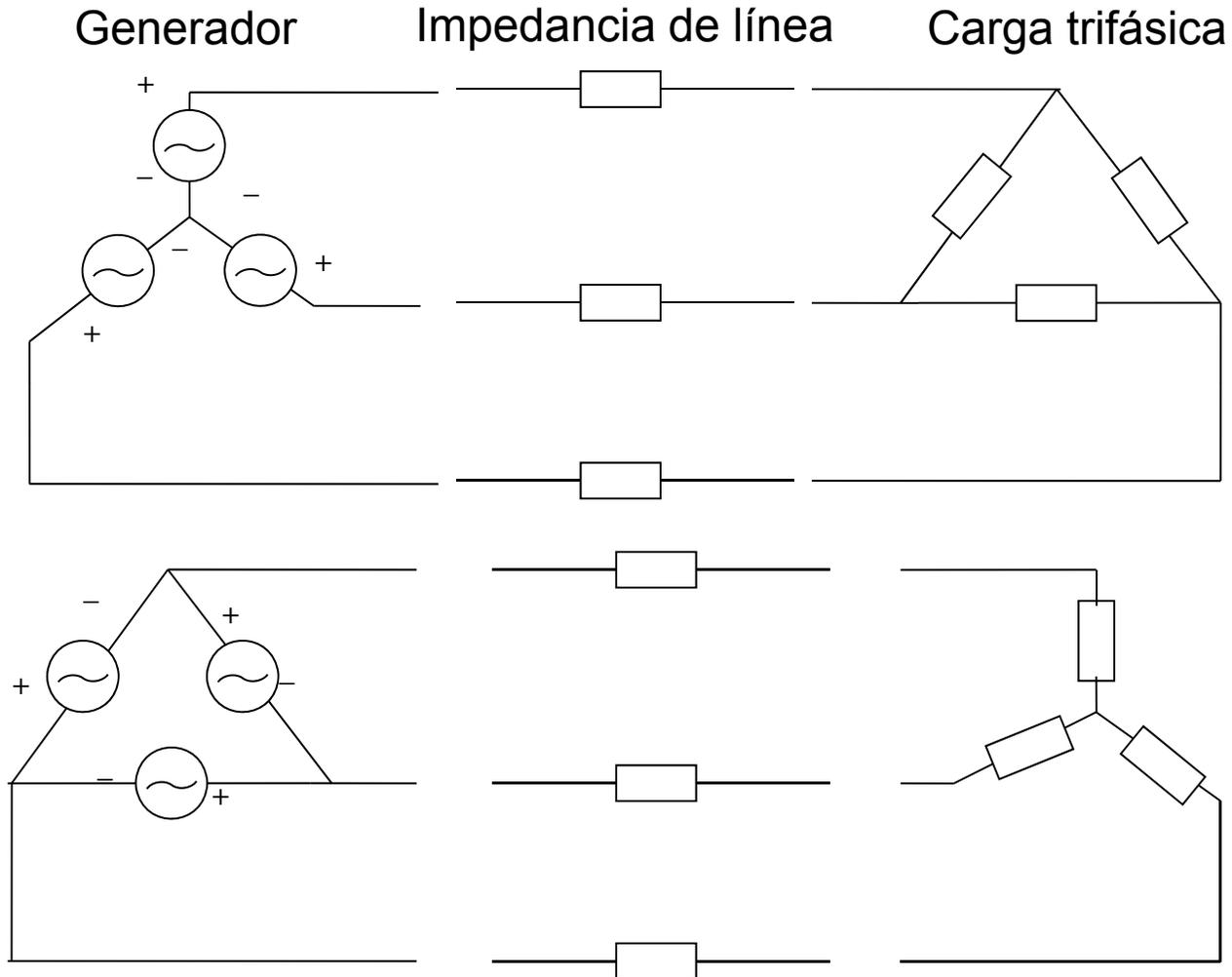
Secuencia “+” ó “-”

