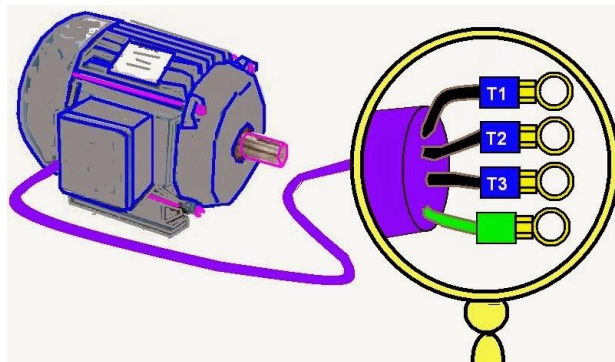
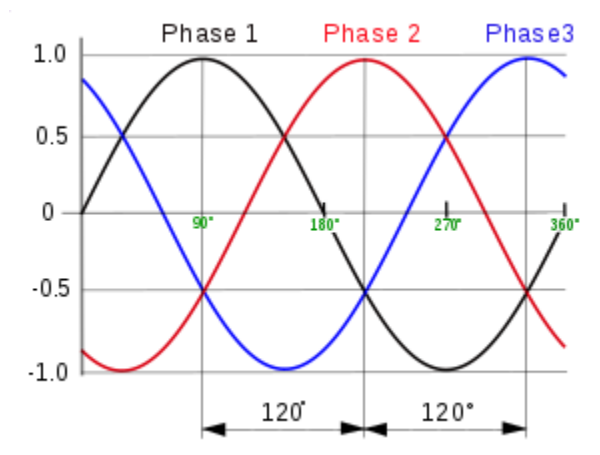


LABORATORIO DE MEDIDAS ELECTRICAS

DOCUMENTO 3

CORRIENTE ALTERNA TRIFASICA



Profesor: Milton Reyes Jiménez

Corriente Alterna:

Se denomina corriente alterna (abreviada CA en español y AC en inglés, de alternating current) a la Corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una Onda senoidal (figura), puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía.

Fuente: https://www.ecured.cu/Corriente_alterna

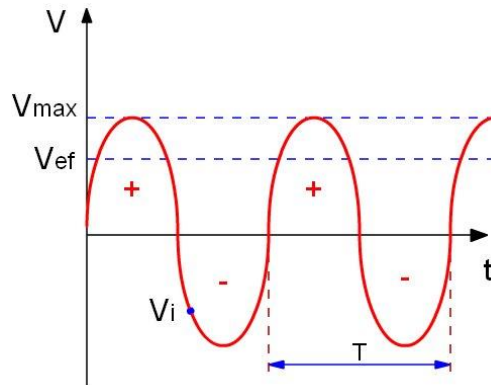


Figura 1. Señal de voltaje en corriente alterna

Fuente: https://mdcyersonfranco.weebly.com/uploads/9/5/6/3/9563647/88876_orig.jpg



Figura 2. Señal de voltaje corriente continua.

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9c/Tensi%C3%B3n_corriente_continua.svg/1200px-Tensi%C3%B3n_corriente_continua.svg.png

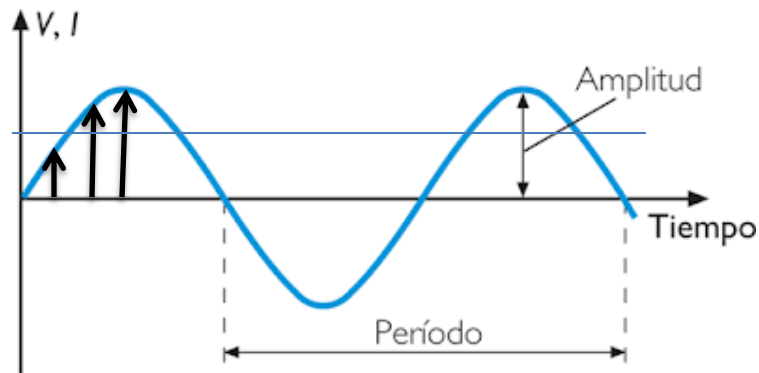


Figura 3. Amplitud y periodo de señal en corriente alterna.

Fuente: https://sites.google.com/site/aleblogtecnic/_/rsrc/1468912413237/home/2-electronica-1/corriente-alterna-motores-de-ca/20070822klpingtcn_83.Ges.SCO.png?height=195&width=400

Características de la corriente alterna

- Se pueden encontrar diferentes niveles de tensión, como elevar o reducir.
- Es posible representarlo en el plano cartesiano como en el plano circular.
- Su periodo de desplazamiento se puede medir en grados o radianes.
- Su forma típica es una onda senoidal.
- **Período:** Es el tiempo que se necesita para completar un ciclo. Se representa con la letra T , y corresponde al tiempo que tarda la onda en completar una revolución.
- **Frecuencia:** Es el número de ciclos que se realizan en cada unidad de tiempo. Se le representa con la letra f , e identifica al número de revoluciones que efectúa la onda por unidad de tiempo.
- La relación entre período y frecuencia se expresa por: $f = 1/t$.
- **Pulsación:** Es la velocidad angular de la onda. Se identifica con ω (omega).

- **Fase:** Es el ángulo descrito por la onda en un instante de tiempo determinado. Está representado por α (alfa), LA relación entre pulsación y fase viene dada por la expresión: $\alpha = \omega \cdot t$

$$V_{\text{inst}} = V_{\text{máx}} \cdot \text{Sen}(\omega t + \phi) \text{ (V)}$$

Corriente Alterna Trifásica

Generación trifásica.

Los alternadores generan la corriente alterna trifásica; a través de grupos de bobinas montadas en forma equidistante en un núcleo.

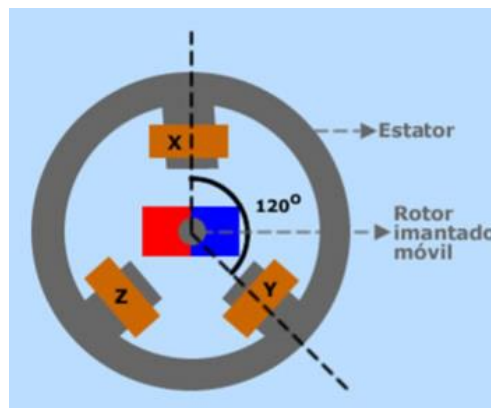


Figura 4 Alternador trifásico

Fuente: <https://lh3.googleusercontent.com/proxy/3VI2hcv6usGFdRwDuk2nIC37QCHGpJNGQRPVK-MP59xZRMGwrFC5OEBRGe0ZPGr5W3eDy5QHUAD8pWcdEXoMJegjbFQO>

Un sistema trifásico es un sistema de generación, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente valor eficaz), que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120° eléctricos. Es la forma más común de los conductores y la que provee un uso más eficiente de la electricidad.. Es decir, un sistema trifásico es el conjunto de tres fases monofásicas que se encuentran desfasadas en 120°.

