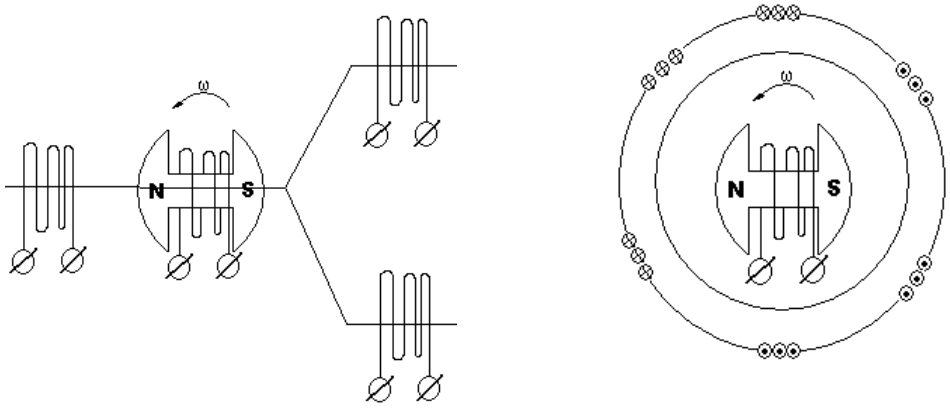
TRIFÁSICA



Flujo: $\phi = \mathbf{B\ S} = B\ S \cos\theta = B\ S \cos(\alpha + \omega t)$

Siendo: α = el desfase inicial

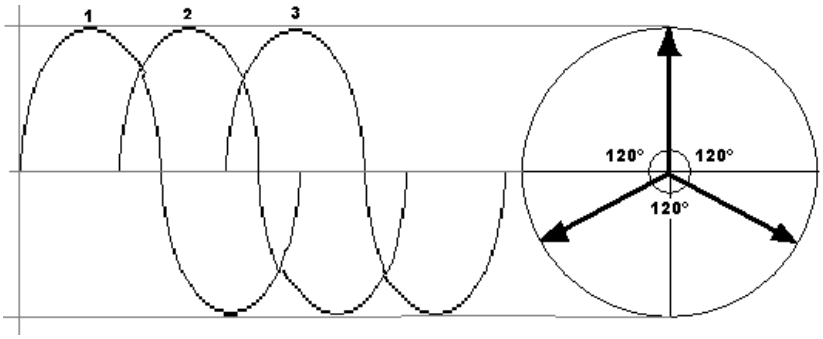
ωt = el ángulo girado en un tiempo "t"

$e = -N\ (d\phi/dt) = N\ B\ S\ \omega \operatorname{sen}(\alpha + \omega t)$

Si suponemos $\alpha = 0 \Rightarrow e_1 = -N\ (d\phi/dt) = N\ B\ S\ \omega \operatorname{sen}(\omega t)$

$e_2 = -N\ (d\phi/dt) = N\ B\ S\ \omega \operatorname{sen}(\omega t + 120º)$

$e_3 = -N\ (d\phi/dt) = N\ B\ S\ \omega \operatorname{sen}(\omega t + 240º)$



Fase: Es aquella parte del circuito en al que una energía es generada, trasmitida y consumida.

Sistema de fasores equilibrados: cuando los fasores que integran dicho sistema tienen mismo modulo y desfasan 360º/n entre sí (siendo "n" el numero de fasores).