$$V_{LAB} = V_{fA}$$

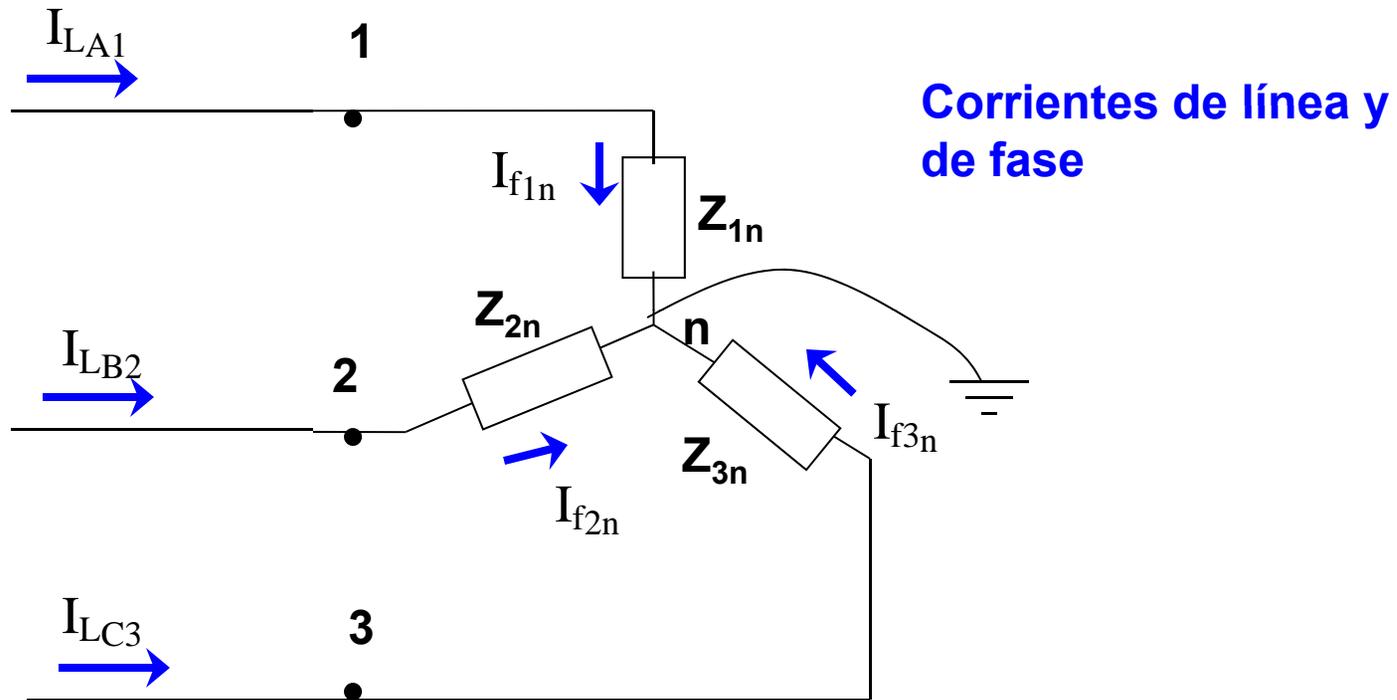
$$V_{LBC} = V_{fB}$$

$$V_{LCA} = V_{fC}$$

Circuito trifásico