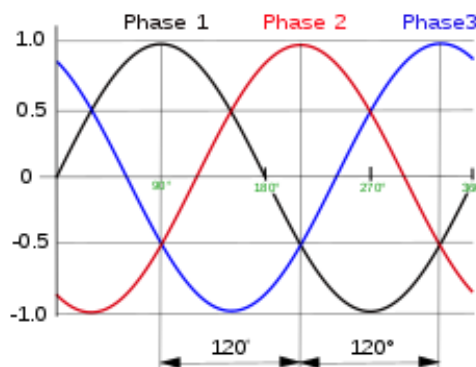


Figura 5 Señales de un sistema trifásico.

Fuente. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cc/3_phase_AC_waveform.svg/302px-3_phase_AC_waveform.svg.png

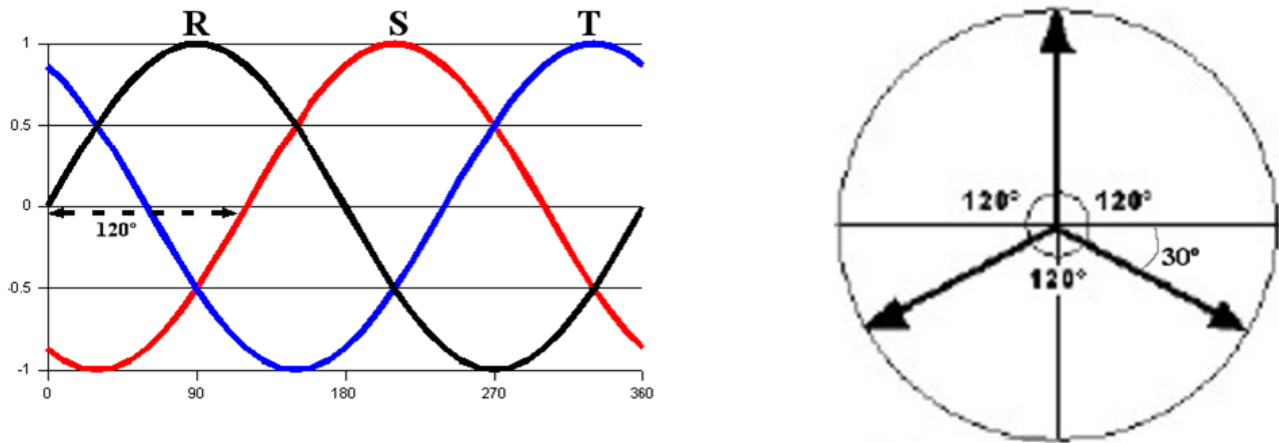
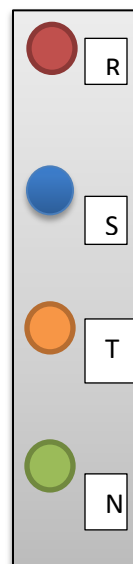


Figura 6 Señales de un sistema trifásico VS Ángulos desfase.

Fuente: <https://automatismoindustrial.com/wp-content/uploads/2012/11/imagen83.png>

Denominaciones

Estas tensiones se transportan por un sistema de 3 conductores (3 fases), o de cuatro (tres fases + un neutro). Por convención las fases se denominan R, S, T, y N para el conductor neutro si existe.



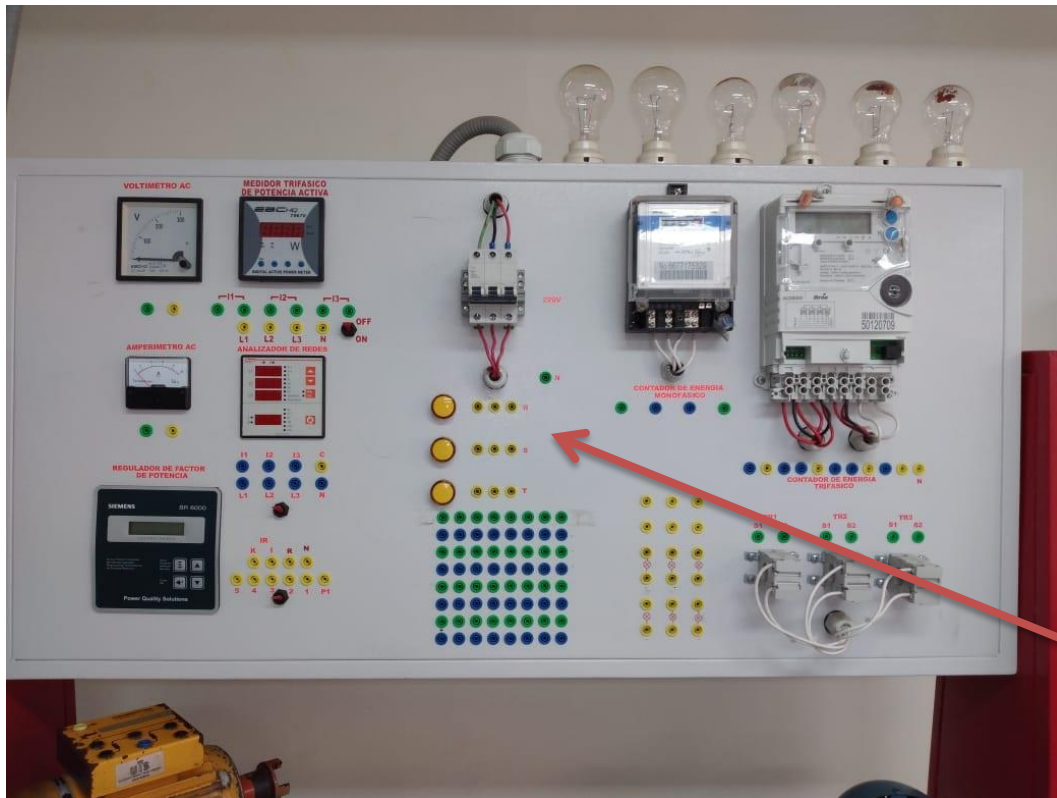
Sistema trifásico tetrafilar

Tres fases

cuatro hilos

Figura 7 Sistema de alimentación trifásico tetrafilar

Fuente: Autor



Denominación tensión de línea o tensión compuesta.

Es la diferencia de potencial entre dos fases; por consiguiente en un sistema trifásico existen tres tensiones de línea:

V_L entre (RS), V_L entre (ST), V_L entre (TR)

Estos voltajes son iguales: $V(RS) = V(ST) = V(TR)$

Denominación tensión de fase o tensión simple.