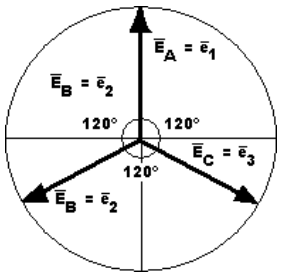
SECUENCIA DE FASES

Directa

$\mathbf{E_A} = E\ \underline{|\Psi}$ V

$\mathbf{E_B} = E\ \underline{|\Psi - 120º}$ V

$\mathbf{E_C} = E\ \underline{|\Psi - 240º}$ V

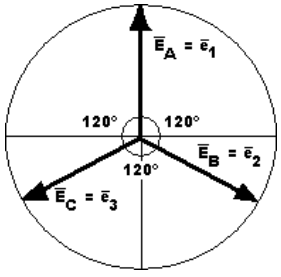


Inversa

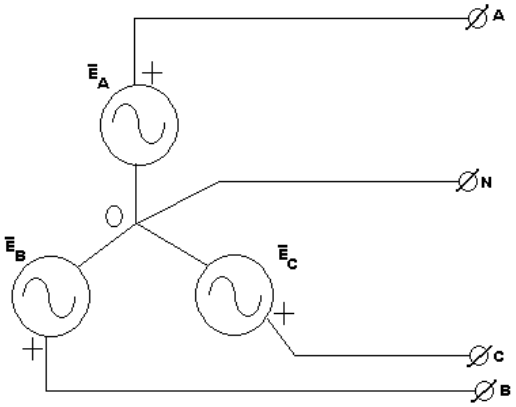
$\mathbf{E_A} = E\ \underline{|\Psi}$ V

$\mathbf{E_B} = E\ \underline{|\Psi + 120º}$ V

$\mathbf{E_C} = E\ \underline{|\Psi + 240º}$ V

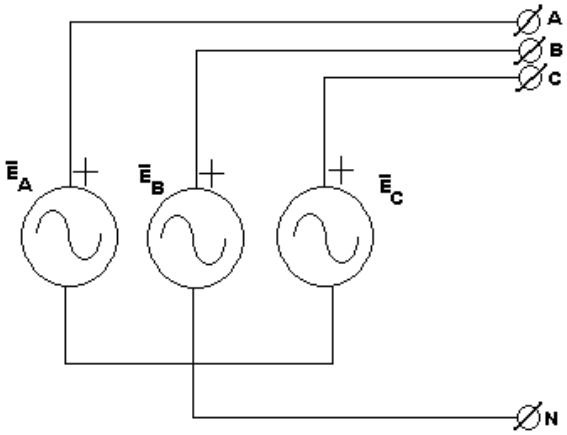


CONEXIÓN EN ESTRELLA



- trifásica 1 -

$U_L = \sqrt{3}\ U_F$



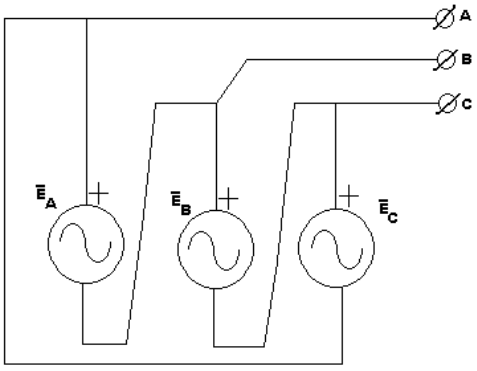
$\mathbf{E_A}$, $\mathbf{E_B}$ y $\mathbf{E_C}$ se llaman tensiones simples o de fase.

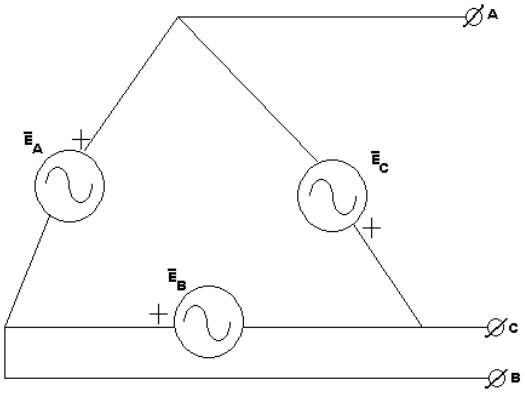
Se llama tensión de fase a la tensión entre una fase y el neutro.

Se llama tensión de línea a la existente entre dos líneas activas.

$\mathbf{U_{AB}} = \mathbf{E_A} - \mathbf{E_B} = E\ \underline{|\theta} - E\ \underline{|\theta \mp 120º} = \sqrt{3}\ E\ \underline{|\theta \pm 30º}$ V