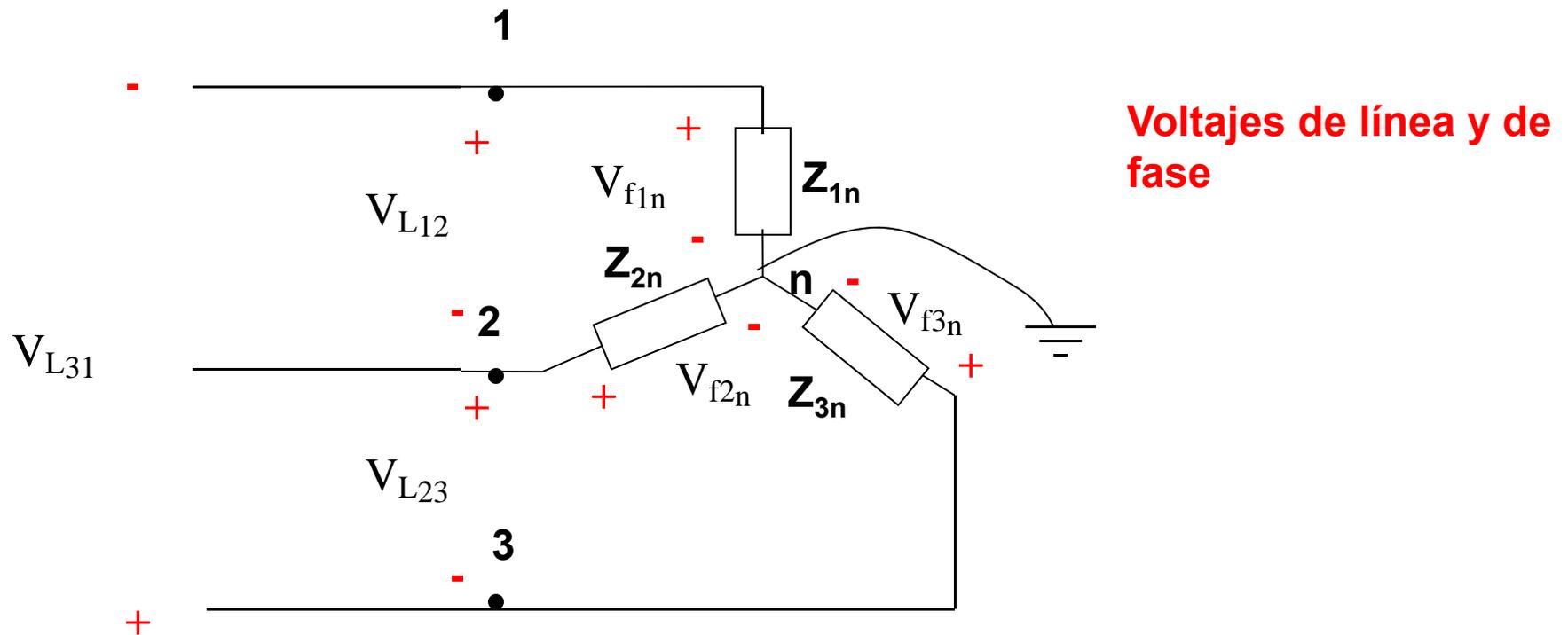


Carga trifásica en estrella



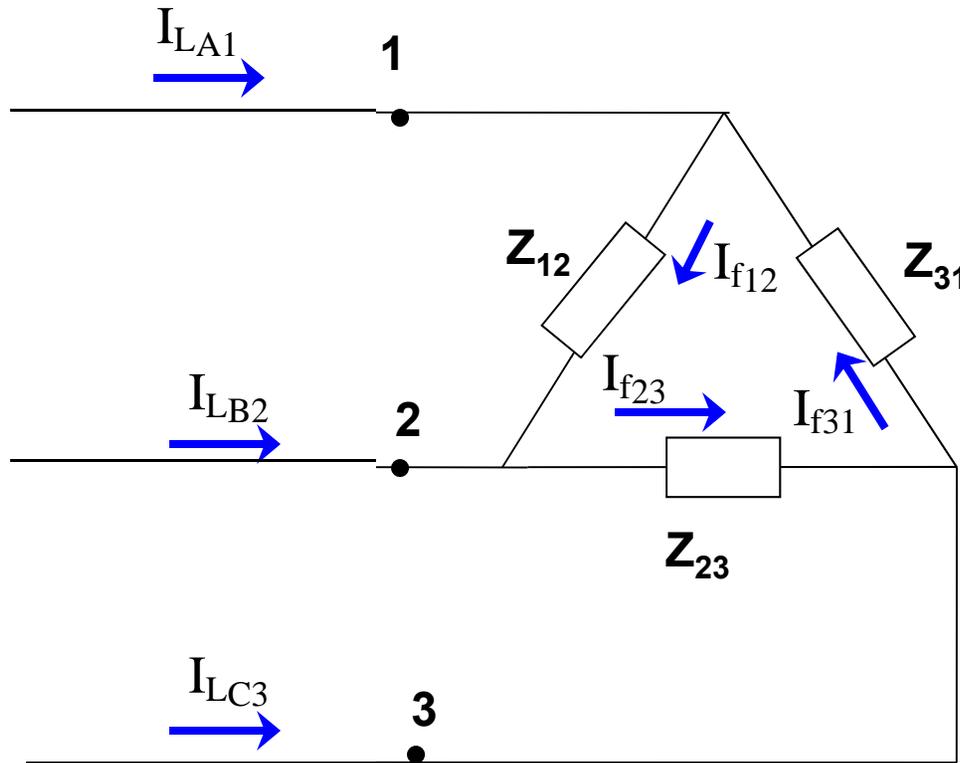
Corrientes de Línea = Corrientes de Fase