Es la diferencia de potencia entre una fase y el neutro; por consiguiente en un sistema trifásico existen tres tensiones de fase:

V_f entre (RN), V_f entre (SN), V_f entre (TN)

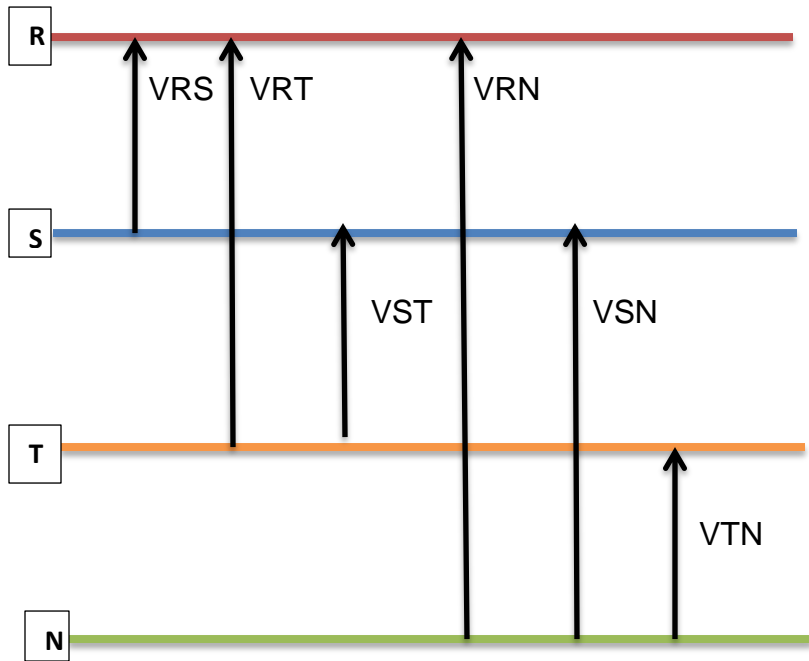


Figura: 8 Denominaciones en un sistema de alimentación trifásico tetrafilar

Fuente: Autor

Relación entre Voltaje de línea y voltaje de fase.

$$\text{Voltaje de Línea} = \text{Voltaje de fase} \cdot \sqrt{3}$$

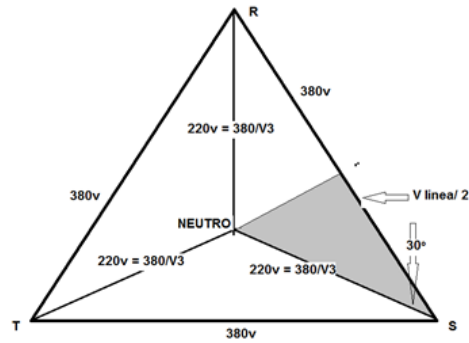


Figura: 9 Triangulo demostrativo voltajes de línea y de fase

Fuente: Internet

Suponemos un sistema de tensiones trifásico equilibrado (triángulo de tensiones de línea equilátero por ejemplo 3 x 380 volts), se podrán dibujar las tres tensiones de fase iguales a 220 V. cada una. El centro donde concurren es el llamado "Neutro" del sistema.

Observamos que se forman 6 triángulos rectángulos iguales

Tomando de referencia en triángulo azul tendremos

$$\cos 30^\circ = (V \text{ línea} / 2) / (V \text{ fase})$$

$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = (V \text{ línea} / 2) / (V \text{ fase}) \quad \text{Despejando VL}$$

Tendremos que **V LINEA = $\sqrt{3}$. V FASE**

Normatividad niveles de tensión según RETIE

RESOLUCIÓN No. 9 0708 de AGOSTO 30 DE 2013

Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

electromagnética, conforme a normas internacionales o equivalentes.

ARTÍCULO 12º. CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE TENSIÓN

Para efectos del presente reglamento, se estandarizan los siguientes niveles de tensión para sistemas de corriente alterna, los cuales se adoptan de la **NTC 1340**:

- a. **Extra alta tensión (EAT)**: Corresponde a tensiones superiores a 230 kV.
- b. **Alta tensión (AT)**: Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.
- c. **Media tensión (MT)**: Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV.
- d. **Baja tensión (BT)**: Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.
- e. **Muy baja tensión (MBT)**: Tensiones menores de 25 V.

Toda instalación eléctrica objeto del **RETIE**, debe asociarse a uno de los anteriores niveles. Si en la instalación existen circuitos en los que se utilicen distintas tensiones, el conjunto del sistema se clasificará, en el grupo correspondiente al valor de la tensión nominal más elevada.

Las **tensiones de servicio** normalizadas, tanto para el subsistema de transporte como para el de distribución, se indican en la Tabla 1.1. Estas tensiones constituyen la característica de mayor importancia a la hora de diseñar una red de distribución.

Tipo	Tensión de servicio (V)	Uso
Baja tensión (BT)	127	Producción y distribución
	240	
	400	
Media tensión (MT)	3000	Producción y distribución
	6000	
	10000	
	15000	
	20000	
Alta tensión (AT)	25000	Transporte y distribución
	30000	
	45000	
	66000	
Muy alta tensión (MAT)	110000	Transporte
	132000	
	150000	
	220000	
	400000	

Fuente: <https://4.bp.blogspot.com/-R5Nw>

CONEXIÓN ESTRELLA o Y

Estrella Características:

Si tomamos tres lámparas y conectamos cada fase a cada lámpara y los bornes restantes de las lámparas los unimos en un punto común, las lámparas quedan conectadas en estrella; lo cual no presentan las siguientes características:

Cada una de las lámparas queda conectada entre la fase respectiva y un neutro ficticio que creo la conexión estrella.

- Podríamos determinar que el voltaje de carga es = Voltaje de línea / raíz de tres
- De igual manera I de línea = I de fase.
- Si la carga es equilibrada el voltaje entre el neutro de la red (N) y el neutro ficticio (n) es cero.
- Si la carga es desequilibrada el voltaje entre el neutro de la red (N) y el neutro ficticio (n) es diferente de cero