CONEXIÓN EN TRIANGULO





Sólo existen tensiones compuestas o tensiones de línea

$\mathbf{U_{AB}} = \mathbf{E_A}$

$\mathbf{U_{BC}} = \mathbf{E_B}$

$\mathbf{U_{CA}} = \mathbf{E_C}$

CONVENIO DE SITUACIÓN FASORIAL

SFD = ABC

$\mathbf{E_A} = E\ \underline{|90º}$ V

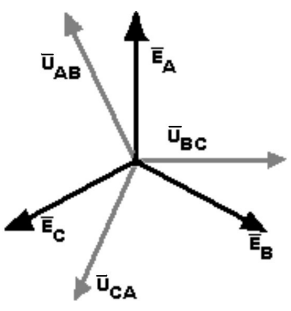
$\mathbf{E_B} = E\ \underline{|-30º}$ V

$\mathbf{E_C} = E\ \underline{|-150º}$ V

$\mathbf{U_{AB}} = U\ \underline{|120º}$ V

$\mathbf{U_{BC}} = U\ \underline{|0º}$ V

$\mathbf{U_{CA}} = U\ \underline{|-120º}$ V



SFI = ACB

$\mathbf{E_A} = E\ \underline{|-90º}$ V

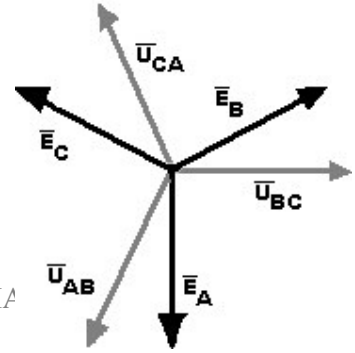
$\mathbf{E_B} = E\ \underline{|30º}$ V

$\mathbf{E_C} = E\ \underline{|150º}$ V

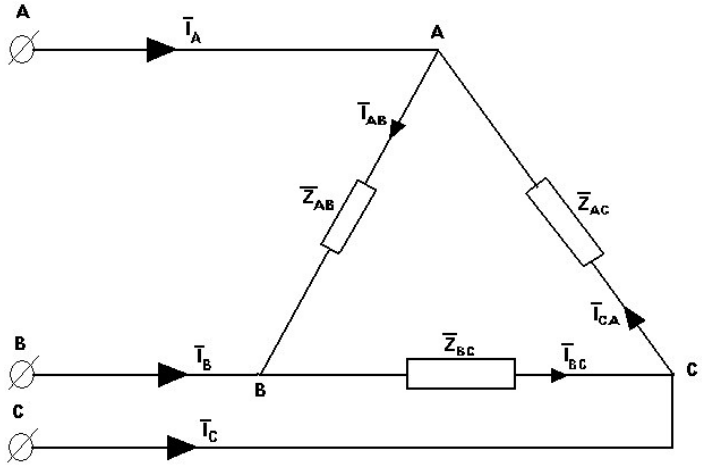
$\mathbf{U_{AB}} = U\ \underline{|-120º}$ V

$\mathbf{U_{BC}} = U\ \underline{|0º}$ V

$\mathbf{U_{CA}} = U\ \underline{|120º}$ V



RECEPTOR TRIFÁSICO EN TRIÁNGULO DESEQUILIBRADO



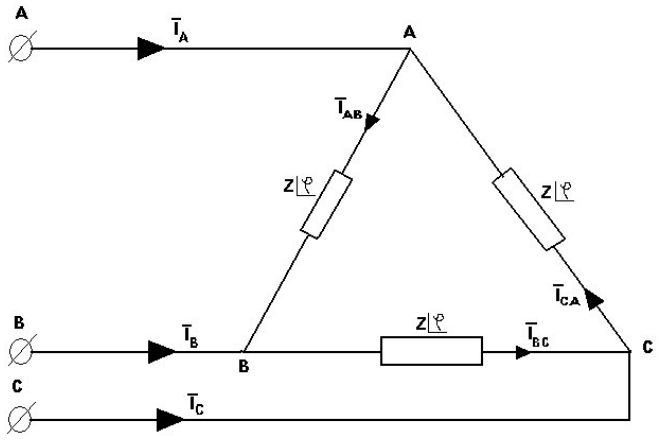
$\mathbf{I_{AB} = U_{AB} / Z_{AB}}$
$\mathbf{I_{BC} = U_{BC} / Z_{BC}}$
$\mathbf{I_{CA} = U_{CA} / Z_{CA}}$

$\mathbf{I_A = I_{AB} - I_{CA}}$
$\mathbf{I_B = I_{BC} - I_{AB}}$
$\mathbf{I_C = I_{AC} - I_{BC}}$
$\mathbf{I_A + I_B + I_C = 0}$

Intensidad de línea: Intensidad que circula por una línea.

Intensidad de fase: Intensidad que circula entre dos líneas.

RECEPTOR TRIFÁSICO EN TRIANGULO EQUILIBRADO



$\mathbf{I_{AB}} = \mathbf{U_{AB}} / Z\underline{|\varphi} = U \underline{|\pm 120º} / Z\underline{|\varphi}$
$= (U/Z) \underline{|\pm 120º - \varphi} = = I_F \underline{|\theta}$ A
$\mathbf{I_{BC}} = IF \underline{| \theta \mp 120º}$ A
$\mathbf{I_{CA}} = IF \underline{| \theta \mp 240º}$ A

$\mathbf{I_A} = \sqrt{3}\ I_F \underline{|\pm 90º - \varphi}$ A
$\mathbf{I_B} = \sqrt{3}\ I_F \underline{|\mp 30º - \varphi}$ A
$\mathbf{I_C} = \sqrt{3}\ I_F \underline{|\mp 150º - \varphi}$ A
$\mathbf{I_A + I_B + I_C = 0}$

Tres cargas de un mismo receptor son equilibradas si tienen mismo modulo y argumento.