Carga trifásica en estrella



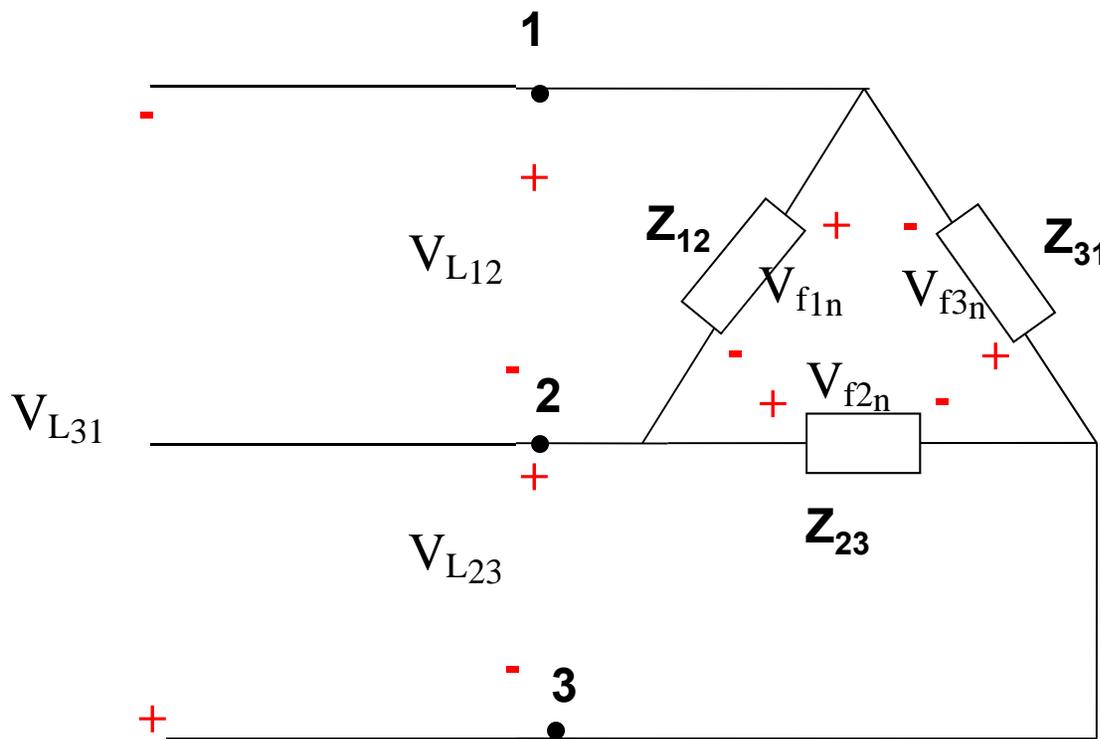
Corrientes de Línea = Corrientes de Fase