Conexión estrella sin neutro de red 3 BOMBILLOS DE 150W / 220

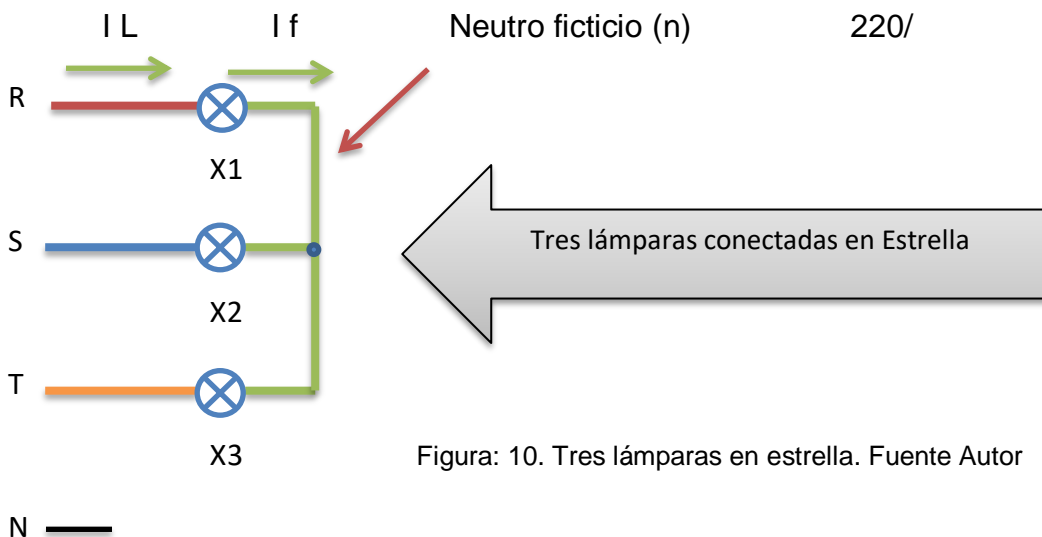


Figura: 10. Tres lámparas en estrella. Fuente Autor

Conexión estrella con neutro de red

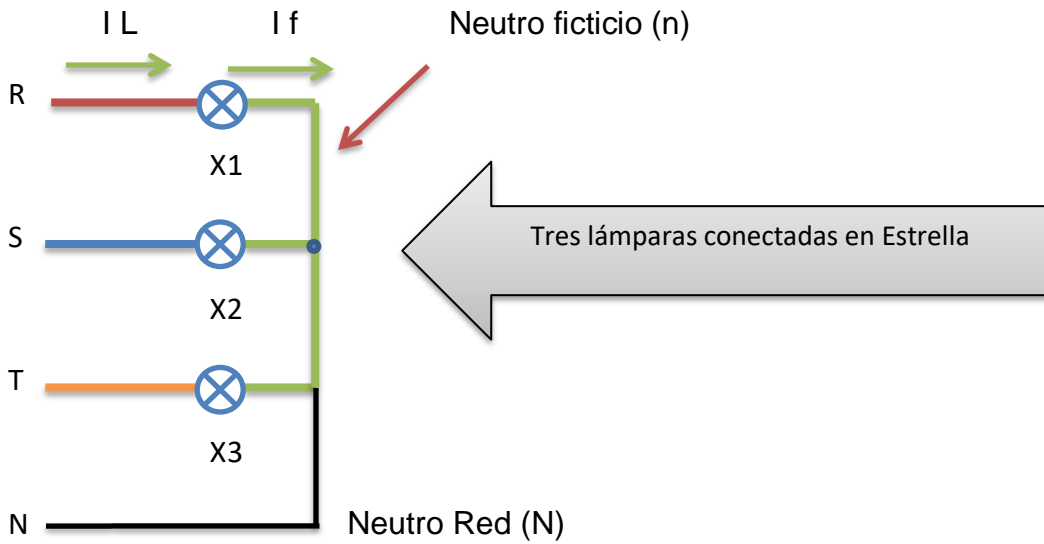


Figura: 11. Tres lámparas en estrella con neutro de red. Fuente Autor

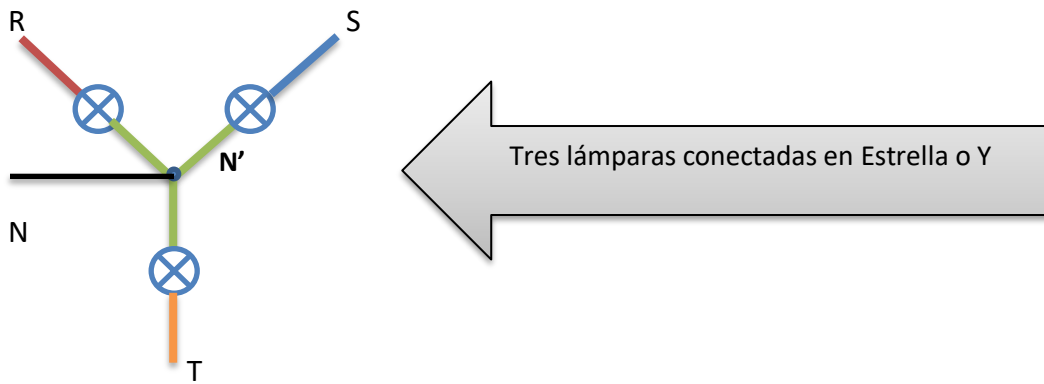


Figura: 12. Tres lámparas en forma de estrella con neutro de red. Fuente Autor

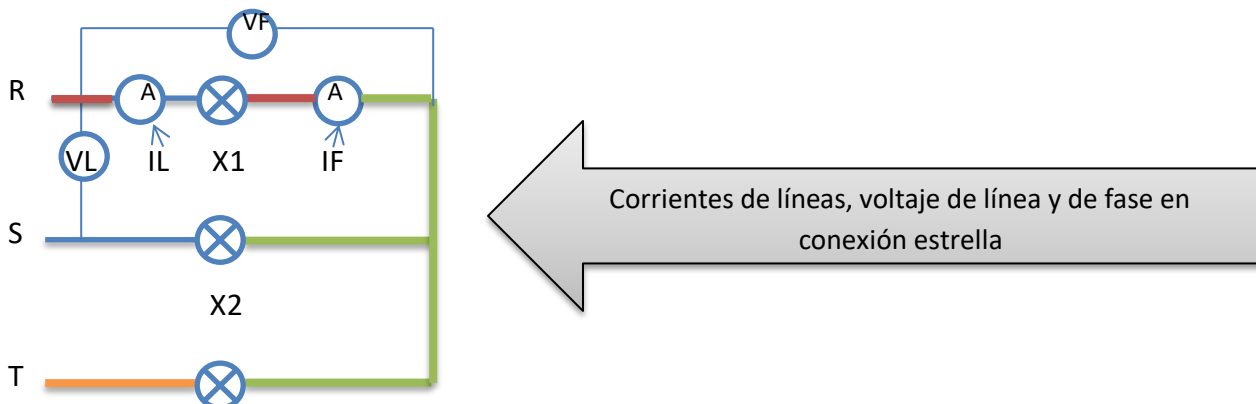


Figura: 13. Tres lámparas en forma de estrella con neutro de red con medida de corriente y tensión.