Un receptor es equilibrado si tiene sus cargas equilibradas.

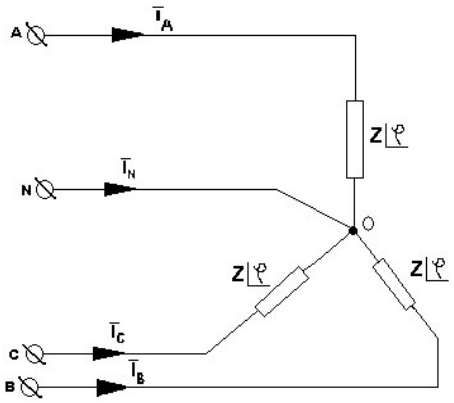
Se llaman Tensiones o Intensidades equilibradas cuando tienen el mismo modulo y argumento desfasa 120º, en corriente senoidal alterna trifásica.

En receptores equilibrados la intensidad de línea es raíz de tres veces la de fase.

En un triángulo equilibrado inductivo la intensidad de línea retrasa φ grados a la tensión de fase.

- trifásica 3 -

RECEPTOR TRIFÁSICO EN ESTRELLA EQUILIBRADA



$\mathbf{I_A} = \mathbf{E_A} / Z\underline{|\varphi} = E\,\underline{|\pm 90º} / Z\underline{|\varphi} =$
$= (E/Z)\,\underline{|\pm 90º - \varphi}$ A
$\mathbf{I_A} = I_L\,\underline{|\psi}$ A
$\mathbf{I_B} = I_L\,\underline{|\psi \mp 120º}$ A
$\mathbf{I_C} = I_L\,\underline{|\psi \mp 240º}$ A
$\mathbf{I_A} + \mathbf{I_B} + \mathbf{I_C} = 0 \Rightarrow \mathbf{I_N} = 0$

$$I_L = \sqrt{3} I_F \qquad Z_{\curlywedge}\,\underline{|\varphi} = (Z_\Delta / 3)\,\underline{|\varphi}$$

En una estrella equilibrada inductiva la intensidad de línea retrasa φ grados a la tensión de fase.

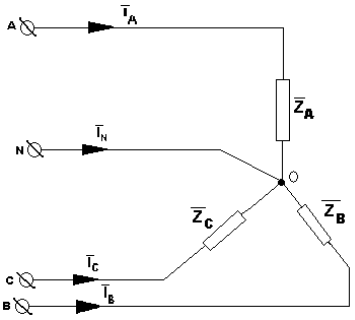
RECEPTOR TRIFÁSICO EN ESTRELLA DESEQUILIBRADA

- **CON HILO NEUTRO**

$\mathbf{I_A} = \mathbf{E_A} / \mathbf{Z_A}$

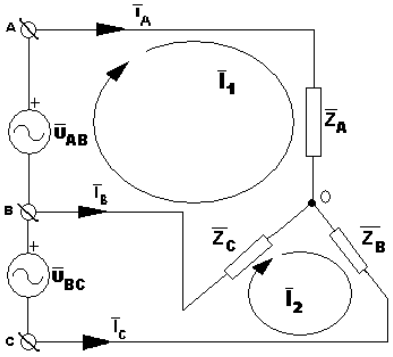
$\mathbf{I_B} = \mathbf{E_B} / \mathbf{Z_B}$

$\mathbf{I_C} = \mathbf{E_C} / \mathbf{Z_C}$
$\mathbf{I_N} = -(\mathbf{I_A} + \mathbf{I_B} + \mathbf{I_C})$



- **SIN HILO NEUTRO**

  - **Primer método: Por mallas**

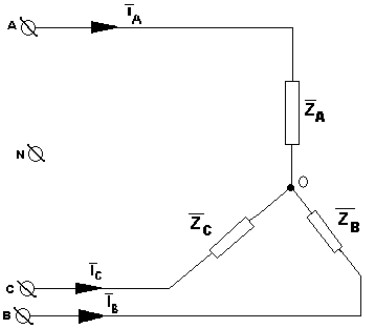


$\mathbf{U_{AB}} = \mathbf{I_1}(\mathbf{Z_A} + \mathbf{Z_B}) + \mathbf{I_2}(-\mathbf{Z_B})$
$\mathbf{U_{BC}} = \mathbf{I_1}(-\mathbf{Z_B}) + \mathbf{I_2}(\mathbf{Z_B} + \mathbf{Z_C})$

↓

$\mathbf{I_A} = \mathbf{I_1}$
$\mathbf{I_B} = \mathbf{I_2} - \mathbf{I_1}$
$\mathbf{I_C} = -\mathbf{I_2}$

  - **Segundo método**



Suponemos una corriente ficticia entre el neutro y el punto O.