Carga trifásica en delta



Corrientes de línea y
de fase

Carga trifásica en delta

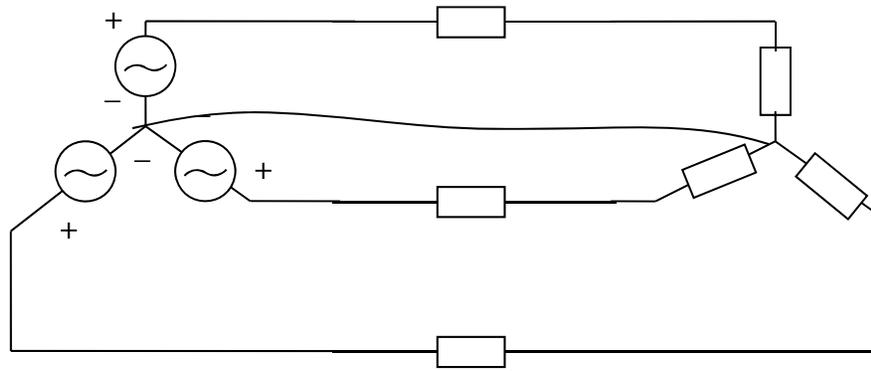


Voltajes de línea y de fase

Voltajes de Línea = Voltajes de Fase

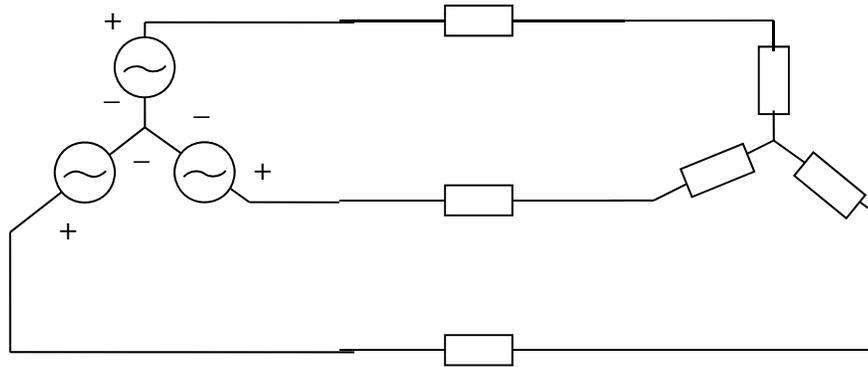
Circuito trifásico (Tipos de conexión)