Fuente Autor

Conexión estrella – serie

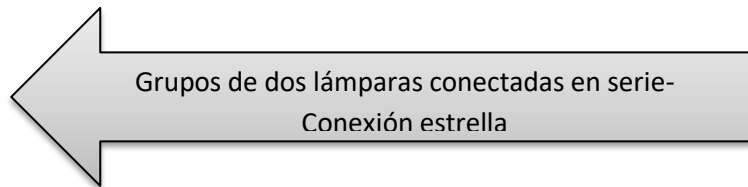
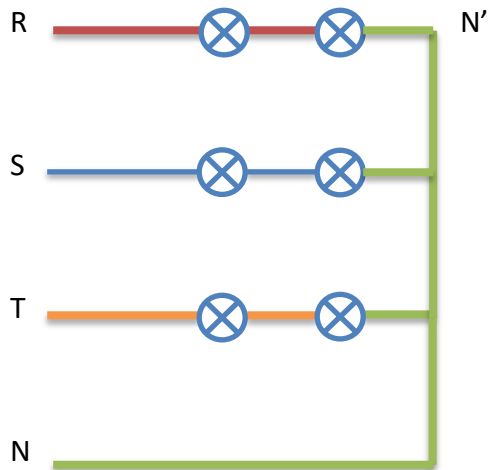


Figura: 14. Seis lámparas en forma de estrella serie.

Fuente Autor

Conexión estrella – paralelo

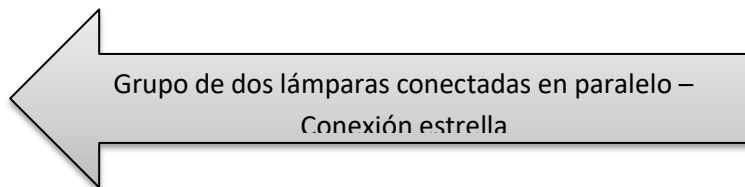
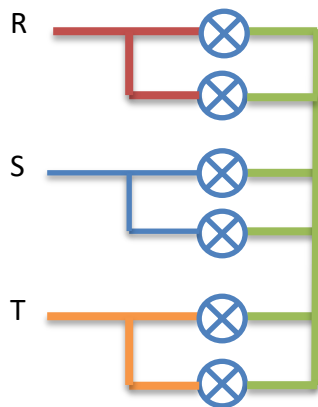
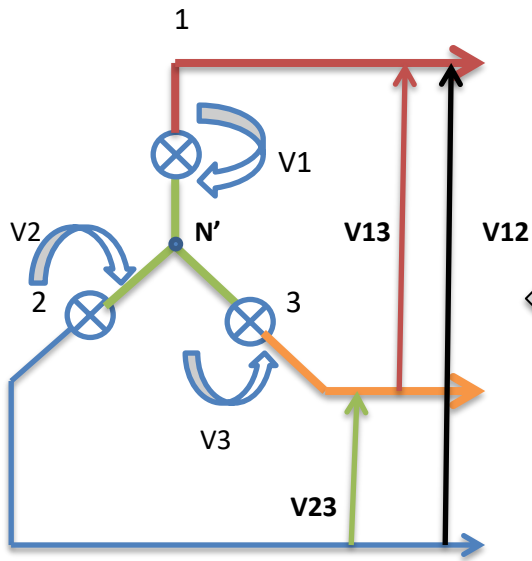


Figura: 15. Seis lámparas en forma de estrella paralelo.

Fuente Autor



En la conexión en estrella, cada generador se comporta como si fuera monofásico y produjera una tensión de fase o tensión simple. Estas tensiones serían V1, V2 y V3. La tensión compuesta es la que aparecerá entre dos fases. Estas serán V12, V13 y V2:

Figura: 16. Denominaciones en la conexión estrella

Fuente Autor

Cada una de las tensiones de línea, se encuentra adelantada 30° respecto a la tensión de fase que tiene el mismo origen. Esto se aprecia claramente si representamos vectorialmente el diagrama de tensiones de fase y de línea en una estrella:

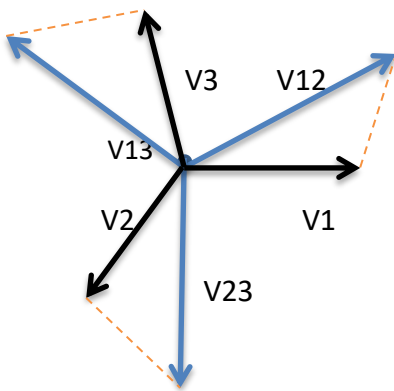


Figura: 17. Denominaciones y diagrama vectorial en la conexión estrella

Fuente Autor

Además, si te fijas en la estrella, puedes observar que los devanados de las fases están en serie con los conductores de línea, por lo que las intensidades de fase y de línea serán iguales:

$$I \text{ de línea} = I \text{ de fase}$$

CONEXION DELTA O TRIANGULO

Características:

Si tomamos tres lámparas y conectamos dos fases a cada lámpara de forma combinada, observamos que cada lámpara será alimentada por la tensión entre dos fases es decir por voltaje de línea.

- Podríamos determinar que el voltaje de carga es: $V \text{ carga} = V \text{ línea}$.

La corriente principal o de línea se subdivide en las dos rampas que conforman el delta; por consiguiente.

- De igual manera $I \text{ de línea} = \sqrt{3} \cdot I \text{ de fase}$.