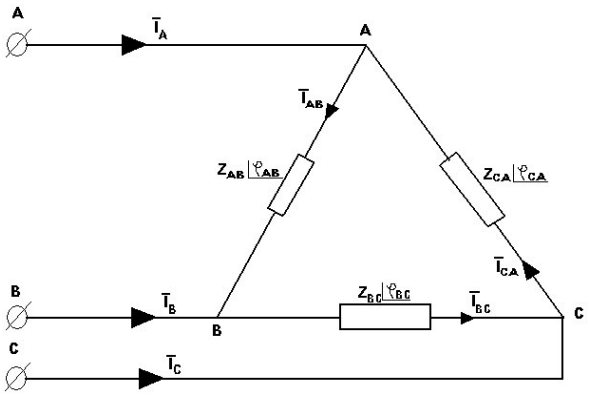
$\mathbf{U_{NO}} = (\mathbf{E_A}\,\mathbf{Y_A} + \mathbf{E_B}\,\mathbf{Y_B} + \mathbf{E_C}\,\mathbf{Y_C}) / (\mathbf{Y_A} + \mathbf{Y_B} + \mathbf{Y_C})$

Siendo: $\mathbf{Y_A} = 1/\mathbf{Z_A}$

$\mathbf{I_A} = \mathbf{U_{AO}} / \mathbf{Z_A} = (\mathbf{E_A} - \mathbf{U_{NO}}) / \mathbf{Z_A}$
$\mathbf{I_B} = \mathbf{U_{BO}} / \mathbf{Z_B} = (\mathbf{E_B} - \mathbf{U_{NO}}) / \mathbf{Z_B}$
$\mathbf{I_C} = \mathbf{U_{CO}} / \mathbf{Z_C} = (\mathbf{E_C} - \mathbf{U_{NO}}) / \mathbf{Z_C}$

POTENCIA EN TRIFÁSICA

RECEPTOR EN TRIÁNGULO DESEQUILIBRADO



$$P_T = P_{ZAB} + P_{ZBC} + P_{ZCA}$$

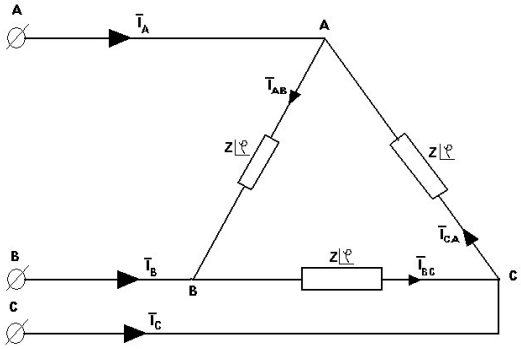
$$Q_T = Q_{ZAB} + Q_{ZBC} + Q_{ZCA}$$

$$S_T = \sqrt{(P_T^2 + Q_T^2)}$$

Siendo: $P_{ZAB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \text{Cos}\varphi_{AB} = Z_{AB} \cdot I_A^2 \cdot \text{Cos}\varphi_{AB}$

$Q_{ZAB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \text{Sen}\varphi_{AB} = Z_{AB} \cdot I_A^2 \cdot \text{Sen}\varphi_{AB}$

RECEPTOR EN TRIÁNGULO EQUILIBRADO



$P_{ZAB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \text{Cos}\varphi_{AB} =$

$= U_L \cdot I_F \cdot \text{Cos}\varphi = U_L \cdot (I_L/\sqrt{3}) \cdot \text{Cos}\varphi$

$P_T = P_{ZAB} + P_{ZBC} + P_{ZCA} = 3 \cdot P_Z$

$\Downarrow$

$$P_T = \sqrt{3}\, U_L \cdot I_L \cdot \text{Cos}\varphi$$

$$S_T = \sqrt{3}\, U_L \cdot I_L$$

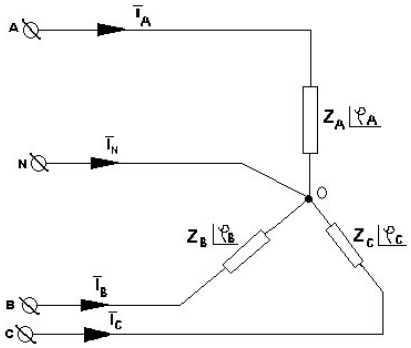
$Q_{ZAB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \text{Sen}\varphi_{AB} =$