Y-Y 4 Hilos



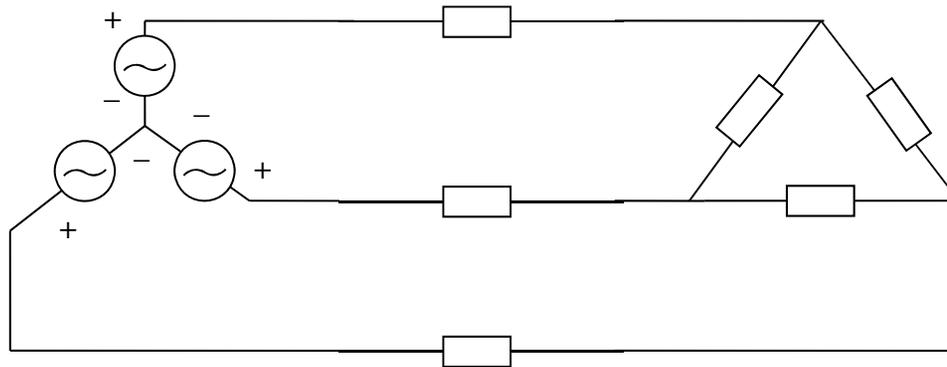
3 mallas independientes

Y-Y 3 Hilos



2 mallas

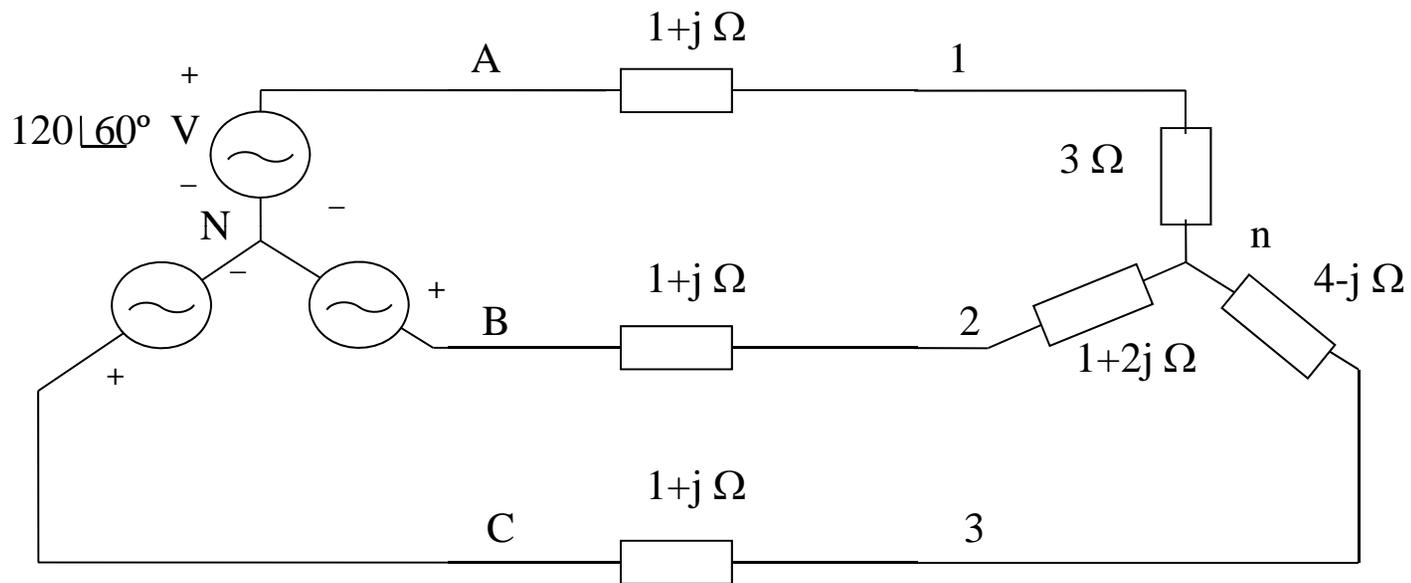
Y- Δ



3 mallas

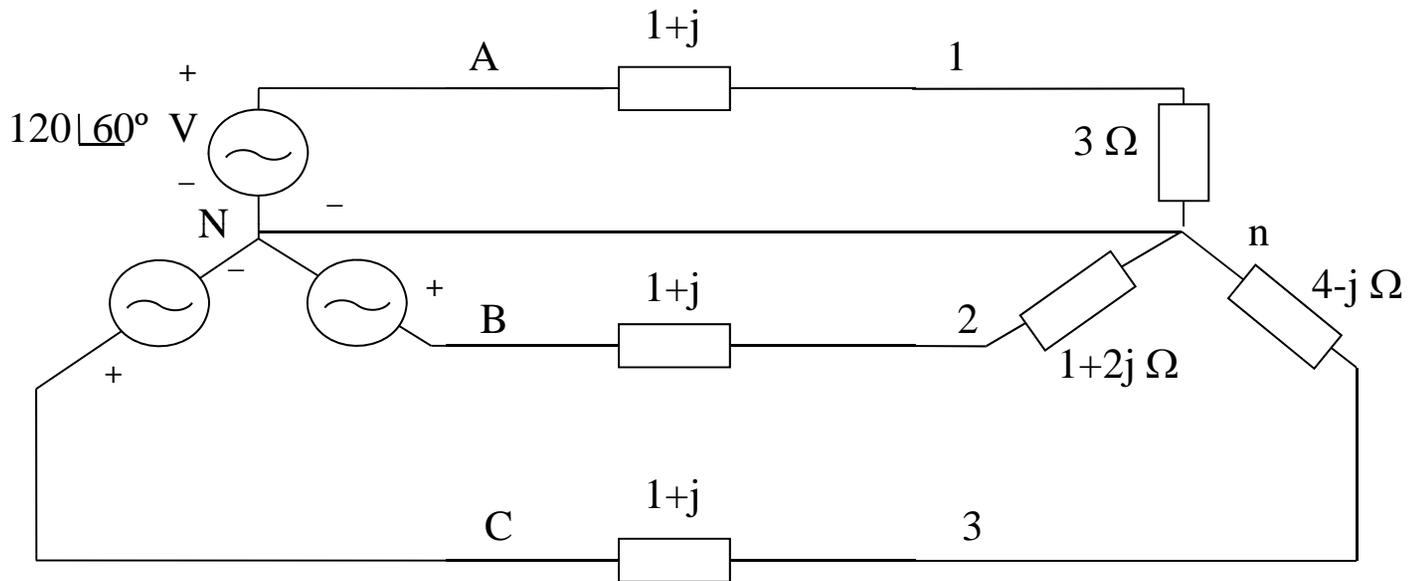
Circuito trifásico (Tipos de conexión)