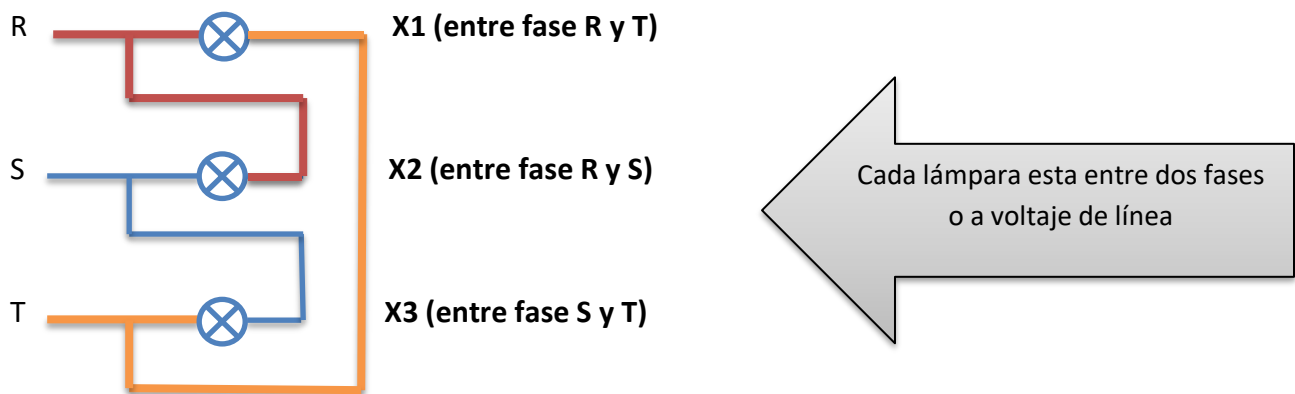


Figura: 18. Conexión delta de tres lámparas

Fuente Autor

Forma de la Conexión DELTA

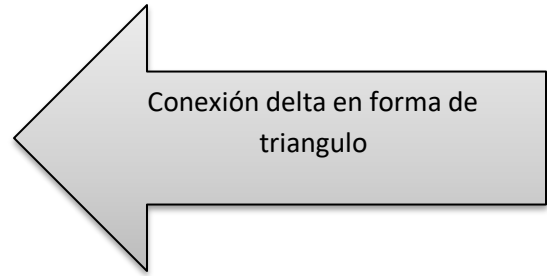
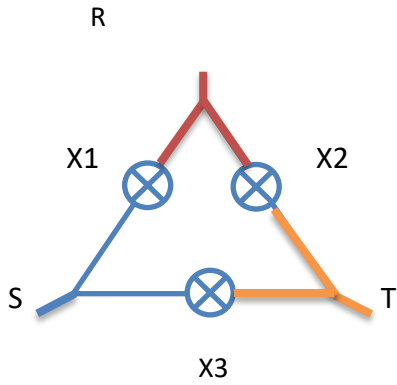


Figura: 19. Conexión delta de tres lámparas. Forma de triángulo

Fuente Autor

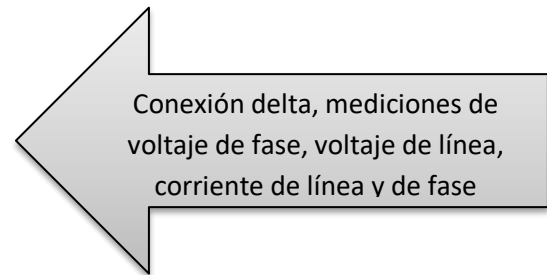
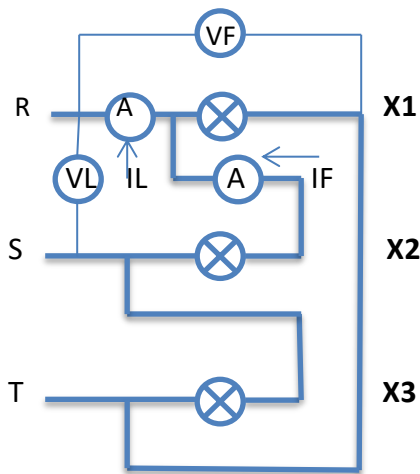
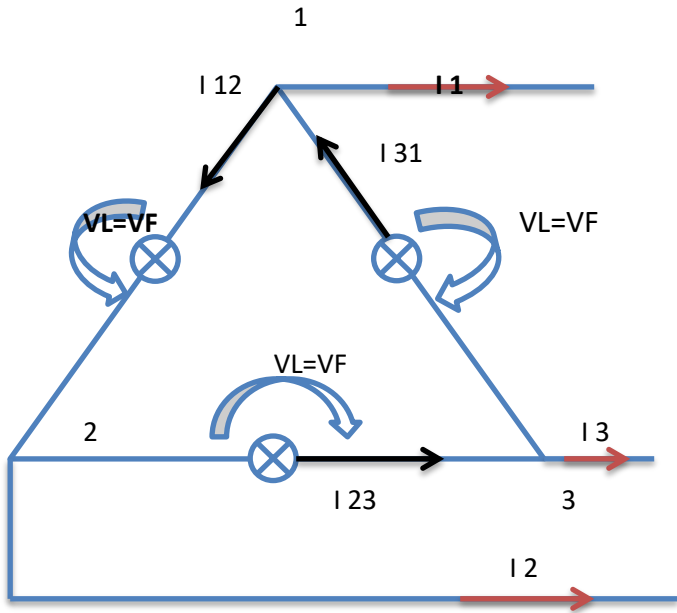


Figura: 20. Medida de corriente y tensión de tres lámparas conexión triángulo

Fuente Autor



Se observa, que en este tipo de conexión, las tensiones de fase y de línea son iguales, porque los conductores de línea salen de los vértices del triángulo y la tensión entre ellos es producida por la bobina correspondiente.

Figura: 21. Denominaciones conexión triángulo

Fuente Autor

Concluyendo, en la conexión en triángulo

V de línea = de fase

Esta conexión sólo utiliza tres conductores, puesto que no existe neutro. Si las tensiones forman un sistema equilibrado, las intensidades de línea son, con respecto a las de fase:

$$I \text{ de línea} = \sqrt{3} I \text{ de fase}$$

CONEXIÓN DE UN MOTOR DE INDUCCION TRIAFICO JAULA DE ARDILLA.

Son los motores de corriente alterna más utilizados a nivel industrial debido a su simplicidad en el mantenimiento y bajo costo.

Se compone de dos partes básicas: Estator (parte fija) y Rotor (parte móvil). El estator se compone de bobinas que al ser alimentadas producen un campo magnético giratorio que induce una corriente en el rotor que a su vez induce otro campo magnético. La interacción de ambos campos hace que el rotor sea “arrastrado” por el campo magnético giratorio y también gire. La velocidad del campo magnético giratorio del estator (llamada **velocidad síncrona**) depende de la cantidad de polos del motor y de la frecuencia de la tensión de alimentación. Esto puede expresarse matemáticamente de la siguiente forma

$$N_s = 60 \cdot f / p$$

Lo anterior define que el motor no puede girar a una velocidad cualquiera, sino que existen unos valores predeterminados por la frecuencia de la tensión de alimentación y las características constructivas. La siguiente tabla muestra algunos valores para las cantidades de polos más usuales:

Motor	Rotación síncrona	
	60 Hz	50 Hz
2 polos	3.600 rpm	3.000 rpm
4 polos	1.800 rpm	1.500 rpm
6 polos	1.200 rpm	1.000 rpm
8 polos	900 rpm	750 rpm

Fuente: <https://www.roydisa.es/wp-content/uploads/2016/05/Rotaci%C3%B3n-de-un-motor.png>