$= U_L \cdot I_F \cdot \text{Sen}\varphi = U_L \cdot (I_L/\sqrt{3}) \cdot \text{Sen}\varphi$

$Q_T = Q_{ZAB} + Q_{ZBC} + Q_{ZCA} = 3 \cdot Q_Z \Rightarrow$

$$Q_T = \sqrt{3}\, U_L \cdot I_L \cdot \text{Sen}\varphi$$

RECEPTOR EN ESTRELLA DESEQUILIBRADA



$$P_T = P_{ZA} + P_{ZB} + P_{ZC}$$

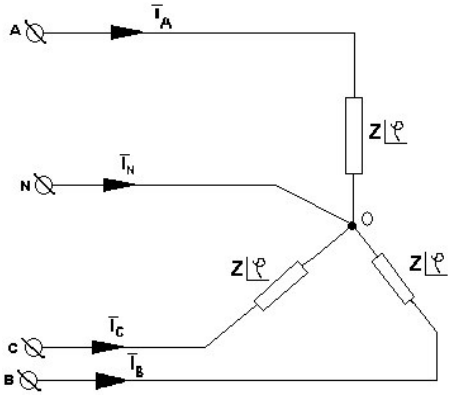
$$Q_T = Q_{ZA} + Q_{ZB} + Q_{ZC}$$

$$S_T = \sqrt{(P_T^2 + Q_T^2)}$$

Siendo: $P_{ZA} = E_A \cdot I_A \cdot \text{Cos}\varphi_A = Z_A \cdot I_A^2 \cdot \text{Cos}\varphi_A$

$Q_{ZA} = E_A \cdot I_A \cdot \text{Sen}\varphi_A = Z_A \cdot I_A^2 \cdot \text{Sen}\varphi_A$

RECEPTOR EN ESTRELLA EQUILIBRADA



$P_{ZA} = E_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A =$

$= U_F \cdot I_L \cdot \cos\varphi = (U_L/\sqrt{3}) \cdot I_L \cdot \cos\varphi$

$P_T = P_{ZA} + P_{ZB} + P_{ZC} = 3 \cdot P_Z$

$$\Downarrow$$

$$P_T = \sqrt{3}\, U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$$

$$S_T = \sqrt{3}\, U_L \cdot I_L$$

$Q_{ZA} = E_A \cdot I_A \cdot \mathrm{Sen}\varphi_A =$

$= U_F \cdot I_L \cdot \mathrm{Sen}\varphi = (U_L/\sqrt{3}) \cdot I_L \cdot \mathrm{Sen}\varphi$

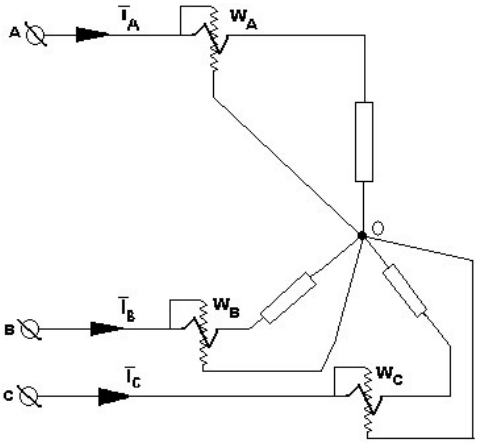
$Q_T = Q_{ZA} + Q_{ZB} + Q_{ZC} = 3 \cdot Q_Z$

$$\Rightarrow \quad Q_T = \sqrt{3}\, U_L \cdot I_L \cdot \mathrm{Sen}\varphi$$

$$Z_{\curlyvee} = (Z_\Delta / 3)$$

MEDIDA DE POTENCIA: RECEPTORES ACCESIBLES

- **ESTRELLA**

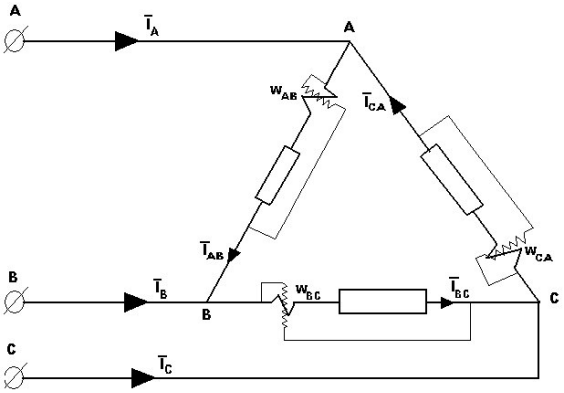


$$P_T = W_A + W_B + W_C$$

Si la estrella fuese equilibrada sólo necesitaríamos un vatímetro :