1-Hallar las corrientes de Línea, el voltaje Nn y $\sum I_L$. Secuencia ABC



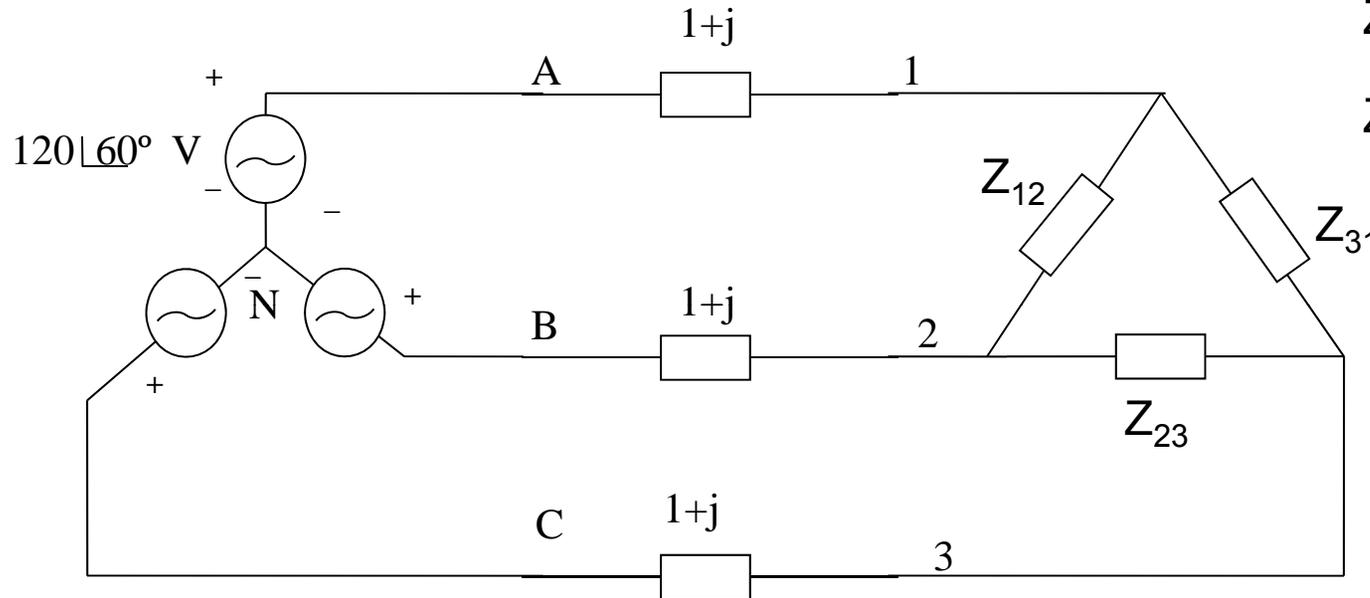
Circuito trifásico (Tipos de conexión)

2-Hallar las corrientes de Línea, I_{Nn} . Secuencia ABC



Circuito trifásico (Tipos de conexión)

3-Hallar las corrientes de Línea, corriente de fase 2 en la carga.



$$Z_{12} = 4,35 + 3,58j \, \Omega$$

$$Z_{23} = 7 + 3,33j \, \Omega$$

$$Z_{31} = 8,2 - 6,4j \, \Omega$$

$$Z_{12} = \frac{\sum Z}{Z_{3n}}$$

$$\sum Z = Z_{1n}Z_{2n} + Z_{2n}Z_{3n} + Z_{1n}Z_{3n}$$