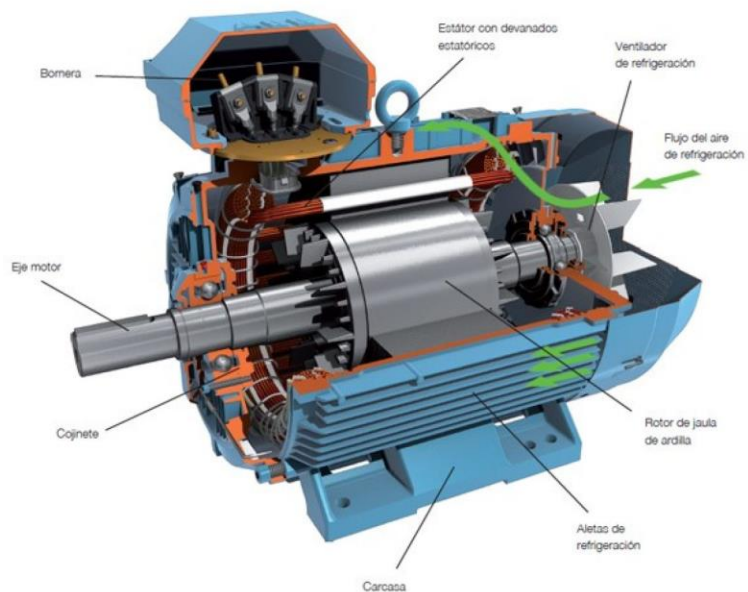


Figura 22: Partes de un motor de inducción trifásico jaula de ardilla

Fuente: <https://maquinaselectricasblog.files.wordpress.com/2016/11/cropped-sincr2.jpg>



Figura 23: Bornera de un motor de inducción trifásico jaula de ardilla.

Fuente: Internet

CONEXIONES DE UN MOTOR TRIFASICO JAULA DE ARDILLA DE TRES BOBINAS

Conexión Estrella: De igual manera de la conexión de tres lámparas se reparten cada fase para cada inicio de bobina y los bornes restantes se puentean en un punto común.

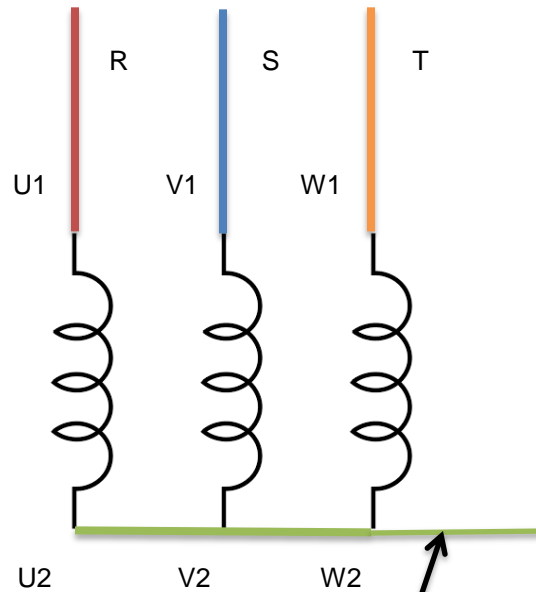


Figura 24: Conexión de tres bobinas en estrella de un motor de inducción

Fuente: Autor



Figura 25: Bornera conexión en estrella de un motor de inducción

Fuente: https://www.infootec.net/wp-content/uploads/2015/04/IMG_20141210_144540-297x300_opt.jpg

Conexión Delta: De igual manera de la conexión de tres lámparas cada bobina se conecta a dos fases, combinándolas equitativamente.

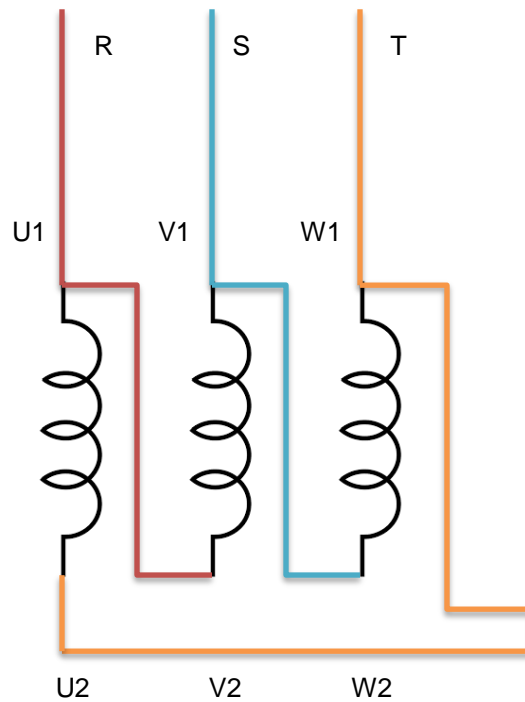


Figura 26: Conexión de tres bobinas en delta de un motor de inducción

Fuente: Autor



Figura 27: Bornera conexión en delta de un motor de inducción

Fuente: https://www.infootec.net/wp-content/uploads/2015/04/IMG_20141210_144540-297x300_opt.jpg