$$P_T = 3 \cdot W$$

- **TRIÁNGULO**



$$P_T = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA}$$

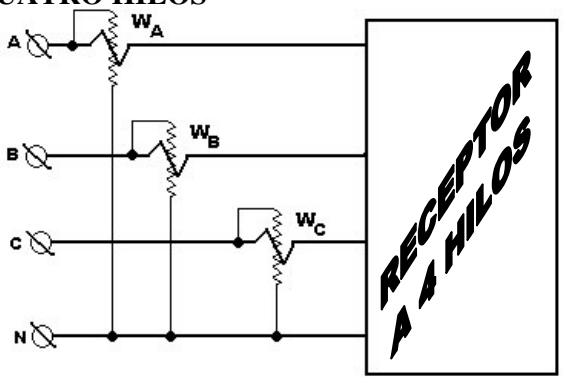
Si el triángulo fuese equilibrado sólo necesitaríamos un vatímetro :

$$P_T = 3 \cdot W$$

MEDIDA DE POTENCIA: RECEPTORES INACCESIBLES

- trifásica 6 -

- **CUATRO HILOS**

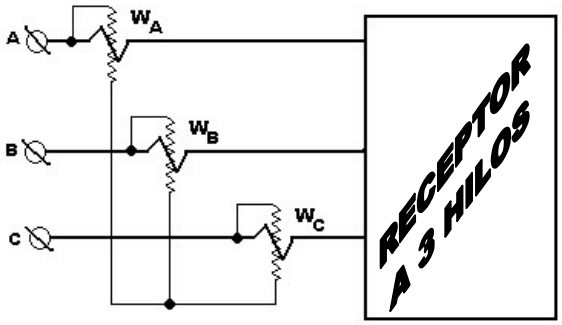


$$P_T = W_A + W_B + W_C$$

Si el receptor fuese equilibrado sólo necesitaríamos un vatímetro :

$$P_T = 3 \cdot W$$

- **TRES HILOS**

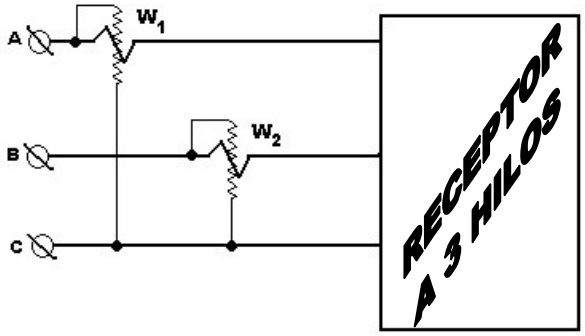


$$P_T = W_A + W_B + W_C$$

Si el receptor fuese equilibrado sólo necesitaríamos un vatímetro :

$$P_T = 3 \cdot W$$

MÉTODO DE LOS DOS VATÍMETROS



El método de los dos vatímetros sólo se puede aplicar cuando:

$$\mathbf{I_A + I_B + I_C = 0}$$

$$P_T = W_1 + W_2$$

- **SECUENCIA DE FASES DIRECTA (ABC)**

$W_1 = U_L \cdot I_L \cdot \text{Cos}\,(30 - \varphi)$

$W_1 = U_L \cdot I_L \cdot \text{Cos}\,(30 + \varphi)$ ⟶ Entrada de tensión en una fase y la salida en la siguiente de la secuencia natural. (ABC)

- **SECUENCIA DE FASES INVERSA (ACB)**

$W_1 = U_L \cdot I_L \cdot \text{Cos}\,(30 - \varphi)$

$W_1 = U_L \cdot I_L \cdot \text{Cos}\,(30 + \varphi)$ ⟶ Entrada de tensión en una fase y la salida no en la siguiente de la secuencia natural. (ABC)

Si el receptor es equilibrado entonces se cumplen:

$Q = \sqrt{3}(W_1 - W_2)$

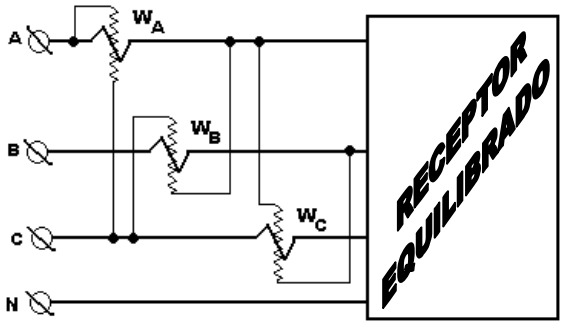
$tg\ \varphi = \sqrt{3}(W_1 - W_2)/\ (W_1 + W_2)$

EL MÉTODO DEL VATÍMETRO

- trifásica 7 -

➢ RECEPTOR EQUILIBRADO

o BIEN CONECTADO



El vatímetro tendrá la toma de intensidad en cualquier línea, la entrada de tensión en la siguiente en la secuencia natural y la salida de tensión en la anterior en la secuencia natural (como en la figura).

$Q = \pm \sqrt{3}\ W$

→ ABC

→ ACB

o MAL CONECTADO

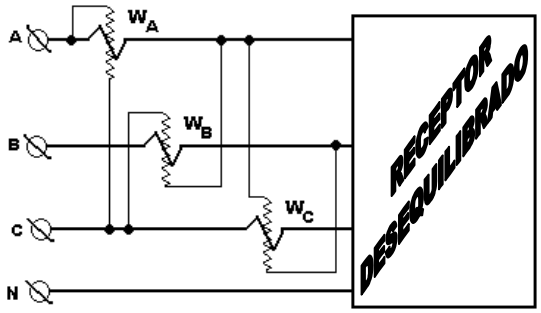
El vatímetro tendrá la toma de intensidad en cualquier línea, la entrada de tensión en la anterior en la secuencia natural y la salida de tensión en la siguiente en la secuencia natural (como en la figura).

$Q = \mp \sqrt{3}\ W$

→ ABC

→ ACB

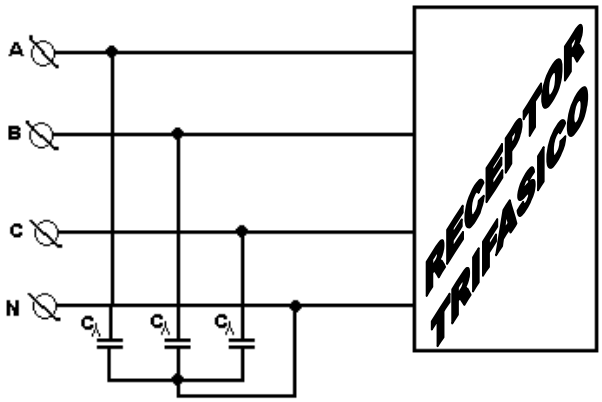
➢ RECEPTOR DESEQUILIBRADO



$Q = (W_A + W_B + W_C) / \sqrt{3}$

MEJORA DEL FATCOR DE POTENCIA

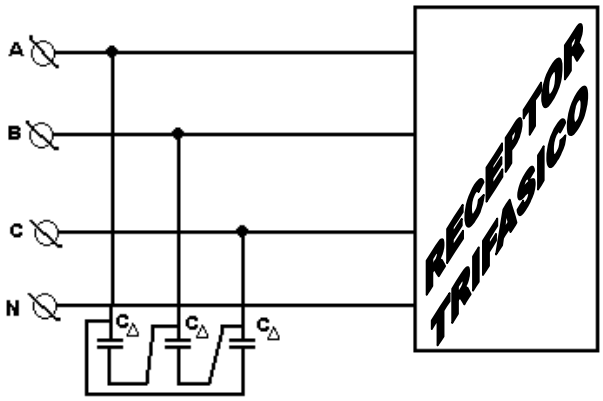
- **ESTRELLA**



inicial final

$$C_{\curlywedge} = \frac{P\,(tg\,\varphi - tg\,\varphi')}{U^2 \cdot \omega}$$

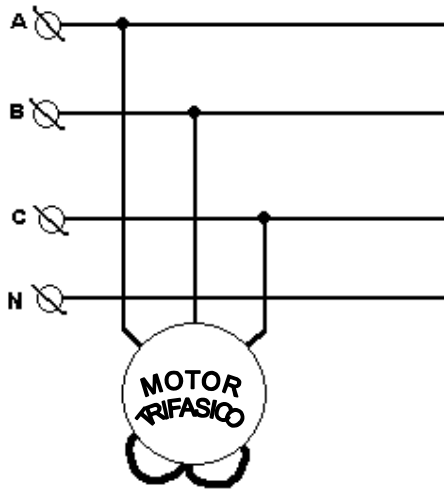
- **TRIANGULO**



inicial final

$$C_{\Delta} = \frac{P\,(tg\,\varphi - tg\,\varphi')}{3 \cdot U^2 \cdot \omega}$$

EQUIVALENTE DE UN MOTOR TRIFASICO



Podemos reducir un motor a una estrella equilibrada si las impedancias de la estrella tienen el mismo factor de potencia y consumen la misma potencia activa.

$$Z_{\curlywedge} = (U_L^2 \cdot \cos \varphi_M) / P_{elec}$$