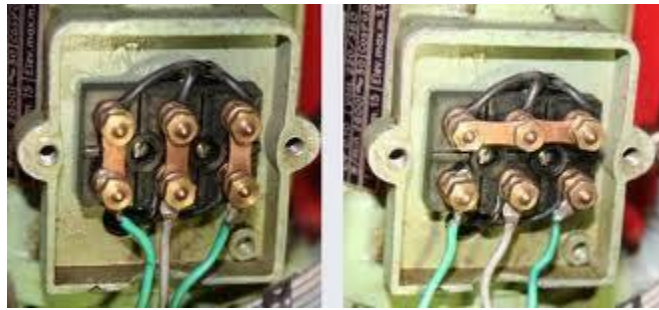


Figura 28: Bornera conexión en delta y estrella de un motor de inducción

Fuente: <https://frionline.net/foro/attachment/2548>

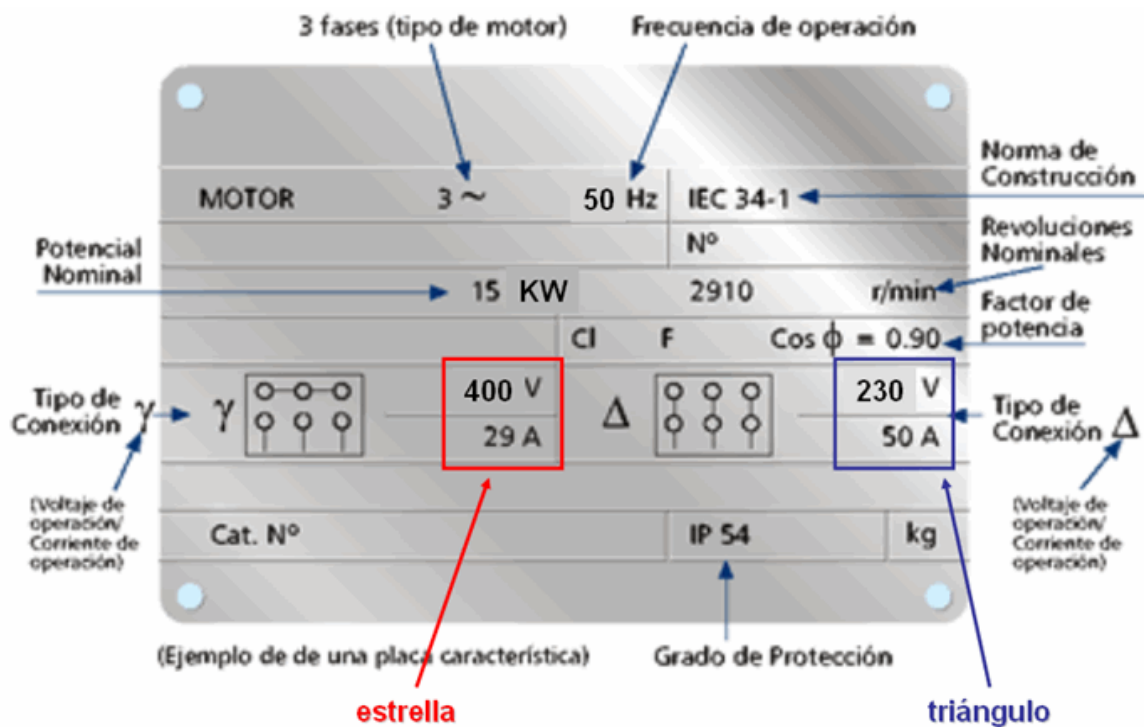
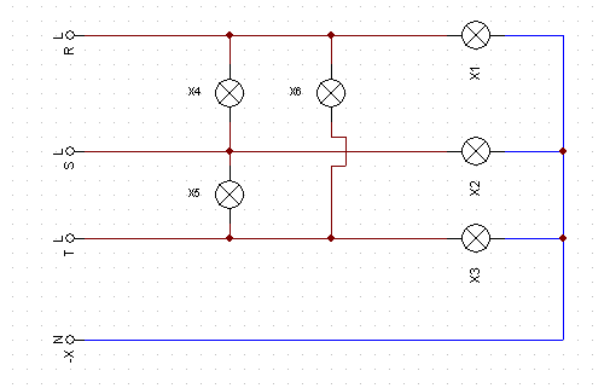


Figura 29 Placa de Características de un motor.

Fuente: https://www.solucionesyservicios.biz/WebRoot/StoreES2/Shops/64466233/MediaGallery/Blog/placa_motor.gif

COMBINACION DE CONEXIONES

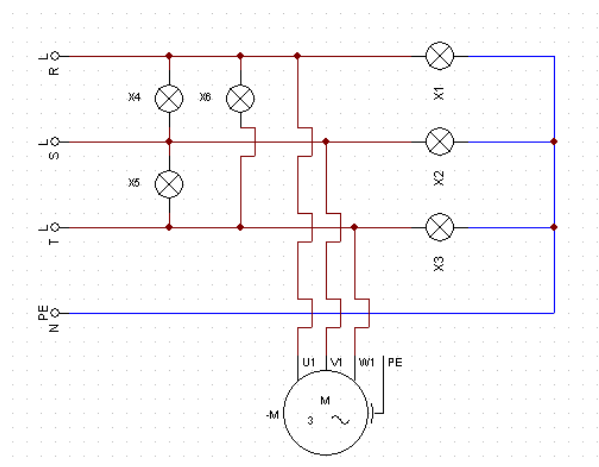
1.0 Conexión simultánea y tres lámparas instaladas en estrella X1,X2, X3 y tres lámparas X4,X5,X6 instaladas en delta a una red trifásica tetrafilar



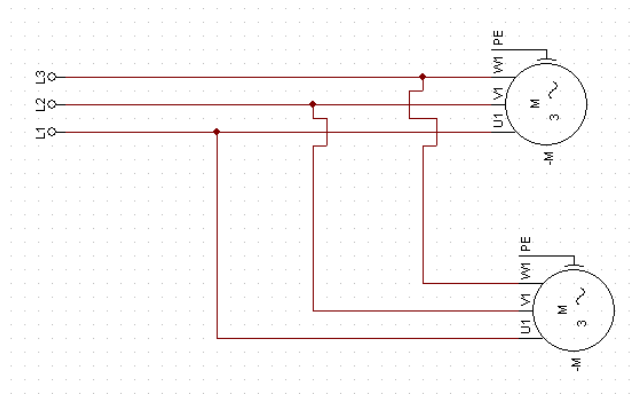
2.0 Conexión de un motor trifásico 220 voltios 1 hp a una red trifásica trifilar de 220 v.



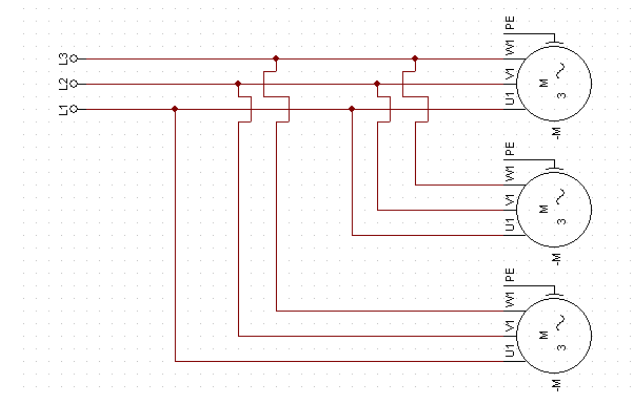
3.0 Conexión simultánea y tres lámparas instaladas en estrella X1,X2, X3 y tres lámparas X4,X5,X6 instaladas en delta y un motor trifásico a una red trifásica tetrafilar



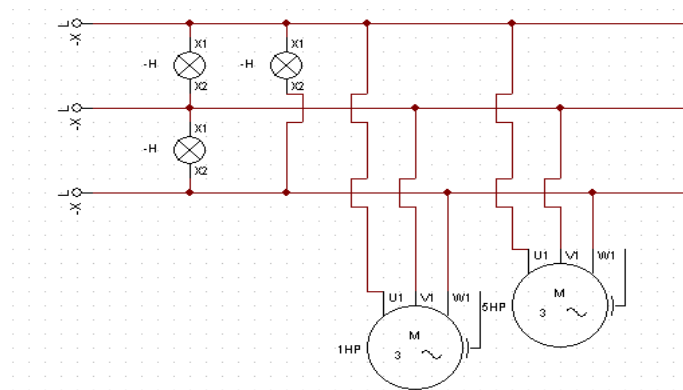
4.0 Conexión en paralelo de dos motores trifásico 220 voltios 1 hp a una red trifásica trifilar de 220 v.



5.0 Conexión en paralelo de tres motores trifásico 220 voltios 1 hp a una red trifásica trifilar de 220 v.



6.0 Conexión en paralelo de dos motores trifásico 220 voltios 1 hp y tres lámparas en delta a una red trifásica trifilar de 220 v.



7.0 Conexión en paralelo de un motor trifásico 220 voltios 1 hp y tres lámparas en delta y tres condensadores en conexión delta a una red trifásica trifilar de 220

